

М. Г. ЕВАНГУЛОВ

ЛИТЕЙНОЕ  
ДЕЛО



ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
1928

Б-1759 2

СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО

2

рл

0

Б-1759

СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО

СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО

НАУЧНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВТУЗ'ОВ

М. Г. ЕВАНГУЛОВ

ПРОФЕССОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ ЛЕНИНГРАДСОВЕТА

621.74/02)  
E133z

ЛИТЕЙНОЕ ДЕЛО

ПЯТОЕ ИЗДАНИЕ

ЦЕНТРАЛЬНАЯ КНИЖНАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
ИМЕНИ  
В. Г. БЕЛИНСКОГО  
Свердловск



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА — ЛЕНИНГРАД  
1928

кнв. 1930/159

1944

5  
2

621.74(02)

2 1



СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО

## ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стр.
Предисловие . . . . .	5
Введение . . . . .	7
<b>Глава I. Литейные материалы</b> . . . . .	8
Чугун 8. — Примеси чугуна 10. — Сорта чугуна 13. — Изменение состава чугуна 19. — Испытание чугуна 23. — Выбор чугуна для различного рода изделий 27. — Применение стружек и бракетов из них 34. — Подсчет шихт 35. — Сталь 39. — Сплавы 41.	
<b>Глава II. Расплавление металла</b> . . . . .	44
Доменный чугун 44. — Плавка в тиглях 44. — Тигельные печи 47. — Ведение плавки в тиглях 56. — Изменение состава металла при плавке в тиглях 57. — Плавка в пламенных печах 58. — Пламенные печи 59. — Ведение плавки в пламенных печах 63. — Плавка в вагранках 64. — Общее устройство вагранки 64. — Ход плавки 66. — Количество воздуха для сжигания топлива в вагранке 68. — Определение количества воздуха по анализу колошниковых газов 71. — Тепловой баланс вагранки 74. — Горение толстого слоя угля 76. — Опыты Керка 80. — Горение угля, расположенного слоями, разделенными слоями чугуна 83. — Влияние скорости воздуха, плотности топлива и давления дутья 84. — Нагретое дутье 86. — Расчет вагранок 87. — Размеры фурм 92. — Воздуходувные приборы 94. — Измерение количества воздуха 99. — Тепловые расчеты 103. — Теплоемкости 104. — Теплоты образования 106. — Пример теплового баланса вагранки 108. — Задачи 109. — Типы вагранок 116. — Вагранка Айрленда 116. — Вагранка Ибрюгера 118. — Вагранка Грейнера и Эрафа 119. — Вагранка Ваденского завода 121. — Вагранка Кригара 122. — Вагранка Гербертца 124. — Вагранка Веста 126. — Вагранка Шюрмана 127. — Маленькие вагранки 128. — Вращающийся передний горн 129. — Плавка в конвертерах 131.	
<b>Глава III. Формовые материалы</b> . . . . .	133
Свойства материалов 133. — Сорта формовых материалов 137. — Тощая земля или песок 141. — Жирная формовая земля и масса 142. — Глина 143. — Постоянные формы 144. — Формовочные материалы для шихт 145. — Материалы для покрывания форм 149. — Материалы для посыпания моделей 151. — Подготовка формовых материалов 152. — Печь для высушивания песка 152. — Дробильные валки 153. — Бегуны 153. — Шаровые мельницы 154. — Дезинтегратор 156. — Глиномялки 157. — Соломокрутка 157.	

	Стр.
<b>Глава IV. Изготовление форм . . . . .</b>	<b>159</b>
Модели 161. — Шаблоны 166. — Олоки 167. — Инструменты, употребляемые при формовке 168. — Почвенная формовка 170. — Формовка в опоках 175. — Формовка при помощи модельных досок 187. — Приготовление и установка сердечников 193. — Шаблонная формовка 202. — Шаблонная формовка в песке 203. — Шаблонная формовка в глине 208. — Художественная формовка 216. — Формовка зубчатых колес 221. — Машинная формовка 224. — Машинны с односторонним прессованием 229. — Машинны с двусторонним прессованием 232. — Пневматичные вибраторы 233. — Машинны с опрокидывающимся столом 236. — Машинны для формовки сердечников 243. — Машинны для формовки зубчатых колес 244. — Устройство литников, отдухов и вилпоров 247. — Прибыли 252.	
<b>Глава V. Отливка и очистка литья . . . . .</b>	<b>253</b>
Ковши 253. — Очистка отливок 256. — Пескоструйные приборы 258.	
<b>Глава VI. Особые чугунные отливки и отливки из других металлов.</b>	<b>261</b>
Применение коколей 265. — Полутвердые отливки 265. — Мягкая отливка и металлические формы 266. — Полуустойянные (долговременные) формы 271. — Припайка чугуна 271. — Бронзовое литье 272. — Алюминиевое литье 275. — Стальное литье 279. — Электроплавка 288. — Применение тержита 290. — Приготовление ковокх чугунных изделий 294. — Переплавка чугуна 303. — Тонление 304. — Производство чугунных труб 306.	
<b>Глава VII. Устройство литейных заводов . . . . .</b>	<b>313</b>
Расположение чугунолитейной 313. — Подъемные краны 318. — Общие правила устройства литейных 320. — Отделение для приготовления земли 322. — Сушила 328. — Расчет сушил по Petin'у 332. — Применение сжатого воздуха 336.	

#### ПРЕДИСЛОВИЕ КО 2-МУ ИЗДАНИЮ.

Это сочинение представляет собою часть курса, читаемого мною в Технологическом институте. За семь лет со времени выхода в свет первого издания (литографированного) выяснились некоторые его недостатки, которые в настоящем издании я старался устранить. Особенное внимание обращено мною на развитие теории расчета вагранок.

Отдел о машинной формовке, в виду все большего распространения машин в литейном деле, также значительно расширен.

Что касается приемов формовки, то я ограничился основными наиболее типичными примерами, считая только их важными в педагогическом отношении.

18/1—1912.

*М. Евангулов.*

#### ПРЕДИСЛОВИЕ К 3-МУ ИЗДАНИЮ.

Это издание подверглось изменению и дополнению. Особенно расширена глава о ковком чугуне. В общем же характер книги остался прежним.

15/V—1923.

*М. Евангулов.*

#### ПРЕДИСЛОВИЕ К 4-МУ ИЗДАНИЮ.

Четвертое издание является перепечаткой третьего, с некоторыми лишь исправлениями.

20/XI—1924.

*М. Евангулов.*

## ПРЕДИСЛОВИЕ К 5-МУ ИЗДАНИЮ.

В этом издании сделаны некоторые изменения и дополнения. А именно упрощен расчет вагранок и добавлены тепловые расчеты, расчет сушил, некоторые формовочные машины, отливка в постоянные формы, задачи по шихтовке, даны новые таблицы чугунов и чугунных изделий, более подробно изложена глава о формовочных материалах для шихек, добавлено о бронзовом, алюминиевом и стальном литье. Кроме того, сделаны многочисленные мелкие изменения, и дано представление о механизации современных литейных.

*М. Еватулов.*

## ВВЕДЕНИЕ.

---

Литейным делом называется тот отдел технологии металлов, который основан на способности металлов плавиться, т. е. переходить при нагревании в жидкое состояние.

Расплавленный металл выливается в сосуд определенной формы и оставляется в нем до тех пор, пока сплав не перейдет в твердое состояние. Таким образом получается металлический предмет желаемых очертаний и размеров.

Самый процесс получения изделий описанным способом называется литьем, отливанием, а также и отливкою; сосуд, в который производится отливание, — литейною формою; отливаемое вещество — литейным материалом и, наконец, полученное изделие — отливкою или литьем.

Посредством отливания приготавливаются предметы не только из металлов, но также из воска, стеарина, гипса, цемента, каучука и т. д. Мы же займемся в дальнейшем исключительно металлами. Нам предстоит рассмотреть металлы с точки зрения их литейных качеств, т. е. способности давать хорошие отливки; ознакомиться с формовыми материалами и приемами изготовления форм, т. е. формовкою; рассмотреть приемы и приборы, служащие для расплавления металлов и отливания их в формы и, наконец, последующую отделку и очистку готовых отливок.

---

## ГЛАВА ПЕРВАЯ.

### ЛИТЕЙНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

Не все металлы обладают одинаковыми литейными качествами: не все они одинаково удобны для отливания и дают одинаково доброкачественное литье.

Во-первых, металл должен плавиться при сравнительно низкой температуре, позволяющей производить расплавление при практически выгодных условиях, но при этом он должен быть достаточно жидким в расплавленном состоянии, чтобы легко западать тончайшие места полости формы. При остывании металл должен по возможности мало уменьшаться в объеме, т. е., как говорят, должен давать небольшую усадку. Кроме того, отливка должна получаться плотная, без пузырей и пустот.

Если литейный материал представляет собою сплав, то он не должен давать ликвации, т. е. после остывания он должен сохранить одинаковый состав в разных местах отливки.

Ни один из металлов не удовлетворяет вполне всем поставленным выше условиям, и от искусства литейного мастера зависит устранить вредное влияние их недостатков; некоторые металлы настолько отстают от необходимых для литья условий, что совершенно не годятся для отливки.

Мягкое железо и платина, например, обладают слишком высокой температурой плавления, красная медь плохо заполняет форму вследствие недостаточной жидкоплавкости и дает пузыристую отливку. Алюминий, серебро, золото редко отливаются и только в простейшие формы. Обыкновенными же литейными материалами служат чугун, сталь и различные сплавы меди, олова, цинка, свинца и некоторых других металлов.

#### Чугун.

Самым распространенным в машиностроении литейным материалом является чугун и именно серый, который благодаря хорошим литейным качествам и называется литейным чугуном.

Линейная усадка литейного чугуна, т. е. усадка по каждому направлению, равняется в среднем  $1\frac{1}{2}\%$  или, как принято считать на заводах, восьмушке дюйма на фут. В общем же она может колебаться в зависимости от сорта и величины и формы отливки.

Так для среднего и мелкого литья она принимается в  $1\%$

- \* больших цилиндров по длине . . . . .  $0,9\%$
- \* \* \* \* \* диаметру . . . . .  $0,5\%$
- \* тяжелых отливок и отливок, усадке которых  
препятствуют ребра . . . . .  $0,5-0,7\%$

Температура плавления серых чугунов колеблется в пределах  $1200-1350^\circ$ , смотря по составу. Вообще температура тем ниже, чем больше в чугуне примесей.

Химический состав литейных чугунов колеблется в следующих пределах:

общего углерода . . . . .	2,2 до 4,6%
графита . . . . .	— * 4 *
кремния . . . . .	1,0 * 5,5 *
марганца . . . . .	0,25 * 2,0 *
серы . . . . .	0,01 * 0,1 *
фосфора . . . . .	0,15 * 2,0 *

Кроме этих элементов, в чугунах встречаются еще некоторые другие, но в таком ничтожном количестве, что не оказывают заметного влияния на свойства чугуна.

Выписанные же элементы именно и обуславливают собою характерные отличия различных сортов чугуна, так что совершенно необходимо проследить влияние каждого элемента в отдельности.

Главнейшею и безусловно необходимою во всяком чугуне примесью является **углерод**, который может находиться в чугуне в свободном состоянии: в форме графита и аморфного углерода, или в связанном состоянии: в форме карбидного углерода (хим. соед. с жел.  $Fe_3C$ ) и углерода закала (твердый раствор).

Общее количество углерода, а также та или иная его форма зависят от других примесей и от скорости охлаждения.

Если чугун состоит исключительно из железа и углерода, то последнего, в случае медленного охлаждения, может содержаться в нем не более  $4,2\%$ .

В присутствии же некоторых других элементов, содержание углерода может быть сильно повышено: так, например, при 30-40% Mn чугун может содержать до 6% C, при 80% Mn — количество углерода превышает 7%; при 40% хрома (специальный чугун) содержание углерода достигает 8%, а при 80% Si доходит до  $11\frac{1}{4}\%$ .

**Кремний** является следующим по важности элементом в каждом литейном чугуна. Он способствует выделению углерода в форме графита, отчего чугун и получает в изломе серый цвет. Выделение графита происходит во время остывания, когда чугун принял уже тестообразное состояние. Вследствие сравнительно небольшой плотности графита, средний удельный вес металла понижается, т. е. увеличивается объем утратившей текучесть массы, отчего она разбухает и заполняет все углубления формы, передавая очень отчетливо и резко мельчайшие рельефы. Таким образом, кремний улучшает способность чугуна передавать очертания формы косвенным путем, через посредство углерода.

В жидком виде чугун представляется совершенно однородным раствором. При охлаждении же его и особенно при затвердевании растворимость в нем обоих рассматриваемых тел понижается. Вследствие этого, как только общее количество углерода и кремния перейдет известный предел, кремний вытесняет из раствора углерод и заставляет его выделяться. Поэтому на выделение графита влияет количество содержащегося в чугуне углерода. Если в чугуне мало углерода, то и значительное содержание кремния не в состоянии выдвинуть этот углерод в форме графита. Например, при содержании  $4,3\%$  С достаточно нескольких десятых процента кремния для образования графитовых отложений; если же углерода в чугуне менее  $3\%$ , то чугун способен содержать до  $0,6\%$ — $0,7$  Si без выделения графита, т. е. оставаясь белым.

В жидком чугуне растворимость углерода в присутствии кремния понижается; по опытам *Wüst'a* и *Petersen'a* на  $1\%$  Si растворимость С падает на  $0,3\%$ . Si повышает механические качества чугуна до содержания в  $2\%$ .

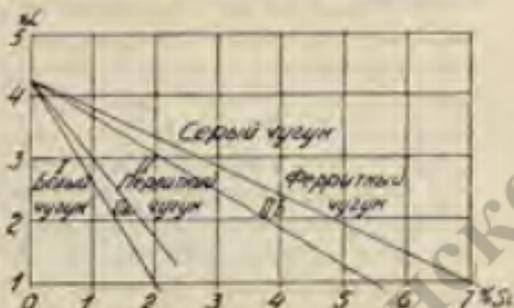
Содержание самого кремния в специальных сплавах железа с кремнием, находящихся в продаже, достигает  $40$ — $45\%$  и даже иногда  $95\%$  <sup>1)</sup>

Совместное влияние углерода и кремния на структуру чугуна видно на диаграмме *Маурера* (фиг. 1). «Ферритный чугун» — значит, что весь карбид подвергся разложению, так что чугун состоит лишь из графита и феррита. В перлитном чугуне часть карбида осталась неразложившейся. В белом чугуне весь карбид остался без изменения.

**Марганец** производит обратное действие: он увеличивает растворимость углерода, содержание которого, как мы видели, при этом может быть повышено до  $7\%$ , и препятствует выделению углерода

<sup>1)</sup> При получении сплава в электрических печах.

в форме графита. Таким образом, марганец и кремний, присутствуя одновременно, действуют противоположно, так что влияние одного из них частью уничтожается другим. Так, например, при 50% Mn содержание углерода могло быть доведено до 6%; если же при этом имеется 2% Si, то предел насыщения углерода падает до 5%, т. е. кремний здесь уничтожил часть влияния марганца, но зато и марганец в свою очередь уничтожает действие кремния, не допуская выделения графита.



Фиг. 1.

Марганец, при содержании его от 5 до 25%, сообщает чугуны особую кристаллическую структуру с сильным развитием больших пластинок, имеющих серебристо-белый блеск, отчего такой чугун получил название зеркального. При большом содержании Mn излом становится матовым, а чугун получает название марганцового или ферро-марганца.

Сера уменьшает растворимость углерода и в то же время удерживает его в связанном состоянии, т. е. она способствует образованию белых бедных углеродом чугунов. Таким образом S парализует влияние Si, при чем действие S в 10 раз сильнее Si. Сернистые чугуны плавятся при сравнительно низкой температуре, но очень густы в расплавленном состоянии, плохо заводятся формы, при остывании легко дают раковины в отливках, поверхность которых получает шероховатый вид. Кроме того, сера сообщает чугуны так же, как и железу и стали, красноточность, так что во время остывания отливки из сернистого чугуна легче дают трещины. В виду всех перечисленных качеств, сера — безусловно вредная примесь в литейных чугунах. Ее вред в переплавляемых в железо и сталь еще сильнее, так как сера, попадая в железо и сталь, чрезвычайно ослабляет их механические свойства. Поэтому при самой доменной плавке стараются освободить чугун от серы сильным обжиганием руд и прибавлением в шихту большого количества извести. В настоящее время редко можно встретить чугун с содержанием более 0,25% серы.

В литье допускается максимум 0,08% S в мелком и 0,10 и 0,12% — в среднем и крупном. Иногда S вводится умышленно, ради

вносимой ею жесткости. Так она вводится в тормозные колодки. В шведских пушках S содержится до 0,15%.

**Фосфор** в значительных количествах вредно отражается на механических качествах чугуна, вызывая хрупкость. Поэтому на изготовление частей машин, строительных сооружений и вообще изделий, подвергающихся действию значительных усилий и, особенно, сотрясений, фосфористые чугуны идти не могут.

Однако, они обладают прекрасными литейными качествами: они легко плавятся, в расплавленном состоянии очень жидки, медленно остывают и потому отлично заполняют форму; поэтому там, где от изделия не требуется особой прочности, фосфористые чугуны могут очень хорошо применяться: из них отливаются решетки, барельефы, статуи и т. п.

В обыкновенном литейном чугуне содержание фосфора до 1% вполне допустимо. Большее количество уже следует считать вредным.

Если при застывании чугуна углерод не выделяется в виде графита, а остается в химическом соединении с железом, то получается чугун белый; понятно, что каждый белый чугун должен содержать мало кремния и много марганца.

Температура плавления белого чугуна может быть принята в  $1050^{\circ}$ , т. е. плавится он легче серого, но в расплавленном виде — густ. Усадка его также более серого. Кроме того, в твердом виде белый чугун настолько тверд, что приготовленные из него предметы плохо поддаются обработке резаками.

В виду всех этих свойств, белый чугун на отливку предметов, вообще говоря, не идет. Отливаются же из него предметы только в исключительных случаях, а именно при изготовлении изделий из ковкого чугуна. В этом случае отливают изделия из чугуна, а затем посредством прокаливания в присутствии окислительных веществ, отнимающих углерод, содержание последнего в изделиях уменьшается, отчего они приближаются по составу к стали. Графит выгорает с большим трудом. Поэтому серый чугун для такой операции непригоден, а употребляется чугун белый, химически связанный углерод которого легко окисляется и удаляется из чугуна. Помимо окисления, самое накаливание в течение долгого времени заставляет связанный углерод белого чугуна переходить в так называемый анорфный, отчего чугун делается мягким.

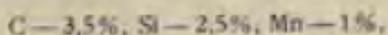
Последний процесс даже более важен, чем обезуглероживание.

Упомянем об одном свойстве чугуна, имеющем значение при отливке, — о способности серого чугуна отбеливаться или, как неправильно говорят, закаливаться. При быстром охлаждении чугуна углерод не успевает выделиться в форме графита и остается в связи пом

состоянии, и чугун становится белым. В крупных предметах, отлитых в металлические формы, это быстрое охлаждение претерпевают только наружные слои, которые и отбеливаются, внутренность же остается серой. Марганца должно быть при этом не более 0,7%, потому что иначе чугун получится чересчур хрупким. Si также следует брать не более 0,7—0,8%, так как он мешает отбеливанию. Содержание углерода заключается между 3,3 и 3,6%.

При указанном составе чугун по остыванию может оказаться то белым, то серым, смотря по скорости охлаждения.

Если же чугун содержит много кремния, не уравновешенного марганцем, например,



то он и при самом быстром охлаждении не отбеливается вполне, и, наоборот, настоящий белый чугун даже при очень медленном охлаждении не способен превратиться в серый.

Во всяком случае, быстрое охлаждение всегда производит отбеливающее действие, хотя бы это действие было неполное, т. е. чугун и не сделался бы совершенно белым. Поэтому при отливке в металлические или сырые формы изделия всегда получают твердую отбеленную корку.

Вместе с химическим составом изменяются и свойства чугунов. Таким образом, имеется возможность для каждого рода изделий подобрать наиболее подходящий сорт чугуна. Конечно, трудно ожидать, чтобы всегда имелись под рукою чугуны, наилучшим образом отвечающие по своему составу всем изделиям, отливаемым в данной литейной. Но в этом и нет надобности. Обыкновенно в литейной имеется несколько сортов чугунов, смешивая которые в той или другой пропорции, получают каждый раз требуемый состав.

Чтобы найти надлежащую пропорцию имеющихся чугунов, необходимо знать их химический состав и те изменения, которые могут произойти в составе смеси во время переплавки.

### Сорта чугуна.

По цвету излома литейные чугуны разделяются на тёмно-серые, серые и светло-серые. Первые дают крупно-кристаллический излом с металлическим блеском. Они легко плавятся и в расплавленном состоянии жидки; в твердом же состоянии довольно мягки и обладают некоторою способностью коваться. Серые чугуны дают в изломе более мелкое зерно, крепче первых и в расплавленном виде

## АНАЛИЗЫ РАЗЛИЧНЫХ ЧУГУНОВ.

	Всего углерода	Графита	Si	Mn	P	S
<b>Коксовые чугуны</b>						
<b>а) Гематитовые:</b>						
Каменской № 0 . . . . .	3,36	3,30	4,50	0,85	0,08	0,01
"    № 0 . . . . .	3,06	2,98	3,27	0,42	0,06	0,02
Краматорский № 0 . . . . .	3,5—4,0	—	3,0—4,0	0,5—0,8	0,09	0,02
"    № 1 . . . . .	3,0—4,0	—	2,5—3,0	0,6—1,0	0,09	0,33
"    № 2 . . . . .	3,0—4,0	—	1,7—2,5	0,8—1,0	0,09	0,05
Днепропетровский № 1 . . . . .	4,86	4,56	3,79	0,28	0,06	следы
Криворожский № 1 . . . . .	4,11	3,76	2,47	1,40	0,02	0,52
Англ. Distington № III . . . . .	3,82	3,37	2,50	0,18	0,04	0,035
"    Millom № I . . . . .	3,93	3,75	2,0	0,65	0,03	< 0,03
"    "    № IV . . . . .	3,31	2,72	1,2	0,60	0,03	0,1
"    Cleator № III . . . . .	3,45	3,0	2,38	0,3	0,05	0,04
"    V. S. Hematite № I . . . . .	3,75	3,5	2,45	1,5	0,05	0,03
Бельгийский . . . . .	3,5	3,2	2,8	1,0	0,06	0,06
Французский . . . . .	4,1	—	1,78	0,25	0,08	0,036
Австрийский Witkowitz № I . . . . .	3,5—4,0	—	2,2—3,5	0,8—1,0	0,1—0,13	0,02—0,03
Австрийский Witkowitz № III . . . . .	3,0—3,5	—	2,0—2,5	0,75—1,0	0,1—0,15	0,02—0,03
Испанский Vizcaya № I . . . . .	4,0—4,5	—	3,0—3,5	0,5—1,0	0,03—0,05	0,02—0,05
Gute-Hoffnungshütte . . . . .	3,5—4,0	—	2,5—3,5	0,8—1,0	0,07—0,10	0,02—0,03
Krupp обыкновенн. . . . .	около 4,0	—	2,0—3,0	1,0	0,07—0,10	0,02—0,05
Vorsigwerk . . . . .	3,8—4,0	—	1,8—3,0	1,0—1,25	0,07—0,08	0,03—0,06
Lübeck . . . . .	4,0—4,2	—	2,5—4,0	0,6—1,2	0,05—0,08	0,015
<b>б) Литейные:</b>						
Каменской № I . . . . .	—	2,84	2,65	0,57	0,11	0,03
"    № II . . . . .	3,87	2,76	2,36	0,82	0,08	следы
Юзовский № I . . . . .	3,70	3,50	2,07	0,91	0,09	0,05
"    № II . . . . .	3,40	2,20	1,97	0,52	0,13	0,02
"    № III . . . . .	3,45	1,53	1,68	0,52	0,09	0,02
Краматорский № 0 . . . . .	3,5—4,0	—	3,0—4,0	0,5—0,8	0,15—0,30	0,02
Английский Clarence № I . . . . .	3,45	3,3	2,90	0,60	1,52	0,030
"    "    № III . . . . .	3,40	3,2	2,73	0,57	1,50	0,034
"    "    № IV . . . . .	3,48	3,0	2,31	0,50	1,55	0,075
"    Cleveland . . . . .	3,45	3,25	3,25	0,75	1,50	0,048
Шотландск. Coltness № I . . . . .	3,65	3,45	3,43	1,58	0,98	0,022

	Всего углерода	Гра- фита	Si	Mn	P	S
Шотландск. Coltness № II	3,25	3,41	2,77	1,33	0,81	0,02
„ „ № III	2,82	2,54	2,16	0,67	0,51	—
Французск. Longwy № I	3,34	2,86	2,47	0,28	1,96	0,04
„ „ № VII	3,24	2,61	1,78	0,28	2,07	0,04
Австрийский Witkowitz № I . . . . .	3,5—4,0	—	2,5—3,0	1,0—1,25	0,50	0,02
Австрийский Witkowitz № III . . . . .	3,2—3,6	—	1,5—2,0	1,0—1,2	0,50	0,02 0,06
Gute Hoffnungshütte № I	3,5—4,5	—	2,5—4,0	0,55—0,65	0,3—0,5	0,01—0,03
„ „ № III	3,5—4,5	—	2,0—3,0	0,55—0,60	0,65—0,75	0,02—0,04
Люксембургский . . .	3,5—4,5	—	2,0—3,0	0,7—1,05	1,1—1,5	0,02—0,04
Krupp . . . . .	3,6—4,0	—	1,8—2,6	0,6—0,8	0,50	0,02—0,06
Люксембург-лотаринг- ский № III . . . . .	—	3,2—3,7	2,0—2,25	0,3—0,4	1,7—2,0	0,01—0,03
<b>II. Древесно-уголь- ные чугуны.</b>						
<b>а) Гекатитовые:</b>						
Зигалинский . . . . .	4,02	3,17	2,52	ниже 0,05	0,05	ниже 0,002
Кушанский . . . . .	3,43	3,17	3,27	0,72	0,09	0,06
Кутинский . . . . .	3,47	2,20	1,12	0,08	0,06	0,008
<b>б) Литевные:</b>						
Уткинский № I . . . . .	3,45	2,85	2,39	0,75	0,23	0,02
Качовский № I . . . . .	3,48	3,13	2,20	0,20	0,19	0,02
Нижне-Таргемск. № II	3,94	3,08	0,93	1,07	0,08	0,009
Сатюнский № III . . . . .	4,42	3,95	1,45	1,97	0,04	0,005
Невельский № IV . . . . .	3,90	2,10	1,12	0,50	0,25	0,01
Биссертский № IV . . . . .	3,00	1,75	1,07	0,31	0,56	0,035
Шведский Bjorneborgs № I . . . . .	2,85	2,5	2,38	0,54	0,13	0,14
Шведский Bjorneborgs № III . . . . .	3,11	2,35	1,91	0,60	0,13	0,08
Шведский Bjorneborgs № IV . . . . .	2,5	1,75	1,75	0,32	0,27	0,10
Австр. Vordenberg . . . . .	3,5—4,0	—	0,3—0,5	1,2—1,5	0,06—0,10	0,02—0,04
„ Salsan-Werfen . . . . .	4,00—4,4	—	0,9—1,3	1,2—1,5	0,14—0,18	0,005—0,06
Hüttenwerk Wziesko, Landsberg, O. S. серый грубозернистый	3,88	3,08	1,44	0,47	0,25	0,034
серый мелкозернист.	3,36	2,35	1,06	0,44	0,20	0,062
белый лучистый . . . . .	3,12	0,63	0,39	0,46	0,95	0,080

также жидки. Светло-серые уже не отличаются особенною жидкостью и пригодны главным образом для крупных отливок.

На чугуноплавильных заводах и в торговле чугуны обозначаются различными номерами, при чем низший номер всегда обозначает самый темный, наиболее крупнозернистый и сильно графитистый чугун; следующие номера относятся к более мелкозернистым и светлым сортам, затем к пестрым, и, наконец, к белым. Число номеров и значение их для различных местностей различно.

Древесноугольные чугуны делают обыкновенно на 4 номера,  $\Phi$ -ковсовые — на 5 — 6; при этом древесноугольные чугуны обыкновенно светлее и мелкозернистее коксовых, так что древесноугольный чугун № 1 соответствует номеру 3 коксовых.

Сообразно с этим, у нас на Юге, подобно Англии и Бельгии, коксовый чугун сортируют на 5 номеров, а на Урале, подобно Швеции, древесноугольные чугуны сортируются на 4 номера.

В таблице на стр. 14 и 15 приведены анализы различных русских и иностранных чугунов.

Вообще можно сказать, что в настоящее время не встречается надобности в иностранном материале, так как у нас теперь выплавляется не только хороший древесноугольный чугун, но и коксовый с большим содержанием кремния (в Донецком округе), вполне заменяющий шотландский. Имеются и специальные кремнистые чугуны (заводы Демидовские на Урале, а также и на Юге).

Однако, до войны были сильно распространены в СССР чугуны английские (Clarence, Claylane, Newport, Ferryhill) и шотландские (Coltness, Gartsherry, Calder).

Вышеуказанная классификация чугунов по излому должна быть признана совершенно неудовлетворительной, так как ведет часто к крупнейшим ошибкам. При одном и том же количестве главных элементов чугуны можно придать совершенно различный излом, что находится вполне в руках доменного мастера, который, естественно, все свое внимание обратит на то, чтобы получить хороший излом, оставляя химический состав на втором плане. Между тем, очевидно, для литейщика важен исключительно химический состав, так как чугун все равно пойдет в переплавку. Поэтому наиболее правильным было бы производить приемку чугуна, а также классифицировать его — по химическому анализу.

За границей в настоящее время классификация чугунов по химическому анализу широко распространена.

Наиболее важными элементами являются Si и S, которыми в то же время доменщик может легко управлять.

В классификации Союза германских чугунных заводов указывается, кроме того, Mn и P, но, как было указано, эти элементы имеют второстепенное значение, и, кроме того, зависят главным образом от руд, из которых выплавляется чугун, так что об их количестве всегда можно судить по месту происхождения чугуна.

В виду сказанного, надо признать наиболее рациональной и простой следующую классификацию, предложенную проф. Osann'ом.

Литейный чугун	Si%	S%
№ Ia . . . . .	2,75—3,00	не более 0,04
• I . . . . .	2,50—2,75	• • 0,04
• II . . . . .	2,25—2,50	• • 0,05
• III . . . . .	2,00—2,25	• • 0,05
• IV . . . . .	1,74—2,00	• • 0,06

Приемка чугунов по химическому анализу позволила бы доменному заводу не заботиться о виде излома и отливать чугуны не в песок, а в металлические изложницы. Такой чугун во многих отношениях лучше: он плавится при более низкой температуре, более хрупок и удобнее ломается на куски, чище, так как к нему не пристал песок (до 1% по весу); между тем, по излому он должен быть отнесен к низшему сорту, как более светлый и мелкозернистый.

У нас принята Комиссией промышленной стандартизации в 1924 г. следующая классификация чугунов.

## Чугуны южные.

Сорт чугуна	Si %	Mn %	P %	S %
Литейный № 00 . . . . .	3,5—4,5	0,5—1,5	0,1—0,3	< 0,03
• • 0 . . . . .	3,0—3,5	0,5—1,25		• 0,03
• • 1 . . . . .	2,5—3,0	0,5—1,0		• 0,03
• • 2 . . . . .	2,0—2,5	0,5—1,0		• 0,04
• • 3 . . . . .	1,5—2,0	0,5—1,0		• 0,05

Гематитовые чугуны, т. е. выплавленные из гематитовых руд, отличающихся чистотой, классифицируются совершенно так же, как и обыкновенные литейные, но с той разницей, что в них содержание фосфора меньше 0,1%.

Литейные сорта

КНИГОХРАНИЛИЩЕ  
ОБЛ. БИБЛИОТЕКИ

2  
БИБЛИОТЕКА  
ИМЕНИ  
В. Г. БЕРДИЯКОВА

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЧУГУНЫ.

Сорт чугуна	Si %	Mn %	P %	S %
а) Ферро-силиций № 0 . . .	12,0—14,0	1,0—4,0	до 0,15	< 0,03
»    »    »    » 1 . . .	10,0—12,0	1,0—4,0	» 0,15	» 0,03
б) Зеркальный (низко-проц.)	0,3—1,0	10,0—14,0	» 0,18	» 0,03
в)    »    (высоко-проц.)	0,3—1,5	18,0—22,0	» 0,18	» 0,03
г) Ферро марганец . . . . .	0,3—1,5	70,0—80,0	» 0,40	» 0,03
д) Силико-шпигель . . . . .	10,0—12,0	18—21	» 0,18	следы
Мартеновский (основн.) . . .	0,5—2,0	0,5—1,0	» 0,3	< 0,08

## II. ЧУГУНЫ УРАЛЬСКИЕ.

## Чугун литейный уральский древесноугольный

Сорт чугуна	Si %	Mn %	P %	S %
№ 00 . . . . .	2,5—3,0	0,3—1,0	0,12—0,80	до 0,03
» 0 . . . . .	2,0—2,5	0,25—1,5		» 0,03
» 1 . . . . .	1,75—2,0	0,25—1,1		» 0,03
» 2 . . . . .	1,5—1,75	0,25—1,0		» 0,05

По особому соглашению возможен к поставке также и чугун с содержанием кремния от 3 до 3,5%.

## Гематит уральский древесноугольный, марганцовистый из Бакальских руд.

Сорт	Si %	Mn %	P %	S %
№ 00 . . . . .	2,5—3,0	2,5—3,0	0,05—0,10	до 0,02
» 0 . . . . .	2,0—2,5	2,1—2,6		» »
» 1 . . . . .	1,75—2,0	1,8—2,1		» »
» 2 . . . . .	1,5—1,75	1,7—2,0		» »

## Гематит уральский древесноугольный из Аузбыховских и Покровских руд.

Сорт	Si %	Mn %	P %	S %
№ 0 . . . . .	2,0—2,5	до 0,60	0,10—0,12	до 0,03
» 1 . . . . .	1,75—2,0			» 0,03
» 2 . . . . .	1,5—1,75			» 0,04

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЧУГУНЫ УРАЛЬСКИЕ ДРЕВЕСНОУТОЛЬНЫЕ.

## I. Чугуны для ковких отливок.

Сорт	Si %	Mn %	P %	S %
Белый ковкий . . . . .	0,2 — 0,7	0,12 — 0,30	0,10 — 0,15	до 0,03
Серый ковкий . . . . .	0,7 — 1,5	0,15 — 0,35	0,10 — 0,15	* 0,03

## II. Чугун для отливки прокатных валков.

Норм. валков . . . . .	0,4 — 1,0	0,4 — 0,8	до 0,25	0,01 — 0,03
------------------------	-----------	-----------	---------	-------------

## III. Передельные чугуны.

а) Перед. из Бажальск. р. . . . .	0,2 — 1,5	0,7 — 2,0	0,05 — 0,08	до 0,04
б) * * * других руд . . . . .	0,2 — 1,5	до 1,2	0,12 — 0,60	* 0,05

Рассматривая эту классификацию, мы замечаем, что нумерация в ней выдержана главным образом по кремнию, отчасти по сере; по фосфору различные номера между собою не отличаются, по марганцу также или совсем не отличаются, или отличаются незначительно, т. е. классификация составлена рационально.

## Изменение состава чугуна.

При расплавлении чугуна в печах того или иного устройства вообще говоря, состав чугуна изменяется, при чем свойства его также изменяются в ту или другую сторону. Газы плавильных печей всегда содержат свободный кислород или углекислоту и действуют на составные части чугуна окислительным образом.

Хотя железо, вследствие его преобладания, также отчасти угорает, но уменьшение его относительно всей массы мало заметно. Главным же образом убывают кремний и марганец. Оба эти элемента своим окислением предохраняют углерод от выгорания. Содержание углерода может при переплавке даже повыситься, если капли чугуна приходят в соприкосновение с раскаленным углем. Известно, что стальные и железные обрезки превращаются в белый чугун при переплавке их в вагранках, т. е. в шахтных печах, в которых чугун перемешан с углем. Поэтому при прибавлении в шихту железного лома следует обращать главное внимание на среднее содержание Si, и можно не заботиться о пропорции углерода.

Но если марганца и кремния было мало, а углерода, напротив, очень много, то он, не будучи достаточно защищен от окисления, подвергнется частичному выгоранию, что особенно заметно при плавке в пламенных печах, где чугун не находится в соприкосновении с углем.

**Сера** при переплавке не улетучивается, но ее можно перевести в шлак прибавлением известняка, при чем образуется сернистый кальций. Без этой предосторожности содержание серы в чугуне может даже увеличиться за счет серы, содержащейся в коксе.

Для борьбы с серой рекомендуется высокая температура плавки, избыток марганца, жидкие шлаки и выстывание чугуна перед отливкой.

**Фосфор** при переплавке также не выгорает; вследствие же уменьшения общей массы чугуна, его процентное содержание обыкновенно повышается.

Понизиться содержание P может лишь в том случае, когда переплавляется чугун, богатый P и бедный Si, т. е. идущий для переработки на железо или сталь по основному процессу.

В этом случае при плавке в окислительной атмосфере часть P сгорает и переходит в шлак.

Итак, главным образом убывают кремний и марганец. Их убыль вообще тем больше, чем значительнее их первоначальное содержание. При этом, если набойка печи кислая, т. е. содержит много кремнезема, то марганец предохраняет кремний от угорания, а иногда случается, что содержание кремния даже повышается за счет кремния, восстановленного марганцем из набойки.

Серый чугун при повторительных переплавках постепенно отбеливается. Это явление основано на выгорании кремния, с уменьшением содержания которого углерод перестает выделяться в виде графита.

В этом отношении весьма полезно в сером литейном чугуне умеренное содержание марганца, не дающего кремнию выгорать. Такой чугун дольше остается серым.

Обыкновенный серый чугун после шести семи переплавок превращается в белый.

В чугунолитейном деле переплавляется много старого чугуна, т. е. сломанных частей машин, чугуновой посуды и т. д. Если состав этого лома и отвечает как раз отливаемым предметам, то все-таки при плавке прибавляют в шихту богатого кремнием чугуна, чтобы возместить убыль кремния во время плавки и не дать чугуну отбелиться. Для такой прибавки применяется обыкновенно темный сильно графитистый шотландский чугун (лучшая марка Coltness № 11). В настоя-

шее время для освежения чугуна часто прибавляют специальный кремнистый чугун (ferro-silicium).

Употребление этого сплава, основанное на химическом анализе, дает гораздо лучшие результаты, чем рутинное применение шотландского чугуна. Действие освежающей прибавки основано главным образом на кремнии, а не на углероде. Поэтому ferro-silicium или высококремнистый чугун, хотя бы и с малым содержанием углерода, имеющий сравнительно светлый и мелкозернистый излом, прекрасно исполняет свое назначение, хотя по виду и кажется малопривлекательным, будучи похожим на чугун с небольшим содержанием Si и C. На этом примере мы видим, что нельзя доверяться одному виду излома.

Выбор присадочного чугуна зависит от количества и качества лома. Сравнительно обильная присадка требуется в случае, когда вместе с хорошим ломом нужно переработать горелый чугун, окислы которого сильно выжигают Si.

Следующая таблица представляет собою результаты опытов Юмста над переплавкою чугуна в вагранке.

	Химический состав в%						Сопротивляемость	
	Si	графит	C	Mn	P	S	в кг.	Стрела прогиба в мм.)
Чугун до переплавки	2,30	2,35	3,10	2,00	0,29	0,06	—	—
После 1-й	2,42	2,73	3,33	1,09	0,31	0,04	2320	22,0
» 2-й	2,29	2,57	3,32	0,80	0,32	0,05	2580	22,4
» 3-й	1,92	2,48	3,30	0,66	0,27	0,05	3110	23,1
» 4-й	1,38	2,54	3,34	0,44	0,30	0,10	3710	27,1
» 5-й	1,30	2,16	3,31	0,45	0,30	0,09	2900	16,0
» 6-й	1,16	2,68	3,34	0,36	0,28	0,20	2170	11,7

Из таблицы видно, что сначала выгорает Mn и предохраняет Si; последний начинает заметно убывать только после 3-й переплавки. Общее содержание углерода остается без перемен, графита же выделяется меньше.

Механические качества чугуна сначала повышаются, но после 4-й переплавки быстро падают.

<sup>1)</sup> Бруски квадратные в 30 мм; расстояние между осями — 1 метр.

Подобные же опыты *Мюллера* изображены в следующей таблице.

	Общ. С	Графит	Si	Mn	P	S
Чугун до переплавки . . . . .	3,89	3,61	2,97	0,71	0,68	0,024
после 1-й * . . . . .	3,81	3,47	2,74	0,48	0,71	0,025
» 2 * . . . . .	3,89	3,30	2,47	0,46	0,70	0,031
» 3 * . . . . .	3,75	3,04	2,18	0,41	0,72	0,034
» 4 * . . . . .	3,72	2,93	2,07	0,42	0,74	0,045
» 5 * . . . . .	3,67	2,80	1,81	0,39	0,73	0,049
» 6 * . . . . .	3,56	2,64	1,65	0,35	0,75	0,056

Эти опыты отличаются от опытов *Юнста* тем, что здесь был взят обыкновенный литейный чугун с умеренным содержанием марганца. Поэтому марганец не предохраняет кремний от окисления, и последний все время выгорает. Углерода взято несколько больше, и он также постепенно выгорает. Очевидно, содержание углерода в 3,3% надо считать нормальным в чугунах, переплавленных в вагранках. Марганец предохраняет кремний от выгорания, если его содержится более 1 $\frac{1}{2}$ %.

Из опытов *Мюллера* можно подсчитать, какое количество кремния и марганца выгорает, а серы прибывает за каждую плавку. Для этого общую разность разделим на 6 и на средний состав за все плавки:

$$\text{Si} \dots \frac{2,97 - 1,65}{6 \cdot 2} \cdot 100 = 11\%,$$

$$\text{Mn} \dots \frac{0,71 - 0,35}{6 \cdot 0,4} \cdot 100 = 15\%,$$

$$\text{S} \dots \frac{0,056 - 0,024}{6 \cdot 0,04} \cdot 100 = 13,33\%.$$

На этом основании в дальнейших расчетах будем считать, что кремния выгорает 10%, марганца — 15%; что же касается серы, то увеличение ее содержания сильно зависит от качества кокса. При плохом коксе количество серы возрастает часто на 30 и 40%. Кремний и марганец тоже часто выгорают в больших, чем указано, количествах, что зависит главным образом от состава газов внутри вагранки. Если эти газы очень кислые, то угар марганца, например, нередко достигает 25 и более процентов.

Что касается изменения состава чугуна при переплавке его в пламенных печах, то на этот счет не имеется систематических опытов, и приходится руководствоваться практическими данными, указанными далее в статье о пламенных печах.

### Испытание чугуна.

Часто судят о качествах чугуна по виду излома. При этом предполагается, что чем крупнозернистее излом, тем графитистее чугун, тем более переплавок он выдержит без отбеливания и тем, следовательно, он лучше как литейный чугун.

Однако известно, что при переплавах главнейшее значение имеет количество кремния, а не графита. Между тем, специальный кремнистый чугун в изломе может быть сравнительно мелкозернистым и светлым.

Кроме того, вид излома зависит очень сильно от условий остывания.

Чугун с малым содержанием кремния, но отлитый в толстые свинки, может оказаться графитистее, чем чугун с большим содержанием Si, но отлитый в тонкие свинки.

Подобный пример ошибочной сортировки по излому приводит *Ледебур*:

	Si	Граф.	Всего C	Mn
тепло-серый крупнозернистый № 1 . . . . .	1,3	3,22	3,45	0,72
серый мелкозернистый № 3 . . . . .	3,50	3,27	3,42	0,79

В виду этого, если имеется в распоряжении химическая лаборатория, то лучше всего произвести анализ на главнейшие составные части чугуна, для чего выработаны особые приемы, дающие весьма быстро результаты с достаточною для практики точностью.<sup>1)</sup> В противном случае надо произвести непосредственные испытания тех качеств чугуна, которые от него требуются в каждом отдельном случае:

а) Испытуемый чугун расплавляют в той же печи, в которой производится обыкновенно плавка, и отливают его в штыки, которые вновь переплавают несколько раз, до тех пор, пока чугун не начнет отбеливаться. Чем больше он выдержит переплавок, тем лучше.

б) Примешивают к данному чугуну старого дома в различных пропорциях. Чем больше он способен принять в себя старого чугуна, давая хороший продукт, тем он выгоднее.

в) О степени жидкости и подвижности чугуна судят, отливая тонкую полосу в обыкновенном песке, при чем литник располагается на одном конце. Полосе придают следующие размеры: 250 мм

<sup>1)</sup> *Ледебур*. Руководство для железоаводских лабораторий, 1909. *H. Wedding*. Die Eisenprobirkunst. *Bauer und Deiss*. Probenahme und Analyse von Eisen und Stahl, 1912.

в длину, 25 мм в ширину и 1½ мм в толщину. Вся форма редко заполняется, а о подвижности судят по завогнутой чугуном длине.

д) Для определения способности отбеливаться в тонких частях отливается тонкий клин, в изломе которого замечают, на какую длину от тонкого конца произошла отбелка. Длина клина 200 мм, ширина 200 мм, толщина у обуха 35 мм.

е) Часть формы делают из металла, остальные стенки из песка. Тогда прилегающая к металлической стенке поверхность отливки получит закалку, о глубине которой можно судить по виду излома.

ж) Отливается угольник с ребрами, под которыми почти всегда оказываются внутри пустоты; сравнительная величина их показывает способность чугуна шиться из прибыли (фиг. 2).



Фиг. 2.

з) Отливают пробные бруски в 30 мм в квадрате и 1300 мм длиной. Эти бруски служат для механических испытаний, а также для определения линейной усадки.

и) Отливают плоскую тонкую плиту в ¼ кв. м и 10 мм толщиной, по виду которой судят о способности чугуна корчиться.

й) Наконец, характерною пробой является отливка шкива в 3—4 фута диаметром с прямыми спицами. При этом не должно получаться трещин и сильных внутренних натяжений. Последние обнаруживаются, если по спицам ударить молотком.

к) Наружный осмотр свинок чугуна дает указания на его качества; плоские или слегка выпуклые поверхности указывают на малую усадку; наоборот, вогнутые поверхности — на большую. Спель на поверхности есть признак графитистости. Пузыри на поверхности, а под ними раковины и свищи указывают на чугун сырой плавки, бедный кремнием.

л) Наблюдение за струей вытекающего чугуна. Ярко-белый цвет струи указывает на легкоплавкость чугуна и высокую температуру, сильное пламя с белым дымом — на большое содержание марганца. Небольшое пламя с сильным дымом есть признак кремнистости чугуна. Красноватый цвет струи с вылетающими звездочками свойствен чугунам с малым содержанием углерода и кремния.

м) Наблюдение поверхности застывающего чугуна. Под влиянием воздуха, на поверхности только-что вылитого в форму чугуна обра-

зается жатая пленка окисла. Эта пленка трескается, обнажая блестящие полосы расплавленного металла, который в обнаженных местах снова тотчас же затягивается окислом. Появляются новые трещины и т. д. Это явление называется игрою чугуна. Характерно, что вид получающихся при этом фигур остается постоянным для чугунов одинаковых сортов. Таким образом, навывший глаз по особенностям игры легко отличит друг от друга различные продукты доменной плавки. Особенно отчетлива игра у типично литейных, т. е. серых чугунов, содержащих около  $1\frac{1}{2}$  — 2% Si.

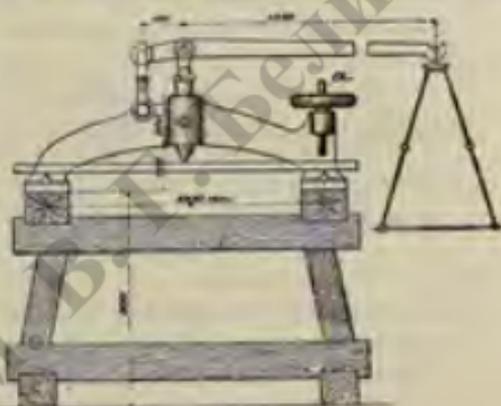
п) Механические испытания. Наилучшие результаты дает испытание на изгиб с одновременным определением стрелки прогиба перед изломом. Прибор *Bethke* для подобных испытаний очень простой, но вполне достаточный для данной цели, изображен на фиг. 3. На чашку весов постепенно нагружают гири до наступления излома. Перед каждым увеличением груза необходимо поддерживать рычаг винтом *a*, чтобы избежать действия внезапной нагрузки.

По тому же принципу устроены машины *Кирхейса* и *Круппа*. Напряжение вычисляется по обыкновенной формуле на изгиб. Проба на разрыв показывает примерно вавое меньшее напряжения; эта проба для чугуна мало надежна и не дает регулярных результатов. Кроме того, при разрыве чугуна получается ничтожное удлинение, при изгибе же стрелка имеет значительную, легко измеряемую величину, дающую представление о способности материала деформироваться.

Для пробы на изгиб союзом немецких литейных выработаны следующие условия. Пробные бруски круглого сечения; диаметр — 30 мм, длина — 650 мм, расстояние между опорами — 600 мм.

Бруски отливаются одновременно с отливкой из того же ковша в сухую, но не горячую форму (лучше неразъемную); отливка сифонная; расположение брусков вертикальное; остывание брусков в форме.

Испытанию подвергаются 3 здоровых бруска. Нагрузка повышается плавно. Бруски остаются необработанные.



Фиг. 3.

Временное сопротивление и стрелки должны быть следующие:

	кг	мм
Обыкновенное машинное литье . . . . .	28	не менее 7
Строительное литье . . . . .	26	» » 6
Газо- и водопроводные трубы . . . . .	26	» » 6
Паровые трубы до 7 ат . . . . .	26	» » 6
» » для высокого давления . . . . .	34	» » 10

Эти требования несколько устарели, и в настоящее время можно требовать:

	кг	мм
Для обыкнов. машин. литья . . . . .	33	до 10
» машин. литья высок. кач. . . . .	43	» 13
» стронт. литья и труб . . . . .	32	» 9

Сопротивление не должно быть слишком высоким, потому что это указывало бы на слишком твердый и хрупкий чугун.

Кроме изгиба, следует испытывать чугун и ударною пробкою, которую можно выполнить обыкновенным копром, служащим для разбивания тяжелых кусков чугуна.

Юнгст для подобных испытаний употреблял квадратные плиты в 1 м в стороне и в 20 мм толщиной; вес бабы равнялся 25 кг. Высота падения, начиная с 0,25 м, увеличивалась с каждым ударом на 0,25 м. Плиты кладутся плашмя на утрамбованный песчаный грунт. Некоторые плиты из твердого белого чугуна разлетались уже при первом ударе; плиты наилучшего состава получали первые трещины при 4 м высоты и окончательно разлетались в куски при 5,25 м. Среднего достоинства чугун разбивается обыкновенно при высоте падения в 0,5—0,75 м, т. е. при втором или третьем ударе.

Испытание чугуна ударом нередко заменяет собою все другие способы испытания и имеет решающее значение при приемке чугунов, например, во Франции. При этом употребляется специальный небольшой копер, в котором баба скользит вдоль вертикальных напра-

вяжущих стоек. Баба поддерживается клещами, автоматически раскрывающимися при встрече с переставным упором. Вес бабы 12 кг. Ее боек закруглен по шаровой поверхности с радиусом, равным 200 мм. Пробный брусок квадратного сечения со стороной в 40 мм кладется на призмы, расставленные на 160 мм одна от другой.

Однако, пробу на изгиб надо предпочесть всякой другой механической пробе.

### Выбор чугуна для различного рода изделий.

Выше мы видели, что для некоторых специальных случаев отливки требуются чугуны вполне определенного состава. Что касается обыкновенных серых чугунов, то все они, обладая хорошими литейными качествами, тем не менее значительно отличаются друг от друга по своим физическим и механическим свойствам; и каждому роду изделий поэтому наиболее соответствует какой-либо один сорт литейного чугуна. Так, при производстве мелких и средних машинных частей чугуна даже в тонких частях отливок должен оставаться серым и мягким (для возможности легкой обработки); в таком чугуне должно содержаться приблизительно 2—2¼% кремния, 3¼—3½% углерода и не более 1% марганца.

Для крупных машинных частей, как паровые и воздуходувные цилиндры, крупные части станков и т. п., употребляется чугун с меньшим содержанием кремния и притом дающий меньшую усадку, т. е. с меньшим содержанием марганца. Подходящим составом для этих целей было бы содержание кремния 1,5—2%, углерода 3—3½%, марганца не более 0,6% и фосфора не более 0,8%.

Чугун для отливки предметов большой прочности, как колонны, балки, кронштейны и т. п., не должен содержать вредных примесей: меди, серы, мышьяка, сурьмы, а также по возможности меньше фосфора, во всяком случае, не больше 0,5%. Также нет надобности в большом содержании углерода и кремния. Для этих целей лучше всего употреблять чистый древесноугольный чугун и прибавлять к нему богатого кремнием темносерого коксового чугуна или нежного ферросилициума.

Предметы, подвергающиеся химическому действию жидкостей, как, например, выпаривательные сковороды, котлы и т. п., требуют чугуна, стойкого против химических влияний. Опыт показывает, что С, Р, Mn и Si повышают названную способность чугуна, тогда как S понижает. Форма углерода тоже имеет значение, а именно — мелкозернистый менее графитистый чугун, а особенно белый чугун, более

стоек, чем крупнозернистый темносерый. Подходящий состав был бы следующий: Si 1—2%; Mn 1—1,5%; P не более 0,4% и S не более 0,05%.

Очень хорошо сопротивляется действию кислот специальный чугуны с 18% Si. Для улучшения литейных качеств этого чугуна необходима присадка Al.

Для предметов, подвергающихся окислительному действию печных газов при высоких температурах, как части топок, калильные горшки, реторты и т. д., лучше всего подходит мелкозернистый светлосерый чугун.

Для отливки гидравлических цилиндров непригодны сильно-графитистые чугуны, потому что они имеют пористую структуру. В таком цилиндре вода будет просачиваться через стенки под влиянием сильного давления.

О чугуны для отливок с закаленной поверхностью было упомянуто выше.

Для ковких чугунных изделий состав чугуна (белого) применяется следующий:

углерода . . . . .	2,8 до 3%
кремния . . . . .	0,8—0,6%
марганца не более . . . . .	0,4%
фосфора * * . . . . .	0,2%
серы * * . . . . .	0,15%

Здесь кремний допущен с целью уменьшить усадку; марганец же — для того, чтобы парализовать влияние на образование графита. Фосфора в данном случае нельзя допускать в обычном для литейных чугунов количестве, так как он понизил бы механические качества будущих ковких изделий. Наконец, более значительное содержание серы вызвало бы красноломкость изделий и, кроме того, затруднило бы отливку и без того густоплавкого чугуна.

Под гематитовым литьем разумеется такое, которое абсолютно свободно от всяких напряжений, не хрупко и выдерживает самые резкие изменения температуры. Сюда относятся, например, изложницы для стали, головки поршней, выталкивающих кокс из коксовальных печей, и т. п. В данном случае чугун должен быть очень чистый, с содержанием P не более 0,1%. Этому требованию и отвечают гематитовые чугуны, от которых получает название и самое литье.

В следующей таблице приведены химические составы различных чугунных изделий, рекомендованные комитетом общества американских литейщиков.

Чугунные изделия	Всего углерода в ‰	Si ‰	Mn ‰	P ‰	S ‰
Машинное литье легкое	3 — 3,6	2 — 2,5	0,5 — 0,7	0,5 — 0,7	< 0,08
»    »    среднее	2,6 — 3,2	1,5 — 2	0,6 — 0,8	0,4 — 0,6	< 0,09
»    »    тяжелое	—	1 — 1,5	0,8 — 1,0	0,3 — 0,5	< 0,10
Зубчатые колеса малые	—	2 — 2,5	0,6 — 0,8	0,5 — 0,7	< 0,08
»    »    средние	3,75 — 3,85	1,5 — 2,0	0,7 — 0,9	0,4 — 0,5	< 0,09
»    »    большие	3,3 — 3,5	1 — 1,5	0,8 — 1,0	0,3 — 0,5	0,08 — 0,10
Цилиндры автомобильные	3,0 — 3,25	1,75 — 2,0	0,6 — 0,8	0,4 — 0,5	< 0,08
»    газов, двигат.	3,0 — 3,3	1,0 — 1,75	0,7 — 0,9	0,2 — 0,4	< 0,08
»    паров, средние	3,35 — 3,5	1,25 — 1,75	0,7 — 0,9	0,3 — 0,5	< 0,09
»    »    большие	3,0 — 3,15	1,0 — 1,15	0,8 — 1,0	0,2 — 0,4	< 0,10
»    гидравл. средние	—	1,2 — 1,6	0,7 — 0,9	0,3 — 0,5	< 0,09
»    »    тяжелые	2,5 — 3,5	0,8 — 1,2	0,8 — 1,0	0,2 — 0,4	< 0,10
Чедости дробилок	3,0 — 3,25	0,8 — 1,0	0,8 — 1,2	0,2 — 0,4	0,08 — 0,10
Закаленные изделия	3,0 — 3,25	0,75 — 1,25	0,8 — 1,2	0,2 — 0,4	0,08 — 0,10
Закаленные катки	3,0 — 3,25	0,6 — 0,8	1,0 — 1,2	0,2 — 0,4	0,06 — 0,08
Закал. вагоны, колеса	3,5 — 3,7	0,6 — 0,7	0,5 — 0,6	0,3 — 0,4	0,08 — 0,10
Изделия, сопротивл. жару	—	1,25 — 2,50	0,6 — 1,0	< 0,2	< 0,06
Изложницы	—	1,25 — 1,50	0,6 — 1,0	< 0,2	< 0,06
Издел., сопротивл. кислотам	3,0 — 3,5	1 — 2	1 — 1,5	< 0,4	< 0,05
Колосники	—	2 — 2,5	0,6 — 1,0	< 0,2	< 0,06

В таблице на стр. 30 и 31 приведены германские нормы N. D. 1.

Самое важное это — выбрать правильную пропорцию Si, количество которого, главным образом, зависит от толщины стенок отливки.

*Leyde* дает следующую пропорцию Si в готовом литье:

Толщ. стенок в мм	10	20	30	40	50	75	100	150	250
‰ Si	2,5	2,2	2	1,9	1,75	1,55	1,4	1,2	1

Эти числа относятся к обыкновенным отливкам. В особых случаях приходится от них сильно отступать, например, для закаленных изделий; также для автомобильных цилиндров с очень тонкими стенками по *Leyde* пришлось бы взять 3% Si.

Класс	Чугунные изделия	Приблизительный состав				
		Всего углерода в %	Si %	Mn %	P %	S %
Строительное литье	а) Колодцы . . . . .	3,3—3,6	2,0—2,5	0,5—0,8	0,6	0,10
	б) Оса и т. п. отливки в опоках и полизе . . . . .	3,3—3,6	2,2—2,6	0,6	1,0	0,10
	в) Строительные литья, рельсовые прокладки городских железных дорог . . . . .	3,3—3,6	1,5—2,0	0,6	1,0	0,10
	г) Печи, посуда чугунная, эмалированная, оксидированная или усиленная другими способами . . . . .	3,2—3,8	2,2—2,8	0,6	1,0—1,5	0,10
	д) Нагревательные приборы, радиаторы, ребристые трубы, котлы для отопления, части топок в кам., полевые бочки, газовые, электрические и сварочные аппараты . . . . .	3,2—3,8	2,0—2,2	0,6	0,8—1,2	0,06
	е) Арматура домового и уличного водоснабжения . . . . .	3,5—3,8	1,8—2,2	0,8	1,0—1,2	0,10
	ж) Сварные трубы и фасонные литья к ним . . . . .	3,5—3,8	2,0—2,4	0,6	1,0—1,2	0,10
	з) Муфтовые и фасонные трубы . . . . .	3,2—3,6	1,5—2,0	0,8	0,8—1,0	0,10
	и) Фасонные трубы к ним . . . . .	3,2—3,6	1,5—2,0	0,6—0,8	0,7—0,9	0,08
	к) Рама для ролей и пиляно . . . . .	3,5—3,8	2,4—2,8	0,8	0,3	0,06
Литье без специальных требований	Для всевозможного машиностроения, включая обрабатываемое . . . . .	В зависимости от формы, величины и толщины стенок очень различно.				
	Машины текстильной промышленности . . . . .	3,2—3,6	1,8—2,2	0,8	0,8	0,8
	Для электротехнической промышленности . . . . .	3,4—3,6	2,0—2,8	0,6	1,0	0,10
	Аппараты газовой промышленности . . . . .	3,4—3,6	2,5—2,8	0,6	1,0—1,2	0,10
Машинное литье по специальным указаниям	Сельско-хозяйственные и домашние машины (швейные машины) . . . . .	По поразительным соотношениям, в кам. литьях				
	Пилующие и сечные машины, ретристрационные кассы . . . . .	3,5	1,5—2,0	0,6—0,8	0,5	0,10
	Для общего машиностроения и кораблестроения и т. д. . . . .	2,8—3,3	1,0—1,5	1,0	0,5	0,10
Наквозь отбеленное литье, подверженное отливке и без конилей	а) паровой, газовой и водной арматуры . . . . .	2,8—3,3	1,5—2,0	0,6	0,5	0,06
	а) цилиндров автомобильных, авиационных, поршней и тракторных моторов . . . . .	2,8—3,3	1,5—2,0	0,6	0,5	0,06
	Колода для паровых прокатных станков (отливки в песок, без поверхности излома), скаты для паровых пилутов и горющих паровозов, гидравлические поршни, валцы для комсо- и угледробильных машин . . . . .	2,8—3,3	0,6—1,2	0,4—1,2	0,50	0,10

Класс	Чугунные изделия	Приблизительный состав					
		Всего углерода %	Si %	Mn %	P %	S %	
Ковальная отливка с закаленной поверхностью	Вальцы и плиты бегунов, шаровые мельницы с измельчающими шариками, шпатулы, экскаваторы, железнодорожные колеса (Гриффин), шпатель, волоочные доски и подобные изнашивающиеся детали	3,0—3,6	0,5—1,0	0,4—1,4	0,1	0,05	
	Закаленные вальцы, втулчанальные вальцы и вальцы, отлитые в гонимую для асфальтных станков (Локстона и Файсона железа)	2,8—3,0	0,5—1,0	0,5—0,8	0,03	0,05	
Вальцы	Вальцы для типографских, литографских, бумажных и текстильных машин и мельниц для сахара	3,0—3,2	1,0—1,5	0,5—0,8	0,03	0,05	
	Изложницы для стальных и брызговых бидалюков	3,3—4,0	2,0—2,5	0,6—0,8	0,10	0,04	
Специальное литье	Постоянные формы для массового производства, формы для стеклальной промышленности	3,5—4,0	2,0—2,8	0,6	0,1	0,04	
	Сварки по особым условиям	2,8—3,2	1,0—2,0	1,0	0,5	0,04	
Кислородное литье	Шахтные кольца (трубопровод)	3,0—3,5	1,5—2,0	0,8	0,4	0,08	
	Наковальни и подобные массивные отливки	2,8—3,2	1,2—1,5	1,0	0,3	0,06	
Щелочное литье	Буксы для железных дорог	3,0—3,3	1,0—1,2	1,0	0,8	0,1	
	Трубы, горшки, котлы, котлы, насосы для прядения и передачи всевозможных кислот	2,8—3,5	2,0—18,4	0,6—1,2	0,5	0,05	
Огнеупорное литье	Содовые котлы, натровые котлы, сопротивляющиеся содовым растворам	3,5	1,2—1,7	1,2	0,2	0,05	
	а) Приспособления топков, плиты и т. п., колосниковые решетки б) Плавильные котлы для цветных (не железных) металлов, ре-торты, горшки для прокатки и т. п.	3,5—4,0	1,0—2,0	0,5—0,8	0,3	0,08	
Тонкое литье	Декоративное литье для колонок, дверей и мебели, ларцы, рамы для картин, осветительная арматура и подобные простые предметы общего художественного исполнения	3,5—4,5	1,5—2,8	0,5—1,2	0,2	0,06	
	Предметы искусства по особым образцам, как-то: статуи, бюсты, барельефы, фигуры животных, чаши, вазы и т. д.	3,5—4,5	2,0—2,5	0,6	0,8—1,2	0,1	
Художественное литье		3,5—4,5	2,0—2,5	0,9	0,8—1,0	0,1	

<sup>1)</sup> Сплавы с содержанием 4—10% углерода мало применяются.



Средний состав домов можно принимать следующий:

Дом	C	Si	Mn	P	S
Горелый	2,8	1,5	0,7	0,7	0,1
Строительный	3,5	1,5	1,0	0,5	0,1
Машинный	3,25	2,0	0,8	0,8	0,1

Отношение между количеством старого дома и свежего доменного чугуна должно устанавливаться для каждой литейной сообразно получению дома, чтобы он не накаплился. Обыкновенно это отношение колеблется между  $\frac{2}{3}$  и  $\frac{1}{2}$ . При больших количествах горелого чугуна на доме, т. е. старых колосников, топочных частей, реторт и т. п., необходимо прибавлять свежего чугуна больше, чем к лому, машинному или строительному, так как в горелом чугуне много окислы и ржавчины. Эти окислы сильно выжигают кремний присадочного свежего чугуна.

Имея в виду, что дом всегда имеет очень неопределенный состав, рекомендуется его тщательно сортировать по характеру изделий, т. е. на машинный, строительный, печной и пр., и по толщине отливок. Но и за всем тем состав чугуна дома все же будет неопределенный. Для верности производства рекомендуется в этом случае переплавить этот дом с хорошим кремнистым чугуном, собрать всю плавку в один ковш и, разлив ее в штыки, произвести химический анализ.

Употребление стальных обрезков в смеси с серым чугуном дает хорошие результаты: чугун получается очень прочный и плотный.

При этом, во время переплавки в ванночке, сталь быстро насыщается углеродом. Поэтому при определении относительных количеств чугуна и стальных обрезков надо принимать во внимание лишь содержание Si в чугуне.

Проф. Осала рекомендует держаться низких цифр, не переходя 30%, а лучше ограничиться 10%. Плавка со стальным домом настолько капризна, что лучше держаться одной и той же шихты, к которой уже установилась привычка, так как изменение шихты всегда сопряжено с риском неудачи. Неудобство плавки заключается в том, что железный дом плавится медленнее и, будучи завален одновременно с чугуном, подходит к выпускному очку возже, попадая в чужую шихту. Во избежание этого лучше пользоваться более углеродистым домом, как, например, рессоры, концы балок,

рельсов, выпоры стальных отливок и пр.; такой лом легче плавится и лучше смешивается с чугуном.

Можно заливать мелко раздробленный лом остатками жидкого чугуна после плавки, — в таком виде лом лучше смешивается с чугуном.

### Применение стружек и брикетов из них

С экономической точки зрения весьма важно пускать в переплавку вместе с чугуном стружки со станков как чугунные, так и стальные<sup>1)</sup>.

При плавке в вагранке надо иметь в виду, что сильно высорают Si и C. Убыль кремния на 0,2—0,3% больше обычной.

Это понижение содержания Si и C иногда даже желательно, особенно при изготовлении паровых цилиндров, где требуется плотный и прочный чугун. Но, к сожалению, сильно увеличивается содержание S, достигая 0,2% и более. Во избежание этого необходимо употреблять чистое топливо.

Такие значительные изменения химического состава объясняются тем, что стружки, обладая относительно громадной поверхностью, подвергаются усиленному действию газов. Вместе с тем и угар материала очень велик. Все это заставило прибегнуть к брикетированию стружек путем простого прессования или при посредстве известкового молока в качестве связующего средства.

Однако, устройство брикетной фабрики обходится довольно дорого и доступно лишь крупным литейным заводам.

Обойтись без брикетирования можно при помощи приспособления, предложенного директором завода Сириус в Риге, *Вайером* (патент № 26331); при помощи этого приспособления стружки проталкиваются в вагранку через особое отверстие в шахте, расположенное несколько выше плавильного пояса (см. «Вестник О-ва Техноз.», 1915 г., № 9). Благодаря тому, что до расплавления стружки находятся под действием газов очень недолго, угар их и насыщение серой совершенно незначительны. Например, при введении в шихту 20% стружки содержание серы в ней повышается всего на 0,01—0,2%.

Большие подробности, касающиеся анализов чугунов, выбора состава для различного рода изделий и составления шихт, читатель найдет в книге *Messerschmitt'a* «Die Technik in der Eisengießerei» и в статье *Шарпантье* в «Вестн. О-ва Техн.» за 1913 г., №№ 20—21.

<sup>1)</sup> Шарпантье. «В. О-ва Техноз.» 1914 г., № 15.

При правильной постановке дела все производство литейных должно быть основано на постоянном контроле химического состава как сырых материалов, так и готовых продуктов.

Примером такой образцовой литейной может служить литейная известного берлинского завода *Ludw. Loewe et Co.*

Однако, таких литейных пока не очень много.

Приведем несколько примеров подсчета шихт. Угар того или другого элемента может быть определен из практики литейной. Если же такого определения не было предварительно сделано, то, как мы видели, в среднем можно считать, что содержание

Si уменьшается на	10%
Mn » »	15%
S увеличивается на	40%
P остается без изменения.	

I. Шихта составлена из:

20% Днепровск. чугуна № 1, содержащего	3,79% Si
20% Юзовского » № 2, »	1,97% Si
20% Симского » № 3, »	1,45% Si
40% Собствен. дома, содержащего кремния столько же, сколько и отливки.	

Найти количество кремния в отливках.

$$[3,79 \cdot 20 + 1,97 \cdot 20 + 1,45 \cdot 20 + 40 x] \cdot 0,9 = 100x$$

$$x = 2,03.$$

II. Требуется получить литье следующего состава:

Si	2%
Mn	0,7%
S	0,1%

Шихта составляется из 65 частей свежего чугуна неизвестного состава и 35 частей дома своей литейной, т. е. того же состава, что и литье. Общий угар чугуна  $1\frac{1}{2}\%$ .

Надо найти состав свежего чугуна.

Расчет на Si:

$$(65x + 35 \cdot 2) \frac{90}{100} = 98,5 \cdot 2$$

$$x = 2,29\%$$

Расчет на Mn:

$$(65y + 35 \cdot 0,7) \frac{85}{100} = 98,5 \cdot 0,7$$

$$y = 0,84\%$$

Расчет на S:

$$(65x + 35 \cdot 0,1) \frac{140}{100} = 98,5 \cdot 0,1$$

$$x = 0,054\%$$

III. Чугун содержит 1,7% P.

Прибавляется гематит с 0,1% P.

Надо составить смесь с содержанием 1,25% P.

Сколько взять чугуна?

$$1,7x + 0,1(100 - x) = 1,25 \cdot 100.$$

$$x = 72\%$$

$$100 - x = 28\%$$

IV. При более точном расчете S надо считать, что 25% S из чугуна уйдут в шлак, но зато из кокса 30% S перейдут в чугун.

Пусть в чугуне содержится . . . . . 0,06% S,  
в покупном доме . . . . . 0,12% S,

в собственном доме, которого берем 45% от всего количества чугуна и покупного дома, серы содержится 0,1%. В коксе 1,2% S.

Кокса сжигается 10%. Общй угар 1%. Обозначим количество чугуна через x, а количество покупного дома через y.

$[x \cdot 0,06 + y \cdot 0,12 + 0,45(x + y) \cdot 0,1] \cdot 0,75 + 14,5 \cdot 1,2 \cdot 0,3 = 143,5 \cdot 0,1$

$$x + y = 100.$$

Отсюда

$$x = 72 \text{ части}$$

$$y = 28 \text{ "}$$

$$\text{свой дом } 45 \text{ "}$$

$$\begin{array}{l} \text{или чугуна . . . . . } 50\% \\ \text{покупн. дома . . . . . } 19,5\% \\ \text{своего " . . . . . } 29,5\% \\ \hline 100\% \end{array}$$

V. Пример.

	Si	Mn	P	S
Надо получить . . . . .	1,8	0,7	0,5	0,08
Имеем чугуны А	2,83	0,96	0,1	0,03
"  "  В } 50% . . . . .	1,64	0,98	1,5	0,03
"  "  С } . . . . .	2,00	0,80	0,4	0,04
Покупн. дом 20% . . . . .	1,65	0,70	0,45	0,08
Собств. " 30% . . . . .	1,80	0,70	0,50	0,08

Чушковых чугунов  $A$ ,  $B$  и  $C$  берем всего  $50\%$  покупного лома  $20\%$  и собственного  $30\%$ . Определить, по скольку процентов надо взять чугунов каждого сорта. Эту задачу расчленим на несколько: сначала найдем средний состав шихты до плавки.

$$\begin{aligned} 0,9x &= 1,8; & x &= 2 \\ 0,85y &= 0,7; & y &= 0,82 \\ 0,4z &= 0,08; & z &= 0,057. \end{aligned}$$

Итак, состав шихты:  $Si - 2\%$ ;  $Mn - 0,82\%$ ;  $P - 0,5\%$ ;  $S - 0,057\%$ .

Дальше определим средний состав смеси  $A + B + C$

$$\begin{aligned} 50x + 1,65 \cdot 20 + 1,80 \cdot 30 &= 100 \cdot 2; & x &= 2,26 \\ 50y + 0,7 \cdot 20 + 0,70 \cdot 30 &= 100 \cdot 0,82; & y &= 0,94 \\ 50z + 0,45 \cdot 20 + 0,50 \cdot 30 &= 100 \cdot 0,5; & z &= 0,52 \\ 50t + 0,08 \cdot 20 + 0,08 \cdot 30 &= 100 \cdot 0,057; & t &= 0,034. \end{aligned}$$

Итак, средний состав смеси из чугунов  $A$ ,  $B$  и  $C$  таков:  $Si - 2,26\%$ ;  $Mn - 0,94\%$ ;  $P - 0,52\%$  и  $S - 0,034\%$ . Остается по составу смеси и составных частей найти пропорцию этих частей.

Обозначим количества чугунов  $A$ ,  $B$  и  $C$  через  $x$ ,  $y$  и  $z$ :

$$x + y + z = 50\%$$

Составим уравнение на кремний:

$$2,83x + 1,64y + 2,0z = 2,26 \cdot 50.$$

Подобные же уравнения можно составить и на другие элементы:  $Mn$ ,  $P$  и  $S$ .

Таким образом для определения трех неизвестных имеем 5 уравнений. Следовательно, задача неразрешима. Надо оставить лишь три уравнения, т. е. подбирать состав, руководствуясь лишь двумя элементами. Возьмем кремний и серу, как наиболее влияющие на свойства материала. Уравнение по сере будет следующее:

$$0,03x + 0,03y + 0,04z = 0,034 \cdot 50.$$

Разрешая полученные три уравнения, найдем:  $x = 20$ ;  $y = 10$ ;  $z = 20$ , т. е. чугуна  $A$  надо взять  $20\%$

$$\begin{aligned} B & \gg & & 10\% \\ C & \gg & & 20\% \end{aligned}$$

Посмотрим теперь, сколько при этом получится в среднем Mn и P:

$$0,96 \cdot 20 + 0,98 \cdot 10 + 0,80 \cdot 20 = x \cdot 50$$

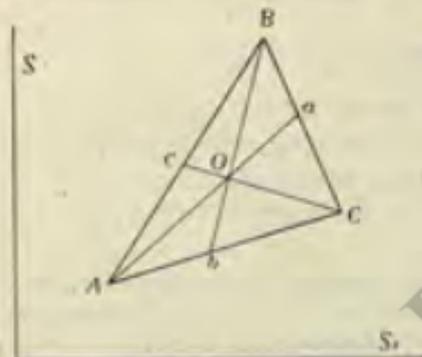
$$x = 0,92\% \text{ вместо } 0,94\%$$

$$0,1 \cdot 20 + 1,5 \cdot 10 + 0,4 \cdot 20 = y \cdot 50$$

$$y = 0,5 \text{ вместо } 0,52\%$$

Такие незначительные отступления в марганце и фосфоре вполне допустимы.

Следовательно, пропорция чугунов A, B и C подобрана удовлетворительно.



Фиг. 4.

Вместо решения уравнений можно воспользоваться следующим графическим построением Н. Н. Рубцова (фиг. 4).

По горизонтальной оси откладываем количество кремния, а по вертикальной — серы; и по двум координатам находим точки A, B и C для данных чугунов и точку O для смеси. Проводя через вершины треугольника и точку O прямые, отмечаем точки a, b и c. Тогда количество чу-

гуна A определяется отношением  $\frac{oa}{aA}$ ; чугуна B — отношением  $\frac{ob}{bB}$  и для C —  $\frac{oc}{cC}$ .

Это не трудно доказать. Очевидно, что количества чугунов A и B относятся, как cB к cA, чтобы составить смесь c:

$$A : B = cB : cA$$

Количество чугуна C относится к сумме A и B, как cO к oC

$$\frac{C}{A+B} = \frac{oc}{oC}$$

или

$$\frac{C}{A+B+C} = \frac{oc}{oC+oc} = \frac{oc}{cC}$$

$$\text{Если } A+B+C=50, \text{ то } C = \frac{oc}{cC} \cdot 50,$$

также

$$B = \frac{ob}{bB} \cdot 50$$

$$A = \frac{oa}{aA} \cdot 50.$$

Если бы точка *O* оказалась вне треугольника, то это служило бы признаком, что исходную смесь из данных чугунов нельзя составить.

### Сталь.

Сталь, в противоположность чугуну, для отливки обыкновенно не переплавляется и идет в литье непосредственно в том виде, как она получается из металлургических печей. Для литья употребляется тихая сталь довольно редко; большею же частью мартеновская или бессемеровская. Последняя для фасонной отливки готовится в специальных малых конвертерах Робера, Тромпенса и других, так как в конвертерах с боковым дутьем возможно получить сталь раскисленную и в то же время сильно перегретую, что недостижимо в обыкновенных конвертерах Бессемера.

Усадка стали равняется  $\frac{1}{55}$ , т. е. почти вдвое больше чугуна. Это обстоятельство служит причиной сильного развития усадочных раковин в стальных отливках. Другая причина образования пустот, это — выделяющиеся газы, которые в стальных отливках производят гораздо более вредное влияние, чем в чугунных, так как сталь, обладающая высшею температурою плавления, от 1400 до 1450° скорее покрывается твердой коркою, которая мешает газам улетучиваться из массы металла. Кроме того, сталь густеет перед затвердеванием и поэтому легче удерживает в себе пузырь, выделяющийся из металла при его переходе из жидкого в твердое состояние.

Газы в металлах образуются двумя различными путями. В большинстве случаев газы просто растворены в металле, попав туда еще во время плавки в печи. Внешние причины заставляют их вновь выделяться из раствора, это — уменьшение давления, движение металла во время литья, прикосновение к жидкому металлу твердого тела и переход металла в твердое состояние.

Второю причиною развития газов являются химические реакции, происходящие в жидком металле. Если, например, в металле содержится углерод и, кроме того, растворена закись этого же металла, то будет происходить беспрестанное выделение углекислоты, пока не истощится запас одного из действующих тел или пока не застынет металл. Если к стали прибавить другое тело, у которого сродство к кислороду больше, чем у железа, а нелетучий окисел его не растворяется и может быть выделен в шлак, то развитие углекислоты может быть ослаблено. На этом основано прибавление

кремния, марганца и особенно алюминия, с целью получить плотные отливки.

Кроме этих, так сказать, химических способов получения беспузыристых отливок, применяются и некоторые приемы механического характера. До отливки в формы сталь выдерживают в ковшах и дают улетучиться возможно большему количеству газов; применяют высокие литники, т. е. каналы, по которым металл вливается в форму, и производят этим способом большое гидравлическое давление; устраняют большие приливы, т. е. расположенные наверху форм массивные добавочные (ненужные для изделия) части, в которых скапливаются пустоты, и, наконец, применяют сильное механическое давление посредством прессов.

Выше мы сказали, что тигельная сталь употребляется для фасонного литья сравнительно редко. Это происходит главным образом вследствие дороговизны тигельной плавки. Что касается качества, то тигельная сталь наиболее пригодна для отливки, и поэтому, несмотря на дороговизну, не вытеснена еще окончательно более дешевыми сортами. Во всяком случае тигельная плавка может применяться лишь для сравнительно углеродистой стали, содержащей не менее  $0,4\frac{1}{2}\%$  С. Более мягкие сорта имеют слишком высокую температуру плавления для расплавления в тиграх. <sup>1)</sup> Большая сложность производства фасонного литья из бессемеровской или мартеновской стали зависит от того, что, в силу самого процесса получения этих сортов стали, в ней образуются окислы, дающие начало образованию пузырей. Чтобы избавиться от них, как мы видели, к металлу прибавляется Si или Al, но оба эти вещества, будучи прибавлены в некотором избытке, увеличивают усадку, которая тоже может служить причиной образования пустот или производить трещины. В виду этого, содержание Si в окончательном продукте не должно превышать  $0,1 - 0,3\%$ ; а Al —  $0,03 - 0,05\%$ .

Понятно, что невозможно совершенно точно определить количество присадки. Поэтому приходится всегда считаться с сильным газообразованием или с большою усадкою.

Что касается сравнительных достоинств кислого и основного процесса, то надо отдать преимущество последнему, потому что при нем сталь обесфосфоривывается. Если же в стали остается фосфор, то сталь становится хрупкою и легко дает трещины во время остывания.

<sup>1)</sup> Исключение составляют так называемые битумовые отливки из очень мягкого железа, расплавление которого производится в тигельных горнах на нефтяном отоплении.

Сталь особенно высоких качеств получается в электрических печах. Теплота в них образуется или при помощи вольтовой дуги, или вследствие сопротивления прохождению тока через металл. К числу электрических печей относятся печи *Стассано*, *Геру*, *Жиро*, *Квельна* и *Рехлинг-Роденхаузера*.

Печи *Стассано*, *Геру* и *Жиро* снабжены электродами и требуют ток в 50—100 V.

Расход энергии на 1 тонну от 700 до 1000 кВт.

Печи *Квельна* и *Рехлинг* — индукционные; ток высокого напряжения до 3000 V. Подробности в «*Giesserei-Zeitung*» 1911, № 18 и сл.

Во избежание развития внутренних напряжений, могущих вызвать трещины даже и после остывания, стальные отливки обязательно подвергаются отжигу.

### Сплавы.

Вслед за чугуном и сталью самым большим распространением и значением, как литейные материалы, пользуются в технике сплавы меди с цинком и особенно с оловом. Последние носят общее название бронзы, но составы их, в зависимости от назначения, сильно меняются. При сплавлении как медь, так и олово легко окисляются, при чем окислы их, находясь в растворе, очень вредно влияют на жидкоплавкость сплава, так что он делается очень густым и плохо заполняет форму. Для раскисления окислов меди и олова применяются здесь те же вещества, как и в стали, т. е. кремний, марганец, алюминий и, кроме того, фосфор. Как этот последний, так и кремний, прекрасно влияя на литейные и механические свойства бронзы, благодаря своему раскислительному действию, сами по себе, оставаясь в бронзе в виде составной части сплава, ухудшают его механические свойства. Поэтому следует вводить их в минимальном количестве, только необходимом для раскисления. Избыток фосфора должен составлять не более 0,1%, а кремния должны оставаться только следы. Отсюда видно, что присущие таким сплавам названия фосфористой и кремнистой бронзы не совсем соответствуют действительности.

Из фосфористой бронзы отливают различные машинные части, зубчатые колеса, гребные винты, цилиндры, тяжелые подшипники и т. п.

Другие два раскислителя: марганец и алюминий, входя в состав сплава, не ухудшают его механических свойств. Они даже могут собою заменить олово. Отсюда получается марганцевая и алюми-

ниевая бронза. Идут эти сорта на отливку тех же предметов, как и фосфористая бронза.

Сплав меди с 40% Zn и 2% Mn под названием марганцевой бронзы, в сущности — желтая медь, идет на отливку паровых винтов и вообще частей, подверженных действию морской воды.

За последние 10 — 15 лет получила распространение бронза *Рюбеля*, отличающаяся замечательными механическими свойствами. Она состоит из 54% меди, 40% цинка и 6% особого сплава, приготовленного из Cu, Fe, Ni и Al, взятых в такой пропорции, чтобы на два атома Cu приходилось два атома Fe, один атом Al, а Ni — один, два, три или четыре атома. Таким образом, получаются четыре различные марки бронзы.

В сплавах меди особенно сильно проявляется одно неприятное свойство всех вообще сплавов (не исключая чугуна и стали) это — ликвация или сегрегация.

Совершенно однородный сплав в жидком виде при застывании распадается на части неодинакового состава. Если разрезать кусок твердого сплава по какому-либо направлению, отшлифовать плоскость разреза и рассмотреть поверхность этого шлифа под микроскопом, то, за небольшими исключениями, масса металла оказывается состоящею из зерен одного состава, вкрапленных в массу другого состава. Исключения составляют только такие сплавы, в которых составные элементы соединяются в определенные химические соединения или когда они образуют так называемые твердые растворы. В громадном же большинстве случаев наблюдается распадение сплава. Но такое распадение, так сказать, микроскопическое не есть еще ликвация. Если насверлить пробы в разных местах отливки, то средний химический состав каждой такой пробы может оказаться постоянным. И только в том случае, когда состав металла в разных местах отливки, например в центре ее и около поверхности, окажется различным, говорят, что произошла ликвация.

В первом случае и под микроскопом наблюдается в разных местах все одна и та же картина, во втором — картина меняется.

Против ликвации применяются различные средства, к которым принадлежит тщательное перемешивание, повторительная переделка, отливка в быстро охлаждающие металлические формы, при чем сплав не успевает подвергнуться распаденю.

В заключение приведем некоторые цифровые данные (см. ниже-следующую таблицу) относительно: 1) числа единиц теплоты, потребных для нагревания металла от нуля до точки плавления и самого плавления; 2) температуры плавления и 3) усадки.

	Теплота плавления	Темпера- тура плавления	Усадка % при отливке в изложницу
Свинец . . . . .	15,3	327	0,94
Олово . . . . .	28,6	232	0,69
Цинк . . . . .	67,2	419	1,61
Серебро . . . . .	78,5	962	—
Медь . . . . .	144,5	1065—1084	2,04
Алюминий . . . . .	239,4	657	1,83
Никель . . . . .	160	1484	1,68
Висмут . . . . .	20	268	0,35
Сурьма . . . . .	70	630	0,5
Железо . . . . .	300	1515	2,45
Чугун серый . . . . .	245,0	1200—1350	1,10
»    белый . . . . .	230	1050	1,82
Сталь (разл. тверд.) . . . . .	300,0	1300—1400	1,82
Алюм. бронза . . . . .	—	1050	2,2
Латунь с 30% цинка . . . . .	—	950	1,87
Оруд. бронза с 10% олова . . . . .	—	1000	1,53
Колокольная бронза . . . . .	—	875	1,50
Художеств. » . . . . .	—	—	0,83
Томпак . . . . .	—	1000—1040	2,07
Британск. металл . . . . .	—	236	—

## ГЛАВА ВТОРАЯ

### РАСПЛАВЛЕНИЕ МЕТАЛЛА.

Расплавленным чугуном непосредственно из домен для отливки изделий, как уже было упомянуто, пользуются очень редко, хотя такой способ и избавил бы от излишних расходов на переплавку. Главнейшею причиною негодности доменного чугуна для непосредственной отливки является то обстоятельство, что доменный процесс связан со многими случайностями, так что совершенно невозможно получать всегда продукты желаемого состава. Но даже и в том случае, когда домна давала бы совершенно определенный продукт, все же он не годился бы для всякого рода изделий, так как различные изделия должны отливаться из чугуна различного состава.

Другая причина заключается в том, что вследствие высокого давления дутья в домнах получаемый в них чугун содержит в себе очень много растворенных газов.

Прежние домна, работавшие на древесном угле, имели небольшую высоту и требовали дутья сравнительно невысокого давления. Поэтому и чугун из них мог идти на отливку без переплавки. Небольшая производительность домен (пудов 500—800 в сутки) также не создавала особенных неудобств для превращения этого чугуна непосредственно в изделия.

Литейные при домнах, работающих на древесном угле, сохранились и до сих пор.

Во всяком случае, производство таких литейных ограничивается простейшими неотчетственными предметами.

Обыкновенно же чугун для отливки переплавляется в тиграх пламенных печей и вагранках.

#### А. ПЛАВКА В ТИГЛЯХ.

Расплавляемый металл помещается в особом сосуде, называемом тиглем, который защищает металл от непосредственного химического действия топлива и газов. Это именно обстоятельство, веду-

щее за собою малую изменчивость химического состава загруженных материалов, является отличительной и ценною особенностью тигельной плавки.

С другой стороны, этот способ плавки самый дорогой как вследствие большого расхода топлива, так и вследствие значительной стоимости тиглей, которые выдерживают всего несколько плавков. Поэтому тигельная плавка употребляется лишь тогда, когда бывает необходимо получить продукт особенно чистый, точно определенного состава, а также и случае малой производительности литейной. Обыкновенно в тиглях плавятся различные сплавы, довольно часто сталь, чугун же весьма редко, почти исключительно для изготовления ковких чугунных изделий. В виде исключения плавят обыкновенный чугун в тиглях в тех случаях, когда он идет на изготовление мелких изделий и притом в очень небольшом количестве.

Тигли <sup>1)</sup> употребляются либо шамотные, либо графитовые. Шамотные, из которых особенно славятся гессенские, обыкновенно состоят из 65—70% кремнезема, 25—20% глинозема и 10% окиси железа. Графитовые тигли состоят из смеси шамота с графитом (вместо этой смеси большею частью употребляют измельченные старые тигли), при чем связующим веществом служит свежая огнеупорная глина. Общее содержание графита в тиглях колеблется в широких пределах, а именно от 20 до 70%. Количество свежей глины изменяется от 65% до 35%. Чем больше в тигле графита, тем он огнеупорнее.

Тигли Обуховского завода состоят из 3 частей по весу цейлонского графита, 9 частей шамота (5 частей черепа и 4 частей обожженной боровидкой глины) и 4 частей андонской глины.

Главною составною частью является графит, как наиболее огнеупорное вещество. Наилучший графит—цейлонский, содержащий 97—99% чистого углерода; русский дзиберовский содержит 94% углерода; немецкий нассауский—73—81% углерода.

Шамот, это—обожженная намертво глина; прибавляется он для отощения свежей огнеупорной глины, служащей связующим цементом, и для уменьшения усадки последней. Усадка жирной глины равна 15—18% между тем как необходимо довести усадку смеси до 8—10%.

Главное свойство глины, это—ее спекаемость при довольно низких температурах (СК, 1—5) без образования стекловидного излома; огнеупорность же глины может быть и не особенно высока.

<sup>1)</sup> См. «Вестник Инженеров», 1917 г., № 9 и 10, ст. В. Юганова.

Иногда вместо шамота или вместе с ним употребляется кварцевый песок.

Измельченные и просеянные материалы смешиваются в надлежащей пропорции во вращающихся барабанах или перелопачиваются в кучах.

Применять бегуны или шаровые мельницы не рекомендуется чтобы не подвергнуть материал дальнейшему измельчению.

Затем смесь увлажняется так, чтобы влаги оказалось в смеси не более 10—15%. Такая увлажненная масса должна в течение, по крайней мере, недели трех вылежать в просторных невысоких помещениях с гладким асфальтовым или бетонным полом, без вентиляции, во избежание высыхания.

Тигли формируются либо вручную на гончарных столах, либо машинными прессами.

После формовки тигель осторожно просушивается в особых теплых помещениях, затем в сушилках и, наконец, перед самым употреблением прокаливается докрасна. Это прокалывание необходимо проделывать потому, что часто случается, что, повидимому, совершенно хороший тигель при прокалывании ломается. Причиной служат мельчайшие пузыри, находящиеся в стенках тиглей и наполненные воздухом или водою, которая при прокалывании и разрывает тигель.

Висушивание тиглей производится чрезвычайно медленно и продолжается несколько месяцев. Таким образом, приходится иметь громадный запас тиглей, находящихся в различных стадиях просушки. Поэтому только большие литейные заводы производят тигли сами; большинство же заводов предпочитают покупать их готовыми.

Графитовые тигли дороже шамотных, но зато и гораздо лучше: во-первых они огнеупорнее и лучше выдерживают резкие изменения температуры, а, во-вторых, лучше сопротивляются разъедающему действию золы и обладают свойством не пропускать к находящемуся в них металлу окисляющих газов. Эти газы, просачиваясь сквозь стенки раскаленного тигля, встречают на пути углерод и соединяются с ним, образуя окись углерода. Наилучшими графитовыми тиглями, выдерживающими 10 и более плавов, считаются английские, в особенности марки Морган (The Morgan Crucible Company). Чаще всего употребляются тигли вместимостью от 20 до 90 кг, но в больших литейных не редкость встретить тигли на 100—150 кг. Вместимость тиглей доходит и до 300 кг (в горнах Fiat). Определяется вместимость тиглей обыкновенно номерами или так называемыми марками. В нижеследующей таблице показана емкость и вес жидкого металла, помещающегося в тиглях различных марок.

Английские тигли		Немецкие тигли		
Марка и вес металла в кг	Емкость в литрах	Марка	Вес металла в кг	Емкость тиглей в литрах
1	0,157	1	0,925	0,150
2	0,314	2	1,230	0,200
3	0,471	3	1,530	0,250
4	0,628	5	3,075	0,500
5	0,785	10	8,000	1,300
10	1,570	20	20,900	3,400
20	3,140	30	26,670	4,500
30	4,710	40	31,360	5,100
40	6,280	50	36,900	6,000
50	7,850	100	76,870	12,500
100	15,700	120	92,250	15,000

На продолжительность службы тигля оказывает влияние не только высокая температура, резкое ее изменение при вынимании тигля и случайные удары, но также и топливо. Если оно содержит в себе много золы, особенно щелочной, то эта зола скоро разъедает стенки тигля, соединяясь с их кремнеземом. Поэтому самое топливо должно содержать как можно меньше золы, и потому же графит должен быть как можно более чистый, без щелочных оснований.

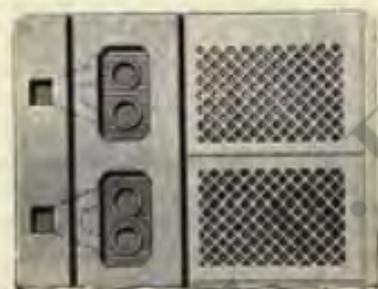
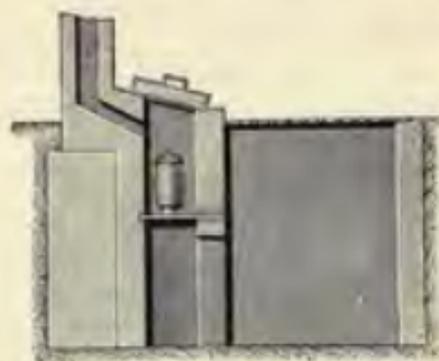
Попытки заменять графит коксовым порошком дали также удовлетворительные результаты.

Долговечность тиглей зависит от того, какой металл в нем плавился. Один и тот же тигель может выдержать при плавке никеля около 3 нагревов, при плавке стали — 6 нагревов, при плавке меди — 25, а при плавке еще более легкоплавких сплавов — до 40 нагревов.

В сталелитейных употребляют тигли обыкновенно не более трех раз. Некоторые заводы, готовящие тигли сами, употребляют их даже всего один раз.

**Тигельные печи.** Простейшая тигельная печь представлена на фиг. 5. Это так называемый самодувный горн. Горн представляет собою неглубокий колодец, выложенный из огнеупорного кирпича. Дно этого колодца образовано решеткою из железных прутьев квадратного сечения. Как видно в плане, в каждой печи помещается по 2 тигля, т. е. горны двухместные. Лучше делать для каждого тигля отдельный одноместный горн. Во всяком случае, если даже печь многоместная, то все-таки от каждого тигля идет отдельный

канал (борозок) в трубу. Делается это с той целью, чтобы горение топлива вокруг каждого тигля совершалось с одинаковой интенсивностью. Форма колодцев делается прямоугольная или восьмигранная; лучше всего делать ее круглую (для одного тигля), так как в этом случае не будет углов, в которых топливо сгорает непродуваемо.



Фиг. 5.

Размеры шахты придают такие, чтобы вокруг тигля оставалось приблизительно по 6 см свободного пространства. Сверху тигля до крышки должно быть расстояние около 60 см. От верха тигля до борозка 15 см. При этом нужно принять во внимание, что тигель никогда не ставится прямо на решетку, а под него подкладывается подставка из огнеупорного кирпича, высотой около 8—12 см, что делается, чтобы дно тигля не охлаждалось протекающим через решетку воздухом. Для удобства вы-

нимания тиглей, что делается вручную, с помощью особых клещей *р.р.* (фиг. 6), горн помещается ниже уровня заводского пола. Крышка очень часто делается подъемною на шарнире и снабжается перекинутою через блок цепью, к другому концу которой подвешивается противовес. Иногда крышка делается из двух половинок, раздвигаемых на шарнирах в стороны. Обыкновенно тигельные горны располагаются цепью сагараежи вдоль стен, при чем предпочитают для каждого горна устраивать особый дымовой канал, выходящий в отдельную трубу, расположенную в толще стены. Сечение борозка надо считать в  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{4}$  соответственного сечения шахты. Точно также и сечение трубы, общей для нескольких печей, делается равным  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{4}$  поперечника всех горнов. Высота трубы делается метров в 10; для плавки стали—15 м.

Для подвода воздуха под колосники перед печами оставляется яма, перекрытая решеткою, которая служит полом мастерской.

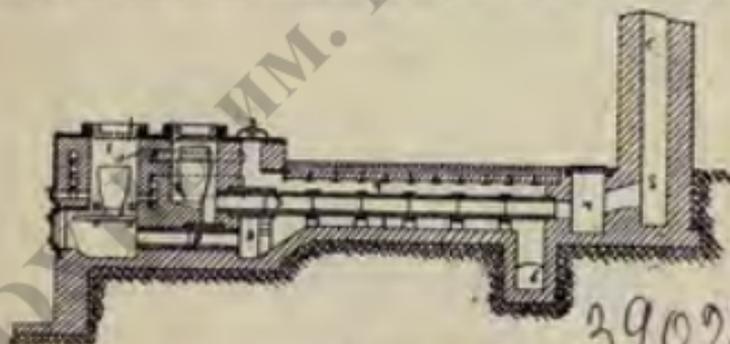
Топливом в этих горнах служит обыкновенно кокс, реже — древесный уголь. Чем плотнее кокс, тем лучше. Плавка чугуна продолжается 2—3 часа, сталь требует 4—5 часов.

Значительный расход топлива в горнах объясняется плохой утилизацией тепла, зависящей от того, что газы уходят из печи с очень высокой температурой — до  $1000^{\circ}$ . Для ослабления таких недостатков печи устраиваются двойные и с рекуператорами. Такая печь представлена на фиг. 7. Она состоит из двух почти одинаковых печей (1 и 2), поставленных одна за другой. В первой происходит плавка, а во второй — подогревание металла газами, выходящими из первой печи.

По окончании плавки в первом тигле, второй переставляется на его место. Кроме того, газы из последней печи не выпускаются прямо в трубу 5, а проходят через рекуператор, т. е. трубу 3, которая с другой стороны омывается воздухом, идущим навстречу газам по каналам 7 и 9 в поддувало и далее в шахту 1. Таким образом, часть тепла возвращается в топку, и температура в печи повышается. Кроме того, через отверстия 10 и 11, которые соединяются с пространством 8, в шахту вводится добавочный воздух, служащий для сжигания имею-



Фиг. 6.



Фиг. 7.

щейся в продуктах горения окиси углерода. Шахта 4 служит для очистки зола и сажи. За недостатком места рекуператоры могут быть поставлены вертикально.

В последнее время для нагрева тиглей стали применять горны, нагреваемые светильным газом. В шахте вокруг тигля помещают горелки, по которым притекает смесь газа с воздухом.

Литейное дело.

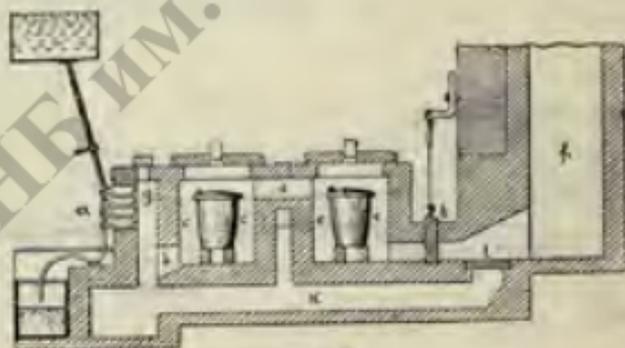
39027

БИБЛИОТЕКА  
ИМЕНИ  
К. Г. БЕРНГА

Горелки расположены так, чтобы пламя омывало тигель по винтовой линии. Такие печи весьма совершенной конструкции изготовляются американским заводом «American Gas Furnace Co.», в Нью-Йорке.

Жидкое топливо также нашло себе очень широкое применение для отопления тигельных горнов.

В настоящее время имеется много таких горнов, не представляющих в своей конструкции каких-либо особенностей. Большую часть это шахтные горны такого же устройства, как и коксовые, но без поддувала и колосниковых решеток. По каналу, открывающемуся в шахту у пода, подводится горячая смесь паров нефти с воздухом. Эта смесь образуется обыкновенно помощью форсунок простейшего устройства: или в виде круглой воздушной трубы, в которую вводится концентрично нефтяная трубка, или в виде горизонтальной щели для воздуха и лотка над воздушной щелью для нефти. Перед форсункой помещается порог, в который ударяет пламя перед входом в шахту, или пламя вводится в горн по касательной, образуя вихрь вокруг тигля. В горнах с форсунками очень удобно можно регулировать приток нефти и воздуха, так что достигается почти полное горение без избытка воздуха. Вследствие этого избежать окисления металла гораздо легче, чем в коксовых горнах. Кроме форсунок, к тигельным горнам применяются и известные колосники *Нобеля*. Такая двухместная печь изображена на фиг. 8. С колосни-



Фиг. 8.

ков *а* пламя направляется сначала вниз. Через щель *б* оно входит в первый горн *с*, где окружает плавильный тигель. Далее, через боровок *д* пламя поступает в горн *е*, в котором находится подогреваемый тигель, и, наконец, в трубу *ф*. Через отверстие *г* впускается свежий воздух, способствующий более полному горению. Помощью

завдвижек *h* и *l* можно во время вынимания тиглей отвести пламя по каналу *k* непосредственно в дымовую трубу *j*. Труба в таких горнах должна быть не менее 15 м высотой.

При плавке чугуна расход мазута составляет 12% или несколько более.<sup>1)</sup>

Наконец, следует указать на горны, отапливаемые генераторными газами. В них смесь газа с воздухом подводится под колосниковую решетку.

Все описанные горны принадлежат к числу самодульных. Вдувая воздух искусственно, можно значительно повысить интенсивность горения и почти в два раза увеличить скорость плавки.

Одна из печей с наддуванием воздуха, а именно волчок Флетчера, изображена на фиг. 9.

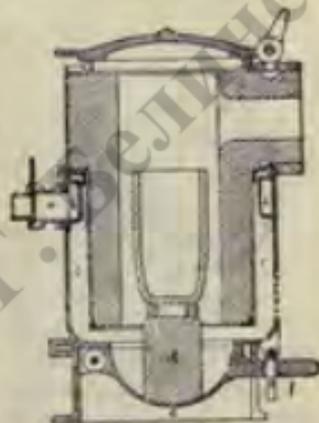
Она представляет собою печь, составленную из чугунных плит, выложенных изнутри огнеупорным кирпичом. Дутье подводится трубой *a* в кольцевой пояс *b*, из которого переходит в пространство *c*, а затем, нагревшись, направляется в самый горн снизу.

Тигель ставится на подставку *d* из огнеупорного материала. Дно *e* делится откидным и удерживается чекой *f*. По выеме тигля откидывается дно, и уголь падает в яму под горном, где он заливается водой.

Несколько отличаются от волчка Флетчера горны системы Зештрема. Такой горн изображен на фиг. 10.

Он отличается от горна Флетчера главным образом тем, что воздух вступает не только через решетку *a*, но и через фурмы *d*; при этом жар не сосредоточивается у решетки, и последняя не так страдает. Против каждой фурмы имеется отверстие, закрытое колпачком со стеклышком. Если фурма зашлакуется, то, сняв колпачок, ее можно прочистить. Через нижнюю крышку производится очистка горна после конца плавки.

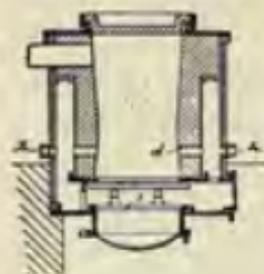
Недостаток всех описанных печей состоит в том, что по окончании плавки, для выливания содержимого тиглей в формы, приходится эти тигли вынимать из печей, что производится рабочими вручную. Ра-



Фиг. 9.

<sup>1)</sup> О применении нефти в плавильных печах см. «Giesserei-Zeitung», 1911 г., стр. 373, а также сочинение Екслиш «Die Ofenuerungstechnik», 1921.

бота эта крайне тяжелая. С другой стороны, при этом страдают тигли от слишком резкой перемены температуры и случайных ударов и, кроме того, терятся лишнее топливо на новый разогрев тигля, охладившегося при его вынимании.



Фиг. 10.

С целью устранить эти недостатки, парижский заводчик *Piat* выработал тип горнов, в которых тигли устанавливаются неподвижно при помощи фасонных огнеупорных кирпичиков, выливание же металла производится опрокидыванием самой печи вместе с тиглем.

Первоначально горны *Pia* устраивались самодувными. Горн приставлялся к стене так, что выводное отверстие совпадало с борозком, открывающимся в дымовую трубу. В настоящее время эти горны строятся обыкновенно с искусственным дутьем, подводимым в пространство под решеткою по каналам, выложенным в кладке фундамента, или по чугунным трубам.

Понятие об устройстве приспособлений для водворения и опрокидывания горнов

*Pia* дает фигура 11.

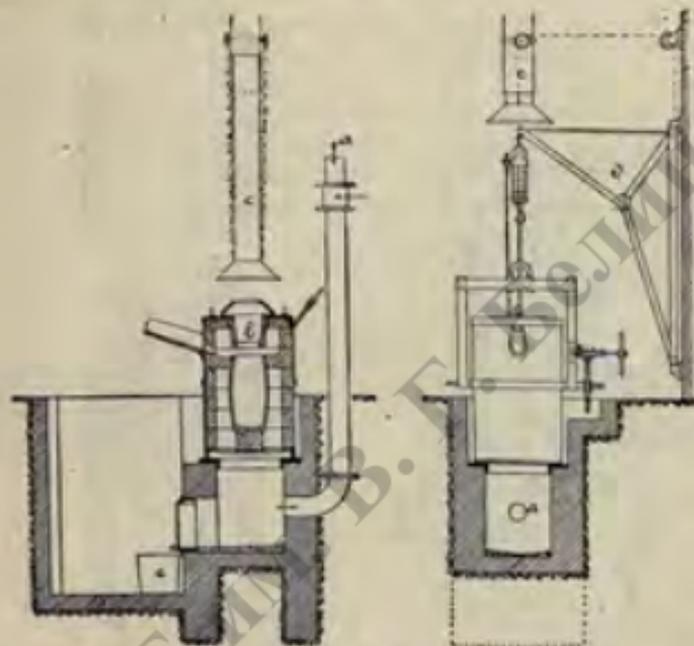
На фиг. 12 изображен горн *Pia*, сконструированный компаниею тиглей *Morgan* (*The Morgan Crucible Co.*).<sup>1)</sup> Кожух этого горна, выложенный внутри огнеупорною футеровкою *g*, состоит из двух железных оболочек: внутренней *b* круглого сечения и наружной *a* восьмигранной, так что между ними образуются вертикальные каналы *c*<sup>1</sup>. Тигель *l* стоит на подставке *h*, которая сама уложена на решетке *f*. Сверху тигель расперт фасонными кирпичиками *k*, *k*<sup>1</sup>. В последнем проделан желобок для выливания металла. Горн закрыт кошаком *l* с крышкой *p*. Пространство *p* кошака соединено трубою *m*, *m*<sup>1</sup> с дымовою трубою. Воздух для горения поступает через отверстие *o*<sup>1</sup> в трубе, окружающей трубу *m*, *m*<sup>1</sup>. Кольцевое пространство между трубами перегородено стенкою *o*<sup>2</sup>, так что воздух должен подняться сначала по щели *o*, обогнуть затем стенку *o*<sup>1</sup> и спуститься по щели *o*<sup>2</sup>. Далее, он попадает в поддувальный ящик *d*, на котором свободно лежит кольцо *s*, прикрепленное к горну. В самую шахту горна воздух попадает как через колосниковую решетку *f*,

<sup>1)</sup> Патент № 12761.

так и через фурмы  $c^2$ , соединяющие каналы  $c^1$  с полостью шахты горна;  $c$  — зольник.

Как видим, в этом горне происходит подогрев воздуха за счет теплоты отходящих газов.

Когда нужно опорожнить тигель, отводят в сторону колпак  $l$ . Для этого воздушная и дымовая трубы снабжены шарниром  $m^2$ . Сам



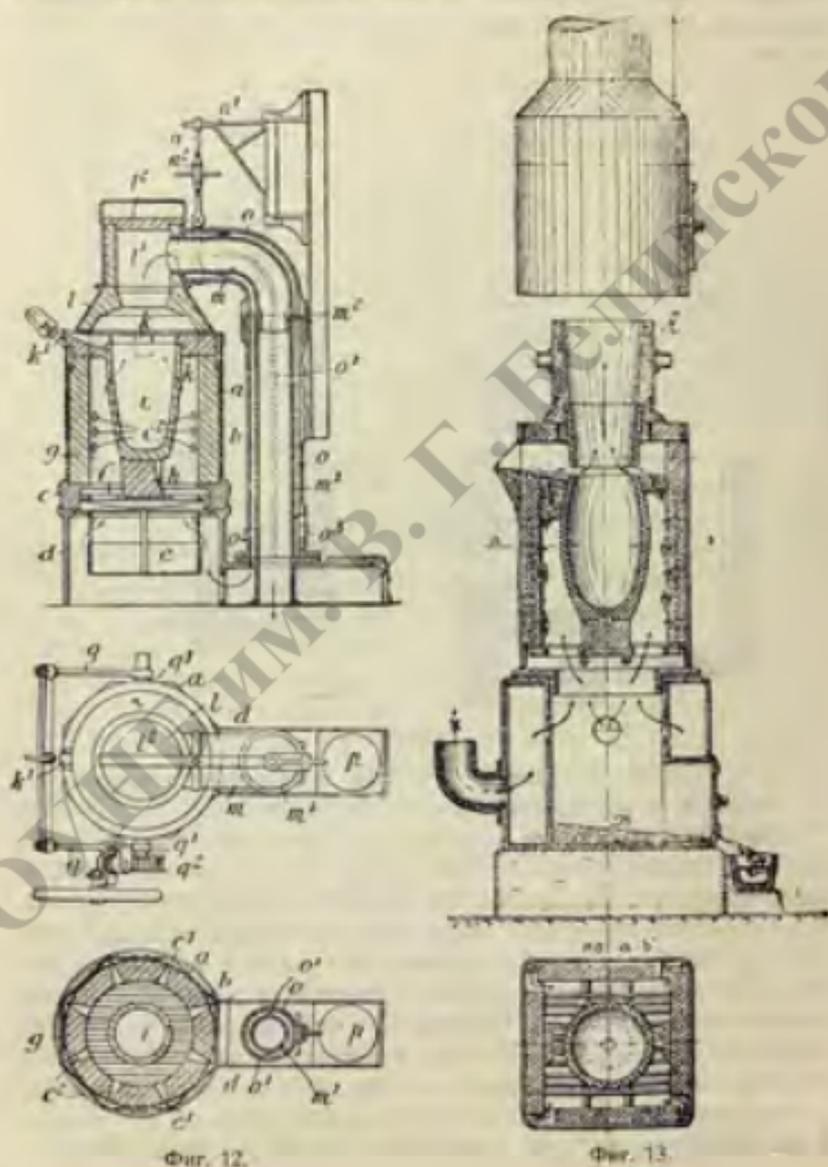
Фиг. 11.

колпак с коленом  $m$  подвешен на тяге  $л$  подъемного краника  $л^1$ , ось вращения которого совпадает с осью трубы  $m^1$ .

Гайка  $л^2$  служит для поднимания и опускания колпака. Когда колпак  $l$  отведен в сторону, горн подхватывается крюком крана за ушко обоймы  $q$ , вращающейся на цапфах  $q^1$  горна. Поворачивание горна производится ручным маховиком, при помощи червячной передачи  $q^2$ . Вообще, в этом отношении горн устроен совершенно как литейный ковш. Тою же фирмою устраиваются горны и со специальными механизмами для поднимания и опрокидывания их. В этом случае металл выливается не непосредственно в формы, а в ручные или подвешенные к кранам ковши, из которых уже и производится отливка.

На фигуре 13 представлен горн *Баумана* с воронкою  $A$ , в которой подогревается металл, что способствует лучшей утилизации тепла.

В этой конструкции горн стоит на особом чугунном ящике, к которому воздух подводится по трубке К. Ящик снабжен набивным наклонным подом, по которому жидкий металл стекает в корыто *г* в том случае, если бы тигель допнул.



Фиг. 12.

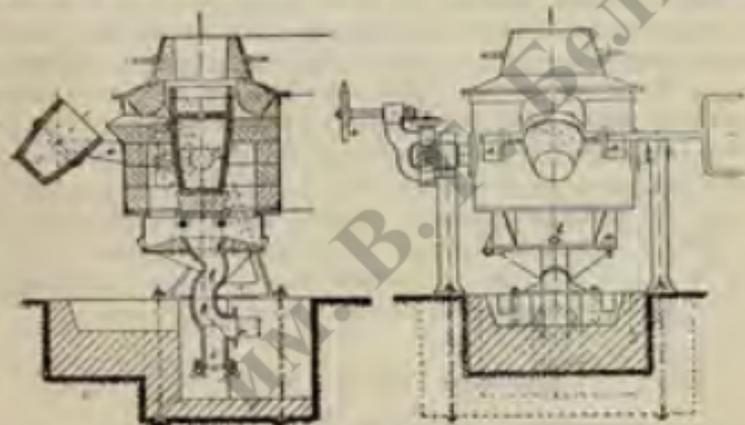
Фиг. 13.

Кроме этой особенности, горн отличается тем, что воздух может подниматься по каналам, расположенным в углах, и из них поступать в шахту через окошки, обращенные все в одну сторону, так что воздух получает вращательное движение.

Иногда воронке придают большие размеры и снабжают ее боковыми фурмами, через которые вдувают воздух. Таким образом получается над тигельным горном как бы маленькая вагранка.

В этом случае плавка производится в вагранке; горн же превращается в простой скоп. В такой вагранке в час можно расплавить до 100 кг чугуна.

Очень хорошая конструкция горна системы *Piat* выработана Баденским машиностроительным заводом в Дурлахе, который специализировался на изготовлении всех приборов по дитейному делу. Баденский горн представлен на фиг. 14. Он удобен тем, что его



Фиг. 14.

при выливании не надо приподнимать, и достаточно просто повернуть на цапфах. Вместе с горном поворачивается поддувательный ящик с частью подводящего колена. Подвижная часть *f* колена соединяется с неподвижной *d* помощью конического соединения. Разливной ковш устанавливается на особых цапфах *d*, прикрепленных к кожуху горна. *c* — мешок для уловления сора, случайно попадающего в колено *f*. По трубе *a* вдувается воздух. Отверстия *b* закрыты легкоплавкими пробками и служат для выпуска жидкого металла на случай, если лопнет тигель. Дно горна сделано отъемным. Маховичок *e* служит для поворачивания горна.

Печь завода *Hammelrath & Co* в Кельне отличается тем, что воздух подводится через полую цапфу, как в конвертере *Бесселера*.

В дитейных с большим производством продуктов тигельной плавки применяются регенеративные печи *Сименса*, которые дают большую экономию топлива, развивают очень высокую температуру в рабочем пространстве и, кроме того, представляют ту выгоду, что для отопления не требуют дорогого кокса или древесного угля, а обыкновенно работают на дешевом каменном угле. Для тигельной плавки очень удобны печи с длинным и узким рабочим пространством.

При короткой камере, в виде гнезда, является опасность, что горение не окончится в самой камере, а будет продолжаться в регенераторах.<sup>1)</sup> Вся печь помещается под полом мастерской. Свод над рабочим пространством состоит из отдельных съемных арок. Вынимание тиглей производится так же, как и из шахтных горнилов. На случай, если какой-либо из тиглей лопнет, под камеры снабжен желобом, по которому вылившийся металл стекает в особый канал, закрытый во время плавки.

Если желают увеличить вместимость печи, то ее строят в виде обыкновенной мартеновской печи с просторною камерою и рабочею дверцею сбоку, откуда происходит и загрузка тиглей. Отличие печи составляет лишь плоский горизонтальный под и ряд отверстий в своде, служащих для наблюдения за плавною в тиглях. В такие печи помещают до 90 тиглей за раз.

Печи *Сименса* для тигельной плавки применяются лишь при непрерывном производстве стали. Для плавки же чугуна и медных сплавов, для которых нет надобности в очень высокой температуре, они находят себе применение только в виде исключений.

### Ведение плавки в тиглях.

Работа начинается с наводнения тигля металлом, при чем надо стараться, чтобы куски лежали как можно плотнее, т. е. чтобы оставалось возможно мало пустых пространств, заполненных воздухом. Однако, не следует набивать тигель туго, чтобы не повредить его прочности. Большею частью наполняют тигель холодный, и затем ставят его в печь. Но иногда, особенно если в одном и том же тигле производится несколько планок одна за другою, а также в горнах *Pist*, наполнение производится в тиглях, находящиеся в печи в раскаленном состоянии. В случае применения печей *Сименса*, требующих много времени для своего разогревания, а затем работающих непрерывно, тигли загружаются в камеру с очень высокою температурою, а поэтому их необходимо подогреть в другой печи.

<sup>1)</sup> Форма рабочего пространства печи зависит от того, короткое или длинное пламя дает топливо.



имеющегося в воздухе между кусками насадки, а также в ржавчине, окалине и т. д. Кроме того, в реакции может принять участие материал тигля и газы, проникающие сквозь его стенки. Таким образом, изменения в составе металла зависят как от самого состава, так и от рода тиглей. Об этих изменениях можно судить по данным опытов *Мюллера*.

1) Белый чугун в тигле из трех частей графита и трех с четвертью частей глины.

Состав	C	Si	Mn
До плавки . . . . .	3,59	0,67	2,04
После 1-й плавки . . . . .	3,71	0,58	1,91
" 2-й " . . . . .	3,77	0,76	1,85
" 3-й " . . . . .	3,63	1,07	1,86

2) Сталь в таком же тигле.

До плавки . . . . .	0,94	0,62	0,24
После 1-й плавки . . . . .	1,19	0,35	—
" 2-й " . . . . .	1,26	0,63	0,22

3) Сталь в глиняном тигле.

До плавки . . . . .	0,96	0,09	не определялось
После 1-й плавки . . . . .	0,77	0,15	"
" 2-й " . . . . .	0,55	0,26	"

Из этих данных видно, что в графитовом тигле содержание углерода в чугуне остается почти без перемены, в стали же, содержащей меньше углерода, его количество сильно повышается. В глиняном тигле углерод убывает. Содержание кремния во всех случаях увеличивается; но в глиняных тиглях не так сильно, так как часть кремния спарывает за счет кислорода, проникающего сквозь стенки, чего нет в графитовых тиглях.

Содержание марганца немного понижается и то не всегда. Mn способствует восстановлению Si и переходу его в металл.

Для литейных целей небольшое увеличение в содержании кремния вообще полезно, так как сталь получается при этом более плотная.

#### В. ПЛАВКА В ПЛАМЕННЫХ ПЕЧАХ.

В пламенных печах металл плавится непосредственно на поду и находится под действием печных газов, которые значительно изменяют состав металла, окисляя его составные части.

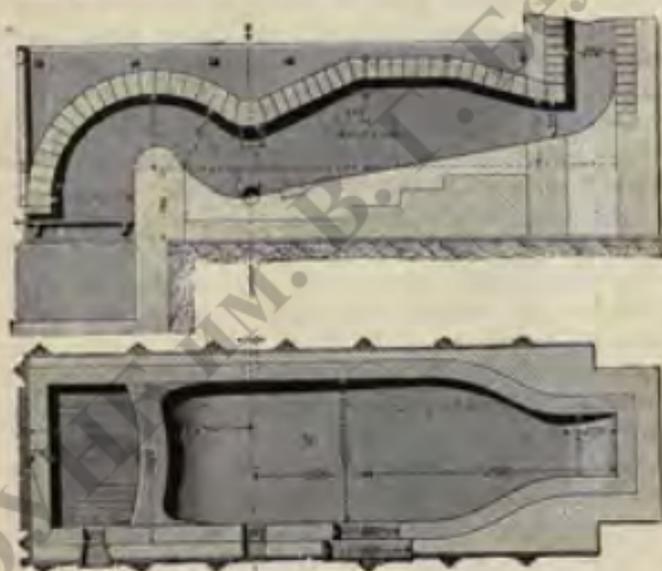
Топливо утилизируется в этих печах полнее, чем в тигельных, в них плавятся значительные массы металла. Кроме того, они пред-

ставляют то удобство, что в них можно расплавлять очень объемистые предметы, например, излитые из употребления машинные части, прокатные вальцы и т. п., без предварительного их раздробления на части.

Пламенная печь, вследствие массивности кладки ее стенок, пода и свода, требует много тепла для нагрева. Поэтому она оказалась бы очень невыгодной, если бы в ней надо было расплавить небольшое количество металла. При непрерывном же ходе производства она представляет выгоды, особенно в виду того, что может отапливаться дровами или каменным углем.

Особенно предпочитают пламенные печи в тех случаях, когда надо отлить массивный предмет из возможно однородного и высокого качества металла, с низким содержанием Si и Mn, например, прокатные вальцы, гидравлические пресса и т. п.

Устройство пламенной печи английского типа показано на фиг. 15.



Фиг. 15.

Эта печь, при выписанных на чертеже размерах в метрах, плавит за раз 5000 кг чугуна. Под печи сделан с большим уклоном к порогу, отделяющему самое низкое место пода, так называемый копей или зумпф В, от топки А с колосниковой решеткой. Против зумпфа в одной из стенок печи проделано выпускное окошко. В противоположной стенке сделано небольшое окошко, через которое

можно производить исправление и прочистку выпускного очка. Против середины наклонного поля сделано загрузочное окно  $F$ , которое после насадки материала закладывается кирпичом. Если расплавляемые предметы настолько велики, что их нельзя загрузить через рабочее окно, то разбирают свод и закладывают их сверху. Во время плавки металл стекает и колеж навстречу пламени, нагреваясь все больше и больше. Для поддержания наивысшей температуры именно в этом месте, где жидкий металл должен сильно перегреваться, свод здесь опускается, заставляя пламя приближаться к ванне металла. Для той же цели — перегрева ванны, еще до насадки стараются хорошенько прогреть под печи за порогом. Свод над плоским подом снова поднимается, чтобы дать место для насадки в печь крупных предметов. Наиболее страдает опущенная над зумпфом часть свода, которую надо выкладывать особенно тщательно. Иногда прибегают к искусственному охлаждению этой перемычки так же, как это делается часто с порогами. Печь облицовывается чугунными плитами и скрепляется железными связями. Иногда пламенным печам придается иная форма, при чем под понижается не к порогу, а к боровку.

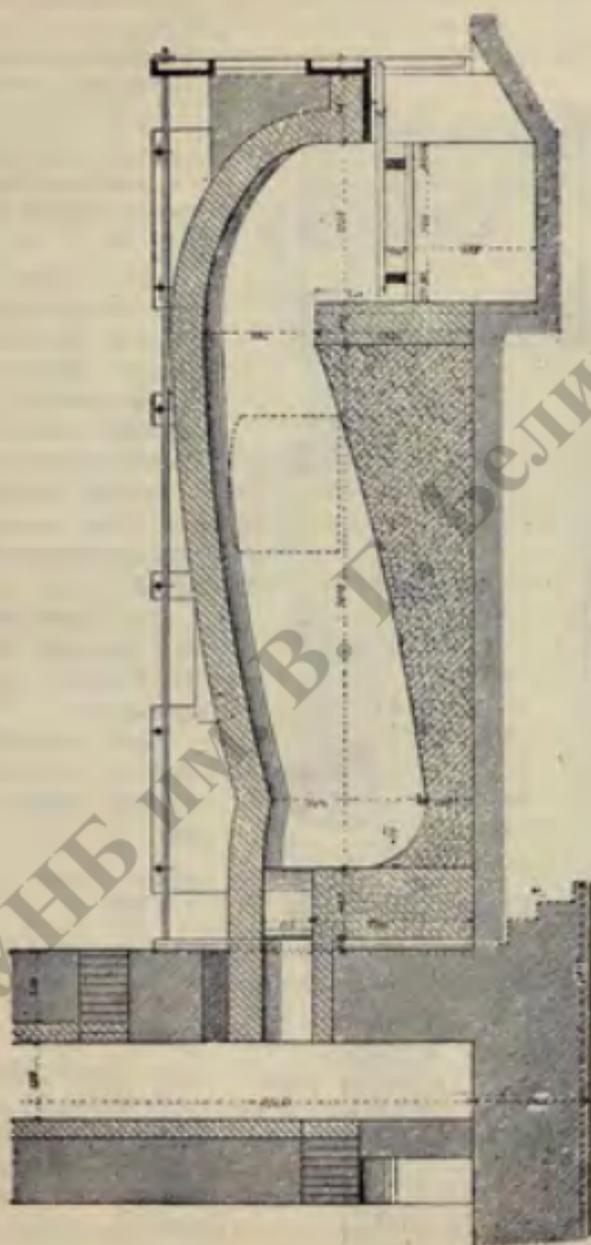
Такая шеститонная печь немецкого типа представлена на фиг. 16.

В смысле утилизации топлива и угара металла английский тип печей должно признать более совершенным, чем немецкий. Действительно, в английских печах осуществлен принцип встречного направления нагреваемого вещества и нагревающих газов; в них газы уходят в трубу с более низкой температурой, так как перед выходом в боровок они омывают более холодный металл, находящийся еще в твердых кусках.

Что касается угара, то наибольшему окислению металл подвергается, пока он еще не расплавился, так как свободная поверхность металла в твердых кусках значительно больше, чем поверхность жидкой ванны. К тому же жидкий металл отчасти предохранен от окисления слоем шлака. В немецких печах твердый металл находится ближе к топке, где газы обладают большей окисляющей способностью.

Кроме указанных преимуществ, в английских печах жидкий металл лучше прогревается, находясь в более горячей части печи.

Зато немецкие печи обладают громадным преимуществом, заключающимся в большей простоте конструкции свода. В этом отношении американцы идут еще дальше. В их печах под делается горизонтальным или с небольшим уклоном в ту или другую сторону; свод же делается прямым, цилиндрическим. Для возможности плавить крупные вещи, часть свода, приходящаяся против загрузочного окна, приподнимается, соединяясь с остальным сводом вертикально



Фиг. 16

СОУНЬ ИМ В Т. БЕЛИНСКОГО

стенкою, так что образуется свод в две ступени, как изображено на фиг. 17.

Проф. Осалл отрицает преимущество печей английского типа, находя, что

теоретические соображения относительно влияния формы свода не оправдываются на практике. Из печей немецкого и американского типов он не отдает преимуществ ни тем, ни другим.

Однако, надо иметь в виду, что американцы имеют наибольший опыт в постройке пламенных печей, так как именно в Америке наиболее распространена плавка в таких печах.

Особое преимущество этих печей заключается в удобной загрузке крупных частей.

Для определения размеров пламенных печей могут служить следующие данные.

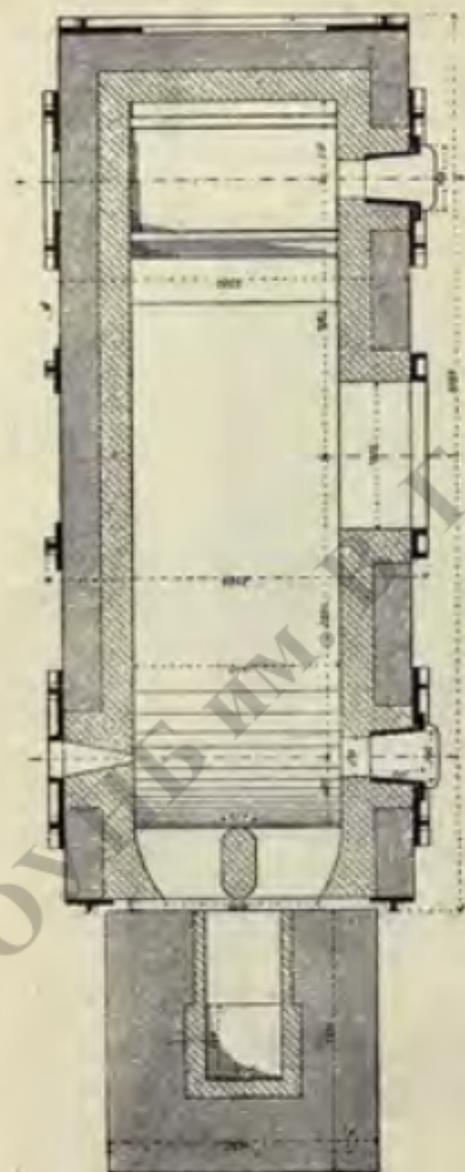
Печи строятся для насадок от 5 до 45 т. На каждую тонну площадь пода

равна 1 кв. м для печи в 5 т.
× 0,75 × × × × × 10 ×
× 0,4 × × × × × 20 ×
× 0,2 × × × × × 45 ×

Длина пода от 3 до 6 м, в зависимости от величины печи и длины пламени.

Ширина—от 1,2 до 2 м.

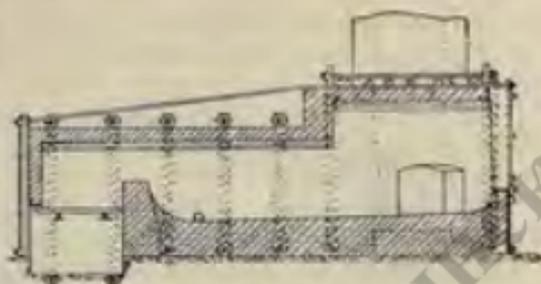
Площадь колосниковой решетки составляет от 0,45 до 0,2 площади пода, большие числа для малых печей.



Можно считать и так: на 1 кг угля в час — 35—45 кв. см. На случай зашлаковывания полезно решетку увеличивать.

Высота порога над колосниковой решеткой: 0,4—0,6 м — для каменного угля и от 0,6 до 1,0 м — для дров. Свободное сечение решетки: около 0,3 общей площади — для каменного угля и 0,2 — для дров.

Площадь пролета над порогом от 0,5 до 0,7 площади решетки, при чем высота этого пролета должна



Фиг. 17.

находиться в пределах от 0,4 до 0,7 м. Площадь сечения борозки от  $\frac{1}{16}$  до  $\frac{1}{4}$  площади решетки. Площадь сечения трубы в самом узком месте  $\frac{1}{16}$ — $\frac{1}{4}$  площади решетки. Высота трубы 15—25 м, около 24 диаметров верхнего сечения.

Иногда, вместо тяги трубою, устраивают дутье под колосниковую решетку.

Высота порога над уровнем металла 0,2 м.

Полость печи над металлом по *Озала* должна быть такова, чтобы газы задерживались в печи 3—4 секунды, т. е. объем ее должен быть в три—четыре раза больше объема газа в 1 секунду, считая при 0° и атмосферном давлении.

Огнеупорная футеровка печи делается в полкипича, т. е. имеет толщину около 150 мм.

### Ведение плавки в пламенных печах.

Обыкновенно чугун накладывается еще в холодную печь и располагается так, чтобы он наилучшим образом подвергался действию пламени. Такой способ загрузки имеет и хорошие и дурные стороны. С одной стороны, в холодную печь нагрузку производить удобнее, и тратится менее топлива, чем в случае разогрева печи еще до насадки металла, с другой стороны, металл сильнее окисляется и дает больший угар. Для уменьшения последнего надо плавку вести более горячую, а, следовательно, и быструю.

Когда чугун весь расплавился, пламя на некоторое время усиливают и дают ванне перегреться, после чего металл выпускается через выпускное око. Так как газы из печи уходят с температурой

около 1000°, то расход топлива довольно значительный. На 100 кг чугуна нужно считать для самых больших печей не менее 25 кг каменного угля; но обыкновенно этот расход достигает 40—70 кг. Расход нефти надо считать 20—30%. Таким образом, в пламенных печах утилизируется не более 10% тепла. Угар чугуна равняется 5—7%. Продолжительность плавки 5—20 часов и более, вместе с разогревом.

Угар чугуна равен 5—8%, при этом надо считать, что сгорает  $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$  Mn,  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  Si и не более  $\frac{1}{6}$  C. Содержание S даже увеличивается на 0,03%.

При плавке бронзы топлива идет менее: считают на 100 кг бронзы 35 кг сухих дров.

Что касается стали, то для ее плавки употребляют печи, отопляемые газами, полученными в генераторах. Самый характер плавки приближается к получению маргеновской стали и должен быть отнесен к области металлургии.

Что касается плавки бронзы различных составов, то на устранение выгорания дорогих ее составных частей, меди и олова, должно быть обращено особенное внимание. Поэтому плавку ведут здесь с небольшим притоком воздуха, с целью получить восстановительную атмосферу, и не заботясь о достижении высокой температуры, при чем при плавке бронзы в ней и нет особенной надобности. На эти обстоятельства надо обращать тем большее внимание, чем более в бронзе олова.

Тем не менее угар оказывается довольно значительным, составляя для литейной бронзы, например, от 4 до 6%. При этом олово выгорает сильнее меди.

Следует еще заметить, что плавку бронзы ведут обыкновенно на дровах, так как каменный уголь содержит в себе всегда серу, попадающую в печные газы и из них поглощаемую бронзой, что чрезвычайно ухудшает качества последней.

Нефть также вполне пригодна для плавки бронзы.

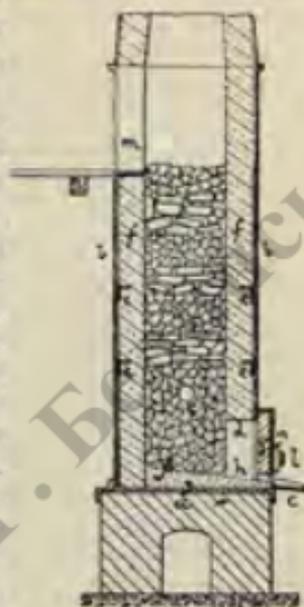
### С. ПЛАВКА В ВАГРАНКАХ.

Для плавки чугуна применяются почти исключительно вагранки. Это шахтные печи, в роде доменных, но сравнительно с ними очень небольших размеров и обыкновенно цилиндрической формы. Вагранки появились в Англии в конце XVIII столетия и назывались сначала печами Вилькинсона. Простейшая вагранка представлена на фиг. 18. Она состоит из вертикального, обыкновенно круглого цилиндра из огнеупорного материала, так называемой футеровки,

выложенной внутри железного кожуха. Устанавливается вагранка на каменной фундаменте *a* или на чугунных колонках; в последнем случае пространство под вагранкою остается свободным, и дно вагранки можно сделать откидным, с целью более простой выгрузки содержимого вагранки. Дно вагранки образуется чугуною плитою, поверхность которой набивают под или лешадь из огнеупорного материала. Через отверстия *c*, так называемые фурмы, вдувается в вагранку воздух, служащий для горения топлива. Пространство ниже фурмы называется горном, а выше их — шахтою. Непосредственно над подом в вагранке, в передней ее части, называемую грудью, остается довольно просторное рабочее окно *d*, закрываемое дверцею *g*, выложенною огнеупорными кирпичем. Удерживается она на месте помощью поперечины *i* и клиньев *л*. Верх шахты называется колошником. Через колошниковое окно *л* производится загрузка топлива и расплаваемого металла. Выпуск металла производится через небольшое, миллиметров в 70, отверстие, в чь о *b*, оставленное в дверце *g* или с противоположной стороны, в самой футеровке вагранки. Выпускное очко во время плавки остается закупоренным глиною, так что металл может скопиться в горне почти до самых фурм. Под фурмами на расстоянии 200 мм оставляется иногда отверстие, служащее для выпуска шлаков. Когда нужно выпустить металл из вагранки, очко пробивается острым стержнем, и металл вытекает, направляясь по жолобу *o* в ковш.

К кожуху прикрепляется одно или несколько колец *e* из углового железа. Они служат для поддержания верхней части футеровки во время ремонта нижней части, которая больше страдает — скорее выгорает. Для возможности независимого расширения кожуха и футеровки, между ними оставляется щель, миллиметров в 10 шириною.

При выкладке футеровки необходимо наблюдать, чтобы швы между кирпичами были как можно тоньше, т. е. кирпичи должны быть притерты друг к другу, так как разрушение кладки всегда начинается со швов. Связующим цементом служит огнеупорная глина с кварцевым песком. Хорошая футеровка выдерживает в фур-



Фиг. 18.

менном поясе и в горне 3—4 недели непрерывной работы; в шахте же—до полугода.

Толщина футеровки делается от 150 до 250 мм. Кирпичи лучше всего употреблять фасонные, чтобы их не приходилось обтесывать. В поясе плавления кирпичи dinasовые (кварцево-шамотные); выше—из огнеупорной глины.

Если футеровка делается не из кирпичной кладки, а из набойки, то все-таки следует наружный ее слой выложить из кирпича, чтобы при случайном отскакивании набойки не прогорел кожух. Набойка состоит из огнеупорной глины с острогрнчатый чистый песком.

Под вагранки, толщиной 100—150 мм, набивается из огнеупорной глины с кварцевым песком или молотым огнеупорным кирпичом.

Собственно рабочая часть вагранки оканчивается на уровне порога колошникового окна. Вышележащая часть шахты служит лишь для защиты рабочих от пламени; а еще выше следует вытяжная дымовая труба. Дымовая труба, страдающая в нижней своей части от пламени колошниковых газов, очень часто выводится независимо от кладки самой вагранки и устанавливается на особых колонках или на кронштейнах, укрепленных на верхней части кожуха вагранки. Делая нижнюю часть трубы шире вагранки, так, чтобы образовалась между ними щель, достигают охлаждения трубы протекающим через эту щель холодным воздухом. При этом труба может быть сделана даже без футеровки.

Воздух доставляется к вагранке по трубам от воздуходувной машины, которая, во избежание излишних потерь на гидравлические сопротивления, должна быть поставлена как можно ближе к вагранке, при чем и воздуховод должен быть по возможности без перегибов. В прежнее время воздух подводился к каждой фурне отдельным отростком воздуховодной трубы. В современных же вагранках воздух подводится в ящик, опоясывающий вагранку на уровне фурн, которые и получают воздух из этого общего ящика.

### Ход плавки.

Когда закончена набойка новой футеровки, вагранка подвергается медленной просушке с постоянно усиливающимся жаром, в течение около суток. Если при этом образуются трещины, их следует замазать и снова подсушить кладку. Затем приступают к задувке.

Огонь разводит на дровах при открытом рабочем окне. Когда дрова разгорятся, то сверху засыпают кокс или древесный уголь в несколько приемов, следя за тем, чтобы он весь разгорелся. За-

полны таким образом весь горн несколько выше фурм, закрывают рабочее окно и пускают через фурмы дутье сначала слабое, а минут через 10 — нормальное. Если кокс будет гореть не равномерно, а к одному боку, то выправить горение очень трудно. Лучше всего разгрузить вагранку и задуть ее снова. Одновременно с началом дутья начинается засыпка сверху поочередно слоев кокса и чугуна. Выпускное очко остается открытым, и из него вырывается пламя. Благодаря этому, горение распространяется не только вверх, но и вниз, что необходимо для хорошего прогрева горна. Плавающий чугун, стекая каплями, собирается на поду и начинает вытекать через очко. Если замечают, что чугун выходит недостаточно прогретый, то ему дают вытекать и закупоривают очко лишь тогда, когда чугун окажется достаточно горячим. Тогда начинается скопление чугуна в горне, размеры которого определяются по весу чугуна, который желают скопить в вагранке. Накопив достаточно чугуна, пробивают очко и выпускают чугун в ковш. Загрузка колош коксом и чугуном продолжается непрерывно, и таким образом плавка идет не прекращаясь, пока есть надобность в жидком металле. Прекращая плавку, одновременно останавливают засыпку колош, дают расплавиться всему чугуну и выпускают его вон. Тогда приступают к выдувке вагранки: прекращают дутье, открывают рабочее окно и выгребают несгоревшее топливо и шлаки. Если вагранка стоит около наружной стены, то рабочее окно часто делают в задней части вагранки, так что оно открывается прямо во двор. Опораживание вагранки производится гораздо удобнее, если она снабжена откидным дном.

Весьма ценные указания, касающиеся постройки и ремонта вагранок, ухода за ними при нормальной работе и в случае различных неполадок, можно найти в сочинении известного практика, американца Керко: «Вагранка. Практическое руководство для постройки и ухода за литейной вагранкой». Спб., 1900 г., а также в брошюрах Троицкого: «Шахтовка, плавка и уход за вагранкой» и Itzeberger's Kupolofenbetrieb; последняя имеется в русском переводе.

Топливом в вагранках служит главным образом кокс, иногда антрацит и древесный уголь. Применяется в исключительных случаях и нефть.

Хорошие результаты дали опыты применения нефти в дополнение к коксу. Форсунки вставлялись в фурменные отверстия. В результате расход кокса понизился на 5—6 кг за счет 0,8 кг нефти. Производительность вагранки повысилась на 30—50%. (Bertold. Stahl und Eisen. 1921. № 12).



Для расчета количества тепла, уносимого газами, можно принять среднюю их теплоемкость в 0,24. Температуру на колошнике, при нормальном ходе, в хороших вагранках можно считать градусов на 200 выше окружающей среды.

Таким образом, на 1 кг С уносится газами:

$$6,8 \times 0,24 \times 200 = 325 \text{ кал.}$$

и соответственно  $12,6 \times 0,24 \times 200 = 605$  »

$$\text{а остается } 2473 - 325 = 2148 \text{ »}$$

$$\text{и } 8080 - 605 = 7475 \text{ »}$$

Отсюда видно, что полное горение  $\text{CO}_2$  в три с половиной раза выгоднее неполного — в  $\text{CO}$ .

Однако, достигнуть полного горения, при теоретически достаточном количестве воздуха (11,6 кг), невозможно. Для этого необходимо впускать его с избытком, а в таком случае в нашем распоряжении будет меньше, чем 7475 кал., так как уноситься глазами будет более, чем 605 кал.

Таким образом, прежде всего является вопрос: следует ли стремиться к полному горению в  $\text{CO}_2$ ? Сначала мы высчитаем, при каком избытке воздуха вся теплота, полученная от дополнительного сжигания  $\text{CO}$  в  $\text{CO}_2$ , будет бесполезно унесена продуктами горения. Пусть на 1 кг С вводится  $n$  кг воздуха. Продуктов горения получится  $(n+1)$  кг, а унесено ими будет:

$$(n+1) \cdot 0,24 \cdot 200 \text{ кал.}$$

Полезная теплота составит

$$8080 - (n+1) \cdot 0,24 \cdot 200 \text{ кал.}$$

Приравняем это количество полезной теплоты при неполном горении в теоретическом количестве воздуха

$$8080 - (n+1) \cdot 0,24 \cdot 200 = 2148.$$

Отсюда  $n = 122,6$ .

Итак, впуская лишь 5,8 кг воздуха на 1 кг углерода, мы получаем исключительно  $\text{CO}$  и 2148 калорий полезной теплоты; впуская 122,6 кг воздуха, мы получим при полном горении столько же полезной теплоты. При этом воздуха впущено нами более, чем необходимо теоретически для сжигания в  $\text{CO}_2$ , в  $\frac{122,6}{11,6} = 10,57$  раза. Несомненно, горение при этом будет совершенно полное. Практика показывает, что для полного сжигания всего С в  $\text{CO}_2$  нет надобности в таком громадном избытке. Отсюда становится понятным, что с постепенным

увеличением притока воздуха от 5,8 кг до 122 кг количество полезной теплоты сначала повышается, а затем, достигнув максимума, снова падает. Следовательно, всякий избыток воздуха (но, конечно, не более 10-кратного) выгоден, а также и присутствие  $\text{CO}_2$  указывает на лучшее использование топлива, сравнительно с сжиганием его исключительно в  $\text{CO}$ .

Разыскание maximum'a, т. е. решение вопроса, каков должен быть избыток воздуха, или какова должна быть пропорция  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  в продуктах горения, теоретически сделать не может, так как, кроме физико-химических свойств веществ, входящих в реакцию, на ее полноту оказывают громадное влияние чисто внешние и случайные обстоятельства. Достаточно упомянуть хотя бы о необходимости тесного перемешивания.

В этом отношении большую роль играет конструкция топки, а в нашем случае способы подведения и распределения воздуха (расположение фурм).

Поэтому в каждом отдельном случае следует путем опыта определить наилучшие условия горения.

В котельных топках обыкновенно избыток воздуха над теоретически необходимыми 11,6 кг выражается 80%, до 100% и более.

В вагранках большой избыток воздуха не может быть допущен, так как в очень кислой атмосфере будет сильно гореть чугун, и получится большой угар; кроме того, в плавильном поясе (над фурмами) необходимо иметь температуру, достаточно высокую для плавления чугуна. Это условие ограничивает избыток воздуха известным пределом, хотя бы при этом и не были достигнуты наилучшие условия утилизации теплоты.

Температуру в плавильном поясе вагранок надо считать около  $1400^\circ$ , так как серый чугун плавится при  $1200^\circ$ ; 200 же градусов следует считать на перегрев чугуна, чтобы его можно было выпустить в ковш и разлить в формы.

Обстоятельства в плавильном поясе следующие: чугун сюда подходит уже нагретый до температуры плавления в  $1250^\circ$ . Здесь его необходимо нагреть по крайней мере еще на  $150^\circ$ .

Можно считать, что горение топлива сосредоточивается в рассматриваемом плавильном поясе. Тогда весь углерод сжигается именно здесь. Тут же нагревается воздух до  $1400^\circ$ . На 1 кг кокса, содержащего 90% углерода, теоретически для полного горения надо впускать воздуха  $11,6 \cdot 0,9 = 10,45$  кг.

Продуктов горения будем иметь  $10,45 + 0,9 = 11,35$  кг. Теплоемкость последних при данных высоких температурах надо считать в 0,27.

На нагрев продуктов горения пойдет тепла

$$0,27 \cdot 11,35 \cdot 1400 = 4290 \text{ кал.}$$

Хороший кокс дает 7000 кал. Следовательно, более половины идет на нагрев газов, а остальное на нагревание чугуна, шлаков и на потери.

Поставим себе такой вопрос: сколько надо впускать воздуха, чтобы вся теплота пошла на нагревание газов, а на чугун и шлаки ничего не осталось, т. е. чугун остался бы не перегретым?

$$0,27(x + 0,9) \cdot 1400 = 7000$$

$$x = 17,4, \text{ что более теоретического}$$

$$\text{в } \frac{17,4}{10,45} = 1,66 \text{ раза.}$$

Ясно, что избыток воздуха для возможности получения горячего чугуна должен быть много ниже 66%.

Фактически этот избыток ограничивается 5%. При этом полного горения не получается, но оно и не нужно. Нормальным надо считать, если  $\frac{2}{3}$  кокса сгорают в  $\text{CO}_2$ , а  $\frac{1}{3}$  в  $\text{CO}$ .

Подсчитаем, какой при этом должен быть расход кокса. Последний в этом случае дает не 7000 кал., а  $8080 \cdot 0,6 + 2473 \cdot 0,3 = 5550$  кал.

Количество воздуха, как мы увидим, на 1 кг кокса равно 9 кг. Продуктов горения получим  $9 + 0,9 = 9,9$  кг.

На их нагрев на  $200^\circ$  (в колошнике) потребуется  $9,9 \cdot 0,24 \cdot 200 = 475$  кал.; на все остальное придется  $5550 - 475 = 5075$  кал.

Надо считать на дутьеиспускание, испарение влаги, разложение  $\text{CaCO}_3$  и другие потери по крайней мере 15%.

Остается 4315 кал.

На нагрев и расплавление 1 кг чугуна надо около 300 кал.

* * *	*	0,06 кг шлаков . . . . .	30	*
			330 кал.	

Следовательно, кокса надо счесть

$$\frac{330 \cdot 100}{4315} = 7,7\%$$

Таким образом, грубый подсчет дал как минимум, если мы хотим иметь чугун в 1400 в поясе плавления, 7,7% расхода кокса. Далее будут приведены более точные балансы тепла в вагранках, но и сейчас уже можно видеть, что расход должен быть несколько больший. Действительно, мы приняли теплотворную способность кокса в 7000 калорий, что верно лишь для очень хорошего кокса. Кроме того,

при прохождении мимо фурм и скапливании на поду чугуна охлаждается, так что в поясе плавления его надо нагревать еще выше, градусов до 1450—1500. По всем этим соображениям расход кокса нормально надо считать в 8—10% и даже 12%.

Если сжигать несколько больше кокса, то и избыток воздуха может быть увеличен.

При правильной работе в вагранке нетрудно достигнуть, в смысле полноты горения, довольно хороших результатов, пользуясь особым способом расположения кокса и чугуна перемежающимися слоями. Влияние такого расположения на горение будет выяснено ниже.

Выше мы сказали, что определять условия работы вагранки следует путем опыта. При этом количество воздуха может быть найдено путем непосредственного измерения дутья или по химическому составу колошниковых газов. Покажем, как делается это последнее определение.

Допустим, что состав газов работающей вагранки следующий:

$$\left. \begin{array}{l} \text{CO}_2 - 21,0\% \\ \text{CO} - 5,3\% \\ \text{N} - 73,7\% \end{array} \right\} \text{ по весу}$$


---


$$100,0\%$$

Существует несколько способов расчета:

1) В 100 кг газа заключается 21 кг  $\text{CO}_2$  и 5,3 кг  $\text{CO}$ .

В  $\text{CO}_2$  на 12 весовых частей углерода приходится 32 весовые части кислорода; следовательно, в 21 кг  $\text{CO}_2$  заключается:

$$\frac{21 \cdot 12}{44} = 5,73 \text{ кг С и } 15,27 \text{ кг О.}$$

Также найдем, что в 5,3 кг  $\text{CO}$  заключается

$$2,27 \text{ кг С и } 3,03 \text{ кг О.}$$

Всего имеем 8,00 кг С и 18,30 кг О.

На 1 кг С приходится  $\frac{18,3}{8}$  кг О или  $\frac{18,3}{8} \cdot \frac{100}{23} = 9,95$  кг воздуха.

2) В газах имеется 8,00 кг С и 73,7 кг N.

73,7 кг N соответствуют  $\frac{73,7 \cdot 100}{77}$  кг воздуха.

На 1 кг С приходится  $73,7 \cdot \frac{100}{77,8} = 12$  кг воздуха.

Второе вычисление дало большее число. Это последнее надо считать правильным, так как ни С ни N не могли пропасть и находиться в газах именно в тех количествах, в каких они участвовали в горении. Ошибка же первого вычисления лежит в том, что

в основу расчета был взят кислород в газах и предпологалось, что это весь кислород, заключавшийся в воздухе, вдушенном в вагранку. Между тем, в вагранке происходит, кроме горения углерода, сгорание некоторых составных частей чугуна и кокса: N, Si, Mn, Fe, P, S, так что в  $\text{CO}_2$  и CO колошниковых газов заключается не весь кислород, а отсюда и слишком малое количество воздуха, полученное вычислением. Таким образом, первый способ вычисления, вполне пригодный для котлов и обыкновенных нагревательных печей, не может быть применен к вагранкам.

Единственно надежным оказывается второе определение воздуха по азоту. К такому определению и следует всегда прибегать.

Овал считает нормальным следующей состав газов по объему, получаемый в вагранке на заводе Vörsig:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 14,7 \\ \text{CO} &= 9,6 \\ \text{O} &= 1,2 \\ \text{N} &= 74,5. \end{aligned}$$

Если исключить около  $(0,7 - 1) \frac{1}{9} \text{CO}_2$ , как попавшие в колошниковые газы из известняка, и сделать расчет по азоту, то для воздуха получим на 1 кг кокса 7 куб. м или 9 кг.

Расчет ведется следующим образом.

В одном куб. м  $\text{CO}_2$  или CO содержится 0,54 кг углерода. Всего имеем  $14 + 9,6 = 23,6$  куб. м этих газов. Количество углерода =  $0,54 \cdot 23,6 = 12,7$  кг.

На 12,7 кг C приходится 74,5 куб. м N, или  $74,5 \cdot \frac{100}{79} = 94,3$  куб. м воздуха, на 1 кг углерода —  $\frac{94,3}{12,7} = 7,6$  куб. м воздуха, на 1 кг кокса  $7,6 \cdot 0,9 = 6,85$  куб. м воздуха или  $6,85 \cdot 1,3 = 8,9$  кг.

Округляем до 7 куб. м и 9 кг

Этими числами можно руководствоваться при предварительных расчетах.

Приведем еще пример.

По опытам Фишера, произведенным в 1879 году над коксовой вагранкой Кригара (газы брались для анализа через каждые 15 минут), средний состав из 12 определений таков:

$$\left. \begin{aligned} \text{CO}_2 &= 16,4\% \\ \text{CO} &= 5\% \\ \text{N} &= 78,6\% \end{aligned} \right\} \text{ по объему,} \\ \hline 100,00$$

что даст по предыдущему 8,9 куб. м или 11,57 кг.

Расход кокса, не считая задувки, в данном опыте равнялся 8,7% веса расплавленного чугуна.

Для составления теплового баланса вагранки необходимо знать состав колошниковых газов, а при проектировании вагранки этим составом приходится задаться. При этом можно руководствоваться указанием *Озона*, что при всяком расходе кокса в углекислоту сгорает 4,7 кг углерода на 100 кг расплавленного чугуна.

Избыток воздуха принимается в 5%. Количество водорода берется в 1% от остальных газов.

Пусть на 100 кг чугуна идет кокса $a$ кг.	Обозначим колич. $\text{CO}_2$ через $x$ куб. м.
Углерода в нем $b$ "	" " $\text{CO}$ " $y$ " "
$\text{CaCO}_3$ $c$ "	" " $\text{N}$ " $z$ " "
$\text{CO}_2$ в нем $d$ "	" " $\text{O}$ " $v$ " "
	" " $\text{H}$ " $w$ " "
	" " воздуха " $q$ " "

Тогда

$$x = 4,7 \cdot 1,87 + d \cdot 0,51 = 8,8 + 0,51 d,$$

так как

1 кг С дает 1,87 куб. м  $\text{CO}_2$ , а также и  $\text{CO}$ ,

и

1 кг  $\text{CO}_2$  имеет объем 0,51 куб. м

$$y = (b - 4,7) \cdot 1,87$$

$$z = [4,7 \cdot 1,87 + (b - 4,7) 0,93] 1,05 \cdot 3,76 = [8,8 + (b - 4,7) 0,93] 3,95,$$

Здесь в прямых скобках объем кислорода, пошедшего на сжигание углерода в  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ . Действительно, объемы кислорода и углекислоты равны между собой, так как на образование одной молекулы  $\text{CO}_2$  идет одна молекула кислорода. Для образования же молекулы  $\text{CO}$  идет полмолекулы кислорода. Следовательно, объем кислорода в два раза меньше образовавшейся из него окиси. В воздухе на 1 объем  $\text{O}$  приходится 3,76 объемов азота.

$$v = [8,8 + (b - 4,7) 0,93] \cdot 0,05$$

$$w = \frac{1}{100} (x + y + z + v)$$

$$q = [4,7 \cdot 1,87 (b - 4,7) 0,93] \cdot \frac{105}{100} \cdot 4,76 = [8,8 (b - 4,7) 0,93] 5,$$

Здесь 4,76 есть отношение объема воздуха к объему кислорода в нем. По этим формулам составлены следующие таблицы.

$a$	= 8 кг	12 кг	16 кг
$b$ (84%)	= 6,7 "	10,1 "	13,4 "
$c$ (30%)	= 2,4 "	3,6 "	4,8 "
$d$ (42%)	= 1,0 "	1,5 "	2,0 "

	куб. м в %/о		куб. м в %/о		куб. м в %/о	
CO <sub>2</sub> . . . . .	9,3	16,5	9,6	12,7	9,8	10,3
CO . . . . .	3,7	6,5	10,1	13,2	16,3	17,2
N . . . . .	42,1	75,1	54,5	72,2	66,9	70,65
O . . . . .	0,5	0,8	0,7	0,9	0,8	0,85
H . . . . .	0,6	1,0	0,8	1,0	0,9	1,00
	56,2	100	75,7	100	94,7	100
Колич. газ. на 1 кг кокса . . . . .	7,1		6,4		6,1	
» » » 1 » С . . . . .	8,5		7,6		7,2	
» воздуха на 100 кг чут. . . . .	53,3		69,2		84,7	
» » » 1 » кокса . . . . .	6,7		5,8		5,3	
» » » 1 » С . . . . .	8,0		6,9		6,3	

Мы видим, что лишний кокс сгорает главным образом в CO, а отсюда и меньшее потребление воздуха. Вышеприведенный состав колошниковых газов вагранки завода Борзига соответствует, как видно, примерно расходу кокса в 90%.

Приборы типа Орса обманчиво неправильно показывают содержание CO. Поэтому лучше ее вычислять по CO<sub>2</sub> и O.

$$\begin{aligned} \text{Пусть } \text{CO}_2 & \dots \dots \dots a \text{ куб. м} \\ & \text{» } \text{O} \dots \dots \dots b \text{ » »} \\ & \text{» } \text{CO} \dots \dots \dots x \text{ » »} \\ \text{CO}_2 \text{ из CaCO}_2 & \dots \dots \dots \Phi \text{ » »} \end{aligned}$$

Тогда исправленный состав газов будет

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 & \dots \dots \dots a - \Phi \\ \text{CO} & \dots \dots \dots x \\ \text{O} & \dots \dots \dots b \end{aligned}$$

$$\text{Объем кислорода} = a + b + \frac{x}{2} - \Phi$$

$$\text{» азота} = 100 - a - b - x$$

$$\frac{100 - a - b - x}{a + b + \frac{x}{2} - \Phi} = \frac{79}{21} = 3,76$$

$$\text{или } x = \frac{100 + 3,76 \Phi - 4,76 (a + b)}{2,88}$$

Для вышеприведенного примера (Борзиг).

$$a = 14,7; \Phi = 0,7; b = 1,2.$$

Получаем для  $\text{CO}$  . . . . . 9,35 куб. м

Для азота остается . . . . . 74,75 " »

Эти числа незначительно отличаются от определенных непосредственно прибором.

### Горение толстого слоя угля.

Представим себе очень толстый слой угля, к которому воздух подводится снизу. В самом низу, вследствие большого избытка воздуха, уголь будет сгорать в  $\text{CO}_2$ . Непосредственно в точках горения, т. е. на поверхности кусков угля, весь кислород воздуха будет принимать участие в реакции; следовательно, горение будет совершаться при теоретическом количестве воздуха. Поэтому температуру на поверхности угольков можно вычислить по формуле:  $\frac{8080}{0,34 \cdot 12,6}$  <sup>1)</sup> что даст около  $1880^\circ$ . Но нагретые до  $1880^\circ$  продукты горения сейчас же смешиваются с остальным воздухом, заполняющим промежуток между углями, отчего температура смеси сильно падает. Углекислота, отойдя от поверхности угля, уступает свое место свежему воздуху.

Если бы тонкий слой углекислоты остался в соприкосновении с углем и если бы температура этого слоя не понизилась, благодаря смешению или простой передаче тепла соседним холодным массам воздуха, то углекислота сейчас же стала бы разрушаться, образуя  $\text{CO}$ . Это превращение  $\text{CO}_2$  в  $\text{CO}$  может происходить двумя путями. Во-первых, посредством диссоциации углекислоты:  $\text{CO}_2 = \text{CO} + \text{O}$ , во-вторых, посредством соединения  $\text{CO}_2$  с  $\text{C}$  по реакции:  $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ .

Степень диссоциации зависит от температуры и парциального давления. *Лешателе* дает следующую таблицу: из 100 молекул  $\text{CO}_2$  разлагается:

при $T$	и давления = 0,001 атм.	0,01	0,1	1,0	10	100
1000	0,7	0,3	0,13	0,06	0,03	0,015
1500	7	3,5	1,7	0,8	0,4	0,2
2000	40	12,5	8	4	3	2,5
2500	81	60	40	19	9	4,0
3000	94	80	60	40	21	10
3500	96	85	70	53	32	15
4000	97	90	80	63	45	25

молекул.

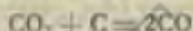
<sup>1)</sup> Теплоемкость продуктов горения при температуре в  $1800 - 1900^\circ$  можно принять равной 0,34.

При сгорании С в теоретическом количестве воздуха в  $\text{CO}_2$  состав газов по объему будет: 21  $\text{CO}_2$  и 79 N; поэтому парциальное давление углекислоты равняется 0,21 атм.

При температуре в  $1880^\circ$  и этом давлении, по интерполяции, распадению подверглось бы около 7 молекул, т. е. горение было бы неполное, а, следовательно, и температура не могла бы подняться до  $1880^\circ$ . При более низкой температуре и диссоциация, в свою очередь, будет меньшая. Таким образом, можно попытками найти действительную температуру горения и соответствующую ей диссоциацию. Во всяком случае, вследствие существования диссоциации, истинная температура горения несколько ниже  $1880^\circ$ ; полное же горение при теоретическом притоке воздуха достигнуто быть не может, если искусственным понижением температуры не уничтожить диссоциацию.

В вагранках вообще таких высоких температур не встречается. Наиболее высокой температурой надо для них считать  $1500^\circ$ , а при этом, как показывает таблица, диссоциация ничтожная (1,5%), на которую не стоит обращать внимания.

Вторая реакция образования CO, а именно:



имеет более серьезное значение. Она идет неодинаково полно при различных температурах и давлениях.

Представим себе, что в некотором пространстве заключены С и  $\text{CO}_2$ . При достаточно высокой температуре станет происходить их соединение в CO, но не вся  $\text{CO}_2$  израсходуется: при известной пропорции  $\text{CO}_2$  и CO реакция остановится, при чем вещества С,  $\text{CO}_2$  и CO будут находиться в равновесии. Каждой температуре соответствует свое равновесие. Таким образом, если изменить температуру системы, то произойдет реакция в ту или другую сторону, в таком размере, чтобы относительные количества  $\text{CO}_2$  и CO пришли в соответствие с новой температурой.

Будуар дает следующую таблицу для равновесия системы С,  $\text{CO}_2$  и CO при общем давлении газов в 1 атм.

Температура	Объем. % $\text{CO}_2$	Объем. % CO
450	98	2
550	89	11
650	61	39
750	24	76
850	6	94
950	1,5	98,5
1050	0,4	99,6

Рассматриваемая реакция получает заметное значение с  $450^\circ$ , а при  $1000^\circ$  почти вся  $\text{CO}_2$  уже обращается в  $\text{CO}$ .

Таким образом, можно, повидимому, заключить, что сколько-нибудь полного горения получить вообще невозможно. Однако, это не совсем так: во-первых, в этой системе должен находиться углерод, так что стоит только удалить  $\text{CO}_2$  от соприкосновения с углем, и превращение  $\text{CO}_2$  в  $\text{CO}$  становится невозможным. Во-вторых, указанное равновесие системы верно лишь при отсутствии свободного  $\text{O}$ . Присутствие же последнего (при достаточном избытке воздуха) предохраняет  $\text{CO}_2$  от соединения с углем, так как уголь в этом случае будет сгорать за счет свободного кислорода, а не за счет  $\text{CO}_2$ .

В рассматриваемом нами случае горения в самом нижнем слое топлива имеются налицо все благоприятные для образования  $\text{CO}_2$  условия, а именно: большой избыток кислорода, нарушение контакта образовавшейся  $\text{CO}_2$  с  $\text{C}$  и, кроме того, пониженная благодаря смешению с избытком воздуха температура. Поэтому здесь будет совершенно полное горение.

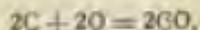
Поднимаясь выше, смесь газов производит дальнейшее сжигание угля, при чем горение остается на известном протяжении полным, пока условия остаются благоприятными.

Вследствие выделения все новых и новых количеств тепла, температура смеси повышается. Если бы на некоторой высоте оказалось, что весь кислород воздуха уже соединился с углеродом, при чем горение все время оставалось полным, то здесь получилась бы температура в  $1880^\circ$ . Но мы уже выяснили, что это совершенно невозможно. Следовательно, надо допустить, что ранее, чем израсходовался весь избыток кислорода, уже начинается образование  $\text{CO}$ .

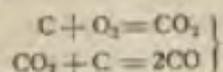
И действительно, условия для полного горения, по мере поднятия газов, все ухудшаются: температура повышается, избыток кислорода воздуха уменьшается, и повышается насыщенность газов углекислотой, что затрудняет удаление вновь образовавшейся кислоты с поверхности кусков угля.

Следовательно, за зоной, в которой газы содержали только  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}$ , следует зона, в которой одновременно в газах содержится  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{O}$ , еще выше лежит зона, где уже свободного кислорода нет, т. е. имеется лишь  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ . В этой зоне горение угля происходит исключительно за счет  $\text{CO}_2$  по реакции  $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ .

Эта реакция идет с поглощением тепла, в чем очень нетрудно убедиться. Возьмем 2 кг углерода и превратим их в  $\text{CO}$  двумя путями: раз сожжем непосредственно в  $\text{CO}$  по реакции:



а другой раз сначала 1 кг С сожжем в  $\text{CO}_2$ , а потом соединим ее с другим килограммом С:



Очевидно, в обоих случаях должно получиться в окончательном результате одно и то же количество теплоты, но первая реакция дает  $2 \cdot 2473 = 4946$  кал., вторая 8080 кал.; следовательно, третья поглощает  $8080 - 4946 = 3134$  калории.

Вследствие поглощения теплоты, температура в третьей зоне все время падает. В первой же зоне она возрастала. Значит, максимум температуры находится где-то во второй зоне. В этой зоне одновременно происходит сгорание С в  $\text{CO}_2$  и соединение  $\text{CO}_2$  с С в СО, при чем внизу зоны преобладает первая реакция, а наверху вторая. Первая реакция выделяет 8080 кал. тепла, а вторая поглощает 3134 кал. Температура будет повышаться до тех пор, пока выделение теплоты преобладает над поглощением, т. е. максимум будет достигнут в тот момент, когда количества кислорода, участвующие в первой и второй реакции, будут относиться, как 3134:8080.

Третья зона начинается с того момента, когда исчезнут последние частицы свободного кислорода. К этому моменту в газах уже имеется некоторое количество СО. По мере движения газов в этой зоне вверх, содержание СО увеличивается за счет  $\text{CO}_2$ , а температура падает. Если обратиться к табличке *Бушара*, то на ней эти изменения соответствуют движению вниз по графам составов газа и вверх по графе температур. Очевидно, реакция прекратится тогда, когда произойдет встреча на одной из строчек таблицы. Чем выше была первоначальная температура, тем ниже будет эта строчка, т. е. тем больше в окончательном составе газа будет СО.

Таким образом, в тех случаях, где желательно получить именно СО, как в генераторах и доменных, там выгодно всякими способами повышать температуру, например, посредством применения горячего дутья.

В вагранках, где цель процесса есть получение теплоты, желательно, наоборот, остановить реакцию как можно ранее; если можно, то еще во второй зоне, в момент достижения максимальной температуры. Поэтому всякое повышение температуры для вагранок вредно.

С того места, где кончилась реакция, начинается четвертая и последняя зона, в которой состав газов остается постоянным, температура же продолжает падать, так как теплота тратится на нагревание угля.

### Опыты Керка.

Изложенные соображения о распределении температур в толстом слое угля подтверждаются непосредственными опытами, произведенными Керком. Для опыта была построена небольшая 18-дюймовая вагранка с легкой железной обшивкой и тонкой футеровкой, в которую легко можно было бы вставить фурмы в любом месте. Вентилятор был взят нарочно излишне большим, чтобы можно было регулировать объем дутья, уменьшая число его оборотов. На высоте 24" над подом были помещены 2 круглые фурмы в 4" диаметром. Первый опыт имел целью узнать, в каком месте вагранки чугун плавится и где именно начинается плавление. Для этого 10 полос мягкого чугуна были вставлены в вагранку горизонтально одна над другою через 6" и взаимно перпендикулярно. Первая полоса на высоте 3" над подом. Концы этих полос были замурованы в футеровку. Против концов полос в футеровке и обшивке были проделаны маленькие отверстия, через которые могло бы вырваться пламя, как только полоса была бы расплавлена и вышла из футеровки.

Вагранка была доверху заполнена коксом. Дутье было перед фурмами довольно слабое, не больше 1—6" воды, вероятно, потому, что воздух свободно проходил через рыхло-лежащий, не сдвинутый чугуном кокс. Через 3 минуты после начала дутья оказался в выпускном окне расплавленный чугун и продолжал течь, пока не расплавилась одна полоса, как об этом можно было судить по весу вытекшего чугуна. Расплавившаяся полоса была та, которая была помещена на 6" выше верхнего края фурм. После ее расплавления некоторое время не было жидкого чугуна, и потом снова вытекло столько же чугуна, сколько и первый раз: это расплавилась следующая, вышедшая полоса. Далее, плавление не происходило, хотя дутье поддерживалось, пока не сторел весь кокс. В результате оказалось, что 4 полосы ниже фурм не были совершенно тронуты, пятая, лежащая как раз против фурм, слегка оплавлена посредине, шестая и седьмая, как было сказано, расплавились совершенно, восьмая не была расплавлена, но несколько согнулась от действия жара.

Для второго опыта была увеличена скорость вентилятора, и давление доведено до 6,4".

Расплавилась три полосы: шестая, седьмая и восьмая, сначала, шестая, а затем седьмая и восьмая. Чугун от первой был несколько холодный, а от последних сильно перегретый. Пятая полоса против фурм не была оплавлена, как в первом опыте.

Следовательно, с повышением объема и давления дутья пояс наибольшей температуры поднялся выше.

В третьем опыте скорость вентилятора была еще увеличена, так что манометр перед фурмами показывал 12,3" воды. Результаты опыта, против ожидания, оказались такими же, какие были при втором опыте. Приходилось допустить, что количество вдуваемого воздуха осталось почти без изменения, а увеличенное показание манометра зависит от сопротивления фурм, а не материала внутри вагранки. Эти предположения оправдались, вместо старых были поставлены другие фурмы такой же высоты, в 4", но несколько шире, а именно в 6". Только от замены фурм на более свободные при той же скорости вентилятора давление сразу упало с 12,8" на 6,4".

При этом опыте, как и следовало ожидать, плавильный пояс поднялся еще выше: вместо 6-й, 7-й и 8-й полос, теперь расплавились 7-я, 8-я и 9-я полосы.

Таким образом, опыты Керка показали, что плавильный пояс имеет небольшую высоту, около 12—18", при чем высота его над фурмами зависит от количества впускаемого воздуха: чем воздуха больше, тем выше плавильный пояс.

Попутно из этих опытов оказалось, что кокс ниже фурм во время дутья не сгорает, а расходуеться только во время растопки, когда еще открыт лаз.

В дальнейших опытах загружался не только уголь, но и чугун, как и при обыкновенной плавке.

При этом условия несколько изменялись, а именно, место и ширина пояса плавления, что следует приписать, во-первых, стеснению для прохода воздуха через сдавленный чугуном уголь и, следовательно, меньшему объему продуваемого воздуха при той же скорости вентилятора, а во-вторых, отдаче теплоты расплавленному чугуну.

Обыкновенно в вагранках, по причинам, которые будут указаны ниже, располагают чугун и топливо попеременными слоями.

Представим себе тот момент, когда слой чугуна, опускаясь вниз, достиг плавильного пояса, т. е. температуры в 1250°. С этого момента начнется плавление чугуна, но не всего слоя одновременно, а только тех его частей, которые вступили в плавильный пояс. Капли расплавленного чугуна, проходя через более нагретые средние горизонты плавильного пояса, получают необходимый перегрев. В то же время уголь под слоем чугуна продолжает гореть, отчего низ этого слоя чугуна опускается. Весь чугун должен успеть расплавиться к тому моменту, когда низ его пройдет всю ширину плавильного пояса, т. е. когда сгорит уголь на такую толщину; иначе часть чугуна так и останется нерасплавленной. Следовательно, для

высоты чугунной колоши есть известный предел, зависящий от высоты плавильного пояса и скорости опускания колош. Допуская, что такой ненормальный случай не имеет места, следует заключить, что к моменту полной расплавки чугунной колоши ее низ дошел до нижней границы плавильного пояса, т. е. уровень угля, ниже нее лежащего, в этот момент находится на нижней границе плавильного пояса. Как только слой чугуна расплавится, слой угля, лежавший над ним, ляжет непосредственно на уголь, находившийся под чугуном. Если бы этот опустившийся слой угля был настолько толст, что его верх выступал за плавильный пояс, то следующий слой чугуна был бы на такую же величину выше плавильного пояса, т. е. в плавлении чугуна наступил бы перерыв. Плавление чугуна возобновилось бы лишь тогда, когда бы сторея уголь на столько, чтобы новый слой чугуна достиг плавильного пояса. Горение угля за это время происходило бы бесполезно. Таким образом, в рассматриваемый нами момент верх опустившегося слоя угля не должен выступать над плавильным поясом, низ же его, как было выяснено, должен лежать на нижней границе этого пояса; иначе говоря, толщина слоя топлива должна быть равна высоте плавильного пояса.

Итак, холостая колоша должна доходить до верха плавильного пояса, рабочая колоша кокса должна равняться по высоте плавильному поясу. Толщина чугунной колоши должна быть такой, чтобы чугун расплавился за время сторения коксовой колоши. Толщина плавильного пояса есть величина более или менее постоянная, следовательно и толщина коксовой колоши также постоянна. Для этой толщины *Hütte* (4 том) дает величину 150—200 мм, *Ледебур*—160 мм, *Кнаббе*—200 мм, *Ванер* (*Stahl und Eisen*, 1924, стр. 617)—140 мм, *Керк*—150—200 мм, в вагранке Технологического и-та коксовая колоша имеет толщину около 200 мм. И только по *Мессершмидту* эта величина определяется в 80 мм.

Толщина коксовой колоши есть один из главнейших факторов ваграночной плавки, и при налаживании вагранки на него надо обращать первейшее внимание. Будем считать правильной толщину слоя кокса в 175—200 мм.

Другим весьма важным фактором является высота холостой колоши, которая, как сказано, должна совпадать с верхней границей плавильного пояса. Установив величину холостой колоши, надо постоянно держаться этой величины, принимая во внимание выгорание футеровки, т. е. по мере увеличения диаметра увеличивать соответственно вес холостой колоши, чтобы сохранить высоту. О правильности выбранной высоты холостой колоши, а также величин рабочей

коксовой и чугуниной колош можно судить по ходу плавки. Чугун должен показаться минут через 5 после начала дутья. Если же он запаздывает или вначале идет вяло, а потом быстрее и горячее, то это значит, что холостая колоша слишком высока.

Наоборот, если холостая колоша слишком низка, то плавление начнется без задержки, но за время опускания уровня кокса до нижней границы пояса плавления вся чугуниная колоша не успеет расплавиться, часть чугуна опустится вниз, не расплавившись, новая рабочая колоша, сев на холостую, будет снова ниже верхней границы пояса плавления. Значит, явление повторится. Таким образом, плавиться будут не полные колоши чугуна, т. е. плавка будет медленная, а нерасплавленный чугун будет попадать в жидкую ванну и станет ее охлаждать. Плавка будет медленная, а чугун холодный, первая же порция чугуна до закурочки очка будет горячей.

Те же явления произойдут при слишком толстой чугуниной колоше, так как она будет слишком долго плавиться; вследствие чего к концу ее расплавления уровень кокса окажется ниже нижней границы пояса плавления.

Если чугуниные колоши слишком малы, то плавка будет идти с перерывами.

Если колоши коксовые слишком велики, то плавка идет медленно и неравномерно.

Если коксовые колоши слишком малы, то чугун будет получаться холодный.

Если и коксовая и чугуниные колоши малы, то плавление будет происходить лишь в части пояса плавления, и хотя чугун будет горячий, но плавка будет идти медленно.

При наладке вагранки раньше, чем повышать % кокса, надо испробовать все средства регулирования величины как холостой, так и рабочих колош.

### Горение угля, расположенного слоями, разделенными слоями чугуна (в вагранках)

При изучении процессов, происходящих при горении толстого слоя угля, мы сказали, что было бы выгодно прекратить горение на той высоте, где достигнут максимум температуры. Действительно, выше этого горизонта температура понижается вследствие того, что на реакцию соединения  $CO_2$  с  $C$  тратится здесь больше теплоты, чем получается от сгорания  $C$  в  $CO_2$ .

Таким образом, расход  $C$  здесь происходит совершенно производительно. Бесплезной траты угля можно избежать, если устра-

нить самый уголь из этой зоны неблагоприятных реакций. Это и достигается тем, что слой угля берется определенной толщиной, а дальше помещается чугун. Высота угля над фурмами, как мы видели, не остается постоянной: поверхность угля постепенно опускается, а затем снова сразу поднимается, когда сверху спускается новый слой угля. Таким образом, невозможно иметь поверхность угля все время на невыгоднейшей высоте. Однако, представим себе такой случай, когда поверхность угля как раз совпадает с точкой максимальной температуры. Газы, выйдя из слоя угля, попадают в слой чугуна, и, очевидно, здесь состав газов не может измениться, температура же их падает, благодаря отдаче тепла расплавленному чугуну. К моменту достижения максимальной температуры (во 2-й зоне горения) газы содержат, как мы помним, свободный кислород,  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ , при чем количество реакций образования  $\text{CO}_2$  в ее соединения с  $\text{C}$  находится в определенном отношении. Сам же процесс той и другой реакции определяется условиями равновесия вещества  $\text{C}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{O}$ . Эти условия аналогичны данным выше для  $\text{C}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  (см. таблицу Бужара): чем выше температура, тем меньше в равновесной системе должно быть  $\text{CO}_2$  сравнительно с  $\text{CO}$ . Поэтому содержание  $\text{CO}_2$  в газах, прошедших через слой чугуна и охлаждавшихся, может увеличиться за счет  $\text{CO}$ , т. е. горение может продолжаться уже не с поглощением, а с выделением теплоты.

Таким образом, во втором слое угля происходит горение при совершенно иных условиях, чем в первом: снизу слоя количество теплоты будет увеличиваться, затем наступит новый максимум температуры (ниже первого), и снова начнется поглощение тепла, но к этому времени будет пройден, вероятно, почти весь 2-й слой угля. Можно предположить даже, что горение вообще далее не продолжается.

Итак, благодаря прослойке угля чугуном, колошниковые газы становятся богаче  $\text{CO}_2$ , т. е. топливо утилизируется более полно.

В последнем отношении выгодно охлаждать газы возможно сильнее, т. е. слой чугуна следует брать насколько можно большим.

Из всего сказанного явствует, что способ загрузки топлива и чугуна попеременными слоями вполне рационален и что на экономичность расхода горючего влияет в сильной степени толщина этих слоев.

#### Влияние скорости воздуха, плотности топлива и давления дутья.

На полноту горения влияет как скорость воздуха, так и плотность топлива, при чем выгодно увеличивать и ту и другую. Эти

влияния можно объяснить следующим образом; представим себе, что мы имеем очень рыхлое, пористое топливо; воздух, протекая в поры, будет производить там горение. Выше было выяснено, что для получения полного горения необходимо, чтобы тонкий слой  $\text{CO}_2$ , образовавшийся на поверхности угля, был моментально удален с нее.

Внутри пор не может происходить такого удаления, и поэтому  $\text{CO}_2$  сейчас же превратится в  $\text{CO}$ . И во всяком случае, если даже допустить, что объем пор настолько значителен, что внутри ее возможно перемешивание газов, то все-таки очень быстро в ней окажется недостаток свободного кислорода, а, следовательно, горение будет продолжаться неполное. Отсюда понятно, что чем пористее материал, т. е. чем меньше его плотность, тем горение менее полное. Поры принесут тем меньше вреда, чем скорее будет выдуваться из них воздух, т. е. чем больше скорость, тем лучше. Те же соображения относятся и к промежуткам между отдельными кусками угля. В каждом таком пространстве образование  $\text{CO}_2$  увеличивается с преобладанием объема угля над поверхностью, на которой происходит горение, а скорость сдувания газа с этой поверхности увеличивается со скоростью движения воздуха. Понятно, что выгодно увеличивать скорость и уменьшать поверхность угля, т. е. уголь должен быть плотный и в крупных кусках.

К тому же заключению можно прийти и на основании такого рассуждения: более плотное топливо обладает меньшей поверхностью, т. е. меньше частиц углерода соприкасаются с воздухом, а потому должны образоваться соединения с меньшим содержанием  $\text{C}$ , т. е.  $\text{CO}_2$ .

Давление дутья имеет существенное значение для полноты горения: чем больше давление воздуха, тем легче он проникает в поры. При известной массе воздуха, продуваемого в час, чем больше его давление, тем меньше объем, а вместе с тем и скорость.

По обеим указанным причинам давление воздуха следует брать возможно малым.

Распределение дутья также имеет большое значение для правильного горения. Дутье должно быть распределено равномерно по всему горизонтальному сечению шахты вагранки.

Действительно, предположим, что вдувается надлежащее количество воздуха, но он распределен неравномерно. Например, при очень значительном диаметре вагранки воздух будет подниматься преимущественно вдоль футеровки, не проникая к средним частям шахты. Тогда в одном месте будет большой избыток воздуха, и кислород удалится в колошник неиспользованным; в другом же месте воздуха

будет недостаточное количество, и горение произойдет неводное. Таким образом, в колошниковых газах одновременно будут заключаться значительные количества окиси углерода и свободного кислорода.

Принимая во внимание благоприятное влияние большой скорости воздуха, а также то обстоятельство, что чем скорее будет расплавлено данное количество чугуна, тем меньше успеет потеряться теплоты через лучеиспускание стенок, мы приходим к выводу, что плавка должна быть быстрая.

### Нагретое дутье.

Благоприятные результаты употребления нагретого дутья в доменном процессе повели к попыткам применить горячее дутье и к вагранкам. Однако, в настоящее время нагретое дутье в вагранках совершенно не встречается, тогда как в доменных, наоборот, оно составляет теперь общее правило. Это обстоятельство объясняется различием целей того и другого процесса: в доменной плавке нагрев является лишь средством, цель же процесса, это — восстановление металлов из их окислов. Восстановителем, главным образом, является  $\text{CO}$ , который, таким образом, оказывается желательным продуктом.

В вагранках же все дело заключается в расплавлении чугуна помощью сообщаемой ему теплоты. Следовательно, все внимание должно быть обращено на возможно большее получение тепла из данного количества топлива, а в этом смысле  $\text{CO}$  — нежелательный продукт.

Горячее дутье, повышающее температуру горения, способствует именно образованию  $\text{CO}$ .

В половине прошлого столетия, когда еще не умели удовлетворительным образом вести плавку, в колошниковых газах вагранок заключалась главным образом  $\text{CO}$ , и тогда еще имело смысл сжигать эту окись, с целью нагрева воздуха. Но и тогда аппараты для нагрева воздуха, вследствие периодической работы вагранок, часто расстраивались, и расход на ремонт их поглощал всю выгоду, какую они могли принести.

Поэтому эти устройства были скоро оставлены.

В настоящее время колошниковыми газами, содержащими мало  $\text{CO}$ , как топливом, пользоваться уже нельзя. Поэтому подогрев воздуха, если и встречается, то ограничивается пропуском каналов, подводящих воздух, около нагретых стен вагранки. Воздух при этом нагревается не более чем на  $100^\circ$ . Тепло, приносимое этим воздухом составляет около 3% всего тепла, развиваемого горением.

Действительно, на 1 кг кокса вдувается 9 кг воздуха, заключающего в себе  $9 \times 0,24 \times 100 = 216$  калорий тепла, где 0,24 — теплоемкость воздуха.

Всего же 1 кг кокса развивает около 7000 калорий.

В то же время надо полагать, что, хотя и незначительный, нагрев на  $100^\circ$  все же будет препятствовать полному горению, при чем вред от такого нагрева, по всей вероятности, выразится значительно более  $3\frac{1}{2}\%$ .

Поэтому всякий нагрев воздуха должен быть признан недопустимым. Все, что может дать нагретое дутье, это — более горячий чугун. *Озала* приводит пример применения нагретого до  $500^\circ$  дутья. Чугун при этом получался на  $100^\circ$  горячее, расход же кокса повысился на  $\frac{1}{3}$ .

В последнее время появилась вагранка *Шюрмана* с подогретым дутьем, которая дает прекрасные результаты и на первый взгляд как будто противоречит высказанному положению, но это только кажущееся противоречие.

Вагранка устроена следующим образом: по обе стороны обычной вагранки поставлены два подогревателя в виде камер, наполненных кирпичной насадкой; воздух попеременно выпускается сверху то в один, то в другой подогреватель и вступает снизу в вагранку, через каналы, соединяющие оба вагранки с низом подогревателя.

В вагранке происходит неполное горение в CO, которая через другие такие же, как упомянутые, каналы вступает во второй подогреватель. Сюда же проходит воздух по обходной трубе непосредственно из первого подогревателя. Внизу второго подогревателя, в отсутствии угля, CO сгорает в CO<sub>2</sub>, и продукт горения поднимается по подогревателю, оставляя слой теплоты насадке из кирпича. Затем меняют направление тока воздуха и т. т. Часть газов поднимается и по шахте вагранки, служа для подогревания чугуна и кокса.

Описанные подогреватели работают в роде кауперов. Подогрев воздуха в них колеблется от  $300$  до  $800^\circ$ .

Расход кокса в вагранке *Шюрмана* понижается до 6,1%, вместо 10,5, когда она работает без подогревателя.

Сущность здесь заключается не в более полном сжигании C в самой вагранке, а в утилизации тепла в кауперах; утилизировать же это тепло можно было бы и другими способами, например, сжигая колошниковые газы под котлами и пр.

### Расчет вагранок.

Расчет вагранок следует основывать на несомненно существующих зависимостях между размерами вагранок, их производительностью,

давлением дутья, качеством топлива, и многими другими факторами. До сих пор эти зависимости мало исследованы; поэтому и не существует удовлетворительных формул для расчета вагранок. Но некоторые соотношения все же можно установить.

1) Академик *Гадолля* установил следующее положение:

Объем и вагранок должны быть пропорциональны объемам продуваемого в единицу времени воздуха.

Это положение можно вывести на основании следующих соображений.

Пусть в секунду вдувается  $\omega$  куб. м воздуха, который займет часть объема вагранки, в две секунды будут в вагранку введены два таких объема и т. д., наконец, будет заполнен весь объем вагранки  $\Omega$ , на что потребуется  $z$  секунд. Поэтому  $\Omega = z\omega$ .

В следующую секунду первая порция  $\omega$  воздуха улетучится через колошник.

Следовательно, каждая частица воздуха находилась в вагранке  $z$  секунд.

Таким образом, постоянное отношение *Гадолля*  $\frac{\Omega}{z}$  обозначает число секунд нахождения воздуха внутри вагранки в соприкосновении с чугуном.

К тому же положению приходит и *Олам*, который требует чтобы воздух, или, лучше сказать, продукты горения находились определенное число секунд в вагранке, чтобы они успели отдать свою теплоту чугуну и другим материалам. Но скорость передачи теплоты зависит от поверхности сопротивления: чем эта поверхность меньше, тем медленнее происходит нагрев и тем больше потребуется времени. Поэтому число  $z$  секунд не есть постоянная величина, а зависит от характера загрузки. Чем куски загрузки крупнее и массивнее, тем больше нужно времени на их нагревание.

Но крупность и массивность загрузки определяется ее плотностью, т. е. весом одного куб. м. Например, в вагранках, обслуживающих Бессемеровские конвертеры, плавится чушковый чугун, и загрузки в этом случае в 1 куб. м помещается 2500 кг.

В вагранках для крупного литья и плавится крупный лом; плотность загрузки в этом случае равна 1600 кг. Таким же образом для среднего машинного литья будем иметь 1400 кг, для мелкого 1300 кг, наконец для горшечного — 1200 кг. Эта плотность *Олама* обозначается буквой  $R$ . Чем эта плотность больше, тем медленнее происходит нагрев и тем больше нужно секунд  $z$ , т. е.  $z$  пропорционально  $R$ . Поэтому для различных случаев *Олам* и дает различные числа  $z$ , а именно:

	R	Z
Для бессемер. вагранок . . . . .	2500	6,5
× крупн. дутья . . . . .	1600	4,1
× среднего × . . . . .	1400	3,7
× мелкого × . . . . .	1300	3,3
× горшечного дутья . . . . .	1200	3,1

Задавшись производительностью вагранки, берем определенный расход кокса и количество воздуха на 1 кг кокса. Тогда будем иметь количество воздуха в секунду. Выбрав надлежащее  $z$ , получим объем вагранки, считая от фурм до колошника.

Площадь поперечного сечения  $F$  определяется по производительности единицы этой площади в час. Производительность площади поперечного сечения вагранок не есть величина постоянная, а надо считать, что крупные вагранки относительно производительнее малых, т. е. на каждый квадратный сантиметр сечения в больших вагранках приходится больше чугуна, или наоборот на 1 тонну чугуна в час в больших вагранках нужна меньшая площадь. Площадь на 1 тонну в час будем называть удельной площадью.

По данным *Озюма* имеем следующие значения:

В вагранках на 15 тонн	уд. площадь 1200 кв. см
× × 10 ×	× × 1300 × ×
× × 8 ×	× × 1400 × ×
× × 6 ×	× × 1500 × ×
× × 4 ×	× × 1600 × ×
× × 2 ×	× × 2000 × ×

По площади определяем диаметр вагранки, а по объему и площади — высоту:

$$H = \frac{Q}{F}$$

Давление дутья по *Озюму* должно быть пропорционально квадратному корню из количества дутья в секунду, выраженного в куб. м. При этом для расхода воздуха в  $0,8 \text{ м}^3$  нормальное давление  $p$  считается равным 45 см водяного столба.

Пусть количество дутья равно  $\omega$  куб. м, тогда давление

$$x : 45 = \omega : 0,8.$$

Например, при  $\omega = 2,34$

$$x = 45 \cdot \sqrt{\frac{2,34}{0,8}} = 78 \text{ см} = 780 \text{ мм.}$$

Сделаем примерный расчет вагранки на 5 тонн производительности в час.

Расход кокса примем в 10%, а на каждый килограмм кокса воздуха 7 куб. м.

Кокса в час сгорит  $0,10 \cdot 5 = 0,5$  тонн = 500 кг.

Расход воздуха в час =  $7 \cdot 500 = 3500$  куб. м.

$$\alpha = \frac{3500}{3600} = 0,97 \text{ м}^3.$$

Вагранка для среднего машинного литья.

Для нее выбираем  $z = 3,7$ .

Объем вагранки  $\Omega = 3,7 \cdot 0,97 = 3,59 \text{ м}^3$ .

Удельная площадь = 1550 кв. см.

$$F = 1550 \cdot 5 = 7750 \text{ см}^2 = 0,775 \text{ м}^2.$$

$$H = \frac{3,59}{0,775} = 4,63 \text{ м}.$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,775}{\pi}} = 1 \text{ м}.$$

$$p = 45 \cdot \sqrt{\frac{887}{0,8}} = 49,5 \text{ см} = 495 \text{ мм}.$$

2) Чтобы вызвать движение воздуха через шахту вагранки, наполненную топливом и чугуном, со скоростью  $V$ , необходимо иметь некоторую разность давления  $p_1 - p_2$ , где  $p_1$  — манометрическое давление внизу шахты на уровне фурм, а  $p_2$  — давление на колошнике, равное нулю при открытом колошнике. Связь между давлением, скоростью и высотой вагранки нетрудно вывести на основании следующих соображений. Допустим, что воздух продувается через вагранку. Весь поток воздуха можно разбить на отдельные струи, двигающиеся независимо одна от другой, каждая по своему каналу, между кусками загруженного материала. В каждом таком канале движение совершается под действием разности давлений. Так как скорость в самом низу шахты и у колошника одна и та же, а работа веса ничтожна, то по теореме *Даниэля Бернулли* вся разность давлений идет на преодоление гидравлических сопротивлений на всем пути газа. Эти сопротивления выражаются трением и ударами, обусловленными поворотами канала и изменениями его сечения. Сопротивление от трения, как известно, при значительных скоростях может быть принято пропорциональным квадрату скорости и длине канала; последняя же, очевидно, пропорциональна высоте вагранки (вследствие того, что канал не прямой, его длина больше высоты вагранки). Потери на удары тоже пропорциональны квадрату ско-

рости; число же таких ударов, т. е. число поворотов, сужений и расширений, очевидно, пропорционально высоте вагранки. Итак, сумма всех сопротивлений пропорциональна  $H$  и  $V^2$ , т. е.

$$p_1 - p_2 = k \cdot HV^2,$$

где коэффициент  $k$  зависит от величины кусков топлива и чугуна. Чем мельче куски чугуна и кокса, тем больше  $k$ .

Когда в вагранке происходит горение, то температура газов не остается постоянной; вместе с нею меняется плотность газов, а, следовательно, их объем и скорость. Если вместо действительных скоростей принять скорость  $V$  холодного газа, то формула сохранит свой вид, но коэффициент  $k$  будет иметь другую величину.

Попробуем, не меняя прочих обстоятельств, нарастить вагранку. Давление  $p_1$  при этом придется повысить, или упадет скорость  $V$ .

Вышеописанным способом определяется диаметр, высота шахты вагранки, количество и давление дутья.

Что касается глубины горна, т. е. расстояния от пода до фурм, то это зависит от величины железного скота чугуна, при чем глубину горна не следует делать больше 750 мм, так как тогда становится затруднительным достаточно хорошо прогреть горн. Объем горна ниже шлаковой фурмы определяется, считая на каждый куб. м по 3500 кг скопленного чугуна, так как в этом же объеме расположен кокс.

Скапливается чугуна в горне обыкновенно от 10 до 30% часовой производительности вагранки.

При определении объема переднего горна (свободного от кокса) на 1 куб. м следует считать 7000 кг чугуна, при чем в этом случае накапливают чугуна больше, а именно от 70 до 75% часовой производительности.

Фурмы следует располагать на 100—200 мм выше шлаковой фурмы.

Относительно вагранок, работающих на древесном угле, следует заметить, что древесный уголь вообще для данной цели представляется материалом мало пригодным вследствие своей пористости и малой плотности. В настоящее время древесный уголь для плавки в вагранках почти совсем не применяется.

На основании данных, приводимых Гудалимом, расход угля можно принимать в 25—40% веса чугуна; и при одинаковом весе кокса и угля, в древесноугольных вагранках объем шахты берется в 2,5 раза больший, чем в коксовых.

Высота древесноугольных вагранок значительно больше, чем у коксовых.

Количество воздуха, потребное для сжигания 1 кг угля с 12 $\frac{1}{2}$ % влаги, равно 8,3 кг; для угля с 25% влаги — 7,1 кг. Удельная площадь поперечного сечения берется от 4000 до 5000 кв. см.

### Размеры фурм.

Размер фурм определяется скоростью струи воздуха, вдуваемого через фурмы. Эта скорость не может быть выбрана постоянной, но должна повышаться вместе с диаметром, чтобы струи достигали противоположной стенки вагранки.

Целесообразно уменьшение диаметра больших вагранок, но само по себе оно совершенно не обеспечивает хорошего продувания середины вагранки. Для последнего, очевидно, нужно, чтобы воздух входил в вагранку с тем большей скоростью, чем длиннее путь струи по горизонтальному направлению, равный диаметру вагранки. Кстати заметим, что струя воздуха не будет прямолинейной, а станет загибаться вверх. Поэтому, чтобы воздух достиг оси вагранки на уровне фурм, полезно, как это часто делается, наклонять фурмы несколько вниз.

Слишком большая скорость струи также не годится, так как при этом уменьшится площадь фурм, при чем щелевидные фурмы будут легко зашлаковываться, а круглые — давать очень узкие струи и, как следствие, неравномерное распределение дутья.

Итак, будем считать, что скорость воздуха при выходе из фурм пропорциональна диаметру вагранки. Коэффициент пропорциональности примем равным 7. Тогда

$$V = 7d \quad (1)$$

Для достижения этой скорости давление  $p_2$  перед фурмами должно быть больше давления  $p_1$  внутри вагранки.

Зависимость между скоростью  $V$  и потерей давления при прохождении через формы  $p_2 - p_1$  может быть установлена следующим образом:

$$V = \sqrt{2g \cdot h},$$

где  $V$  — скорость в метрах в секунду,  $g$  — ускорение силы тяжести в тех же метрах,  $h$  — высота воздушного столба в метрах, соответствующего разности давлений  $p_2 - p_1$ , которую мы измеряем в мм водяного столба.

Так как 1 куб. м воды весит 1000 кг, а 1 куб. м воздуха 1,3 кг, то столб воды, соответствующий высоте  $h$  воздушного столба, равняется

$$h \cdot \frac{1,3}{1000} \text{ м} = \frac{1,3 \cdot h}{1000} \cdot 1000 \text{ мм} = 1,3 h \text{ мм}.$$

Таким образом,  $p_2 - p_1 = 1,3 \text{ А}$ ,

$$\text{но } h = \frac{V^2}{2g}.$$

$$\text{поэтому } p_2 - p_1 = 1,3 \frac{V^2}{2g} = 0,066 V^2 \dots \dots \dots (2).$$

Площадь фурмы  $f$  определяется по скорости  $V$  и объему воздуха  $w$ , а именно

$$w = \mu \cdot f \cdot V,$$

где  $\mu$  — коэффициент сжатия струи при прохождении через толстую стенку, который примем равным 0,9.

$$f = \frac{w}{0,9 \cdot V} \dots \dots \dots (3).$$

Здесь  $V$  выражено в метрах в секунду,

$f$  — в кв. метрах,

$w$  — в куб. метрах в секунду.

Для нашего примера вагранки на 5 тонн по формуле (1) имеем

$$V = 7 \cdot 1 = 7 \text{ м},$$

по формуле (2)

$$p_2 - p_1 = 0,066 \cdot 7^2 = 3,23 \text{ м.м.}$$

по формуле (3)

$$f = \frac{0,97}{0,9 \cdot 7} = 0,154 \text{ м}^2,$$

что составляет  $\frac{0,154}{0,775} = \frac{1}{5}$  площади сечения вагранки.

Сечение фурмы  $f$  должно составлять  $\frac{1}{4} = \frac{1}{6}$  сечения вагранки.

Гадолин и Зеленин находят, что нет надобности увеличивать фурмы за тем пределом, когда потеря давления равна  $\frac{1}{2}$  дюйма, иначе говоря, советуют ограничиться сечением фурмы в  $\frac{1}{15} - \frac{1}{20}$  сечения шахты. В смысле работы вентилятора эти соображения совершенно справедливы. Действительно, в практическом отношении совершенно безразлично, показывает ли манометр 400 или 412 м.м. Но сама работа вентилятора есть фактор второстепенный.

В исключительных случаях потерей давления в фурмах нельзя пренебрегать, в больших вагранках эта потеря давления может достигать значительных величин.

Что касается формы фурмы, то надо заботиться, чтобы воздух равномерно распределялся по всему сечению вагранки. В этом отношении хороши фурмы в виде горизонтально расположенных щелей или фурмы, расширяющиеся всею к середине.

### Воздуходувные приборы.

В прежние время для вдувания воздуха в вагранки употребляли, как и для доменных печей, цилиндрические воздуходувные машины. В настоящее время для вагранок такие машины не применяются более, так как главнейшее преимущество их, именно — возможность получения высокого давления дутья для вагранок оказывается бесполезной. То же давление, которое необходимо в вагранках, легко может быть получено более дешевыми и компактными приборами, а именно вентиляторами центробежными и коробчатыми.

На устройстве вентиляторов, считая их общеизвестными, мы останавливаться не будем, но укажем на способы определения основных размеров и на главнейшие свойства.

Определяется вентилятор по количеству воздуха и его давлению  $p$ , при выходе из вентилятора.<sup>1)</sup>

Положим, что центробежный вентилятор должен дать  $A$  куб. м воздуха в секунду.

Размер впускного отверстия определяется по количеству  $A$  и скорости входящего в вентилятор воздуха, которая берется из следующей таблицы Пельцера:

при $p_1 = 150$ мм	200	250	300	350
скорость = 18,3 м/с	21	23,5	25,8	27,8

Карг рекомендует следующую таблицу:

$p_1 = 100$	200	300	400	500	600	800
скорость = 17,2	22,3	25,6	27,2	28,2	29,4	30

Найдя радиус  $r_1$  впускного отверстия, берут радиус внутренней окружности крыльев

$$r = 1,2r_1.$$

Затем по давлению  $p$ , находят скорость  $w$  на внешней окружности крыльев по формуле:

$$p_1 = \gamma \cdot \eta_{\text{поп}} \cdot \frac{w^2}{g}, \text{ т/с}$$

$w$  — скорость в метрах,

$g = 9,81$ ,

$\gamma$  — плотность воздуха = 1,293, и

$\eta_{\text{поп}}$  — манометрический коэффициент полезного действия, различный для разных систем вентиляторов, и именно для больших вен-

<sup>1)</sup> Подробности см.: Ihering, Die Gebläse. Том 6. — Справочная книга по горной части. J. v. Hauer, Die Wettermaschinen. Г. Карг. — Центроб. вентиляторы. Макоз, 1928.

тиляторов, тщательного изготовления.  $\eta_m = 0,7$ ; для средних —  $\eta_m = 0,5$ ; для малых —  $\eta_m = 0,35$ .

Затем определяем произведение радиуса внешней окружности  $R$  и числа оборотов  $n$ , по формуле:

$$\frac{2\pi Rn}{60} = u.$$

Остается выбрать  $R$  и  $n$  так, чтобы  $R = (2,5 - 3,5)r$ , при чем  $\frac{R}{r}$  тем больше, чем больше  $p_4$ , и  $n = 600 - 1500$ , а для небольших вентиляторов и значительно больше. Обыкновенно  $R$  до 1,25  $n$ .

Для определения  $p_4$  надо знать разность  $p_4 - p_2$ , т. е. потерю давления в воздухопроводе. Эта потеря вообще очень небольшая: ее можно принимать от 12 до 25  $mm$ , смотря по длине воздухопровода и числу колен. Диаметр воздухопровода берется от 200 до 500  $mm$  и, во всяком случае, не меньше диаметра выходного отверстия вентилятора.

Потеря давления в воздухопроводе может быть определена по формуле, приводимой академиком Годолиным, которая, будучи перечислена на метрические меры, представится в следующем виде:

$$p_4 - p_2 = 11 \cdot 10^{10} \frac{l \cdot Q^2}{d^5}, \text{ где}$$

$l$  — длина воздухопровода в метрах,

$Q$  — количество воздуха в тоннах в час,

$d$  — диаметр трубы в  $mm$ ,

$p_4 - p_2$  — потеря давления в  $mm$  водяного столба.

Принимая во внимание сопротивление в коленах и пр., лучше считать коэффициент не 11, а 15.

Возьмем для примера 10-тонную вагранку. Длина воздухопровода пусть равна 25  $m$ ; диаметр — 400  $mm$ . Расход кокса — 10%; количество воздуха на 1  $kg$  кокса — 9  $kg$ .

$$\text{Тогда } Q = 10 \cdot \frac{10}{100} \cdot 9 = 9.$$

$$p_4 - p_2 = 15 \cdot 10^{10} \frac{25 \cdot 9^2}{4^5 \cdot 10^6} = 29,5 \text{ } mm.$$

Скорость при этом получается около 15,3  $m$  в секунду.

Нормально и можно считать скорость в 10 — 15  $m$ , а диаметр трубы 200 — 500  $mm$ .

*Мессершмидт* дает скорость в воздухопроводах в 20  $m$ .

*Ледебур* советует брать скорость не более 3  $m$ . При этом получаются очень большие диаметры труб. Как видно из приведенного примера, нет никаких оснований для выбора такой скорости.

ИМЕНИ  
В. Г. БЕЛЫХОВСКОГО  
Свердлов

Механическая работа, затрачиваемая вентилятором, определяется следующим образом: представим себе мысленно плоскость поперечного сечения выпускного канала; эта площадь  $a$  кв. м испытывает давление  $a \cdot p_1$  кг, так как  $p_1$  мм водяного столба соответствуют  $\frac{p_1}{10 \cdot 1000}$  атмосферам или  $\frac{p_1}{10 \cdot 1000} \cdot 100^2 = p_1$  кг на кв. м.

Скорость воздуха в канале пусть  $=v$  м; тогда работа в секунду  $= a \cdot v \cdot p_1$  кг м; но  $a \cdot v = A$  куб. м.

Поэтому работа  $T_1 = A p_1 \cdot \text{кг м} = \frac{A p_1}{75}$  лошадиных сил.

Действительная работа  $T = \frac{T_1}{\eta}$  где  $\eta$  — механический коэффициент полезного действия.

Для вентилятора Ллойда  $\eta = 0,30$ , Шиле — 0,40, Раго — 0,70, Сер — 0,60 — 0,80.

Определение затрачиваемой вентилятором работы одинаково приложимо как к центробежным, так и к коробчатым вентиляторам.

Центробежные вентиляторы обладают следующими свойствами:

1) Для одного и того же вентилятора давление изменяется пропорционально квадрату числа оборотов или скорости лопаток:

$$\frac{p_1}{n^2} = \text{Const. и}$$

$$\frac{p_2}{n^2} = \text{Const.}$$

Это свойство вентиляторов дает возможность изменять давление дутья, подбирая соответственную передачу от приводного вала.

2) Для одного и того же вентилятора объем воздуха пропорционален числу оборотов или скорости лопаток, т. е.

$$\frac{A}{n} = \text{Const.}, \quad \frac{A}{\pi} = \text{Const.}$$

3) Скорость воздуха и давление не зависят от величины выпускного отверстия, т. е. количество воздуха пропорционально площади отверстия.

Это верно лишь в известных пределах, а именно при изменении площади выпуска от целой до половины площади выпуска.

Таким образом, имеется возможность, не изменяя давления, уменьшать количество воздуха, прикрывая выпускное отверстие.

С коробчатыми вентиляторами дело обстоит иначе. Они при каждом обороте дают определенное количество воздуха. Если бы не было зазоров между вращающимися поршнями и стенками, то

количество воздуха совершенно не зависело бы от давления в том пространстве, куда вдувается воздух, т. е. от давления при выпуске. На самом деле часть воздуха проникает через зазор обратно и теряется. Эта потеря зависит, во-первых, от тщательности изготовления вентилятора и, во-вторых, от разности давлений выпуска и впуска и от числа оборотов в единицу времени. Понятно, что чем больше разность давлений и чем медленнее вращается вентилятор, тем больше воздуха протечет через зазоры при каждом обороте.

Таким образом, при данной скорости вентилятора количество воздуха, доставляемого вентилятором, убывает по мере возрастания давления, а при некотором давлении вентилятор совсем перестает вгонять воздух, когда потеря через зазоры делается равной приходу.

При данном давлении объемный коэффициент полезного действия увеличивается вместе с числом оборотов.

По Hartig'у этот коэффициент может быть выражен формулой

$$\eta = \alpha p - \beta \rho_1^2,$$

$\alpha$  и  $\beta$  для каждого вентилятора имеют свое значение.

Поэтому, казалось бы, что вообще выгоднее выбирать вентиляторы малых размеров, потому что необходимое количество воздуха всегда может быть достигнуто увеличением скорости вентилятора; полезное же действие его при этом даже увеличится, как видно из формулы.

Ограничение в этом направлении мы встречаем со стороны механических условий работы, так как спокойно и безопасно каждая машина может работать только до известной скорости. Таким образом, для каждого вентилятора имеется нормальная скорость, при которой объемный коэффициент полезного действия можно считать между 0,7 и 0,9; механический же — в 0,65—0,85.

Нормальные скорости различных вентиляторов вместе с прочими данными указаны в таблицах заводов, изготавливающих вентиляторы (см. таблицы на стр. 98).

Главные размеры вентиляторов Рута можно определить следующим образом.

За один оборот теоретический объем

$$V = 2 \left( \frac{\pi D^2}{4} - F \right) L, \text{ где}$$

$D$  — диаметр вентилятора,

$L$  — его ширина,

$F$  — площадь поперечного сечения поршня.

Для обыкновенной формы поршня в виде цифры 8

$$F = 0,254 \cdot D^2.$$

КОРОВАТЫЙ ВЕНТИЛЯТОР СИСТЕМЫ Jäger.  
(Данные Баденского завода).

Кол. чуг. в час	Диаметр вагранки	Число сил	Давление	Диаметр воздухопровода
1000 кг	500	2,25	500	150
1500 »	550	4,4	550	200
2000 »	600	4,4	550	200
2500 »	650	7,15	550	225
3000 »	700	7,8	600	225
4000 »	800	10,2	600	250
5000 »	900	15	600	300
6000 »	1000	15	600	350
7000 »	1100	21	700	350
8000 »	1200	24,5	700	350
10000 »	1300	33,6	800	400

ВЕНТИЛЯТОР РУТА ФАБРИКИ «Mohr & Federhaff».

Число оборотов	Кол. чугуна в час кг	Диаметр вагранки, м	Кол. воздуха в минуту м <sup>3</sup>	Число сил <sup>1)</sup>	Диаметр воздухопровода
300	1000—1200	0,5—0,6	19,25	1	200
300	1500—2000	0,6—0,7	29,40	1—2	240
300	2000—3000	0,7—0,9	44,0	2—4	300
250	4750—5750	1,2—1,4	95,0	4—6	425
250	6500—7500	1,4—1,7	125,0	5—7	475
250	8500—10000	1,7—1,8	150,0	6—8	550

ВЕНТИЛЯТОР КРИГАРА.

Число оборотов	Кол. чугуна в час кг	Диаметр вагранки м	Кол. воздуха в минуту м <sup>3</sup>	Число сил	Диаметр воздухопровода
275	1000	0,5	16,5	2	195
200	1500	0,5—0,6	24	3	240
200	3000	0,6—0,7	48	6	240
200	3800	0,7—0,8	65	7,5	240
200	5000	0,9—1,0	85	10,4	240
160	8000	1,2	120	14,5	345
140	12000	1,4	155	19	345

<sup>1)</sup> В таблицах не указано давление. Считая в малых вагранках 300 м, в больших 400, получим по формуле  $\frac{Ap}{\sqrt{1,75}}$  в первых строках около 2 сил, в нижних—около 20.

Действительный объем воздуха  $= \gamma V$ , где  $\gamma = 0,7 - 0,9$ .

Отношение  $\frac{L}{D}$  берут от 2 до 3.

Число оборотов в минуту — 100 до 500.

Скорость на внешней окружности — от 4 до 5 м.

Кроме того, надо иметь в виду, что необходимый объем воздуха мы определяем при 0° и 760 мм давления. Вентилятор же должен дать это количество воздуха при наилучших условиях, т. е. при самом низком барометрическом давлении и наивысшей температуре. Считая давление в 700 мм и температуру в 30°, а также потерю в воздухопроводе в 10%, мы должны теоретический объем воздуха умножить на

$$\frac{273 + 30}{273} \cdot \frac{760}{700} \cdot 1,1 = 1,32,$$

т. е. прибавить одну треть.

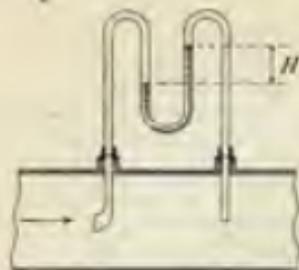
Сравнивая работу вентиляторов центробежных и коробчатых, замечаем существенную разницу: в случае зашлаковывания фурм давление воздуха, подаваемого центробежными вентиляторами, не изменится, следовательно, количество воздуха уменьшается пропорционально уменьшению сечения фурм. При этом манометр показывает все то же давление, и вагранщик не замечает расстройства, в результате которого в той же мере понижается производительность вагранки.

С коробчатым вентилятором дело обстоит как раз наоборот: он подает определенный объем воздуха; следовательно, вагранка получит полное количество воздуха и будет продолжать нормальную работу независимо от зашлакованных фурм. Но вследствие стеснения прохода давление в ящике перед фурмами повысится, что будет показано манометром и замечено вагранщиком.

Таким образом, для вагранок более подходят вентиляторы коробчатые. Как видим, судить по давлению о количестве подаваемого в вагранку воздуха можно лишь при постоянных условиях, т. е. при определенном сечении фурм и при определенном давлении в вагранке. Как только эти условия изменятся, нарушается связь между показанием манометра и количеством воздуха. И это при тех и других вентиляторах. Действительно, в случае центробежного вентилятора показание манометра остается постоянным, хотя бы совсем прекратился впуск воздуха в вагранку; в случае коробчатого вентилятора, наоборот, при одном и том же количестве воздуха показания манометра будут различны. Таким образом, не полагаясь на манометр, полезно измерять количество воздуха непосредственно.

По принципу *Pitot* измеряется давление, по которому вычисляется скорость, а по последней объем воздуха. На фиг. 19 показана схема

установки трубки *Pitot*. Струя воздуха производит давление  $p$  на обращенное навстречу ей отверстие трубки. Это — динамическое



Фиг. 19.

давление. Но воздух в трубе имеет некоторое статическое давление  $p_1$ ; следовательно, в трубке получится давление  $p + p_1$ . Вторая трубка прямая, она испытывает одно статическое давление  $p_1$ . Обе трубки присоединены к дифференциальному манометру, показание которого соответствует разности давлений

слева и справа  $p + p_1 - p_1 = p$ , т. е. одному динамическому.

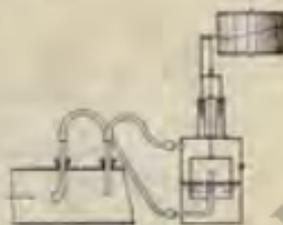
Скорость истечения  $v = \sqrt{2gh}$ , где  $h$  — высота столба жидкости, вытекающей из сосуда. Та же форма годится и для обратного случая: если в отверстие трубки будет бить струя со скоростью  $v$ , то жидкость поднимется на высоту  $h$ . Но  $h$  есть столб той же жидкости, которая течет в трубе, в нашем случае воздуха; столб же воды  $H$  будет в 773 раза ниже ( $\frac{1000}{1,293} = 773$ ). Поэтому надо показание манометра  $H$  умножить на 773, а затем вычислить скорость по формуле. Скорость в трубе распределена по сечению трубы не равномерно: она минимальна у стенок и максимальная на оси. Средняя скорость находится на расстоянии  $\frac{1}{2}$  радиуса от стенки трубы, где и должны находиться концы трубок. Или можно измерять максимальную скорость на оси трубы, а среднюю брать равной 0,84 максимальной. Указанная формула не совсем точна, так как в прямой трубке происходит некоторое засасывание. В трубке *Браббэ* этот недостаток устранен (фиг. 20). Здесь, вместо прямой трубки, имеется коробочка, охватывающая загнутую трубку. В боковых стенках коробочки сделано несколько отверстий, через которые внутрь коробочки передается статическое давление. Все же и в таком виде прибор не дает вполне точных результатов и должен быть проградуирован. На фиг. 21 показан самопишущий прибор, основанный на том, что обе трубки сообщены с пространствами над и под колоколом газгольдера. Под влиянием изменяющейся разности давлений колокол то всплывает, то опускается глубже, а с ним связано перо, чертящее кривую на барабане.

Фирма *Borr und Reuther* строит приборы, записывающие сразу объем воздуха  $w = Fv$ .



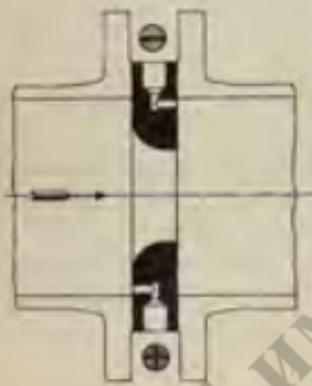
Фиг. 20.

Трубка Пито иногда применяется в таком видоизменении, что один ее загнутый конец обращен против течения, а другой загнут по течению. Тогда давление в первой должно быть попрежнему  $p + p_1$ , а во второй  $p_1 - p$ . Показание манометра должно соответствовать разности  $p + p_1 - (p_1 - p) = 2p$ . На самом деле засасывание во второй трубе не полное, а равно всего  $0,37p$ ; поэтому и высота  $H$  манометра отлечает величине  $1,37p$ , вместо  $2p$ . Такая трубка тоже требует градуирования.



Фиг. 21.

Другой способ измерения изображен на фиг. 22. В трубе помещается тонкая перегородка с отверстием.



Фиг. 22.

Края последней делаются либо острыми, либо закругленными, как на рисунке. По обе стороны перегородки давления будут неодинаковы, как в трубке Пито с двумя загнутыми в противоположные стороны концами. Измерение разности давлений делается также дифференциальным манометром. Более совершенным, хотя и занимающим больше места, является трубка Вентури (фиг. 23). Вместе с сечением трубы меняется скорость и давлений, которое распределяется, как показывает диаграмма. Манометр присоединяется в точках, обозначенных кружочками, и измеряет разность статических давлений в широком и узком сечении. Если обозначить давление и скорость в широком сечении через  $p_1$  и  $v_1$ , а в узком через  $p_2$  и  $v_2$ , то по теореме Даниила Бернулли

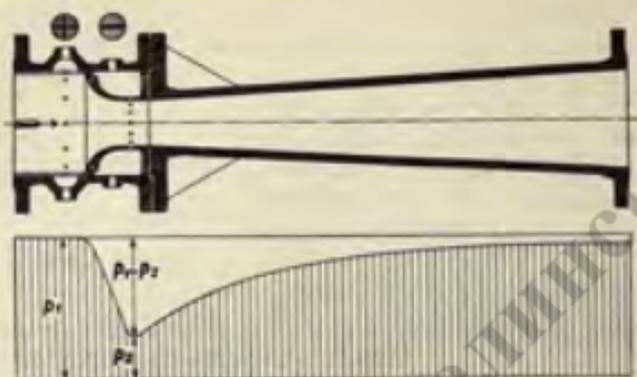
$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g} + \xi \frac{v_2^2}{2g}$$

Последний член обозначает высоту, потерянную на трение на пути от одного до другого сечения. Эта величина незначительная в данном случае.

$$773H = h = \frac{p_1 - p_2}{\rho} = \frac{1}{2g} (v_2^2(1 + \xi) - v_1^2) = \frac{1}{2g} v_1^2 \left[ \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 (1 + \xi) - 1 \right]$$

$$\omega = f_1 v_1 = \frac{f_2 \sqrt{2g h}}{\sqrt{\left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 (1 + \xi) - 1}} = k \sqrt{h}$$

Для данного прибора  $k$  есть постоянный коэффициент, который лучше определять путем градуирования.



Фиг. 23.

По *Wiesmann*'у  $k$  вычисляется, принимая  $\xi = 0$ , но зато  $w$  уменьшают процента на 4.

Очень простое устройство, дающее тем не менее наилучшие результаты, основано на измерении трения в трубе. На воздухопроводе просверливают два отверстия на расстоянии 1,5 м одно от другого. В отверстия ввинчиваются пробки с отверстиями в 1,5 мм, и к пробкам присоединяются резиновые трубки дифференциального манометра.

Падение давления:

$$\Delta p = \gamma \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

$$w = \sqrt{2g \Delta p \frac{d}{\lambda \cdot l \cdot \gamma}}$$

$$w = P \cdot w = \frac{w d^2}{4} \sqrt{2g \Delta p \frac{d}{\lambda \cdot l \cdot \gamma}}$$

Здесь  $\Delta p$  — показание манометра в мм водяного столба,

- »  $d$  — диаметр трубы в метрах,
- »  $l$  — длина « « «
- »  $\gamma$  — плотность воздуха =  $\frac{1}{773}$ ,
- »  $\lambda$  — коэффициент =  $0,3272 \sqrt[14]{\frac{v}{w d}}$ .

где  $v = \frac{1}{p} (0,137 + 0,0009 t) \dots$ ;  $t$  — температура.

## Тепловые расчеты.

Для производства тепловых расчетов надо знать удельные веса и объемы встречающихся при этом тел, их теплоемкости, теплоты образования и теплотворные способности.

## 1. Удельные веса.

1 м <sup>3</sup> SO <sub>2</sub>	весит	2,86 кг.
1 » CO <sub>2</sub>	»	1,97 »
1 » CO	»	1,25 »
1 » C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	»	1,25 »
1 » H	»	0,09 »
1 » CH <sub>4</sub>	»	0,71 »
1 » O	»	1,43 »
1 » N	»	1,26 »
1 » H <sub>2</sub> O (пары)	»	0,86 »
1 » воздуха	»	1,298 »
1 » H <sub>2</sub> S	»	1,52 »

## 2. Удельные объемы.

1 кг SO <sub>2</sub>	занимает	0,35 м <sup>3</sup>
1 » CO <sub>2</sub>	»	0,51 »
1 » CO	»	0,80 »
1 » C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	»	0,80 »
1 » H	»	11,20 »
1 » CH <sub>4</sub>	»	1,41 »
1 » O	»	0,70 »
1 » N	»	0,80 »
1 » H <sub>2</sub> O	»	1,84 »
1 » воздуха	»	0,77 »
1 » H <sub>2</sub> S	»	0,66 »

Очень удобно теплоемкости и теплотворные способности определять применительно к молекулярным количествам, т. е. такому числу килограммов вещества, сколько единиц заключается в его молекулярном весе. Такие количества называются килограмм-молекулами или молями и обозначаются символом  $M_p$ . Так, в одной моли водорода заключается 2 кг; 32 кг кислорода также составляют одну моль, или молекулярное количество кислорода. Для твердых тел считают в молекуле 1 атом. Таким образом, молекулярное количество углерода есть 12 кг. По закону Авогадро молекулы всех газообразных тел занимают одинаковые объемы. 1 кг кислорода за-

нимает объем, равный  $0,7 \text{ м}^3$ . Моля кислорода, т. е. 32 кг, имеет объем  $0,7 \cdot 32 = 22,4 \text{ м}^3$ .

Также найдем молекулярный объем водорода:  $11,2 \cdot 2 = 22,4 \text{ м}^3$ . Итак, молекулярный объем любого газа равен  $22,4 \text{ м}^3$ .

Имея определенное количество кубических метров газа и разделив его на 22,4, получим число молекулярных объемов, а, умножив затем на молекулярный вес, получим вес в килограммах.

Удобство пользования молекулярными количествами особенно проявляется при химических реакциях, например:



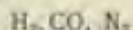
Здесь одна килограмм-молекула воды дала одну молекулу водорода и полмолекулы кислорода, т. е. один объем паров воды образует такой же объем водорода и половину такого объема кислорода; или 9 кг паров дают 1 кг водорода и 8 кг кислорода.

Если мы имеем, например, теплоемкость одной молекулы какого-нибудь газа, то для нахождения теплоемкости  $1 \text{ м}^3$  газа надо данное число разделить на 22,4, а для нахождения теплоемкости 1 килограмма — на молекулярный вес.

### 3. Теплоемкости.

Теплоемкость зависит от температуры; поэтому надо указывать, при какой температуре берется теплоемкость.

1) Для двуатомных газов:



молекулярная теплоемкость при температуре  $t$  определяется формулой

$$MC_t = 6,685 + 0,0009t,$$

средняя теплоемкость от 0 до  $t$

$$MC'_t = 6,685 + 0,00045t,$$

средняя теплоемкость между температурами  $t_1$  и  $t_2$

$$MC''_t = 6,685 + 0,00045(t_1 + t_2).$$

Количество теплоты для нагревания одной молекулы от  $t_1$  до  $t_2$

$$MQ''_t = MC''_t(t_2 - t_1) = [6,685 + 0,00045(t_1 + t_2)](t_2 - t_1).$$

Количество тепла для нагревания от 0 до  $t$

$$MQ'_t = (6,685 + 0,00045t)t.$$

2) Для кислорода

$$MC'_t = 6,885 + 0,00045t.$$

3) Для паров  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{H}_2\text{S}$

$$MC'_t = 8,05 + 0,0005t + 0,000000002t^2.$$

4) Для  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$ 

$$MC'_0 = 8,785 + 0,0033t - 0,00000095t^2 + 0,000000001t^3.$$

Для  $\text{CO}_2$  это верно выше  $1600^\circ$ 

$$\text{Ниже } 1600^\circ \quad MC'_2 = 8,844 + 0,0033t - 0,00000079t^2.$$

5) Для  $\text{CH}_4$ 

$$MC'_0 = 9,78 + 0,006t.$$

6) Для  $\text{C}_2\text{H}_4$ 

$$MC'_2 = 9,44 + 0,0115t.$$

7)  $\text{NH}_3$ 

$$MC'_2 = 8,62 + 0,002t + 0,000000072t^2.$$

8) Для воздуха

$$MC'_2 = 6,727 + 0,00045t.$$

Таблицы проф. М. Павлова, вычисленные для теплоемкости молекулярных количеств одного килограмма и одного куб. метра, помещены в № 4 «Журнала Русского Metallургического Общества» за 1912 год.

9) Теплоемкость 1 кг аморфн. углерода

$$C'_2 = -0,0498 + 0,0009714t - 0,0000007823t^2 + 0,000000002236t^3$$

(между  $435^\circ$  и  $1300^\circ$ ),

$$C'_2 = 0,304 + 0,00006t \text{ для температур выше } 1000^\circ.$$

10) Теплоемкость на 1 кг железа

$$C'_2 = 0,11 + 0,000025t + 0,00000055t^2 \quad (t \text{ не выше } 600^\circ),$$

$$C'_2 = 0,17 \text{ для } t > 750^\circ.$$

11) Теплоемкость чугуна  $C'_2$ 

от 0 до	$400^\circ$	. . . . .	0,135
» 0 »	$500^\circ$	. . . . .	0,143
» 0 »	$600^\circ$	. . . . .	0,150
» 0 »	$700^\circ$	. . . . .	0,167
» 0 »	$800^\circ$	. . . . .	0,179
» 0 »	$950^\circ$	. . . . .	0,179
» 0 »	$1200^\circ$	. . . . .	0,179

12) Теплоемкость смолы

$$C'_2 = 0,5.$$

Зола . . . . . 0,20

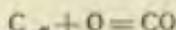
Кокса . . . . . 0,20

Древ. угли . . . . .	0,20
Кам. угля . . . . .	0,20
Торфа . . . . .	0,65
Дерева . . . . .	0,65

## 4. Теплоты образования.

Хим. соединений (количества молекулярные).

Подробные таблицы *М. Павлова* см. № 4 за 1911 г. «Журн. Русск. Metallург. о-ва».



выделяется 29 430 калорий.

В реакции участвуют: 12 кг углерода и 16 кг кислорода; получаются 28 кг окиси углерода, и при этом выделяются 29 430 калорий тепла. Все участвующие вещества предполагаются взятыми при 0°.

$C_2H_4 + O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$	+ 319 000 кал.
$C_2H_2 + O_2 = 2CO_2 + H_2O$	+ 305 150 »
$C_{\text{др}} + O_2 = CO_2$	+ 97 650 »
$CO + O = CO_2$	+ 68 220 »
$C_{\text{др}} + H_2 = CH_4$	+ 20 870 »
$C_2 + H_2 = C_2H_2$	- 52 040 »
$S_{\text{др}} + O_2 = SO_2$	+ 69 800 »
$S_{\text{др}} + H_2 = SH_2$	+ 2 730 »
$H_2S + O_2 = SO_2 + H_2O$ (пар)	+ 124 850 »
$N + H_2 = NH_3$	+ 11 890 »
$CaO + CO_2 = CaCO_3$	+ 42 520 »
$CH_4 + O_2 = CO_2 + 2H_2O$ (пар)	+ 192 400 »
$H_2 + O = H_2O$ тверд.	+ 69 785 »
$H_2 + O = H_2O$ жидк. при 18°	+ 68 360 »
$H_2 + O = H_2O$ пар при 18°	+ 57 810 »
$H_2 + O = H_2O$ жидк. при 0°	+ 68 685 »
$H_2 + O = H_2O$ пар при 0°	+ 57 970 »
$C_{\text{др}} + O = CO$	+ 26 090 »
$C_{\text{др}} + O_2 = CO_2$	+ 94 810 »
$C_{\text{др}} + O_2 = CO_2$	+ 94 310 »
$Mn + O = MnO$	+ 90 760 »
$Si_{\text{красн}} + O_2 = SiO_2$	+ 188 300 »
$Si_{\text{аморф}} \rightarrow Si_{\text{красн}}$	+ 8 120 »
$Si_{\text{др}} + O_2 = SiO_2$	+ 196 420 »
$Al_2 + O_2 = Al_2O_3$ (без воды)	+ 380 200 »
$Ca + O = CaO$ (без воды)	+ 151 130 »

(вода в виде пара 18°)

Ca	+ H <sub>2</sub> O + O = Ca(OH) <sub>2</sub>	+ 166 670 *	}
Fe <sub>2</sub>	+ O <sub>4</sub> = Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	+ 274 660 >	
Fe	+ O = FeO	+ 66 713 >	
Fe <sub>2</sub>	+ O <sub>3</sub> = Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+ 198 167 >	
Fe <sub>3</sub>	+ C = Fe <sub>3</sub> C	+ 5 102 >	
CaO	+ CO <sub>2</sub> = CaCO <sub>3</sub>	+ 42 520 >	
Теплота испарения 1 M <sub>2</sub> воды		1 лт H <sub>2</sub> O	}
при 0° = 10 710 кал.		595 кал.	
* 100° = 9 720 >		540 >	

### Примеры пользования таблицами.

1. Определить теплоту образования  $C + O_2 = CO_2$  при  $t = 1200^\circ$ .

Можно идти двумя путями:

1) соединить  $C + O_2$  при  $0^\circ$  и потом нагреть  $CO_2$  на  $1200^\circ$ ;

2) нагреть  $C$  и  $O_2$  на  $1200^\circ$ , а потом соединить их в  $CO_2$  при  $t = 1200^\circ$ . В обоих случаях должно получиться одно и то же количество калорий.

$C + O_2 = CO_2$  при  $0^\circ$  дает 97 650 кал.

Нагрев  $CO_2$  на  $1200^\circ$  берет

$[8,844 + 0,0033 \cdot 1200 - 0,00000079 \cdot 1200^2] \cdot 1200 = 14\,000$  кал.

Нагрев  $C$  на  $1200^\circ$  берет

$(0,304 + 0,00006 \cdot 1200) \cdot 12 \cdot 1200 = 5\,410$  кал.

Нагрев  $O_2$  на  $1200^\circ$  берет

$(6,885 + 0,00045 \cdot 1200) \cdot 1200 = 8\,910$  кал.

Соедин.  $C + O_2 = CO_2$  при  $1200^\circ$  дает  $X$  кал.

$97\,650 - 14\,000 = -5\,410 - 8\,910 + X$

$X = 97\,650 + 5\,410 + 8\,910 - 14\,000 = 97\,970$  кал.

2. Найти теплоту образования  $CH_4$ , если известны теплоты горения  $CH_4$ ,  $C$  и  $H_2$ .

Реакция  $CH_4 + 4O = CO_2 + 2H_2O$  дает 192 400 кал.

>  $H_2 + O = H_2O$  (пар  $0^\circ$ ) > 57 970 >

>  $C + O_2 = CO_2$  > 97 650 >

$CO_2 + 2H_2O$  можно получить двумя путями:

1) Соединить  $C + H_4$ , а затем  $CH_4 + O_4$ .

2) Соединить  $C + O_2$  и два раза  $H_2 + O$

$$x + 192\,400 = 2 \cdot 57\,970 + 97\,650$$

$$x = 115\,940 + 97\,650 - 192\,400 = 21\,190 \text{ кал.}$$

3. Сколько надо затратить калорий, чтобы 1 молекулу воды при  $0^\circ$  превратить в пар  $700^\circ$ ,...?

1) Теплота испарения воды при  $0^\circ = 10\,710$  кал.

теплота нагрева пара от  $0^\circ$  до  $700^\circ$ .

$$Q_{\text{г}}^{700} = (8,05 + 0,000\,5 \cdot 700 + 0,2 \cdot 10^{-5} \cdot 700^2) \cdot 700 = 5930 \text{ кал.}$$

Всего  $10\,710 + 5930 = 16\,640$  кал.

2) Нагрев 18 кг воды на  $100^\circ$  . . . . . 1800 кал.

Испар. 1  $M_w$  воды при  $100^\circ$  . . . . . 9720 »

$Q_{\text{г}}^{700}$  . . . . . 5120 »

---

16640 »

#### Пример теплового баланса вагранки.

Расчет ведем на 100 кг чугуна. Принимая расход кокса в  $8\%$ ; т. е. 8 кг; в коксе  $85\%$  C; т. е. 6,8 кг.

В чугуне содержится  $2,4\%$  Si, т. е. 2,4 кг.

Угар кремния равен 0,24 кг.

$M_s$  в чугуне  $0,87\%$  или 0,87 кг; его угар ( $15\%$ ) = 0,13 кг.

Анализ колошников, газов по объему

$CO_2$  — 15,9; исправл. 15,2

CO — 9

O — 0,2

H — 1

$CH_4$  — 0,6

N — 73,3

---

100

Количества C в  $CO_2$ , CO и  $CH_4$  относятся как объемы, т. е. как 15,2 : 9 : 0,6.

Разделив 6,8 кг в этом отношении, получим

4,2; 2,4; 0,2 кг.

След., 4,2 кг углерода сгорело в  $CO_2$

2,4 » » » » CO.

Приход тепла.

4,2 кг С сгорело в CO <sub>2</sub>	по 8080 кал.	. . . . .	33 940 кал.
2,4 » С	» » CO	» 2473 »	. . . . . 5 930 »
0,24 » Si	» » SiO <sub>2</sub>	» 7015 »	. . . . . 1 680 »
0,13 » M <sub>2</sub>	» » M <sub>2</sub> O	» 1650 »	. . . . . 215 »
0,86 » Fe	» » FeO	» 1195 »	. . . . . 1 025 »
			42 790

Расход тепла.

Расплавить 100 кг чугуна	по 285 кал.	. . . . .	28 500 кал.
» 6 » шлака	» 500 »	. . . . .	3 000 »
Перегнать 0,9 кг CO <sub>2</sub> из CaCO <sub>3</sub>	по 966 кал.	. . . . .	870 »
Испарить 0,3 » H <sub>2</sub> O » кокса (влажность 40%)	по 626 кал.	. . . . .	190 »
С колошник. газами	. . . . .		3 580 »
Разложить влагу воздуха	. . . . .		1 090 »
Потери	. . . . .		5 560 »
			42 790 »

Потери составляют 13%.

Примечания:

1. 0,9 кг CO<sub>2</sub> получено так.

Кокса имеем 8 кг; CaCO<sub>3</sub> составляет 28% от кокса, т. е.  $8 \cdot 0,28 = 2,24$  кг, CO<sub>2</sub> составляет 40% от CaCO<sub>3</sub>, т. е.  $2,24 \cdot 0,4 = 0,9$  кг.

2. Разложение влаги дутья.

На 1 кг С — 7,2 м<sup>3</sup> воздуха  
 » 6,8 кг С —  $7,2 \cdot 6,8 = 49$  м<sup>3</sup>, содержащего по 7 г влаги; т. е. на 49 м<sup>3</sup> имеем 340 г влаги.

На разложение 1 кг H<sub>2</sub>O идет 3200 кал.  $\left(\frac{57\ 800}{18}\right)$ , а всего  $3200 \cdot 0,34 = 1090$  кал.

3. Потеря через колошник.

15,9 м<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> уносят  $0,5 \cdot 15,9 \cdot 200$  . . . . . 1600 кал.

84,1 » ост. газов уносят  $0,32 \cdot 84,1 \cdot 200$  . . . . . 5560 »

100 м<sup>3</sup> уносят . . . . . 7160 кал.

У нас газов  $7,4 \cdot 6,8 = 50$  м<sup>3</sup> . . . . . 3580 »

Задача 1. Дан торф след. состава:

C — 32,5%

H — 3,5%

	O — 20 %
	N — 0,4%
влаги W — 40 %	
зола	3,6%

Определить количество воздуха и продуктов горения на 1 кг торфа.

Возьмем 100 кг торфа; тогда вышеуказанные числа будут обозначать килограммы.

Переведем их в молекулярные количества:

C — 32,5 : 12 = 2,71 $M_e$
H <sub>2</sub> — 3,5 : 2 = 1,75 »
O <sub>2</sub> — 20 : 32 = 0,625 »
N <sub>2</sub> — 0,4 : 28 = 0,014 »
W — 40 : 18 = 2,221 »

Горение идет по реакциям:



Поэтому для полного сжигания 100 кг торфа надо

кислорода . . . . .	$2,71 M_e + \frac{1,75 M_e}{2} = 3,585 M_e$
» в топливе уже имеется . . . . .	0,625 »
надо ввести . . . . .	<u>2,96 <math>M_e</math></u>

Состав воздуха по объему 20,85% O<sub>2</sub> и 79,15% N<sub>2</sub>,

т. е. на 1 объем O приходится 3,8 объема N
» 1 » O » 4,8 » воздуха.

Такое же соотношение и в  $M_e$ .

Поэтому на 100 кг торфа воздуха потребуется

$$2,96 \cdot 4,8 = 14,21 M_e = 22,4 \cdot 14,21 = 318 \text{ л}^3$$

на 1 кг торфа 3,18  $M_e$  воздуха.

Продукты горения:

N из топлива . . . . .	0,014 $M_e$
N » воздуха $2,96 \cdot 3,8 = 11,25$ »	
	<u>11,264 <math>M_e</math></u>
CO <sub>2</sub> . . . . .	<u>2,71 <math>M_e</math></u>



## Продукты горения.

Водяных паров 40 кг . . . . .	2,221 $M_0$
от горения . . . . .	1,75 »
из воздуха . . . . .	0,740 »
	<u>4,711 <math>M_0</math> = 84,8 кг</u>
CO <sub>2</sub> . . . . .	2,635 $M_0$
из воздуха 24,94 · 0,79 . . . . .	19,75 $M_0$
» топлива . . . . .	0,014 »
	<u>19,764 »</u>
Свободн. O <sub>2</sub> — 2,885 · 0,80 . . . . .	2,31 $M_0$

Сухого дыма имеем  $2,635 + 19,764 + 2,31 = 28,709 M_0 = 553 \text{ л}^3$ .

Влажного дыма  $24,709 + 4,711 = 29,420 M_0 = 658 \text{ л}^3$ .

На 1 кг торфа 6,58 л<sup>3</sup> (0° и 760 мм).

При решении последней задачи встретилась надобность знать вес и давление насыщенных паров. Поэтому даем след. таблицу.

$t = 0^\circ$	Давление насыщ. паров в мм ртутного столба	Вес 1 л <sup>3</sup> насыщ. пара в граммах
5	4,58	4,74
10	6,54	6,67
15	9,21	9,40
20	12,79	12,83
25	17,54	17,30
30	23,76	23,05
40	31,83	30,37
50	55,34	51,18
60	92,54	83,20
70	149,46	130,26
80	233,79	198,2
90	355,47	293,6
100	525,40	421,9
150	760	547,4
200	11688,0	—

Задача 3. По анализу топлива и дыма определить количество дыма и воздуха на 1 кг топлива.

Топливо-мазут состава:	Состав сухого дыма по объему.
C — 86,5%	CO <sub>2</sub> — 12,4%
H — 12,7%	O <sub>2</sub> — 4,1%
O — 0,5%	N <sub>2</sub> — 83,5%
W — 0,2%	
Зола — 0,1%	
100%	

На 100 M<sub>д</sub> дыма имеем 12,4 M<sub>д</sub> CO<sub>2</sub> и столько же углерода, вес которого

$$12,4 \cdot 12 = 148,6 \text{ кг.}$$

На 1 M<sub>д</sub> дыма приходится 1,486 кг C.

• 1 кг мазута • 0,865 • •

• 1 кг мазута приходится дыма:

$$\frac{0,865}{1,486} = 0,582 \text{ M}_d = 0,582 \cdot 22,4 = 13 \text{ куб. м.}$$

В нем азота  $0,582 \cdot \frac{83,5}{100} = 0,486 \text{ M}_d$ , что соответствует

$$\frac{0,486}{0,79} = 0,615 \text{ M}_a = 0,615 \cdot 22,4 = 13,75 \text{ м}^3 \text{ воздуха.}$$

Задача 4. Определить теплотворную способность топлива полезную, т. е. без конденсации паров воды. Она меньше, чем calorиметрическая, так как в calorиметре пары конденсируются, и при этом выделяется дополнительное количество тепла.

Формула Менделеева:

$$T_p = 81 C + 246 H - 26 (O - S) - 6W (W - \text{влага})$$

$$T_p = 81 C + 300 H - 26 (O - S).$$

Формула Сокла герм. инж. V.D.I.:

$$T_p = 81 C + 290 (H - \frac{O}{8}) + 25 S - 6W.$$

Формула Вальтера:

$$T_p = 30,5 (\frac{8}{3} C + 8H - O) = 81 C + 244 H - 30,5 O.$$

$T_p > T_p$  на теплоту конденсации, т. е. на  $9 (9H + W)$ , так как из каждого H получается 9 воды.

Возьмем тот же торф, который уже фигурировал в предыдущих задачах.

C — 32,5

H — 3,5

O — 20

N — 0,4

W — 40

Зола — 3,6.

По формуле Менделеева:

$$T_x = 81 \cdot 32,5 + 246 \cdot 3,5 - 26 \cdot 20 - 6 \cdot 40 = 2733,5 \text{ кал.}$$

По формуле V. D. J.:

$$T_x = 81 \cdot 32,5 + 290 \left( 3,5 - \frac{20}{8} \right) - 6 \cdot 40 = 2682,5 \text{ кал.}$$

Задача 5. Найти температуру горения того же торфа.

В задаче 2 было вычислено, что продуктов горения от сжигания 100 кг торфа получилось:

H<sub>2</sub>O — 4,711 M<sub>g</sub>CO<sub>2</sub> — 2,635 M<sub>g</sub>O<sub>2</sub> — 2,31 M<sub>g</sub>N<sub>2</sub> — 19,764 M<sub>g</sub>


---

 29,420 M<sub>g</sub>.

В задаче 4 было определено, что  $T_x$  на 1 кг равна 2733,5 кал.; на 100 кг  $T_x = 273350$  кал.

Уменьшим на лучеиспускание на 10%

$$T'_x = 0,9 T_x = 246000 \text{ кал.}$$

Эта теплота идет на нагревание прод. горения

$$246000 = \sum a M Q'_x,$$

где  $a$  колич. в M<sub>g</sub> составных частей газов. Но  $C$ , а также и  $Q$  зависят от температуры. Поэтому приходится это уравнение решать попытками: принимаем  $t$  за 1000° и находим

$$\sum a M Q'_x = 292950 \text{ кал.};$$

принимая

$$t = 1100^\circ,$$

найдем

$$\sum a M Q'_x = 258150 \text{ кал.};$$

интерполируя, получим

$$t = 1050^\circ.$$

Задача 6. То же самое, но воздух подогрет до 400°.

На 100 кг торфа вводится 24,94 М<sub>0</sub> воздуха (задача 2) водяных паров

740 М<sub>0</sub>.

Теплоту нагрева от 0 до 400° берем по таблицам

$$24,94 \cdot 2830 = 70\,650 \text{ кал.}$$

$$0,74 \cdot 3310 = 2450 \text{ »}$$

---


$$73\,100 \text{ кал.}$$

$$\text{от сжиг. торфа } 273\,350 \text{ кал.}$$

---


$$346\,450 \text{ кал.}$$

$$10\% \quad 34\,645 \text{ кал.}$$

---


$$311\,805 \text{ кал.}$$

Берем  $t = 1300$ , получим  $Q = 310\,200$ .

Берем  $t = 1400$ , получим  $Q = 357\,100$ .

Интерполяция дает  $t = 1306^\circ$ .

Таким образом, подогрев воздух на 400°, повысим температуру горения на 2°6'.

Задача 7. Определить температуру горения генераторного газа следующего состава:

CO <sub>2</sub> — 3,0%	. . . . .	H <sub>2</sub> — 12,35%	}	100 м <sup>3</sup> .
CO — 27,2%	. . . . .	N <sub>2</sub> — 40,45%		
CH <sub>4</sub> — 2,6%	. . . . .	H <sub>2</sub> S — 0,2%		
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> — 0,4%	. . . . .	H <sub>2</sub> O — 5,8%		

Избыток воздуха 20%; лучеиспускание берет 10% теплоты.

Теплотворная способность 1 м<sup>3</sup>

$$T_g = \frac{27,2 \cdot 68\,220 + 2,6 \cdot 192\,400 + 0,4 \cdot 319\,070 + 12,35 \cdot 57\,970 + 0,2 \cdot 124\,850}{100 \cdot 22,4} = 1435 \text{ кал.}$$

Для сжигания 100 М<sub>0</sub> газа надо кислорода

$$27,2 \cdot \frac{1}{2} + 2,6 \cdot 2 + 0,4 \cdot 3 + 12,35 \cdot \frac{1}{2} + 0,2 \cdot \frac{3}{2} = 26,475 \text{ М}_0$$

Избыток 20% . . . . . 5,295 М<sub>0</sub>

---

Всего . . . . . 31,77 М<sub>0</sub>

N<sub>2</sub> вводится 31,77 · 3,8 . . . 120,70 М<sub>0</sub>

воздуха . . . . . 152,47 М<sub>0</sub>

## Продукты горения.

$\text{CO}_2$ . . .	$3 + 27,2 + 2,6 + 2 \cdot 0,4$ . . . . .	$= 33,6$	$M_0$
$\text{H}_2\text{O}$ . . .	$2 \cdot 2,6 + 2 \cdot 0,4 + 12,35 + 0,2 + 5,8$	$= 24,35$	$M_0$
$\text{O}_2$ (свободн. 20%) . . . . .		$= 5,295$	$M_0$
$\text{N}_2$ . . .	$48,45 + 120,70$ . . . . .	$= 169,15$	$M_0$
$\text{SO}_2$ . . . . .		$= 0,2$	$M_0$

На 100  $M_0$  газа . . . . . 232, 595  $M_0$  прод. гор.  
100  $M_0 = 2240 \text{ м}^3$ .

Имеем тепла  $1435 \cdot 2240 - 10^6/4 = 2\ 893\ 000$  кал.

При  $1400^\circ$  . . . . .  $Q = 2\ 710\ 000$  кал.  
"  $1500^\circ$  . . . . .  $Q = 2\ 931\ 000$  "

По интерполяции  $t = 1483^\circ$ .

Задача 8. Тепловой баланс закалочной печи в условиях задачи 2. Расход торфа составляет 20% от закаливаемых предметов. Температура отходящих газов  $600^\circ$ .

Теплотворная способность 100 кг торфа (задача 4)	273 350 кал.
Теплота, вводимая с 24,94 $M_0$ воздуха (задача 2)	4 875 "
Теплота, вводимая с влагой воздуха 0,74 $M_0$ . . .	180 "
	278 405 кал.

## Расход.

100 кг топлива нагревают 500 кг металла до  $850^\circ$ ; теплоемкость  $F_{C_0}^{850} = 0,17$ .

$0,17 \cdot 500 (850 - 29)$  . . . . . 69 800 кал. 25,2

$$\eta = \frac{69\ 800}{278\ 405} = 25,2 \%$$

Теплотворн. способ. 0,9 кг = 0,075 $M_0$ не сгоревшего угля . . . . .	7 330 "	2,6
Нагрев прод. горения до $600^\circ$ . . . . .	135 170 "	48,6
Лучеиспускание топки . . . . .	27 840 "	10,0
Лучеиспускание печи по разности . . . . .	38 265 "	12,8
	278 405 кал.	

## Типы вагранок.

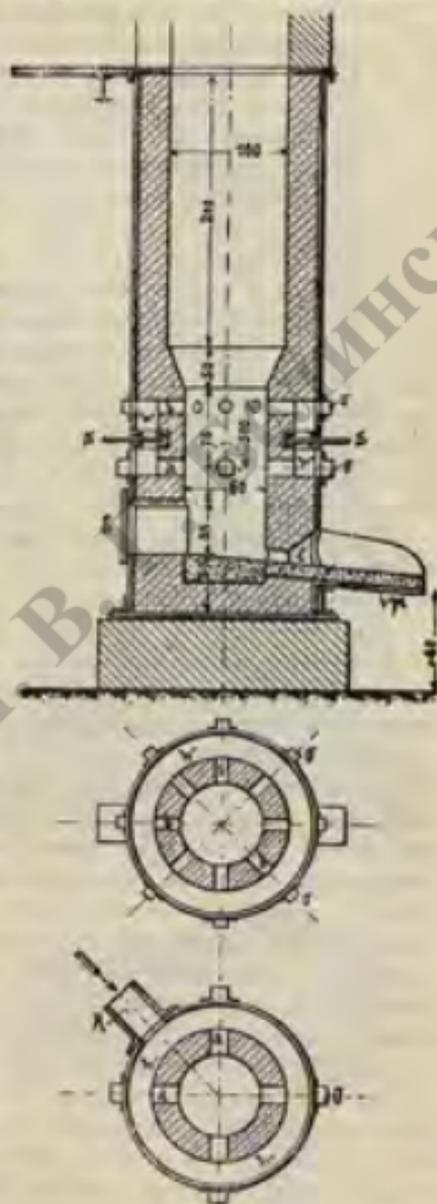
Вагранка *Айрланда*. Эта вагранка появилась в Англии около 1860 года и с тех пор получила некоторые изменения. На фиг. 24

она изображена в одной из старейших форм. Воздух подводится по трубе *Q* сначала в кольцеобразный ящик *ш* и уже оттуда попадает в фурмы.

Фурмы расположены в 2 ряда. В нижнем ряду всего четыре фурмы *a*, но общая их площадь сечения раза в  $1\frac{1}{2}$  больше, чем у фурм *b* верхнего ряда. Ящик разделен перегородкою на два отделения, сообщающиеся между собою помощью двух отверстий с заслонками *z*. Труба, позволяющая воздуху, открывается в нижнее отделение ящика. Таким образом, имеется возможность выключать верхние фурмы.

Сечение шахты в поясе фурм суженное, что дало возможность поместить воздушный ящик внутри кожуха. В позднейших конструкциях этих вагранок сужение шахты делается очень незначительное, и поэтому ящик вынесен наружу, как и в большинстве современных вагранок других типов. В начале плавки верхний ряд фурм не работает, а воздух впускается только через нижние фурмы.

Это делается с целью лучшего прогрева горна. Второй ряд фурм введен изобретателем, вероятно, с целью сжигания окиси углерода, получающейся при сжигании кокса воздухом из нижнего ряда. Эта цель здесь наверное не достигается, благоприятные же результаты действия



Фиг. 24

вагранки объясняются обильным подведением воздуха и равномерным его распределением.

Расстояние между рядами фурн всего 500—600 мм. Поэтому против верхнего ряда температура еще очень высока, так что здесь будет гореть не только окись углерода, но и сам кокс, т. е. в результате только расширится пояс плавления.

Обильное подведение воздуха было применено еще раньше Айрланда *Шахслем*, впервые введшим устройство нескольких расположенных в одном ряду фурн, вместо одной или двух, применявшихся до него.

Сужение сделано с целью сконцентрировать жар в плавильном поясе. В новых конструкциях эта мысль оставлена, а если и есть, как уже сказано, небольшое сужение, то оно сделано только для утолщения в этом месте футеровки, так как она здесь наиболее страдает. Против каждой фурмы имеется смотровое окно *o*, закрытое крышечкой со стеклом или слюдяной пластинкой. Если фурма затягивается шлаками, то можно снять крышечку и прочистить фурму железным стержнем. *E* — газ, *e* — выпускное очко и *p* — жолоб для выпуска чугуна.

К видоизменениям вагранки Айрланда следует отнести и вагранку *Ибрюгера*, представленную на фиг. 25. В ней верхний ряд фурн отставлен дальше от нижнего, чем в вагранке Айрланда.

Тут уже можно бы ожидать, что сжигаться будет одна окись, но вследствие большого количества воздуха, выпускаемого через верхний ряд фурн, и достаточно еще высокой температуры, приподнятой, кроме того, горением окиси углерода, кокс также загорается. В результате образуется второй плавильный пояс, что никоим образом нельзя признать рациональным, так как процесс горения и плавления потеряет при этом свою правильность и, кроме того, уменьшится высота шахты на всю длину между рядами фурн, почему температура колошниковых газов повысится при той же длине потока газов, т. е. при том же сопротивлении. (Сопротивление даже повысится вследствие повышения средней температуры газов.)

Главной особенностью вагранки Ибрюгера служит скоп *с*, помещаемый под горном и отделенный от него слодом, в котором проделано 2 канала. Через последние стекает в скоп расплавленной чугуна, а также проходят и газы. Нижний ряд фурн не должен быть расположен слишком низко, так как в таком случае вниз могли бы проникать воздух и уголекислота. Если же между фурмами и слодом имеется достаточной толщины слой кокса, то газы, дойдя до каналов в своде, будут содержать главным образом окись углерода. Через боковой канал в скоп выпускается воздух по ответвлению из воздуш-

ного ящика. Этот воздух сжигает окись углерода. При этом происходит и окисление чугуна, но зато поддерживается высокая температура в скопе. Химическое же изменение состава чугуна, происшедшее вследствие окисления, может быть исправлено посредством присадки. Присаживаемый материал подогревается на наклонном поду в канале *a* и затем сталкивается в скоп. Газы из скопа проходят по каналу *a*, опускаются по двум каналам вниз и затем выводятся наружу.

Описанные процессы происходят лишь в начале плавки, когда на поду лежит действительно чистый кокс. Понемногу кокс сгорает и заменяется золою и шлаками, которые уже свободно пропускают кислород и углекислоту.

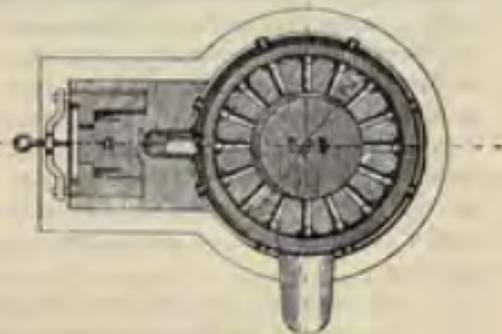
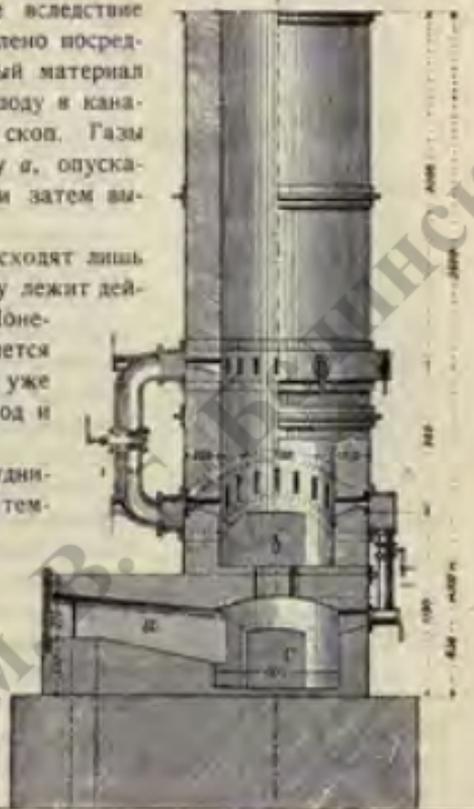
Тогда становится затруднительно поддерживать высокую температуру в скопе, а выгорание чугуна усиливается.

Некоторые конструктивные особенности вагранки ясно видны на чертеже и в описании не нуждаются. *b* — дверцы для очистки и ремонта.

Вагранка *Ибрюгера* малораспространена, так как она сложна и плохо выполняет свое назначение.

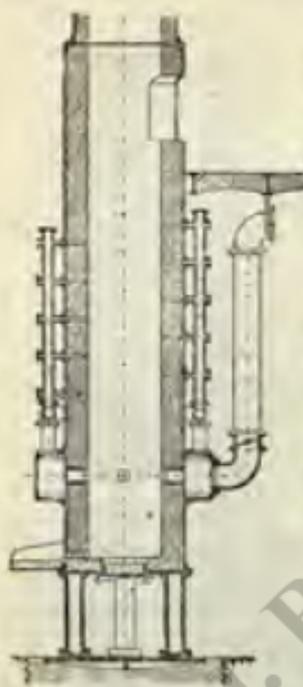
Идея дополнительного подведения воздуха для сжигания окиси углерода удачно выполнена в вагранке *Грейнера* и *Эрфа*.

Вагранка *Грейнера* и *Эрфа* изображена на фиг. 26. В ней дополнительное дутье произво-



Фиг. 25.

дится маленькими порциями, так что в каждом месте воздух подводится лишь в незначительном количестве, и сгорает только окись.



Фиг. 26.

Кроме того, к каждой фурме ведет отдельная трубка, снабженная краном, а против трубки смотровые окна, так что имеется возможность наблюдать действие дополнительного дутья и уменьшать его или совсем прекращать в тех фурмах, где не будет видно горячей окиси или где станет раскаляться кокс. Фурмы располагаются или по винтовой линии, и тогда к каждой ведет, как сказано, отдельная трубка; или рядами, и тогда к целому вертикальному ряду фурм воздух подводится общей трубою, как показано на фигуре. Первая дополнительная фурма ставится на 1000 м.м выше главных фурм. Расстояние между дополнительными фурмами — 300 — 400 м.м. Диаметр их — 30 — 50 м.м.

Анализы газов показывают, что это приспособление действительно целесообразно и дает экономию в расходе топлива.

Разница в действии дополнительного дутья в этой вагранке и в обеих предыдущих объясняется главным образом тем, что в тех вагранках весь дополнительный воздух выпускается на одном уровне, так

что все тепло, которое бы образовалось от сжигания окиси, должно было бы сосредоточиться в небольшом объеме; в вагранке же Грейнера и Эрпфа то же количество тепла распределится по всей шахте. Ясно, что в последнем случае температура не поднимется до той высоты, когда становится невозможным сгорание окиси в углекислоту.

Однако, для правильности действия дополнительных фурм необходим внимательный надзор за ними. Но эти фурмы расположены очень высоко; между тем, обыкновенно не устраивают каких-нибудь лестниц и площадок для наблюдения за фурмами. По этой причине, а может быть и просто потому, что рабочие не любят сложных устройств, требующих специального ухода, эти дополнительные фурмы большей частью наглухо закладываются и остаются в бездействии.

В представленной на чертеже конструкции вагранки мы в первый раз встретились с постановкою ее на колонках, при чем простран-

ство под вагранкою остается свободным. В таких случаях вагранки снабжаются откидным дном, служащим для разгрузки, вместо дверцы сбоку. Это откидное дно не есть особенность только вагранки Грейнера, но применяется одинаково к вагранкам различных систем.

К вагранкам с двумя рядами фурм относятся также очень распространенные вагранки, изготовляемые Баденским заводом в Дурлахе. Такая вагранка представлена на фиг. 27. Отличается она главным образом своеобразною формою фурм. Это собственно вагранка *Уайтинга*, очень распространенная в Америке.

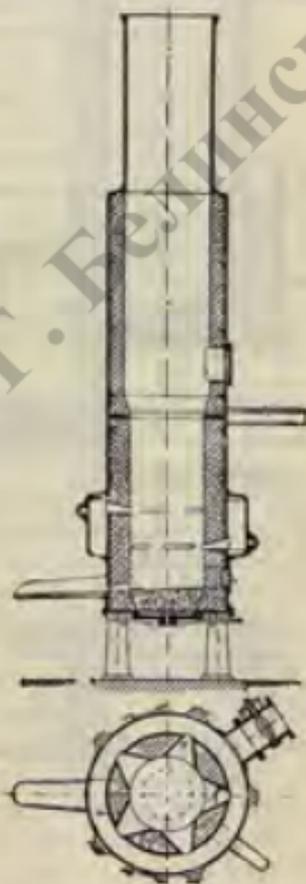
Фурмы *I*, круглые или квадратные снаружи, превращаются в растянутые в горизонтальном направлении щели внутри вагранки, почти одна до другой. Фурмы обоих рядов расположены в шахматном порядке. Таким образом, все сечение шахты *b* вагранки хорошо продувается, но если вторым рядом фурм имеется в виду сжечь окись углерода, образовавшуюся от горения угля в воздухе нижнего ряда фурм, то, как мы видели, это здесь не достигается. Воздух вдувается по трубке в ящик.

В новейшей модели вагранки Баденского завода оставлен только один ряд фурм.

Кроме смотровых отверстий, ящик снабжен маленькими лючками для доступа внутрь ящика и его очистки. Одна из фурм расположена немного ниже других, так что, если бы жидкий металл или шлак поднялись слишком высоко, то они вытекут через эту фурму в воздушный ящик. В дне последнего против этой предохранительной фурмы вделана легкоплавкая пробка, которая тотчас расплавится и выпустит жидкую массу из коробки, не дав ей застыть. Немного

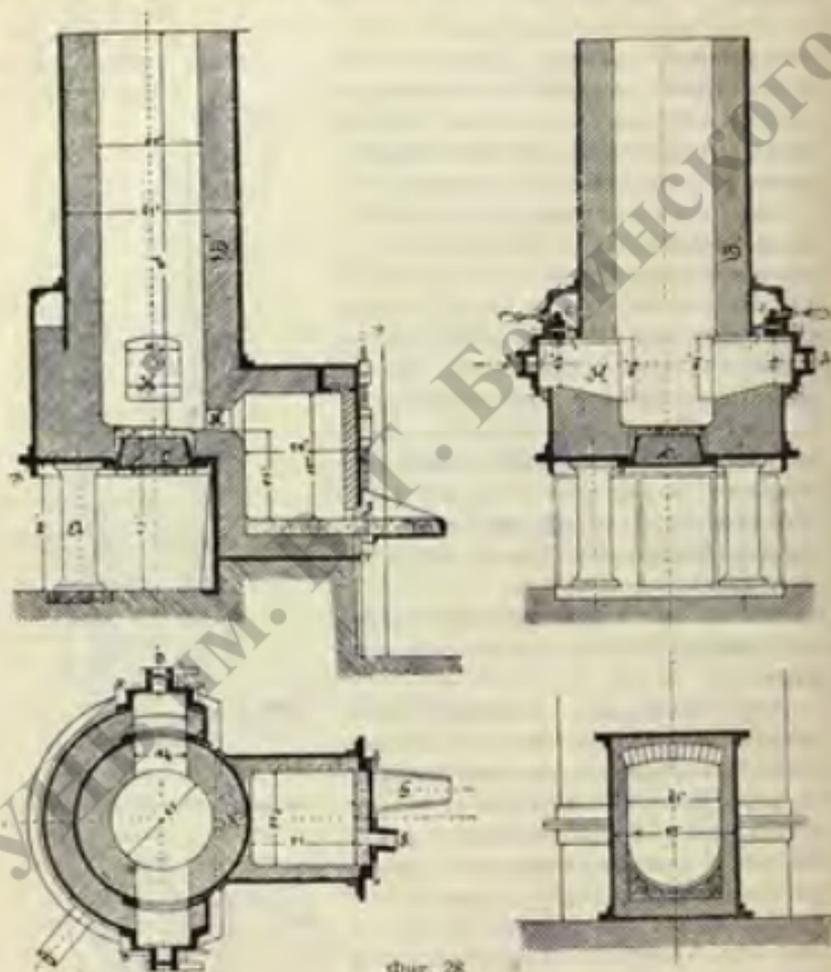
ниже фурм находится очко для выпуска шлаков. Оно снабжено жолобом.

Такие же шлаковые отверстия и иногда несколько штук, одно выше другого, устраиваются в передних горнах.



Фиг. 27.

Вагранка *Криара* (фиг. 28). Эта вагранка построена на другом принципе, а именно — на подведении воздуха широкими струями, для чего сечение фурм должно быть особенно значительное. Кроме способа подвода воздуха, вагранка *Криара* отличается применением



Фиг. 28.

так называемого переднего горна или скопа. В настоящее время передний горн, предложенный *Криаром*, встречается очень часто и при вагранках других систем, представляя большие удобства. В нем можно скопить значительные количества чугуна без заметного его охлаждения. Иногда устраиваются приспособления для прогревания

горна и скопленного в нем чугуна. Так, например, в вагранке *Стюарта*, широко распространенной в Англии, из шахты на некотором расстоянии над фурмами проводится труба, направляющая часть горячих газов в передний горн через его свод.

Для выхода этих газов из горна и верхней его части оставляется окно, которое может служить и для выпуска шлаков.

В изображаемом на чертеже случае нет особых приспособлений для нагрева скопа, так как и его размеры не выходят из пределов для обыкновенных горнов; так что отличие его от обыкновенного заключается лишь в расположении. Но именно это расположение и имеет большое значение. Дело в том, что в обыкновенных вагранках без переднего горна вся засыпь лежит на скопленном жидком чугуне, так что во время выпуска его все содержимое шахты сразу опускается. Понятно, что при этом расстраивается весь установившийся процесс плавки. В виду этого неудобно выпускать сразу очень много чугуна, если плавка должна еще продолжаться.<sup>1)</sup>

В передней стенке горна сделана дверка, служащая для исправления и очистки его внутренности. Для опорожнения шахты сделано откидное дно. Выпуск чугуна производится через очко *F*. Отверстие *S*, расположенное выше *F*, служит для сброса шлаков, а также для прочистки через него канала *K*.

По германскому патенту *Криара* № 29 584 при выходе из вагранки в передний горн устраивается порог по типу открытой груди домен, задерживающий газы и шлаки.

Что касается подвода воздуха, то вагранки *Криара* в этом отношении отличаются большими особенностями, представляющими их характеристику. В настоящее время имеется несколько вариантов вагранок *Криара* с различным устройством фурм, но во всех их фурмы — в виде щелей, открываются не непосредственно в шахту, как обыкновенно, а в особые боковые камеры *H*, впуская в них воздух через свод. Из этих камер воздух входит в шахту в виде двух широких потоков, равных поперечному сечению камер.

Таким образом эти камеры и играют по существу роль фурм. Их сечение делается до 0,1 сечения шахты. Щели в сводах камер так расположены, что не могут засориться, а если бы и случилось, что они зашлакуются, то в таком случае следует закрыть задвижку *Z* (не обе одновременно и не более, как на десять минут). Тогда в этом месте прекратится впуск холодного воздуха, темпе-

<sup>1)</sup> Во избежание этого неудобства, в вагранках без переднего горна можно выложить клетку из кирпича, которая по выпуске чугуна будет поддерживать на себе все содержимое вагранки. Кроме того, эта клетка не даст крупным кускам чугуна падать и расплавленный чугун и охладить его.

ратура поднимется, и шлаки расплавятся или, во всяком случае, настолько размягчатся, что их легко будет протолкнуть вниз.

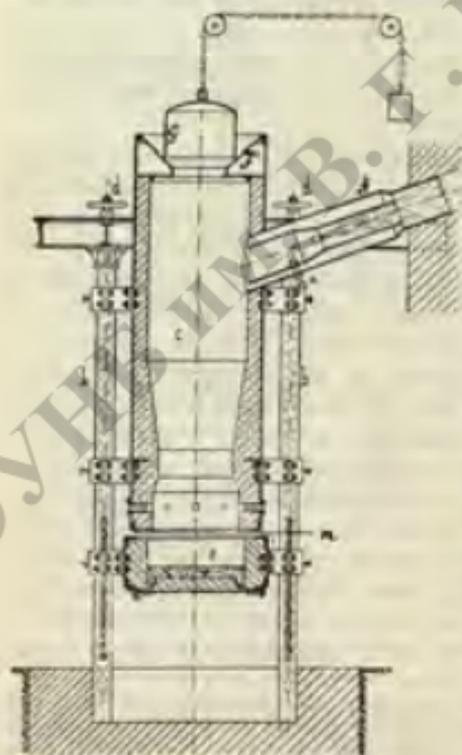
В новых конструкциях вагранок *Криара* воздушные щели помещены ближе к середине, почти около внутренней поверхности шахты, сама шахта в плавильном поясе сильно сужена, имеет здесь эллиптическое сечение; кроме того, колошник также сужен.

Все эти нововведения вряд ли целесообразны. Что касается эллиптического сечения, то это обыкновенно делается в очень больших вагранках, чтобы и внутренность их хорошо продувалась. В вагранках же обычных размеров в этом нет никакой надобности.

Кроме того, щели в новых вагранках *Криара* сделаны наклонными с целью более равномерного распределения воздуха по всему горизонтальному сечению шахты. Такое наклонение фурм иногда применяется и в обыкновенных фурмах, открывающихся прямо в шахту, но достигается ли при этом намеченная цель, сказать довольно трудно. По крайней мере, наклонные фурмы не пользуются очень значительным распространением.

Обращаясь снова к чертежу, мы видим, что против камеры *H* делаются двери с трубками *J*, в которые вставлены стекла. Иногда, чтобы стекла не лопались, в трубки *J* пропускают холодный воздух через тоненькие трубочки, проведенные из воздушного ящика. Прочие конструктивные детали не требуют описания.

Вагранка *Гербертца* (фиг. 29). Эта вагранка действует высасыванием колошниковых газов, вместо вдувания воздуха. Она состоит из шахты *c*, поддерживаемой колоннами *bb*. Колошник закрыт. Он снабжен воронкой *F*, в которую опущен колокол *G*. Колоши топлива и чугуна засыпаются в воронку вокруг колокола. Эта засыпка быстро



Фиг. 29

падает в вагранку, когда колокол будет приподнят. Таким образом, за исключением очень коротких промежутков, все время колошник остается закрытым. Высасывание газа производится через рукав А, положение которого для хода вагранки, как показал опыт, существенного значения не имеет. В трубке А поставлен эжектор в виде конической насадки и паровой трубки а с соплом. Диаметр отверстия около 10 мм. Давление пара держится в 4—5 атмосфер.

Если повысить давление, то и производительность вагранки повышается. Горн вагранки е совершенно независим от шахты. Он скользит вдоль колонны б и посредством винтов д, проходящих внутри колонны, может подниматься и опускаться. Таким образом можно регулировать или даже совсем закрыть щель л, через которую входит воздух. Во время задувки щель запирается, а воздух входит тогда через особые отверстия, проделанные в горне около самой дещадки. Это делается с целью прогреть горн. Во время плавки дополнительные отверстия замазываются. Вагранка представляет много удобств: она не выбрасывает искр через колошник, не нуждается в двигателе и вентиляторе, удобно ремонтируется, для чего следует горн опустить вниз; в опущенном положении горна в нем удобно производить перемешивание скопленного чугуна. Что касается самого процесса горения и вагранке, то низкое давление (ниже атмосферного) для полноты горения благоприятно. Но зато разность давлений достигается здесь очень небольшая, не более 80 мм водяного столба, следствием чего получается очень малая скорость прохождения воздуха и медленная плавка. Так что на каждую тонну чугуна в час в этих вагранках приходится считать в полтора раза большую площадь поперечного сечения шахты.

Благодаря малой разности давлений, середина вагранки плохо продувается. Поэтому вагранки с разреженным колошником можно с выгодой употреблять только небольшой производительности, тем более, что для одной и той же производительности эти вагранки, как было сказано, выходят больших размеров, чем вагранки с нагнетанием воздуха. Для лучшей продувки делают эти вагранки иногда эллиптического сечения.

Опытами была установлена весьма хорошая экономичность вагранок *Гербертца*. Результаты этих опытов внушают некоторые сомнения. В действительности расход кокса, не считая задувки, равняется 6 процентам, как нам говорили на самом заводе *Гербертца* в Кельне. По удостоверению других заводов, применяющих вагранки *Гербертца*, при этом получается очень холодный чугун. Интересно, что на эти вагранки завод получает заказы из СССР, Франции и даже Америки; в самой же Германии они не пользуются доверием

Идея, положенные в основу устройства вагранки *Гербертца*, не новы. Первая попытка воспроизведения разрежения на колошнике, по словам *Кнаббе*, принадлежит русскому мастеру *Москвину*, который достигал тяги, пользуясь высокой дымовой трубой при закрытом колошнике. Затем в Англии *Вудвордом* была построена в 1865 году вагранка с паровым эжектором. Но сечение фурм в ней было слишком мало. Поэтому и плавка шла чрезвычайно медленно.

Что касается применения непрерывной щели вместо отдельных фурм, то ее мы встречаем в вагранке *Бокарда* еще в 1858 году, затем в вагранке *Маккензи* (фиг. 30), а позднее в вагранке *Фаулера*. В вагранке *Маккензи* воздух в щель вдувается. Щель здесь не может изменять свою ширину.

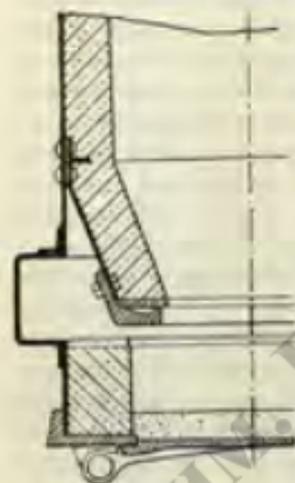
Наускомбинированная вагранка *Гербертца* и *Маккензи*, т. е. она устроена вагранку со щелью, через которую вдувается воздух, при чем щель можно регулировать. Это достигнуто тем, что воздушный ящик с (фиг. 31) сделан из тонкого железа и обладает такой формой, что может пружинить.

Оригинальное устройство имеет регулируемая щель *Polsbau* (Герм. пат. № 47354).

Вагранки *Веста* отличаются тем, что они снабжаются средней подовой фурмой (фиг. 32), особенно пригодной в очень больших вагранках, в которых трудно достигнуть хорошей продувки центральных частей. Фурма покрыта колпаком, под которым остается кольцеобразная щель для дутья.

*Вестом* подовая фурма предложена в 1893 г. Но еще задолго до него подобные фурмы не раз пробовались в Америке, но распространения не получили вследствие конструктивных неудобств. Она не может быть прикреплена к подовым дверцам, но должна быть просунута через соответственное отверстие уже после установки дверец. При разгрузке вагранки фурму следует предварительно удалить. Когда фурма установлена, надо сделать вокруг нее тщательную набойку, чтобы предупредить вытекание металла. Фурма часто так плотно пристает к поду, что ее бывает очень трудно удалить. Иногда она наполняется чугуном и шлаком и расстраивает плавку.

Подовая фурма была патентована в 1867 г. *Гиблером*. Затем она была применена *Айрландом* и *Вуаленом*; и тот факт, что она не

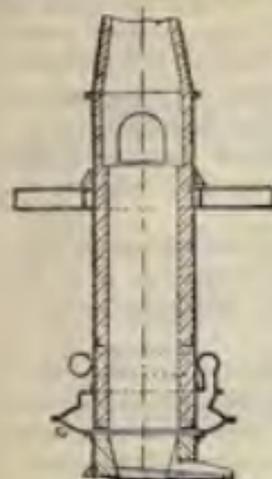


Фиг. 30.

вошла во всеобщее употребление, указывает на серьезность указанных выше практических затруднений.

Недавно появилась вагранка *Шюрмана*, описанная в «*Giesserei*» 1922 № 48; 1925 г., № 28, 29, 30 и в «*Giessereizeitung*» за 1922 г. в № 36 и за 1923 год в № 14, 15 и 16. В ней применяется подогретое дутье, причем получаются очень хорошие результаты, что противоречит изложенным выше соображениям.

Сушность ее устройства состоит в том, что по обе стороны



Фиг. 31.

ее помещаются две камеры одинаковой с вагранкой высоты. Эти камеры заполнены кирпичной насадкой и играют роль кауперов, попеременно нагреваемых продуктами горения и попеременно же служащих для подогрева дутья. Воздух впускается через одну из камер сверху, проходит сквозь камеру вниз, здесь по двойному ряду каналов нагретый воздух входит в нижнюю часть вагранки, сжи-



Фиг. 32.

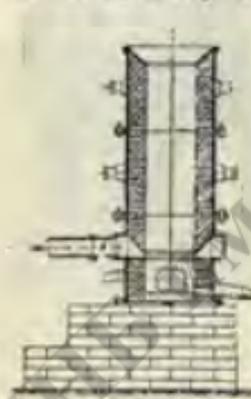
гая кокс, конечно, исключительно в окись углерода. Но далее эта окись проходит по таким же каналам в нижнюю часть противоположной камеры, где в отсутствии кокса сгорает в углекислоту за счет дополнительного притока воздуха, подводимого из другой камеры по обходной трубе, минуя вагранку. Горение  $\text{CO}$  нагревает насадку в камере. Направление меняется через каждые 10 минут. Температура подогретого воздуха меняется от  $350$  до  $1175^\circ$ . Часть газов поднимается и по вагранке, служа для подогрева опускающейся к плавильному поясу вагранки загрузки. Температура выходящих из колошника газов от  $100^\circ$  до  $180^\circ$ .

Потеря давления в кауперах составляет всего  $50$  мм; полное же давление для вагранки в  $900$  мм диаметром равно  $330$ — $460$  мм.

Результаты опытов весьма благоприятны: расход кокса равен 6,5 кг на 100 кг чугуна, вместо 10,5 кг при работе без кауперов. Угар чугуна уменьшенный, загрязнение серой также. Несмотря на кажущееся противоречие с теорией, на самом деле никакого противоречия нет: благодаря подогреву дутья, горение действительно совершенно неполное; но далее в особом приборе СО утилизируется как топливо, служа для нагревания воздуха. Если бы мы ее утилизировали для другой цели, например, для нагревания паровых котлов или для работы в газомоторах, то в общем хозяйстве получили бы, вероятно, еще большие выгоды.

На заводах *Гриффина* способ *Шюрлана* изменили таким образом, что продукты горения из колошника сжигаются в особой топке, над которой располагается рекуператор, служащий для подогрева воздуха.

Маленькие вагранки, внутренний диаметр которых менее 500 мм, так что внутри вагранки невозможно поместиться рабочему для производства футеровки и исправления, строятся из отдельных звеньев (фиг. 33), снабженных цапфами или крючками для подъема



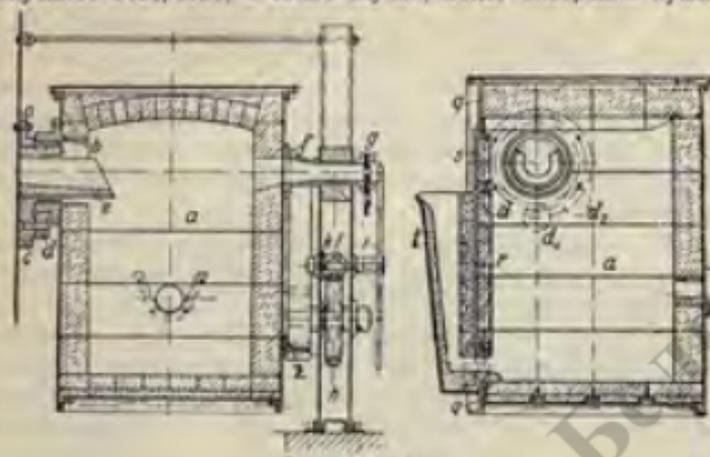
Фиг. 33.

их помощью крана. Эти звенья футеруются каждое отдельно, а затем уже собираются вместе. Баденский завод в Дурлахе изготавливает такие вагранки от 300—450 мм в диаметре и от 1,5 до 4 м высоту. Они предназначаются для самых незначительных литейных, а также для плавки бронзы и для производства пробных плавков.

На заводе *Ph. Löhle* в Женеве применен вращающийся передний горн. Он изображен на фиг. 34; *e* есть жолоб вагранки, по которому выпускается чугун. Вокруг этого жолоба по стенке вагранки приклепан фланец с коротким цилиндрическим патрубком. На последний надета пустотелая цапфа *b*

горна *a*. Цапфа *b* опирается на три ролика *d*, *d*<sub>1</sub> и *d*<sub>2</sub>, прикрепленные к фланцу *c*. Другая цапфа *f* горна также пустотелая, закрытая на конце крышкой со смотровым глазком. Через полую цапфу *f* можно производить наблюдение за выпускным отверстием вагранки и его очистку, *u* — жолоб для спуска шлаков из горна. Выпуск металла производится через горловину *l*, приделанную к дверцам *r* к плоской стенке *b*; *s* — люк. Поворачивание горна производится маховиком *h*, при посредстве передачи *k*, *l*, *m* и зубчатого венца *z*, приделанного к стенке горна. Преимущества поворотного горна заключаются

в том, что шлаки не могут попасть в литейный ковш; выпуск чугуна из горна производится очень быстро через сравнительно широкое выпускное отверстие, а такие случаи, когда экстренно нужно полу-



Фиг. 34.

чить значительное количество жидкого металла, встречаются в практике литейных.

Кроме того, исключена опасность, связанная с постоянным закуориванием и выламыванием выпускного очка, которое здесь совершенно отсутствует. И вообще этот горн увеличивает удобства ухода за вагранкою.

На одном из немецких заводов произведен опыт приведения переднего горна в сотрясение. При этом из чугуна отделяются шлаки и марганец, уносящий с собою серу, а также удаляются газы. Горн снабжен внизу на заднем конце шарниром, а на переднем подперт кулачками, прикрепленными к вращающейся оси.

Газовые и нефтяные вагранки. Кроме вагранок, работающих на твердом топливе, были сделаны попытки применения к ним газового или жидкого топлива.

*Дюфресс* построил вагранку для генераторного газа. В этой вагранке горн отделен от шахты сводом с отверстиями, как в вагранке *Шрёдера*. Газ подводится в горн и через упомянутые отверстия уже попадает в шахту, наполненную чугуном и флюсом.

*Бессон* вводил в нижнюю часть обыкновенного устройства вагранки, наполненной исключительно чугуном и флюсом, генераторный газ и воздух.

Обе вагранки не получили распространения и далее опытов не вошли.

*Рилей* для плавания чугуна в вагранке пользуется газами пламенной печи. Последняя работает генераторными газами. Газы, остающиеся пламенной печи, как известно, имеют очень высокую температуру. Чтобы уменьшить потерю тепла, происходящую отсюда, *Рилей*, вместо дымовой трубы, помещает вагранку, в которой происходит подогревание и плавление чугуна. Сама же печь превращается как бы в передний горн. Эта комбинация пламенной печи с вагранкой применялась более для пудлингования, а не как плавильный прибор, так как в пространстве пламенной печи получается очень окислительная атмосфера.

На той же идее построены нефтяные вагранки *Петрашевского* (патент № 2240) и *Савина*. Последняя описана в «Горном Журнале» за 1896 и 1905 гг.

В обеих расход нефти составляет 10—12%, что должно быть признано довольно значительным. Работа вагранки *Савина* в течение более 10 лет устанавливает факт, что плавку в вагранках на нефти вести возможно; но величина расхода горючего, а также порядочная сложность ухода, с другой стороны, доказывают еще недостаточное совершенство существующих конструкций нефтяных вагранок и необходимость их дальнейшей разработки.

По типу вагранки *Петрашевского* недавно сконструирована *Wüstemann* нефтяная печь-вагранка с подогревом воздуха в рекуператоре.

Нефтяные вагранки описаны также в сочинении *Essich* «Die Oelfeuerungstechnik» 1921.

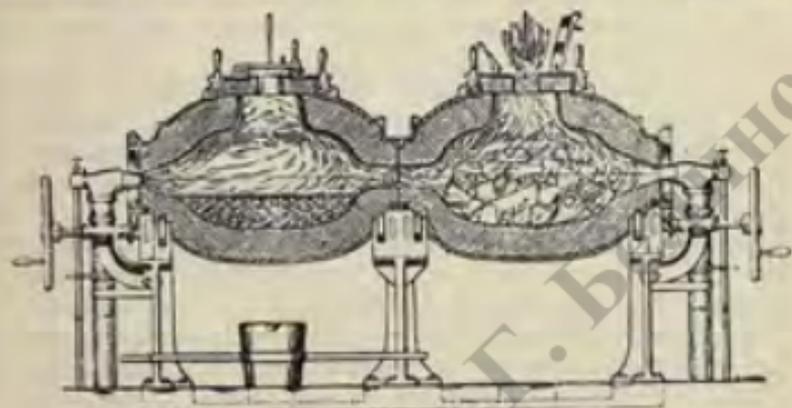
В заключение статьи о вагранках необходимо заметить, что действие вагранки весьма мало зависит от ее конструкции. Всевозможные усовершенствования по меньшей мере бесполезны: чем вагранка проще, тем лучше. Все дело заключается в правильной установке процесса, главным образом в определении нормальной толщины колош, в соответствии с величиной плавильного пояса, которая в свою очередь зависит от скорости прохождения воздуха. Таким образом, необходимо каждую вновь построенную вагранку внимательно изучить и путем опыта найти для нее надлежащее давление дутья и размеры колош. Все это сделать тем легче, чем проще явления, совершающиеся в вагранке.

Поэтому следует придавать вагранке простой цилиндрический профиль; фурмы лучше всего располагать все на одном уровне и придавать им широкое сечение, так, чтобы сразу получить совершенно равномерное распределение воздуха. Конечно, желательны всякие усовершенствования, достигающие известных целей, если только они не усложняют самого процесса. Сюда относятся: передний горн.

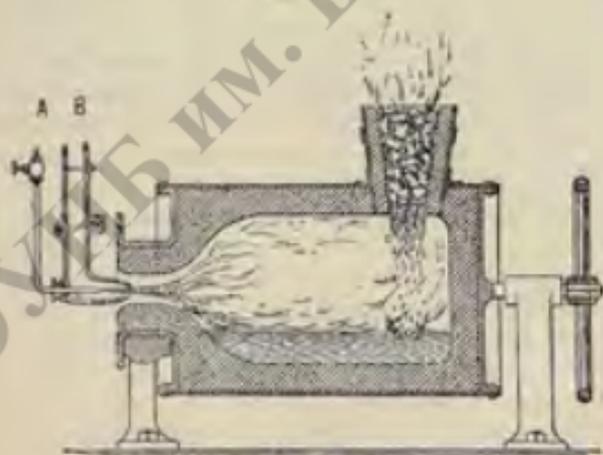
фурмы для дополнительного дутья в умеренном количестве *Грейнера*, смотровые окошки в разных местах шахты и многие другие чисто конструктивные детали.

#### Д. ПЛАВКА В КОНВЕРТЕРАХ.

Плавка стали в конвертерах *Бессемера*, а также в конвертерах малой емкости *Робера*, *Тропенаса* и др. является процессом чисто



Фиг. 35.



Фиг. 36.

металлургическим. Поэтому мы на этой плавке останавливаться не будем. Однако, небольшие печи в роде конвертеров применяются

и для переплавки. Одна из таких печей фирмы The Monarch Engineering Manufacturing Co изображена на фиг. 35.

Печь состоит из двух реторт: в одной происходит плавка, в другой металл подогревается. Отопление нефтяное, при помощи воздушных форсунок, работающих попеременно, то левая, то правая.

Такая же печь, но одноместная, изготовлена лет 20 назад американским заводом *I. Рахол С<sup>о</sup>*, согласно патенту *Шарль* (фиг. 36).

Несколько лет назад появилась подобная же печь русской конструкции под названием «Мечта». (См. Оргасправочник, 1924, Т. II, стр. 121.)

Она отличается от последней печи тем, что против форсунки внутри печи выложен порог, в который ударяет струя нефти и воздуха. Порог разделяет внутренность печи на две части; перед порогом образуется так называемая камера сгорания, а за порогом — рабочее плавильное пространство.

СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛЫХ

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

### ФОРМОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

#### Свойства формовых материалов.

**Свойства.** Хороший формовой материал должен обладать весьма многими качествами, из коих важнейшие: пластичность, однородность, связь между частицами, проницаемость, безусорность, податливость и дешевизна.

**Пластичность**, т. е. свойство, благодаря которому формовой материал хорошо воспринимает отпечаток модели, служащей для приготовления формы, и сохраняет приданный ему вид даже и в том случае, когда вливаемый металл стремится слить выступающие части формы.

Практически это качество определяется таким образом: в руке сжимают возможно сильнее комок сырой формовой земли, затем раскрывают руку и рассматривают комок. Его поверхность должна отпечатать даже самые мелкие складки кожи. Потом бросают этот комок с высоты одного фута на твердую плоскую поверхность, причем комок может распадаться на крупные куски, но не должен рассыпаться на мелкие части.

**Однородность** определяется наощупь. Берут немного формовой земли и растирают между пальцами; при этом не должно ощущаться отдельных зерен.

**Связь** между зернами формовой земли будет тем больше, чем больше в ней заключается глины. Это сцепление увеличивается при смачивании формовой земли водою; однако, хорошая формовая земля должна содержать только самое необходимое для сцепления количество влаги, потому что сырость формы вообще оказывает вредное влияние на качество отливок. Сцепление между песчинками зависит также и от их формы. Песчинки должны иметь неправильную форму с зазубренными поверхностями.

**Проницаемость** нужна в формовом материале для того, чтобы заключающийся в форме воздух, а также образующиеся в ней при отливке газы и пары могли свободно проходить сквозь ее стенки;

в противном случае эти газы должны бы выходить через то же отверстие, через которое вливается металл, производя его бурление, а иногда и выкидывая часть жидкого металла из формы. Степень проницаемости узнается таким образом: в стакан известного объема насыпают выше краев формовой земли, срезают линейкой землю ровень с краем стакана и поливают понемногу водою из сосуда, в котором можно определить объем вылитой воды. Сначала вода быстро впитывается землей, затем впитывание идет медленнее, и, наконец, поверхность земли начинает блестять; это происходит в тот момент, когда все промежутки между зернами земли наполнятся водою, объем которой и будет равен объему промежутков. В хорошей формовой земле он должен равняться около 24% объема земли.

Собственно говоря, таким способом мы определяем не проницаемость, а пористость, что не совсем одно и то же. Проницаемость можно определить и непосредственно. По способу *Steinitzer'a* для этого применяется сосуд *Marriott'a*. Из него сначала выпускается с постоянной скоростью определенный объем воды, например, 100 куб. см, и замечается время. Затем стеклянная трубка, опущенная в сосуд, соединяется при помощи резиновой трубки с цилиндром, наполненным землей, набитой с надлежащей плотностью. Цилиндр снабжен решетчатыми днищами. Воздух проходит сквозь землю в цилиндрике, при чем сила всасывания остается постоянной. По замедлению вытекания воды судят о проницаемости земли.

Песок однородный всегда будет более проницаем, чем неоднородный. Действительно, мелкие крупицы в неоднородном песке размещаются в пустотах, образованных большими зернами, уничтожая пористость песка. Особенно вредна в этом отношении пыль, которая обязательно должна быть удалена.

Огнеупорность необходима, чтобы земля не расплавлялась от соприкосновения с расплавленным металлом; иначе на поверхности отливки получилась бы стекловидная очень твердая корка, чрезвычайно затрудняющая механическую обработку режущими инструментами. Кроме того, слой расплавившейся земли мешал бы удалению газов, затаив ее поры.

Далее от формового материала требуется свойство податливости, чтобы металл при охлаждении мог свободно сокращаться, и дешевизна, так как материала формового идет очень много.

В настоящее время указанные свойства стараются определять более точно, устанавливая определенные методы испытания.

Прочность песка определяется по *Outerbridge'y* таким образом: формуется из земли квадратная призма в 1" в поперечнике и 6" длины

и кладут ее на доску так, чтобы часть призмы свешивалась над краем доски. По длине свешивающейся части судят о крепости песка.

*Slow* такую же призму, но длиной  $4\frac{1}{2}$  испытывает на изгиб, подвешивая к середине призмы тот или иной грузик.

*Nilsen* определяет проницаемость числом

$$\lambda = \frac{v}{pt},$$

где  $v$  — объем в литрах воздуха, проходящего через определенный цилиндр, наполненный песком;  $p$  — давление в атмосферах и  $t$  — число минут.

В зависимости от различных сортов, влажности и плотности набивки  $\lambda$  колеблется в широких пределах.

Прибор *Nilsen's* состоит из тонкого цилиндрического колокола, опущенного открытым концом в воду и поддерживаемого в вертикальном положении посредством тяжелого кольца, прикрепленного к нижнему концу. Давление воздуха под колоколом измеряется разностью уровней вне и внутри колокола. В дно колокола вставляется трубка, наполненная песком. По мере просачивания воздуха через песок, колокол опускается, но давление под ним остается практически постоянным. Проба высушенного на воздухе песка увлажняется до 7% по весу и после тщательного перемешивания и просеивания в определенном по весу количестве набивается в трубку до высоты в 20 м.м. Диаметр трубки равен 20 м.м.

Союз американских литейщиков (*American Foundrymen Association*) выработал стандартные методы испытания песков.

Величина и форма зерен определяется помощью аппарата, состоящего из девяти расположенных одно над другим сит №№ 6, 12, 20, 40, 70, 100, 140, 210 и 270. Номер сита обозначает число отверстий, приходящихся на один дюйм. Величина отверстий равняется одному дюйму, деленному на номер сита минус толщина проволоки, которая

ди №№	6	12	20	40	70	100	140	210	270
разм. м.м.	1,02	0,69	0,42	0,25	0,14	0,102	0,074	0,053	0,041.

При исследовании песков, совершенно свободных от глины и других связывающих веществ, на верхнее сито кладут 100 г хорошо просушенного песка и приводят в действие встряхивающий механизм. После получасового встряхивания производится взвешивание песка на ситах. Если песок содержит в себе связывающие вещества, то он должен быть предварительно промыт.

Для этого 50 г хорошо высушенного песка помещают в бутылку и наливают в нее 475 куб. см воды с 25 куб. см раствора едкого

натра (10 г на 1 литр) и взбалтывают в течение одного часа в аппарате, в котором бутылка со скоростью 60 оборотов в минуту вращается около горизонтальной оси, проходящей через бутылку перпендикулярно к ее оси, так что бутылка поворачивается горлышком то вверх, то вниз. Помощью сильной струи смывают песок со стенок и дают воде отстояться в течение 10 минут, после чего воду удаляют пипеткой, опущенной на 70 мм от дна. Затем наполняют бутылку свежей водой и продолжают такую промывку, пока после пятиминутного отстаивания вода не окажется совершенно прозрачной. Затем содержимое бутылки пропускается через фильтр, осадок смачивается спиртом и высушивается вместе с фильтром при температуре 105—110° в большом стакане. Фильтр затем сжигается и производится взвешивание песка. Уменьшение веса песка дает содержание в нем связывающих веществ.

Аппарат для определения газопроницаемости построен по тому же принципу, как и прибор Нильсена, с той разницей, что воздух вытесняется через трубку, помещенную не в днище плавающего колокола, а в дне сосуда с водой. Трубка поднимается под колокол почти до его верха. Песок помещается в цилиндрической трубке в определенном количестве и набитый до определенного давления. Измеряют время прохождения 2 литров воздуха и его давление.

Для определения связывающей способности песка пользуются машинной *Dofy*. Отвешивают такое количество испытуемого влажного песка, которое соответствует 1000 г сухого. После этого песок просеивается в разъемный ящик и разравнивается ровным слоем. На дно ящика кладется полоса промасленной бумаги, свободный конец которой заворачивается на поверхность песка. Песок в ящике закрывается крышкой, на которую кладется колодка из твердого дерева; затем ящик ставится под копер.

Баба последнего, весом в 9070 г, падает 6 раз с высоты 40 см. Ящик раздвигается, и песок остается на доннышке в форме бруса. Отклонение в толщине последнего не должно превосходить 1,2 мм, сама же толщина получается около 25,4 мм = 1". Ширина бруса 4".

Затем за свободный конец бумаги начинают стягивать брус песка с доннышка ящика, так что брус свешивается над краем доски. Это стягивание производится помощью моторчика со скоростью 15 см в минуту. Свешивающийся конец бруса отламывается от собственного веса. Чем больше выдвигается брус над краем, тем песок прочнее. Измеряется вес отломанного куска. Затем двигают брусок дальше до новой полойки. Если песок однородный и одинаково уплотнен, то отломанные куски будут приблизительно одинакового веса. Отклонения веса не должны превосходить 10% от среднего

веса. Если толщина бруска не равна 25,4 мм, то полученный вес пересчитывается на 25,4 мм и на сухой песок.

Например, средний вес . . . . .	250 г
толщина бруска . . . . .	27,9 мм
пересчит. на 25,4 мм вес . . . . .	227,2 г
содержание воды . . . . .	6%
× сухого песка . . . . .	94%
вес, пересчит. на сух. песок . . . . .	213,6 г

Прочность определяется в  $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ , считая 100%, если вес равен 500 г. Таким образом в нашем примере прочность  $= \frac{213,6}{500} \cdot 100 = 42,7\%$ . Кроме испытания свойств песка, весьма важно определение плотности набивки форм. Для этого имеются приборы *Trenheit's* (фиг. 37) для горизонтальных и вертикальных поверхностей.

Идея этих приборов та же, что и в прессе *Бринелля*. Измеряются давление по манометру и величина отпечатка.

Если глубина отпечатка  $h$ , радиус шарика  $r$ , то поверхность отпечатка  $2\pi r h$ ; давление  $P$ .

Плотность набивки  $\frac{P}{2\pi r h} = H$ . При  $P = 500$  г и  $r = 20$  мм

$$H = \frac{5}{h}$$

### Сорта формовочных материалов.

Главными составными частями формовочных смесей являются песок и глина. В общем можно сказать, что чем больше глины, тем земля прочнее, но зато менее проницаема. Однако эти качества зависят и от самого песка.

Песок встречается как горный, так и речной. Разница в том, что песчинки горного песка представляют собою осколки разрушившихся (выветрившихся) горных пород и представляются в виде как бы мелкого щебня с острыми зазубренными кромками и шероховатости поверхностями или в виде пластинок неправильной формы, тогда как песчинки речного или морского песка, вследствие перекачивания их течением воды, закруглены и напоминают маленькие будничники. Первые песчинки лучше между собою сцепляются. Поэтому горный песок сам по себе прочнее и требует меньше глины и влаги для сцепления. Зато речной песок проницаемее для газов и более податлив под давлением усаживающейся отливки



Фиг. 37.

Огнеупорность песка зависит от его чистоты. Чистый белый кварцевый песок легко выдерживает температуру до 1630°. Температура плавления чистой белой глины достигает 1850°. Таким образом смесь чистого песка с чистой глиной представляется весьма огнеупорной и вполне пригодна для стального литья. Обыкновенные же песок и глина содержат посторонние примеси: разные щелочи, щелочные земли, окись железа и пр., сильно понижающие огнеупорность. Чем больше этих примесей, и чем они разнообразнее, тем хуже огнеупорность. Последняя зависит также и от величины и формы зернышек песка: чем они крупнее и округлее, тем и огнеупорнее. Особенно вредной примесью надо считать известь, доломит, полевой шпат, так как в этом случае песок растрескивается, превращается в пыль и теряет пористость. Вообще следует допускать в формовочном песке не более 2% извести, 5% окиси железа, 0,5% щелочей; всего же в сумме всех этих примесей не более 5% для стального и крупного чугунного литья и 7% для среднего чугунного.

Глина служит главным образом для связи между песчинками, но, как мы видели, она в то же время понижает проницаемость. Поэтому очень много ее не должно входить в смесь.

Считают, что глинозема, т. е. окиси алюминия ( $Al_2O_3$ ) входит в формовочные земли 5—10%; глинозем же составляет около 40% чистой глины (каолина); таким образом 5—10% глинозема соответствуют 12,5—25% глины. Обыкновенная же неогнеупорная глина содержит всего около 20% глинозема; следовательно, 5% глинозема в формовочной земле, это — все равно, что 25% простой глины.

С другой стороны,  $Al_2O_3$  входит в состав полевого шпата; кроме того, глина под влиянием высокой температуры спекается, после чего теряет способность склеивать; таким образом, химический анализ может дать лишь приблизительное представление о количестве глины и качествах земли. В этом отношении вернее проба на краску. Дело в том, что составные части земли, связывающие ее, в то же время обладают способностью поглощать некоторые краски. Берут,  $\frac{1}{2}$  г зеленого анилина и растворяют его в 250 г воды, взбалтывая в течение 5 минут. Тогда всыпают 50 г песку и взбалтывают в течение 10 минут. После отстаивания в течение 12 часов раствор оказывается более или менее обесцвеченным, так как часть краски поглощается активной частью глины. Сравнивая по цвету этот раствор со свежим, легко определить, какая часть краски поглощена, а по поглощению краски судить о склеивающей пластичности земли.

Чистая белая глина (каолин), из которой делаются фарфоровые изделия, чрезвычайно огнеупорна, в ней содержится около 40% гли-

нозема ( $Al_2O_3$ ), обыкновенная же глина имеет цвет желтый, бурый, зеленый, синий и т. д., в зависимости от загрязняющих ее веществ. Все они понижают огнеупорность глины. Благодаря посторонним примесям, содержание глинозема в глине понижается до 16—17%.

Глина обладает способностью во влажном состоянии связывать между собою песчинки. В сухом же виде глина легко разламывается и растирается в порошок. Поэтому смешивание песка с глиной можно производить как в мокром, так и в сухом виде.

При накаливании глина подвергается разложению и теряет связывающую способность. Это называется спеканием. При увлажнении глина разбухает, при высыхании снова сжимается. Этим объясняется, что в земле с большим содержанием глины со слабой проницаемостью эта проницаемость повышается, если землю подвергнуть сильной просушке.

Кроме песка и глины, в формовочные смеси добавляют различные добавочные вещества, как, например, каменный уголь, шерсть, конский навоз, опилки и др. Каменный уголь мелко размалывается в порошок и тщательно смешивается с землей. Порошок угля должен окружить каждое зернышко песка. Роль его состоит в том, что во время заполнения формы горячим металлом каменный уголь подвергается перегонке, при чем из него выделяются газы. Эти газы образуют оболочки, мешающие зернам песка спекаться между собою. Кроме того, разложение угля отнимает теплоту и охлаждает песок, что также предохраняет песок от спекания и делает его как бы огнеупорнее. Но, с другой стороны, разложение угля сопровождается выделением газов, которые должны удаляться сквозь формовочный материал. Поэтому надишек угля не следует допускать. Чем массивнее отливка, т. е. чем толще ее стенка и чем горячее металл, тем больше жару подучается во время отливки и тем более надо добавлять каменного угля. Поэтому для отливки изделий из разных сплавов, как имеющих сравнительно низкую температуру, нет никакой надобности добавлять каменный уголь. Для чугунных отливок он обыкновенно добавляется.

Уголь должен давать возможно больше газа; чем больше газа он дает, тем меньше можно прибавлять угля.

Далее роль газовых оболочек состоит в том, что они понижают теплопроводность песка, так что вся масса песка не так сильно нагревается, но зато тем сильнее нагревается слой песка, непосредственно примыкающий к металлу. Однако, образующийся здесь газ отделяет песок от металла и не позволяет песку прикипать к отливке, благодаря чему отливка получается с чистой более красивой поверхностью серовато-синего цвета.

В угле должно быть возможно мало золы.

Из рассмотрения действия каменного угля понятно, что он должен быть чрезвычайно измельчен и самым тщательным образом перемешан с песком, чтобы каждая песчинка была окружена угольной пылью. Крупные крупинки угля не только бесполезны, но даже вредны, так как они, выгорая на поверхности формы, образуют на поверхности отливки бородавки.

Для суждения о качестве угля бросают горсть порошка на раскаленное железо. Чем скорее вспыхнет уголь и чем меньше останется кокса и золы после его сгорания, тем уголь лучше.

Конский навоз примешивается к жирным, т. е. содержащим большое количество глины, формовочным смесям. Его роль отчасти та же, что угля в песке. Навоз от жары также выделяет газы, волокна, находящиеся в нем, сгорают, и получается хорошая пористость. Если в смеси очень много глины, то при высушивании могут образоваться трещины; прибавка же навоза, благодаря волокнистости, не дает образоваться крупным трещинам.

Большая связующая сила навоза позволяет увеличить пропорцию песка, который, образуя твердую основу, понижает общую усадку; а так как сама глина сильно сжимается, то и образуются мельчайшие трещинки между песчинками, облегчающие прохождение газов сквозь материал формы.

Вместо конского навоза для тонких работ применяется иногда коровий.

Смешивание производится в сухом виде, чаще же в мокром. Глину и навоз раскладывают попеременными тонкими слоями на железную плиту и несколько раз пробивают их круглым железным шестом, перелопачивая смесь каждый раз, или перемешивание производится помощью глиномялок и бегунов.

Если формовочная смесь слишком жирна и ее желают сделать более тощей, то прибавляют древесного угля, речного песка, кокса; для большей огнеупорности прибавляют молотого графита, шамота или кварца.

Формовочные смеси встречаются самые разнообразные. Каждая литейная применяет до 10 и более сортов, в зависимости от рода и величины отливок. Указать точные рецепты нет никакой возможности, так как отчасти, как мы видели, химический состав и не дает точных указаний, отчасти же потому, что смеси составляются обычно без всяких анализов, а путем практического навыка из имеющихся под рукой местных материалов.

Но все же формовочные смеси можно разделить на несколько сортов.

**1. Тощий песок (тощая земля).** Он состоит из песка с некоторым содержанием глины (глинозема 5—6%). Идет на формовку отливок из разных сплавов и главным образом чугуна, при чем от него не требуется особая огнеупорность. Поэтому тощий песок составляется из обыкновенных материалов, т. е. обыкновенного красного или желтого песка и обыкновенной глины. Вследствие сравнительно малого содержания глины, связь между песчинками не достаточно велика, и поэтому форма до самой отливки должна оставаться сырой, так как влажность помогает сцеплению частиц. После же высыхания тощий песок распадается. Иногда встречаются в природе тощие пески, непосредственно годные для формовки. Если же они слишком тощи, то приходится прибавлять глину в виде порошка или в виде жидкого раствора. Для лучшей связи песчинки должны иметь неправильную форму остrokромчатых осколков, т. е. песок берется торный.

Если песок чересчур жирен, то можно к нему прибавить отошающих веществ в виде чистого кварцевого песка, древесного угля или можно прокалить песок при температуре около 400°, тогда глина отчасти обжигается в неразбухающую массу, и песок отошается. Тот же самый процесс происходит каждый раз во время отливки. Вот почему старый бывший в употреблении песок приходится освежать прибавлением к нему некоторого количества нового (20% и более). Главное внимание должно быть обращено на самое тщательное перемешивание.

Но так как прочностью и пластичностью должна обладать только поверхность формы, то только для слоя земли, непосредственно прилегающей к модели, и необходимо такое освежение. Чтобы отлитый предмет получил гладкую поверхность с отчетливо вырисованными ребрами, песок не должен быть слишком крупным. В виду этого, если желают получить особенно отчетливую отливку, прибегают тогда даже к искусственному размельчению зерен песка. Такое измельчение для каждого сорта песка имеет определенный предел, за которым он теряет свою пористость. В обыкновенном песке оно может доходить до 0,1 мм.

Особенно хорошие сорта допускают измельчение до 0,04 мм без потери пористости. Такой тонкий песок употребляется при отливке очень чистых художественных изделий.

Если в форму, приготовленную из тощей земли, наливать металл с высокой температурой плавления, особенно когда отливка значительной величины и медленно остывает, то земля не выдерживает сильного нагрева и плавится, образуя на поверхности отливки трудно удаляемую корку. Во избежание такого пригорания песка, к нему

примешивается до 15% мелкодробленого жирного каменного угля. При высокой температуре происходит возгонка угля, и выделяющиеся газы окружают зерна земли, не давая им спекаться между собой, а также прикипать к поверхности отливки.

Это касается опять только слоя земли, ближайшего к модели.

Спекание земли зависит не только от температуры металла, но и от его массы. Чем тоньше отливка, тем слабее она нагреет землю, а потому к земле для очень тонких отливок нет надобности прибавлять каменного угля.

Для выбора пропорции угля можно руководствоваться следующей таблицей:

Толщина стенок отл.	% кам. угля
< 10 мм	0
10 — 20 "	5
25 — 50 "	10
50 — 100 "	12
> 100 "	15

Земля, непосредственно годная для формовки, редко встречается в природе в готовом виде. Обыкновенно приходится ее смешивать из нескольких сортов. В Ленинграде большим распространением пользуются гатчинский и ладожский пески.

При всех выгодах отливки в сырой песок — дешевизне, простоте и легкости формовки, не требующей просушки формы — этот способ страдает крупными недостатками, а именно незначительной связью, что не позволяет пользоваться этим способом для отливки высоких предметов, так как форма при этом подвержена большому гидравлическому давлению, а также предметов с сильно выступающими частями. Вторым недостатком отливки в сырую форму является быстрое охлаждение поверхности отливки, что влечет за собой в чугунных отливках отбеливание, большей частью совсем нежелаемое.

В виде этого, очень часто производят отливку в просушенную заранее форму.

В этом случае и формовой материал употребляется иной, а именно — жирная земля.

**2. Жирная формовая земля и масса.** Здесь уже не приходится рассчитывать на связующее действие воды; а потому вся связь должна быть достигнута помощью глины, почему содержание глинозема  $Al_2O_3$  и увеличивается до 12%. Пористость такой земли в сыром виде, как мы видели, незначительна; формы из нее подвергаются просушке и даже прокаливанию, а при этом они получают достаточную пористость и, кроме того, большую крепость, настолько зна-

чительную, что даже тонкие выступающие части формы несколько не уступают давлению струи заливаемого металла. Если песок слишком жирен, то к нему прибавляют некоторые отошающие вещества, как-то: кварц, графит, кокс, древесный уголь, шамот (т. е. золотую обожженную глину), огнеупорный кирпич, старые тигли и т. п.<sup>1)</sup>

Жирная земля, как и тощая, требует обновления при повторительных отливках.

При прокаливании формы глина получает большую усадку, но так как твердые частицы песка, а также примешанных веществ не позволяют уменьшаться общему объему всей массы, то получается много мелких расположенных между отдельными песчинками трещин, которые, не представляя опасности для прочности формы, в то же время делают ее более пористой.

Если отливка производится из стали, то от формы требуется особая огнеупорность, и тогда ее готовят из шамотовой или кварцевой массы.

В Германии распространена шамотовая масса, состоящая из шамота и огнеупорной глины, к которой прибавляют иногда графита или кокса.

Во Франции и Бельгии предпочитают кварцевую массу, состоящую из кварцевого песка или молотого кварца и огнеупорной глины.

Хороша для стальной отливки особая масса, состоящая из 6—7 частей кварцевого песка и 1 части ржаной муки вместо глины. Такая масса не прокаливается, а лишь высушивается. При этом она делается податливой, что очень важно в виду большой усадки стали.

Формы из массы получают особенно отчетливые отпечатки, вследствие чего при производстве тонких художественных работ всегда прибегают к формовке в массе.

Формовку из жирной земли называют формовкой в сухом песке. Это название неудачно, потому что формовка и здесь производится в сыром материале, а в сухую форму только отливают.

**3. Глина.** Это очень жирный песок (скорее глина с песком), смешанный с различными волокнистыми органическими веществами, как-то: солома, шерсть, навоз, мякина. Все эти вещества примешиваются с целью уменьшить склонность глины давать крупные трещины. Кроме того, они при сушке выгорают и образуют массу мелких канальцев для выхода газов и паров. Самую обыкновенную примесь является конский навоз, которого идет от  $\frac{2}{3}$  до равного по объему количества глины. Для более тонких отливок, вместо

<sup>1)</sup> Песок для жирной земли, ради огнеупорности, должен быть более чистый: количество примесей в нем не должно превышать 5%.

конского, употребляется коровий навоз или шерсть. Эта смесь смачивается водою настолько, что превращается в жижу.

В высушенном виде глина имеет еще большую крепость, чем масса. Она идет почти исключительно на формовку по шаблонам и на приготовление шишек. Для последней цели употребляется глина более тощая.

Отличительные особенности описанных материалов настолько характерны, что ими обуславливаются совершенно особые приемы формовки для каждого материала. Земля, тощая или жирная, представляется в виде сыпучего тела; чтобы из нее приготовить прочную форму, ее необходимо уплотнить посредством сдавливания, трамбования и проч. Такое сжатие земли возможно произвести только тогда, когда она не может раздаться в стороны. Отсюда необходимость применения особых ящиков, так называемых опок, внутри которых и изготовляется форма.

Глина, наоборот, является тестообразной массой, которую нет надобности уплотнять. В данном случае опок оказываются излишними. Форму из глины приходится лепить. Для прочности ее связывают как бы внутренним скелетом, состоящим из проволоки или железных полос и стержней, связанных между собою тонкою проволокою. Модели в этом случае также не употребляются, так как из липкой тестообразной массы было бы невозможно вынуть модель.

**4. Постоянные формы** имеют меньшее значение, чем обыкновенные формы из пластичных материалов, и, вследствие дороговизны, употребляются лишь в тех случаях, когда нужно отлить большое число однообразных предметов, главным образом из мягких металлов, как оловя, свинец и т. д.

Последние часто отливают в форме из асбеста. В такие формы, вырезанные в асбестовых плитках, отливают оловянных солдатиков.

Латунные доски, из которых прокатывается листовая латунь, отдаваясь прежде в формы из песчаника или гранита. Они соединяют в себе плохую теплопроводность с постоянством. Гранитная форма легко может треснуть, если она не подогрета надлежащим образом.

Наконец, часто употребляют чугунные формы для отливки медных, бронзовых, чугунных и даже стальных изделий.

Сюда же надо отнести чугунные изложницы, в которые отливаются железные и стальные болванки.

Постоянные формы не обладают способностью уступать, поддаваться под влиянием усадки охлаждающегося металла; следовательно, самой отливке приходится претерпевать деформации. В вязких металлах такие деформации проходят без вреда для изделий; в твер-

дах же они повели бы за собой образование трещин. Поэтому для таких твердых металлов, как бронза, сталь, чугун, металлические формы можно применять только для самых простых форм отливок, или же форму нужно разнимать, как только отливка затвердеет, и даже не во всю толщину, а только с поверхности.

В некоторых случаях применяются металлические формы со специальной целью достигнуть быстрого охлаждения отливки. Это имеет место при изготовлении чугуновых изделий с закаленной, отбеленной поверхностью. Отбеливание чугуна происходит тем сильнее и на тем большую глубину, чем массивнее форма. Толщина отбеленной корки иногда доходит до 3".

Металлические формы перед отливкою подогреваются до температуры 200—250°, чтобы слишком быстрое нагревание их от жидкого чугуна не вызвало образования трещин. Подогревание формы не вредит закалке, а даже действует в этом смысле благоприятно, так как при отливке чугуна в холодную форму быстро образуется корка застывшего, сильно нагретого металла, которая мешает дальнейшему отбеливанию глубже лежащих слоев. Сам чугун должен быть возможно холодным, чтобы не нагреть слишком форму до начала застывания.

Чтобы совместить с отбеливающей способностью металлических форм некоторую пластичность и дешевизну изготовления, стенки формы готовят из чугуновых или железных стружек и опилок, смешанных с некоторым количеством глины (15—20%).

Получаемая в таких формах закалка выходит слабее, чем в сплошных металлических формах.

### Формовочные материалы для шишек.

Шишки во время отливки окружены со всех сторон расплавленным металлом. Следовательно, они находятся в особенно неблагоприятных условиях. Газам приходится совершать длинный путь вдоль всей иногда очень длинной шишки. Поэтому, несмотря на то, что в шишках устраиваются особые каналы для прохода газов (вентиляция), самый материал шишки должен быть очень проницаемым. Поэтому глина в качестве связующего вещества здесь не желательна, так как она сильно влияет на проницаемость, закупоривая поры; песок должен быть возможно свободный от глины, т. е. речной или морской, а для связи надо применять такие вещества, которые бы не влияли вредно на проницаемость. При выборе песка особенное внимание должно быть обращено на то, чтобы в нем не было известняка, так как при обжиге шишек известняк ( $\text{CaCO}_3$ ) выделяет угле-

кислоту, а обожженная известь (СаО) закупоривает поры хуже всякой глины.

В качестве связующих веществ применяются масла, декстрин, ржаная мука, крахмал, столярный клей, каинфоль и др.

**1. Масла** являются наилучшим связующим веществом. Песок, в случае применения масел, не должен содержать щелочей, так как они обмыливают масло, которое теряет свою связывающую силу. Также в песке не должно быть совершенно глины. Песок, смешанный с маслом, должен быть, кроме того, увлажнен водой. Смешивание лучше всего производить на машинах, однако таких, которые не растирают песок. Ручным перемешиванием почти невозможно достигнуть хорошего результата.

Если не считать масла китайских орехов, которое дает очень прочные стержни, но трудно удаляемые из готовых отливок, и китового и рыбьего жира, вследствие невозможной вони во время сушки и особенно отливки, то наиболее употребительным маслом остается льняное.

Шпшки на сыром льняном масле высушиваются при температуре около 200°; после отливки, от жара металла они теряют всякую связь и рассыпаются в порошок, так что удаление их из отливки не требует никакого труда. Прочность шпшек достигает 6 кг на квадратный сантиметр.

Продажное вареное масло легко окисляется и поэтому хуже сырого. Оно только в одном отношении лучше сырого, а именно: оно не так липко, и работа с ним несколько легче. После отливки шпшки на вареном масле не так рассыпаются, как на сыром. При сушке шпшек происходит удаление влаги и окисление масла. Поэтому необходима хорошая циркуляция воздуха. Без этого даже после продолжительной сушки при высоких температурах шпшки остаются липкими. Правильно просушенные шпшки на масле совершенно не гигроскопичны, т. е. они не отсыревают, их можно очень долго хранить на воздухе и закладывать в формы задолго до отливки. При продолжительном хранении полезно на один литр масла прибавить столовую ложку свинцовой окиси.

**2. Сульфидные щелока**, имеющиеся в продаже под названием глютрин и глютроза.

Это отброс целлюлозного производства. Они состоят из воды, танина, древесного сахара и растворимых смол. Щелоки могут долго сохраняться и не портятся. Щелочи сильно понижают связывающую силу щелоков. Шпшки на щелоках отличаются тем, что при сушке не изменяются ни по форме ни по величине. Они имеют твердую корку, внутри же гораздо мягче. Они особенно пригодны

в том случае, если отливка должна иметь точную форму. Сушку шишек надо производить при температуре в  $180^{\circ}$ .

3. **Патока**, получающаяся при производстве сахара из свекловичной, состоит из воды, сахара и многих посторонних веществ. Она легко начинает бродить и тогда теряет связывающую способность. Шишки на хорошей патоке очень прочны (3,5 кг на кв. см). Особенную тщательность требует высушивание шишек на патоке, так как сначала испаряется вода, затем патока начинает кипеть, становится очень жидкой и прекрасно обволакивает все зерна песка, после чего твердеет; но если сушку не прекратить в этот момент, то дальше патока перегорает, и шишки теряют всякую крепость. Поэтому для таких шишек надо иметь особый шкаф и точно наблюдать за температурой и временем сушки. После отливки шишки легко выбиваются из отливок.

4. **Канифоль (гарпунс)** размалывается в порошок и в таком виде примешивается к песку. При нагревании канифоль плавится, обволакивает песчинки и связывает их. Прочность шишек на канифоли достигает  $1\frac{1}{2}$  кг на 1 кв. см. Сушку надо производить при температуре в  $140-175^{\circ}$ . Нагрев до  $300^{\circ}$  совершенно разрушает шишку. Если шишечная масса приготовлена на канифоли из совершенно чистого речного песка, то она абсолютно не гигроскопична, и шишки без вреда можно сохранять годами. Во время отливки выделяются пары, но не столь тяжелого запаха, как при масляных шишках. Вследствие большой пористости шишки на канифоли не требуют вентиляции. Окраска их чернилами также излишня. Количество канифоли около  $\frac{1}{15}$  по объему.

5. **Мука**. Шишки с мукой редко достигают прочности 0,8 кг на кв. см. Если нужно прочность повысить, то прибавляют канифоли или сульфидных шлаков. После отливки мучные шишки рассыпаются и легко выколачиваются из отливки. Мучное тесто закупоривает поры; поэтому в данном случае необходима хорошая вентиляция шишек. Их также необходимо окрашивать чернилами. Сушку производят при температуре от  $175$  до  $190^{\circ}$ , при чем температуру надо сразу поднять до надлежащей высоты. Тогда на поверхности шишки образуется твердая корка; внутренность же остается рыхлой и не мешает усадке отливки. Применяется мука картофельная, пшеничная и ржаная. В Германии наиболее употребительна картофельная; но она не должна быть затхлой; хорошая картофельная мука узнается по характерному скрипу, если сжимать ее в мешке. Картофельную муку размешивают в холодной воде, чтобы не было комков, затем дают один раз вскипеть и в горячем виде смешивают жидкость в количестве  $\frac{1}{30}$  с речным песком. Кипеть раствор должен самое

короткое время, так как продолжительное кипячение отнимает от него связывающую силу. Охлажденный раствор очень легко скисает и портится. Поэтому шišки надо готовить без промедления и сейчас же высушивать в сушилах.

В Америке предпочитается пшеничная мука. Приготовление отличается тем, что раствор совершенно не подвергают кипячению.

У нас чаще применяется ржаная мука, которая дает меньше трещин, чем пшеничная. Связывающая способность муки зависит от находящегося в ней крахмала и особенно клейковины. Последняя легко разлагается и сообщает муке затхлость. Вот почему затхлая мука и не годится. Мука с большим содержанием клейковины имеет желтый цвет и масляниста наощупь.

Мука должна быть: а) свободна от посторонних минеральных и растительных тел; б) в рассыпанной тонким слоем муке не должно быть заметно частиц клейковины; в) не должно быть затхлого запаха; г) содержание золы не должно превышать 1,35%, жиров — 2,5%, растительных волокон — 1,25%.

**6. Квелин.** Обыкновенный крахмал образует клейстер лишь с горячей водой, а в холодной не растворяется. Квелин представляет собой белый порошок, полученный из крахмала посредством некоторой химической обработки. Он растворяется в холодной воде и обладает большей связывающей силой, чем обыкновенный крахмал. В количестве 1% он примешивается к обыкновенному сухому песку, а затем смесь увлажняется. Шišки получаются на столько прочные, что их после набивки в ящики сейчас же можно вынимать. Высушенные шišки очень прочны и воздушны и не нуждаются в каркасах. После отливки шišки рассыпаются и легко выбиваются из отливок.

Работа с квелином много чище и приятнее чем с горячим мучным отваром. При сушке и отливке выделяется очень мало газов и притом не пахнущих. По своей связывающей силе 1 кг квелина заменяет 4 кг декстрина, 6 кг сульфидных щелочей и 8 кг патоки. Квелиновый песок без порчи может лежать несколько дней, а после сушки шišки можно хранить очень долго, так как они не гигроскопичны и не отсыревают.

**7. Декстрин.** Декстрин имеет тот же состав, что и крахмал и получается посредством нагревания крахмала до 200°. Он имеет бурый цвет. Более дорогой отбеленный декстрин не представляет никаких преимуществ сравнительно с темным. Декстрин растворяют в горячей воде и смешивают с речным песком, слегка увлажненным. Высохшие на воздухе шišки уже на столько прочны, что их можно вынимать из ящиков; далее они высушиваются при температуре

около 150°. Они легко выколачиваются из отливок, но гигроскопичны еще больше, чем мушкетерские шашки; поэтому должны укладываться в формы непосредственно перед отливкой. В высушенном виде их прочность равна 0,8 кг на кв. см; но, отсыревая, они быстро размягчаются. Прибавка сульфидного шелока повышает прочность. Декстриновые шашки требуют хорошего вентилирования, хотя они и выделяют мало газов.

Хороший декстрин не должен содержать более 9,5% воды, 3,6—4,8% сахара и 0,35% золы. Раствор декстрина не должен изменяться под действием воды; синее или фиолетовое окрашивание указывает на загрязнение его известью или другими примесями.

8. **Пиво или сусло.** Для смачивания стержневого песка применяется вода, но во всех случаях лучше употреблять жидко разведенное пиво или сусло.

В некоторых случаях бывает достаточно шашку из совершенно тощего песка без всяких примесей сбрызнуть дном с поверхности пивом или раствором патоки. При этом образуется прочная корочка на рыхлой в середине шашке.

### Материалы для покрытия форм.

Прибавка каменного угля к земле обыкновенно бывает недостаточна для того, чтобы предохранить отливку от прикипания к ней земли. Необходимо еще специальное покрытие или окрашивание форм.

Сырые формы покрываются сухими порошками, припыливаются; сухие формы окрашиваются мокрыми красками.

В качестве припыла служат порошки древесного угля или графита или того и другого вместе. Древесный уголь сторает в соприкосновении с металлом, и образующийся слой газов защищает металл от соприкосновения с песком. Однако древесный уголь предохраняет отливку от прикипания к ней песка лишь в случае тонких стенок. При толстостенном литье необходимо применение графита. Припыл помещается в холщевый мешок, который встряхивают над формой; образуется черное облако, оседающее на поверхность формы. Тогда модель снова вкладывается в форму и слегка вжимается в нее. Образуется чистая гладкая поверхность. Графит не дает таких чистых отпечатков, но в случае массивного литья он неизбежен. Графитовую оболочку нельзя прижимать моделью, так как он прилипает. Приглаживать гладилками его по той же причине также трудно. Поэтому полезно сверх слоя графита припыливать еще и углем.

Краски для сухих форм состоят из графита, с примесью кокса, глины и других веществ.

Древесный уголь должен быть плотный, не легко воспламеняющийся. Уголь от лиственных пород лучше, чем от хвойных, особенно пригоден уголь березовый и ольховый. Обожженный в кучах уголь лучше, чем печной или ретортный. Уголь должен иметь черный цвет с синеватым отливом, он должен давать металлический звук, не иметь вкуса и запаха.

Измельчать уголь следует в ступках, но не молоть под бегунами, так как толченый уголь лучше пристает к земле и лучше выглаживается.

Испытание поудного угольного порошка производится следующим образом: бросают щепотку порошка на поверхность воды. Хороший, тонкий порошок опускается хлопьями на дно, тогда как более грубый и легкий порошок остается долго на поверхности.

Испытываемый порошок насыпают на раскаленный железный лист в 3—4 мм толщиной и над ним на расстоянии 7—8 см держат чистую металлическую пластинку. Если уголь чистый, то пластинка не покрывается копотью, и на железном листе не остается кокса, а лишь зола. Копоть доказывает примесь бурого угля, одновременное образование кокса доказывает примесь каменного угля.

Кокс узнается по тому, что он плавает на поверхности воды, тогда как зола тонет и растворяется.

Вместо угольного порошка иногда применяется мелко размолотый высушенный каолин (белая огнеупорная глина), смешанный с коксом. Эта смесь не дает таких чистых и гладких отпечатков, как древесный уголь.

В некоторых случаях, когда нежелательно применение угля (на пример, когда изделия подвергаются эмалированию), его заменяют мелко размолотым кварцевым порошком. При этом надо обращать внимание на то, чтобы порошок был самый тонкий и чтобы поверхность формы была тщательно выглажена.

Графит бывает очень разного достоинства. Один из самых лучших сортов — графит уральский, содержащий до 95% чистого углерода и очень мало золы. Для улучшения плохого графита его размалывают, отмучивают водой, кипятят с соляной кислотой. Продажный графит нередко фальсифицируется подмесью ретортного угля, кокса, антрацита, сажи, каменного угля и порошкообразной глины.

Существует еще искусственный графит, получающийся посредством разложения электрохимическими процессами карбидов и цианидов. Этот графит очень хорош.

**Формовочные чернила** состоят из воды, графита, глины и некоторых других прибавок. Глина служит для связи. Чем толще отливка и чем менее огнеупорен формовочный материал, тем больше

должно быть графита в чернилах. Но так как графит понижает газопроницаемость, то одновременно необходимо прибавлять древесного угля, каменного угля или кокса. Также хорошо действует нашатырь или настой конского навоза, из которых от жары отливки выделяются аммиачные газы. Особенно гладкую поверхность дает примесь гипса.

Очень хорошо глину заменять мукой. Ржаная мука кипятится в воде и во время кипячения всыпается графит и угольный порошок.

В Америке очень часто применяются чернила, в которых графит заменен антрацитом или коксом.

Чернила, если только в них не примешана мука, от долгого стояния улучшаются, но при этом графит оседает на дно, так что перед употреблением их надо перемешивать. В больших литейных чернилах держат в сосудах, снабженных мешалками, которые все время вращаются от мотора.

Вместо графита можно применять тальк или мыльный камень. Тальк очень распространен в Америке, особенно в меднолитейных. Его можно применять и в сухом виде и в виде чернил.

То же самое касается сосновой сажи. Если ее применяют в виде чернил, то сажу обжигают для удаления масел или протирают под бегунами с небольшим количеством мыльной воды. Отливки получаются очень гладкие, совершенно свободные от приставших частиц песка.

### Материалы для посыпания моделей.

При формовке вручную модели перед выемом расколачиваются и поэтому сравнительно легко вытаскиваются из формы, так что их вполне достаточно посыпать древесноугольным порошком. При машинной же формовке расколачивание не производится; поэтому необходимо посыпание моделей какой-либо другой пудрой, благодаря которой модель легче вынималась из формы. В качестве такой пудры широко распространен ликоподиум или плауновое семя. Он не только облегчает выем моделей, но и способствует получению гладкой чистой поверхности отливки. Единственный недостаток ликоподиума — его высокая цена.

В меднолитейных применяется смесь из 100 частей ликоподиума, 40 частей молотой обожженной глины и 800 частей молотой пемзы. Отливка получает при этом красную чистую поверхность, не требующую никакой отделки.

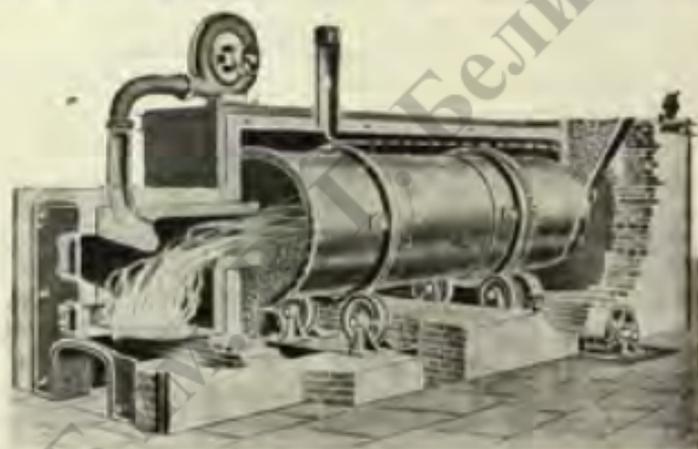
### Подготовка формовых материалов.

Материалы, идущие на приготовление формы, приходится подвергать предварительной подготовке, состоящей в сушке, размельчении, просеивании, смачивании и разминании.

Земле очень полезно пролежать одну или две зимы на дворе в кучах. Во время морозов вода между частицами замерзает и, расширяясь при этом, разрывает отдельные комки и разрыхляет земаю.

Сушка производится для облегчения последующих операций. Сырую земаю было бы очень трудно раздробить и просеять. Сушку производят или прямо на солнце, или в особых сушилажах.

Особые печи для высушивания песка сконструированы заводом Вулкан, в Кельме (фиг. 38). Печь состоит из железного барабана,



Фиг. 38.

приводного в медленное вращение на роликах. Внутри барабан снабжен винтовыми лопастями, служащими для перемещения песка вдоль барабана. На переднем конце печи устроена топка, из которой продукты горения проходят через полость барабана. Ход газов показан на чертеже стрелками. Сырой песок засыпают в воронку. Попадая в барабан, он перегоняется винтовыми лопастями к другому концу и здесь сыпается в яму, из которой выгружается вручную или особыми элеваторами. Производительность таких печей — от 10 до 30 тонн, смотря по величине; расход работы от 1,5 до 6 лошадиных сил. Расход кокса до 100 кг на 1 куб. м песка. Нагреваться песок должен градусом до 100. По трубе над топкой дувается вентилятором воздух с целью понижения температуры.

Направление песка и газов прямопротивоположно. Есть более удобные и экономичные вертикальные печи, в которых барабан неподвижен, и вращает внутри ось с горизонтальными дисками; между этими вращающимися дисками размещены неподвижные полки, приделанные к стенкам барабана. Песок последовательно пересыпается с волок на диски и обратно, приближаясь к выходному рукаву.

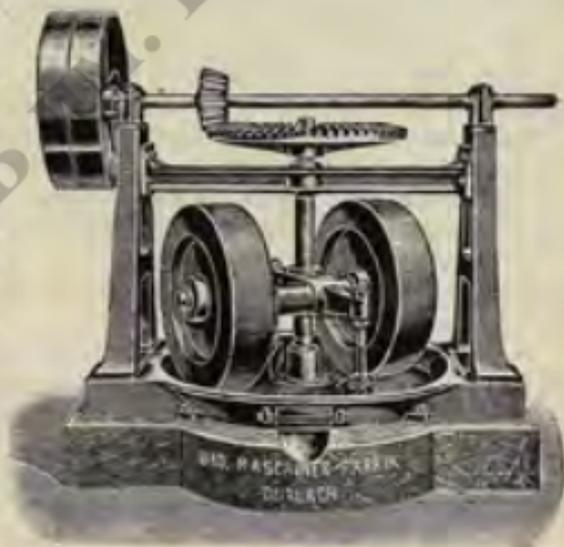
Дробление производится при малом производстве просто вручную, при помощи молотков. При более же значительном производстве и рациональной постановке дела для этой цели применяют различные машины, а именно: толчен, вальки, бегуны, шаровые мельницы.

**В дробильных валиках** два параллельных чугунных валика вращаются в противоположные стороны, делая одинаковое число оборотов. Диаметры валиков неодинаковые, благодаря чему происходит скольжение, и материал между валиками подвергается, кроме дробления, еще и растиранию. Подшипники делаются подвижными, чтобы щель между валиками, в случае надобности, могла быть увеличиваема.

**Бегуны** представляют наиболее распространенную машину. Она производит не только измельчение, но также растирание и перемешивание, и притом пригодна для всех материалов: песка, угля, глины и т. д.

Бегуны состоят из круглой чугунной чашки, по дну которой катаются два массивных чугунных, а иногда и стальных колеса (фиг. 39)

Оба колеса расположены на разных расстояниях от вертикальной оси. Вместе с колесами вращаются вокруг вертикальной оси две поставленные наискось доплатки, подгребающие песок под бегунки и перемешивающие его. В бегунках, представленных на фиг. 40, горизонтальная ось колес остается неподвижной, вращается же сама чашка. Работа на таких бегунах менее опасна для ра-



Фиг. 39

бочето. Вращающаяся чашка закинена на вертикальной оси и приводится в движение конической передачей. Чугунные колеса иногда



Фиг. 10.

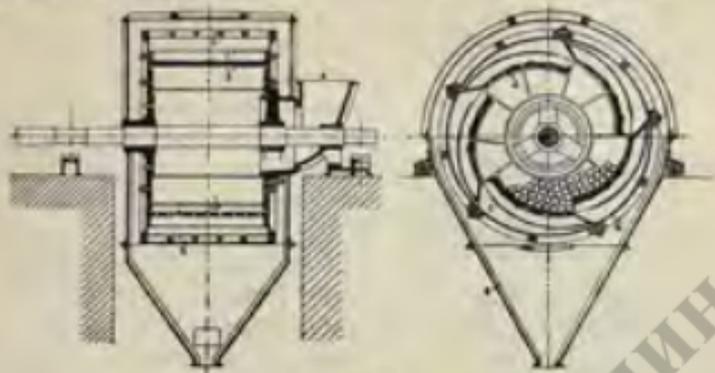
состоит из центральной части и массивного обода, держащегося помощью деревянных клиньев, образующих непрерывное кольцо. Концы горизонтальной оси покоятся в ползушках, которые могут перемещаться вертикально в соответствующих направляющих станин. Благодаря такому устройству, колеса могут несколько приподниматься, если под них попадет камень, кусок железа или просто слишком толстый слой земли. Поверхность бегунов

делается цилиндрической или конической, но с вершиной, обращенной от оси вращения чашки. Поэтому между поверхностями бегунов и чашки непременно будет происходить скольжение, и материал подвергнется перетиранью. На поперечные укрепляются лопатки, которые можно устанавливать с различным уклоном к направлению движения чашки.

Эти лопатки служат для того, чтобы направлять землю под колеса, которыми она снова вытесняется в сторону. Таким образом происходит перемешивание. Вес колес делается обыкновенно в 500 до 1000 кг. Слишком тяжелые бегуны перетирают песок в пыль и делают его непригодным для формовки. Диаметр чашки 1,5 до 2,5 м. Число потребляемых сил 4—5. Число оборотов чашки 10—20 в минуту. Одна такая машина удовлетворяет всем потребностям линейной с суточной производительностью в 4000 кг отливки.

Для измельчения каменного угля, кокса, древесного угля, а иногда и формовой земли и сухой глины употребляются шаровые мельницы.

Очень часто они устраиваются так, что вместе с измельчением материала производится и просеивание. На фиг. 41 представлена такая



Фиг. 41.

мельница системы Бр. *Пфайфер*. Размалываемый материал забрасывается в воронку *a*, из которой попадает в барабан, приводимый в медленное вращение. Внутри барабана-перекатываются стальные шары, которые собственно и производят измельчение. Стенки барабана состоят из продырявленных стальных полос *b*. Сквозь их отверстия измельченный материал попадает на сита *c*, а затем уже на сито *d* в виде цилиндра. Сквозь это сито может проникнуть только надлежаще измельченный материал. Все же крупные частицы попадают снова в барабан через щели, оставленные между полосами *b*. Весь аппарат заключен в кожух с воронкой *e*, к которой подвешивается мешок. Для просеивания песка для обыкновенной формовки применяется сито № 30, т.-е. с 30 нитками на дюйм. Для особенно чистой формовки берут сита № 60 и даже № 70.

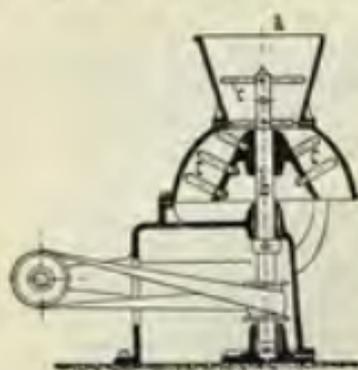
Если измельчающий прибор не снабжен приспособлением для просеивания, то это просеивание производится отдельно после измельчения.

Для этого применяются плоские сита с механическим приводом.

Увлажнять землю надо умеренно, так, чтобы количество влаги во всяком случае не превосходило 6%.

Для перемешивания земли вручную ее перебрасывают лопатой—перелопачивают. В Америке вместо этого применяются специальные машины—сандкуттеры, представляющие собою каретку с системой вращающихся спереди винтовых лопастей. Ось с лопастями можно поднимать и опускать. Машина проезжает над грядой земли со скоростью 7,5 м в минуту и перебрасывает землю. Производительность ее 55 м<sup>2</sup> в минуту, затрата 10 сил.

**Дезинтегратор** служит главным образом для смешивания различных сортов уже ранее достаточно хорошо подготовленной земли между собою, а также с углем. Перед употреблением измельченная уже земля насыпается горизонтальными слоями в 4—5 дюймов на пол



Фиг. 42.

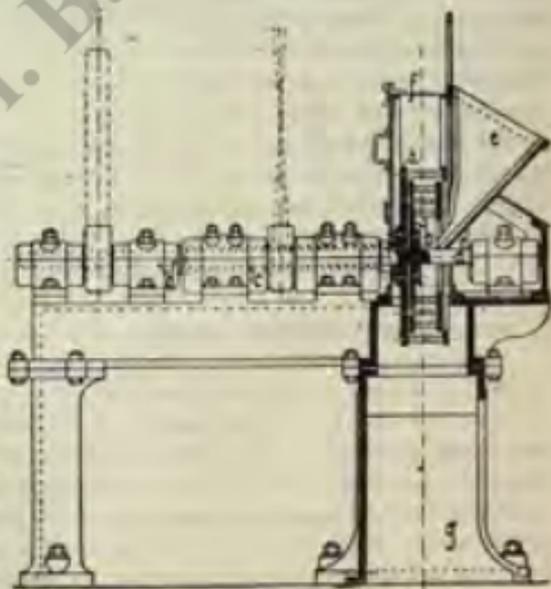
помещения, пока общая толщина не достигнет  $2\frac{1}{2}$ —3 футов. Каждый слой смачивается водою из лейки. После этого берут землю лопатой уже вертикальными слоями, так что в каждой порции земли будут находиться все смешиваемые сорта и в таком виде подают в дезинтегратор. Во всех дезинтеграторах частицы земли проходят сквозь ряды быстро движущихся стержней.

На фиг. 42 изображен вертикальный дезинтегратор, применяемый для более грубых сортов песка. Песок, за-

брошенный в воронку *a*, подвергается ударам штифтами *c*, вращающимися на оси *b*.

Более энергичная обработка получается, если песок проходит сквозь несколько рядов штифтов, вращающихся в противоположные стороны. Такое устройство имеют обыкновенно дезинтеграторы с горизонтальной осью. На фиг. 43 представлен подобный дезинтегратор.

Штифты здесь расположены по четырем окружностям, при чем два ряда штифтов укреплены на диске *a*, вращающемся в одну сторону, а другие два ряда — на диске *b*, вращающемся в противоположную сторону. Ось диска *a*



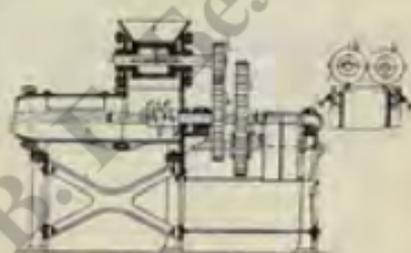
Фиг. 43.

сделана в виде трубки *c* и покоится в двух больших подшипниках, а ось *d* диска *b* проходит сквозь полость оси *c* и вращается в трех подшипниках меньших размеров. Песок засыпается в воронку *e*. Попав в середину вращающихся дисков, он отбрасывается центробежной силой к штифтам и здесь подвергается их попеременным ударам то с одной, то с другой стороны. Диски со штифтами окружены кожухом *f*. Песок падает в пространство *g*.

Землю следует насыпать понемногу; тогда воздух засасывается через отверстие воронки и способствует разрыхлению земли. Такая машина перерабатывает до 5 куб. м земли в час, потребляя 5—6 сил. Число оборотов в минуту равно 600. Земля несколько смачивается, потому что иначе машина сильно пылит.

**Глиномьялка** служит для переминания и перемешивания глины с другими веществами.

На фиг. 44 представлена глиномьялка Баленского завода. Глина вводится в воронку *a*, проходит между валиками *b*, *b*, которые должны дробить попадающиеся в глине камешки, и затем попадает в цилиндр *c*. В нем вращается валик *d*, на котором закрепляется целый ряд итулок *e* с ножами в виде винтовых лопастей. Ножи перерезают глину, разминают ее и в то же время служат для продавливания ее вдоль цилиндра к отверстию *f*. Скрепки *m*, *n* служат для очистки валиков *b* от приставшей к ним глины.



Фиг. 44.

Если глина окажется недостаточно перемятой и перемешанною, ее пропускают через прибор вторично. Потребляет машина, смотря по величине, 1—5 сил, при чем перерабатывает от 0,5 до 2,5 куб. м глины в час.

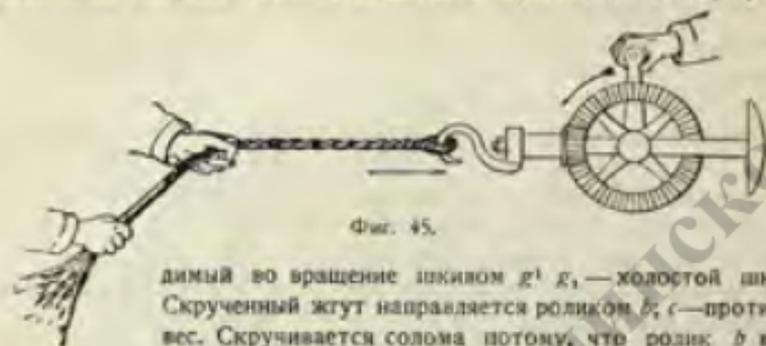
**Соломокрутки.** При изготовлении форм приходится употреблять жгуты, скрученные из соломы.

Если в дегтевой такой жгут идет сравнительно немного, то солома скручивается ручным прибором, показанным на фиг. 45. Один рабочий берет из кучи солому пучками и прижимает ее к скрученному жгуту.

Отдельные соломинки, благодаря закручиванию, сцепляются с соседними соломинками и прочно удерживаются в жгуте совершенно так, как волокна пеньки в веревке. Другой рабочий приводит в постоянное вращение крючок, к которому прикреплен жгут.

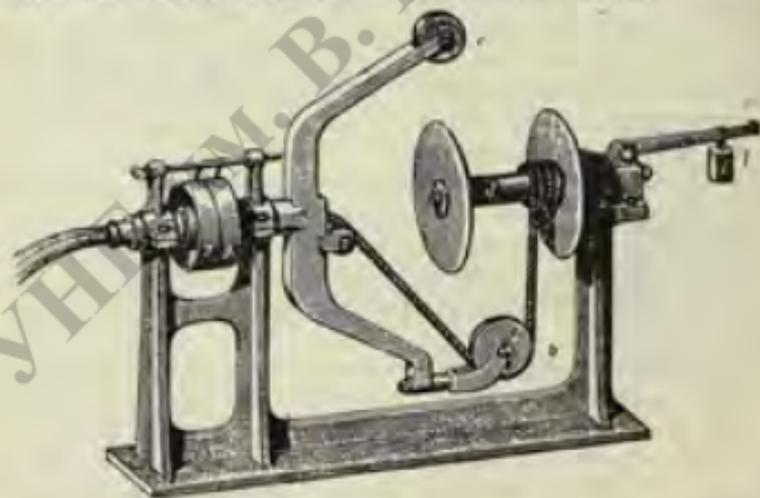
БИБЛИОТЕКА  
ИМЕНИ  
В. Г. БЕЛЕНКОГО  
Создан

При большом расходе соломы скручивание производится уже машинкою с механическим приводом, — такой, например, как изображена на фиг. 46. Солома вводится в пустотелый вал *a*, приво-



Фиг. 45.

димый во вращение шкивом  $g^1$   $g$ , — холостой шкив. Скрученный жгут направляется роликом *b*; *c* — противовес. Скручивается солома потому, что ролик *b* вращается вокруг вала *a*. Этим же движением пользуются для того, чтобы готовый жгут намотать на шпулю *d*, свободно сидящую на своей оси. Но чтобы жгут был достаточно сильно натянут, шпуля задерживается в своем вращении трением особой колодки, прижимаемой к правому диску шпули рычагом с грузом *f*, которым можно регулировать и самое натяжение жгута.



Фиг. 46.

Для отделения от земли железных и чугунных частиц (гвоздей, вылесков чугуна, каркасов шпшек и т. п.) служат магнитные сепараторы в виде вращающихся на горизонтальной оси барабанов, намагничивающихся с одной стороны.

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ.

Чтобы составить себе некоторое представление о том, как изготовляются формы, рассмотрим следующий несложный пример. Нужно сделать форму для отливки цилиндрической трубы (фиг. 47). Конечно бы, следовало взять такую же трубу, если она имеется в распоряжении, или сделать подобную трубу из дерева, закопать ее в землю, затем вытащить из земли и в образовавшуюся полость в земле налить расплавленный металл.

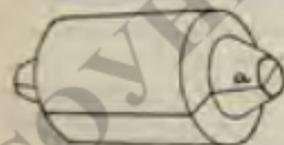
Однако, так поступать можно в очень редких случаях, а именно тогда, когда очертания предмета настолько просты, что его можно извлечь из земли, не разрушая формы. В нашем случае трубу было бы невозможно вытащить из земляной формы, если бы на ее внешней или внутренней поверхности были какие-нибудь утолщения или углубления.

Поэтому обыкновенно поступают несколько иначе. Из дерева вытачивается модель изготовляемого предмета такой формы, как изображено на фиг. 48. Модель, как видим, сплошная; ее размеры соответствуют наружным очертаниям трубы. Кроме того, она снабжена коническими выступами *a*, так называемыми знаками, расположенными как раз на тех местах, где должны прийти выходы внутренней полости наружу. Для удобства формовки модель разрезана пополам. Каждая половина заформовывается в отдельном ящике с землей так, что плоскость разреза модели совпадает с поверхностью земли в ящике.

Затем половинки модели могут быть беспрепятственно вынуты из земли по направлению, перпендикулярному к плоскости разреза. Одна из полученных половинок формы представлена на фиг. 49. Разрез сложной из двух половинок формы представлен на фиг. 50. Если бы в та-

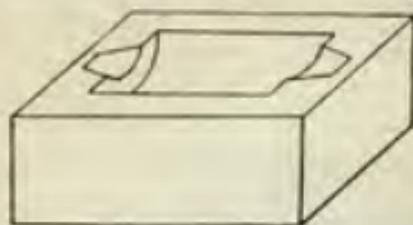


Фиг. 47.

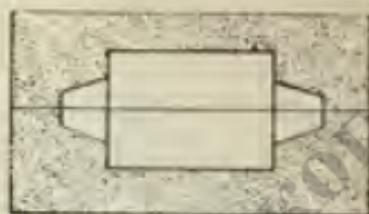


Фиг. 48.

кую форму залить металл, то мы и получили бы, вместо трубы, предмет такой же формы, какую имеет модель (фиг. 48).



Фиг. 49.



Фиг. 50.

Необходимо заполнить землей пространство формы, соответствующее полости изделия. Кроме того, надо заполнить землей и гнезда, образовавшиеся в форме от знаков модели. Для этого изготовляют из земли сердечник или шишку, очертания и размеры которой соответствовали бы полости изделия плюс знаки. Такая шишка вкладывается в форму, как изображено на фиг. 51. Тогда полость  $\delta$  в форме будет как раз отвечать будущему изделию. Знаки у модели, а также и у сердечника, сделаны для того, чтобы сердечник занял в форме вполне определенное место и не мог бы сместиться в сторону. Сам сердечник готовится при помощи шишечного ящика [(шишечного — на заводском жаргоне), состоящего из двух половин (фиг. 52), соединяемых посредством шпильки и гнзда.



Фиг. 51.

Половинки складываются, внутри набивается земля, и, по разьеме ящика, освобождается готовая шишка. Нетрудно видеть, что полость шишечного ящика совершенно такая же, как полость самого отливаемого изделия, но, конечно, с добавленными знаками.

На фиг. 53 представлена половина модели для отливки створного клапана. Незакрашенные части модели представляют копию будущего изделия, покры-



Фиг. 53.

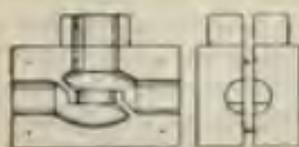
тые же черной краской части оказываются лишними, прибавленными к модели для заполнения полости и образования знаков. Ясно, что, в форме сделанной по такой модели, необходимо заполнить землей те места, которые остались незаполненными благодаря присутствию в модели лишних частей. Это и делается помощью сердечника. Сам же сердечник набивается в шишечном ящике, который, очевидно, должен иметь совершенно такую же полость, как и изготавливаемое изделие. Шишечный ящик, соответствующий данной модели, изображен на фиг. 54.



Фиг. 53.

### Моделю.

Модели изготавливаются главным образом из дерева, как материала дешевого, легко поддающегося обработке и легкого. Реже употребляются чугун, бронза и другие металлы. Так как сами металлы и их обработка стоят сравнительно дорого, то и употребляются они только в тех случаях, когда стоимость модели ложится незначительной долей на каждую отдельную отливку, т. е. когда отливаются очень много предметов по одной и той же модели.



Фиг. 54.

Чугунные модели употребляются для сравнительно грубых отливок; для отливок же более деликатных, когда и самая модель должна быть чисто отделана, на изготовление модели идет уже бронза. Хорошим материалом для изготовления моделей служит сплав из 75% олова с 25% свинца. При плавлении его не следует перегревать. Алюминий в чистом виде или, лучше, в сплаве с 5% Си и 5% Zn также идет на приготовление моделей; благодаря легкости таких моделей, облегчается обращение с ними. Для легкости же чугунные и медные модели делают часто пустотелыми. Чтобы земля не приставала к металлическим моделям, их натирают воском или покрывают лаком.

Дерево для изготовления моделей выбирается плотное, прямослойное, без трещин и гнилых мест. Плотность дерева определяется по годичным кругам, которые должны быть возможно тонкими. Цвет дерева на поперечном сечении должен постепенно темнеть от коры к сердцевине. Темные пятна служат признаком начавшейся порчи. Здоровое и без трещин дерево должно давать ясный чистый звук, если ударить его по одному торцу, а ухо прикладывать к другому.

Из различных пород деревьев на модельное дело идет по преиму-

шеству сосна. Она обладает небольшим весом, легко обрабатывается и дешева. Но она легко расщепляется и для точки на токарном станке поэтому мало пригодна, давая негладкую поверхность. В виду этого, те части модели, которые обрабатываются на станке, делаются из березы, иногда липы. Наконец, если модель должна быть снабжена резьбой, то вся она или только ее наружные части делаются из яблони, груши, ореха. Особенно хорошим, но дорогим материалом является красное дерево, которое мало изменяется в объеме при высыхании или отсыревании и притом одинаково по всем направлениям. Для обыкновенных же сортов дерева это изменение размеров (усушка) довольно значительно. В среднем можно считать, что свежесрубленное дерево, высохнув на воздухе, уменьшается в размерах: по длине волокон — на 0,1%, по направлению радиусов (лучей) — на 3% и по направлению окружности (тодичных кругов) — на 6%. С этой усушкой связано изменение размеров изделия, коробление и растрескивание. Поэтому нельзя готовить моделей из свежего дерева: его необходимо подвергнуть предварительной просушке. Обыкновенно дерево вылеживается в сараях года 2—3, а затем еще некоторое время в самой модельной мастерской на полках или стропилах. Такая медленная просушка на воздухе гораздо целесообразнее искусственной, при которой дерево получается чересчур сухим и при формовке впитывает в себя влагу из земли. Кроме того, при медленной просушке не так легко получаются трещины. Чтобы еще лучше предохранить дерево от растрескивания, необходимо позаботиться о том, чтобы высыхание шло равномерно по всей длине дерева. Для этого торцы заклеивают бумагой, а самые концы или доски была хорошая вентиляция. Доски лучше сохнут, чем бревна. Свежесрубленное дерево содержит до 40% влаги. Высохшее на воздухе оно содержит еще до 20%.

Гигроскопичность дерева представляет самым существенным его недостатком: несмотря на покрытие моделей краской, лаком и пр., все-таки невозможно предохранить дерево от влияния переменной влажности воздуха, сырости земли при формовке и т. д.

Оно постоянно претерпевает некоторые изменения, то усыхает, то разбухает. Таким образом, приходится прибегать к приемам, делающим самое усыхание менее вредным для качества моделей. Об этих приемах лучше всего составить понятие из примеров.

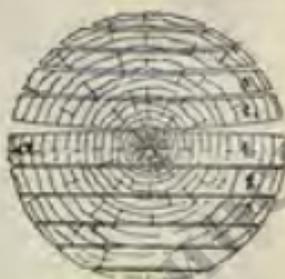
Если дерево разрезать на доски, то после просушки, вследствие более сильного усыхания по окружности, чем по радиусам, доски получат вид, изображенный на фиг. 55, из которой мы видим, что только средняя доска и остается прямою, но делается несколько

тоньше по краям; прочие же доски 2, 3 и т. д. коробятся и тем сильнее, чем они дальше от оси бревна. Выпуклость обращена к центру годичных кругов.

Положим, нужно из досок составить широкий щит. Доски можно расположить так, чтобы во всех них центры годичных кругов были направлены в одну сторону или поочередно в различные.

В первом случае все доски покоробятся в одну сторону, и мы получим широкий жолоб (фиг. 56); во втором случае получится щит такой формы, как показано на фиг. 57. Он изгибается то в ту, то в другую сторону, но каждый из изгибов незначителен, и общая форма щита остается плоская. Чем уже доски, тем форма щита все ближе и ближе к плоской (фиг. 58).

Еще лучше было бы составить такой щит из нескольких слоев так, чтобы доски одного слоя шли в направлении, перпендикулярном



Фиг. 55.



Фиг. 56.



Фиг. 57.



Фиг. 58.

к длине досок соседнего слоя. Тогда каждый слой будет препятствовать короблению соседних и, кроме того, мало изменяющиеся в длину волокна каждого слоя помешают поперечной усадке соседних.

В виду этого, очень редко делают модели из одного куска дерева, а обыкновенно склеивают их из многих частей с таким

расположением волокон, чтобы весь предмет как можно меньше коробился и изменял размеры.

На фиг. 59 показан пример склейки из отдельных кусков обода шкива или цилиндрического зубчатого колеса, а на фиг. 60 — конического зубчатого колеса. На последней фигуре пунктиром показана та часть склеенной штуки, которая нужна для модели; остальное будет сточено на станках.

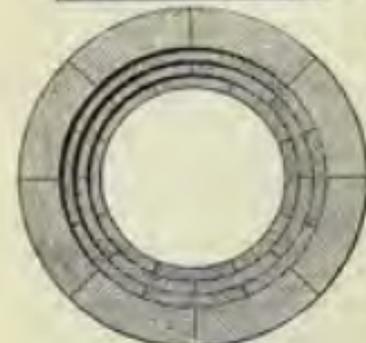
Швы в отдельных слоях I, ... IV располагаются ради прочности в перевязку.



Фиг. 59.

Зубцы укрепляются на ободке помощью шпонки и паза в виде ласточкина хвоста.

Очень часто нужно, чтобы модель разнималась на две половины; тогда по плоскости разреза, во время склейки, помещается лист бумаги. Когда модель уже готова, отрывают одну половину от другой. Бумага при этом рвется.



Фиг. 68.

Склеивание частей производится обыкновенным столярным клеем, но надо отдельные части как можно лучше пригонять друг к другу, чтобы швы были потоньше. Где можно, лучше всего не полагаться на клей, который может размякнуть от сырости, и делать скрепления помощью шпонок, шипов, винтов и т. д.

Неровности и шероховатости модели, получившиеся при не совсем аккуратной работе, замазываются особую замазкою, составляемую из 50% живицы, т.-е. белой сосновой смолы, 40% свинцовых белил, 7% свечного сала и 3% воска. Иногда прибавляют немного канфоли. Такая замазка прочно держится на поверхности модели и не сыреет. Наносят ее на модель в разогретом состоянии. Чтобы предохранить модели от отсыревания, их окрашивают масляною краскою (на льняной олифе), если они сделаны из мягкого дерева, или лаком (1 часть шеллака на 5 частей винного спирта и немного сурика или сажи для цвета), если модель из твердого дерева.

Что касается формы и размеров моделей, то модели в этом отношении несколько отличаются от изготавливаемых предметов.

Размеры отличаются в зависимости от усадки и дальнейшей обработки отливки, форма же модели отличается в зависимости от самого способа формовки.

Усадка металла происходит равномерно по всем направлениям. Следовательно, все размеры формы, а вместе с тем и модели должны быть на величину усадки увеличены. Чтобы модельщику не производить каждый раз вычисления, употребляют так называемый усадочный фут или метр, длина которых на величину усадки больше обыкновенных футов и метров. А именно — усадочный фут для чугуна равен одному футу  $\frac{1}{8}$  дюйма, а усадочный метр равен 1010 мм.

Для других металлов соответственно изменяется длина усадочного фута и метра. При помощи такого фута модельщик прямо берет цифру, указанную на чертеже.

На чертеже должны быть отмечены те поверхности, которые подвергнутся обработке. По этим указаниям модельщик в соответствующих местах увеличивает размеры модели, припуская на обработку от  $\frac{1}{16}''$  до  $\frac{3}{16}''$ , смотря по величине предмета, способу обработки и чистоте изготовления самой модели. Если есть основание предполагать, что предмет после отливки покоробится, то этот припуск увеличивают и до  $\frac{1}{2}''$ .

Чтобы модель можно было вытащить из земляной формы, ее приходится часто делать разъемною на несколько частей. Однако, этого бывает все-таки недостаточно для того, чтобы модель легко вынималась из земли. Для этого моделью придают некоторый откос, т. е. делают их шире к выходу. Величина откоса тем больше, чем шероховатее поверхность модели, и изменяется от  $\frac{1}{64}''$  на фут (в медных) и до  $\frac{1}{16}''$  —  $\frac{1}{8}''$  на фут (в деревянных).

Знаки на моделях окрашиваются обыкновенно в черный цвет, в отличие от самой модели, окрашиваемой в красный цвет для чугунных отливок, в желтый — для медных и синий — для стальных.

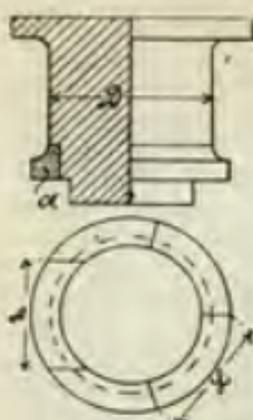
Положим, нужно отформовать суппортную доску (фиг. 61). Если модель сделать совершенно подобною самой доске, то ее нельзя будет вытащить из земляной формы, не разрушив выступа формы *a*. Поэтому делают выступ модели *d* отъемным, соединяя его с частью *m* модели помощью шпонки в форме ласточкина хвоста (отдельно части *m* и *d* показаны в перспективе). При выемке модели часть *d* останется в земле, а потом ее можно будет сдвинуть влево и тогда уже вытащить.

Соединение отъемной части модели шпонкой в виде ласточкина хвоста обходится довольно дорого. Поэтому часто обходятся более простым способом соединения — проволоочной шпилькой, которую можно удалить во время формовки, когда отъемная часть уже затрамбована, и нет более опасности, что она сдвинется с места.

На фиг. 62 представлена модель с отъемным фланцем. При вытаскивании такой модели из формы нижний фланец в виде кольца *a* остается в земле. Это кольцо составлено из нескольких косяков, при чем для возможности их выема наибольший размер косяков *L* должен быть меньше диаметра *D*.



Фиг. 61.



Фиг. 62.

Один из косяков А должен быть ограничен торцевыми плоскостями, идущими не по радиусам, а так, чтобы его можно было сдвинуть внутрь.

Из этих примеров мы видим, что модельщик должен быть хорошо знаком с приемами формовки.

Для того, чтобы при складывании половинок модели или шишечных ящиков, они приходились правильно одна против другой, их снабжают шипами и соответствующими гнездами. Очень часто шипы изготавливаются из дерева, гнезда же просто высверливаются. Для крупных моделей следует предпочесть металлические шипы, входящие в металлические же втулки. Подобные шипы и втулки находятся в продаже в готовом виде (фиг. 63 и 64).

### Шаблоны.



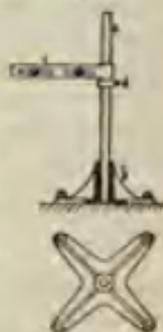
Фиг. 63.

В некоторых случаях возможно изготовить форму и без помощи модели, а именно тогда, когда предмет имеет особенно простую форму, которую можно воспроизвести каким-нибудь простым движением некоторой кривой линии. Например, пояски, карнизы и пр. могут быть воспроизведены движением вдоль карниза кривой образующей, которая получилась бы в пересечении его поверхности поперечной плоскостью. Поверхности вращения получают



Фиг. 64.

помощью вращения образующей кривой вокруг неподвижной оси. В подобных случаях формовку производят помощью шаблона, т.е. доски, один край которой вырезают по форме образующей. Эту доску, смотря по надобности, двигают вдоль направляющих линеек или вращают вокруг оси. В последнем случае шаблон привинчивается к рукаву с (фиг. 65), надетому своей втулкой на ось а. Втулка поддерживается кольцом d. Сама ось вставлена в башмак б. Рабочий край шаблона спиливается наискось, чтобы образовать острую рабочую кромку. Иногда этот край ради прочности обивается металлической полоской.

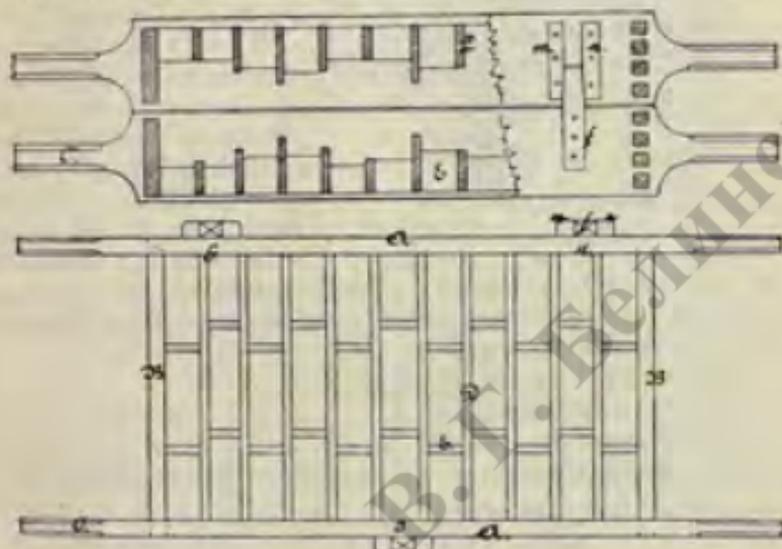


Фиг. 65.

## Опоки.

Опоками называются ящики, в которых набиваются земляные формы; они делаются деревянные, железные и чугунные.

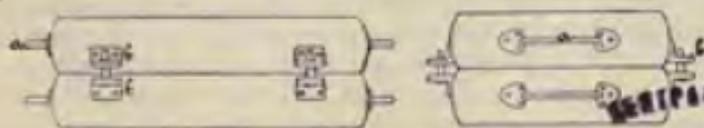
Деревянная опока представляет собою прямоугольную раму, связанную склосными шипами (фиг. 66). Длинные стороны ее *a* про-



Фиг. 66.

должны и обделаны в виде ручек *c*. Поперек опоки идут перегородки *D*, между которыми помещаются перегородки *E*. Все эти перегородки съемные и устанавливаются по мере надобности сообразно с формой модели. Перегородки должны не доходить до модели дюйма на  $1\frac{1}{2}$ —2. Две опоки составляют пару, при чем на одной из них прибиваются брусочки *m* и *л*, а на другой брусочки *j*, совершенно плотно входящие между первыми. Таким образом опоки могут быть розняты и снова спарены, точно сохранив свое относительное положение.

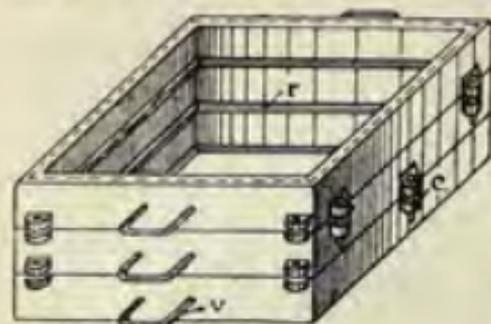
Железные опоки представлены на фиг. 67. Они бывают лишь небольших размеров и употребляются главным образом в медноли-



Фиг. 67.

БИБЛИОТЕКА  
ИМЕНИ  
В. Г. БРЕЖНЕВА

тейных. Ребер в них не имеется, а держится земля благодаря вогнутой форме стенок. Для подъема служат ручки *a*. Ушки *b* служат для точной сборки: к ушкам одной опоки приделаны конические штифты, и в ушках другой — высверлены отверстия.

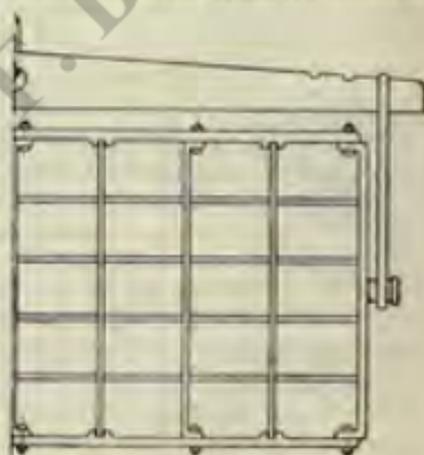


Фиг. 68.

Чугунные опоки встречаются чаще всего. На фиг. 68 показаны опоки небольших размеров. Выступающие буртики *r* способствуют поддержанию земли в опоке. Ручки *v* и ушки *b* имеют то же назна-

чение, как и в железных опоках. Опоки средней величины снабжаются внутренними перегородками. Большие опоки делаются большей частью составными и снабжаются вместо ручек цапфами, за которые их поднимают помощью подъемных кранов. На фиг. 69 изображена половина такой опоки, висящая на балансирах крана. Имея отдельные части, можно из них свинчивать опоки различной величины.

**Инструменты, употребляемые при формовке.** При формовке употребляются следующие инструменты: лопаты для вскапывания земли, ручные круглые сита для просеивания земли. Употребляют обыкновенно сита трех различных номеров. Трамбовки различного вида и величины (фиг. 70) служат для утрамбовывания земли вокруг моделей.

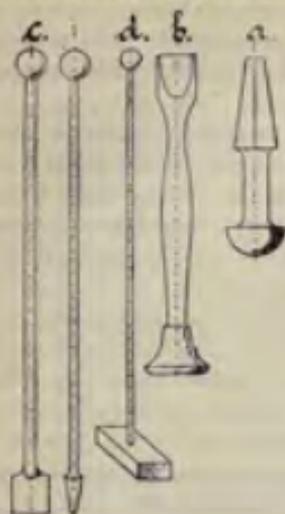


Фиг. 69.

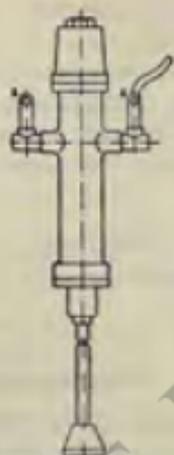
Часто вместо ручных трамбовок в хорошо оборудованных литейных можно встретить пневматические (фиг. 71) и электрические трамбовки (фиг. 72). Пневматическая трамбовка поддерживается за 2 рукоятки *a*. Внутри цилиндра ходит поршень, ударяющий в стержень трамбовки под действием сжатого воздуха.

Электрическая трамбовка подвешивается к крану. В коробке *a*

заключен электромотор; движение мотора передается трамбовке *d* посредством ремня, коленчатого валика *b* и шатунишка *c*.



Фиг. 70.



Фиг. 71.

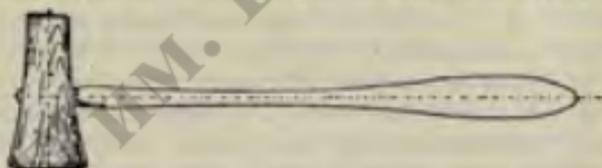


Фиг. 72.

Крючки (подтедники) (фиг. 73), ввинчиваемые в модель. За них модель вытягивается из земли. Перед вытягиванием ударяют



Фиг. 73.



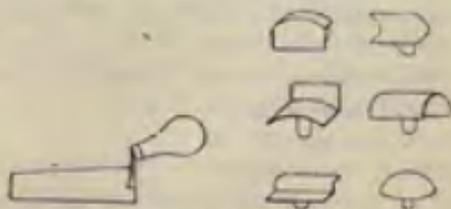
Фиг. 74.

по крючку деревянным молотком (фиг. 74), как говорят, «расколачивают форму».

Кисточка и чашка с водой служат для смачивания формы около модели перед выемкой последней.

Гладилки различных форм, служащие для выглаживания поверхности формы по вынутии из нее модели (фиг. 75).

Для выглаживания форм в малодоступных местах упо-



Фиг. 75.



Фиг. 76.

требляются лопозки и ложки (фиг. 76). Для подрезания лишней земли и вырезывания каналов служат карасики (фиг. 77). Ослабшую в форму землю вынимают крючками (фиг. 78) или выдувают обыкновенными ручными мехами.



Фиг. 77.



Фиг. 78.

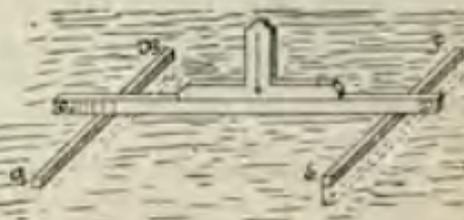
### Почвенная формовка

Почвенная формовка—самая дешевая, но менее удобная, и применяется только в простейших случаях и исключительно для отливки в сырой (тощий) песок. При этом различают открытую почвенную формовку и закрытую при помощи одной опоки.

Первая применяется тогда, когда одна поверхность предмета представляет собою плоскость и может быть не совсем правильной формы. При этом форма предмета должна допускать выем его из формы по направлению, перпендикулярному к упомянутой плоскости.

Эти условия вытекают из самого способа формовки.

В том месте литейной, где должна быть заформована модель, земля перекапывается и взрыхляется лопатой и несколько увлажняется, если она слишком суха. Затем поверхность слегка выравнивается линейкой—правилom, и поверх нее насыпается небольшой слой (2 до 5 см) хорошей формовой земли. После этого вливаются в землю две линейки *AB* и *EF* (фиг. 79) на таком расстоянии, чтобы между ними поместилась модель. Обе линейки устанавливаются горизонтально, что проверяется ватерпасом, и притом на одинаковой высоте. Для проверки последнего обстоятельства поперек

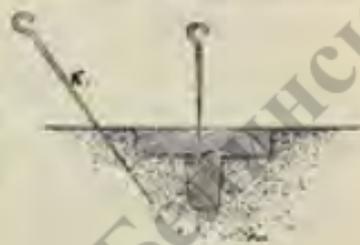


Фиг. 79.

линеек кладется правило  $CD$ , на которое ставится ватерпас. Когда линейки правильно установлены, подсыпается еще земля, немного выше линеек, и излишек ее срезается правилом, которое ведут вдоль линеек. Таким образом, поверхность земли будет совершенно горизонтальна. Тогда в землю вдавливается модель чистую стороной вниз, пока ее нечистая плоскость не дойдет до уровня земли. Земля около модели слегка приглаживается, протыкается в нескольких местах около модели и отчасти под ней (фиг. 80), чтобы газы могли свободно проходить через землю, а не сквозь металл, так как в противном случае отливка могла бы получиться пузыристой. Затем вырезают около модели небольшое углубление, которое каналом соединяется с формой. (Металл надавливается в углубление и по каналу поступает в форму.) Затем вынимается модель, форма исправляется и припудривается.

На фиг. 81 представлена форма для отливки гладкой плиты. Чтобы плита получалась определенной толщины, лучше всего углубить модель несколько больше и на определенной высоте прорезать второй канал  $G$ , по которому лишний металл выльется в запасное углубление. Переход от каналов  $H$  и  $G$  к самой форме должен быть сделан резко и лучше всего с перехватом. Тогда при остывании в этом месте может получиться трещина, но и без трещины, во всяком случае, легко будет отломить от отливки лишние приделки металла в форме каналов. Кстати будет здесь заметить, что именно в виду возможности образования трещин при резком переходе одного сечения в другое, при конструировании всегда делают эти переходы плавными, если вещь должна быть отлита. Если желают получить и верхнюю поверхность отливки возможно гладкою, то форму перекрывают чугуною или железною плиткою, гладко смазанною глиною. Вообще же говоря, при такой формовке нельзя получить отчетливых отпечатков даже и на нижней поверхности, так как гидростатическое давление здесь слишком мало, и чугун, благодаря таким физическим явлениям, как поверхностное натяжение, сфероидальное состояние и проч., не заполняет мелких углублений и получает везде округлые формы.

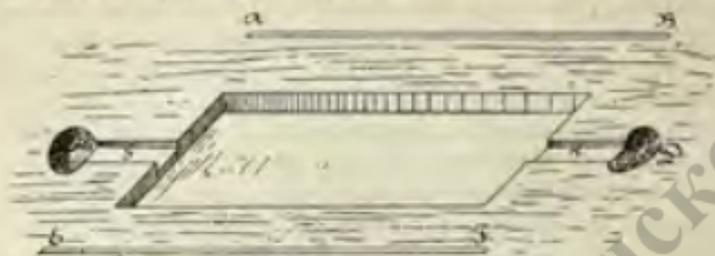
Если форма более сложна, больших размеров в длину и притом очень тонкая, так что можно опасаться застывания чугуна раньше, чем он заполнит всю форму, то устраивают несколько таких углу-



Фиг. 80.

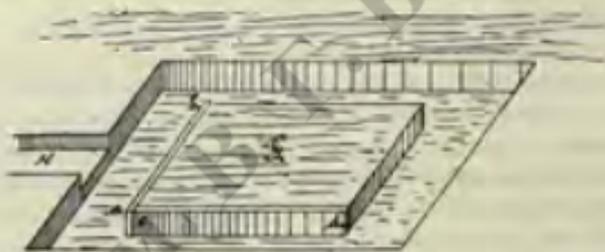
блений, как *D* на фиг. 81, и от каждого делают несколько каналов к разным частям формы.

На фиг. 82 представлена форма для разки, отформованная по



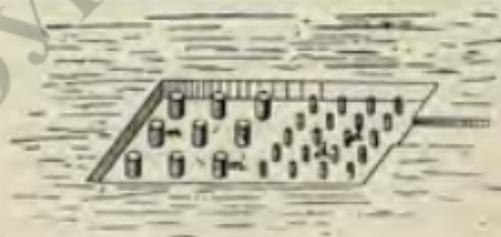
Фиг. 81.

сплошной модели. Шишка *G*, служащая для образования окна в рамке, набивается между линейками *ab* и *cd* тут же на месте. Для более мелких отверстий шишки формуются отдельно из жирной формовой



Фиг. 82.

земли или даже делаются из железных стержней, обмазанных глиною. Модель в этом случае тоже сплошная, но снабжена знаками для образования углублений, в которые вставляются шишки.



Фиг. 83.

На фиг. 83 показана такая форма со вставленными шишками. Из них более толстые шишки *m* отформованы из жирной земли, а тонкие *d* — железные. Такие шишки во время отливки необходимо чем-нибудь придержать, чтобы они

не всплыли на поверхность жидкого чугуна. Для этого их перекрывают железными планками и нагружают гирями, кусками чугуна и проч.

Формовка в почве более высоких предметов требует и больших предосторожностей. Дело в том, что при простом вдавливании модели в землю уплотняются больше всего слои земли непосредственно под моделью. Глубже лежащие слои остаются рыхлыми. И то и другое — неблагоприятно для хорошей отливки. Плотная поверхность формы мешает выходу газов из металла. Рыхлые же, более глубокие слои недостаточно хорошо сопротивляются значительному гидравлическому давлению. В виду этого, в данном случае формовку ведут несколько иначе: вырывают яму, на дно которой насыпают мелкий кокс или каменноугольный мусор, служащие для свободного отвода газа (вентилирование формы), слоем в 20—30 см; на него насыпается крупный формовый песок, хорошо проводящий газы вследствие пористости.

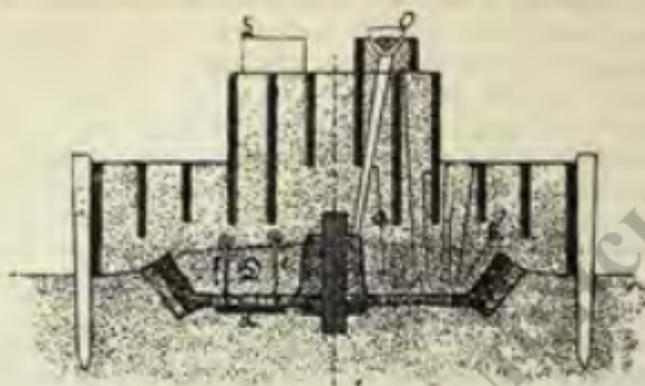
Этот слой хорошо утрамбовывается, чтобы сообщить форме устойчивость. Уже поверх этой земли насыпается медкая, рыхлая, так называемая модельная земля, для образования вокруг модели слоя в 10—20 см толщиной. В тот последний слой слегка вдавливают модель. Как сама яма, так и последующие слои имеют приблизительно форму модели.

В том случае, когда желают отлить предмет, имеющий со всех сторон правильные очертания, нельзя пользоваться открытой почвенной формовкой, а приходится прибегать к помощи опоки.

Типичная формовка в опоках, когда вся форма делается в опоках и может с ними переноситься с места на место, будет рассмотрена далее. Но есть еще промежуточный способ: формовка в почве с помощью одной опоки.

Почва готовится, как в предыдущем случае. После заформовки модели в почве, поверхность земли присыпают сухим белым песком и сдувают излишек его. Этот песок служит для того, чтобы насыпаемая сверху земля не слиплась с почвенною землею. Затем над моделью устанавливают опоку и кругом нее забивают в землю несколько кольев, чтобы впоследствии можно было установить опоку на старое место. Внутри опоки на модель насыпается через сито самая лучшая рыхлая формовая земля и слегка уплотняется пальцами. Поверх этой земли насыпается более грубая земля через более редкое сито и утрамбовывается слегка над моделью и по краям опоки. И, наконец, остальное пространство заполняется землею с пола мастерской прямо лопатою. Теперь трамбуют довольно сильно и срезают землю линейкою ровно с краями опоки. На фиг. 84 представлена модель конического зубчатого колеса, заформованная таким образом. Тонкие линии изображают проволоочные шпильки, затрамбованные в землю. Они, благодаря тесноте, поддерживают

выступающую вниз часть земли от обвала. Для этого же служат и ребра опоки. Очень часто не полагаются на одно трение, а сги-



Фиг. 84.

бают шпильки в виде крючков и вешают их на ребра и стенки опоки.

С левой стороны фиг. 84 показан несколько иной способ формовки. Выступающие части *D* между слицами отформованы каждая отдельно на пластинке *d*. Когда верхняя опока снята, можно и эти части поднять за крючки *f* и *z* и снова положить на место после удаления модели.

До засыпки земли в опоку вставляются две конические деревянные баблужки: одна на самую высшую часть модели, другая помещается немного в стороне и доходит до поверхности раздела. После заформовки баблужки вынимаются, оставляя каналы. Из них первый виден на разрезе фигуры, он служит для выхода воздуха из формы. Другой служит для наливания чугуна, это — литник. Чтобы увеличить высоту этих каналов и расширить их наверху в виде воронок, на опоку ставятся чугунные или железные коробки *O* и *L*, внутри которых и отформовывается продолжение каналов. Когда опока заформована, ее снимают; вынимают из нее модель, ввинтив в нее предварительно крючок, смочив слегка землю около модели и расшатывая немного модель в форме. Тогда остается осмотреть обе половины формы, исправить от руки обломившиеся места, прорезать канал от основания литника до полости формы, пригладить поверхность, припудрить и поставить опоку на место между кольями, забитыми ранее вокруг опоки.

При формовке очень высоких предметов в почве приходится вырывать глубокую яму. Если даже формовка производится в опоках,

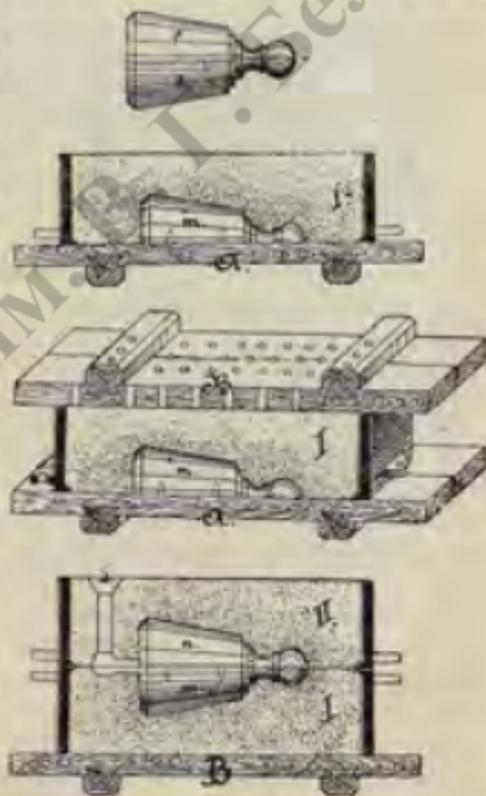
то все же для удобства отливки высокие формы помещаются в яму. Понятно, что яма должна быть суха, и если в почве имеются грунтовые воды, то яму следует защитить от них. Для этого при самой постройке литейной в ее почве устраивается колодец такой величины, чтобы в нем свободно помещались самые крупные предполагаемые отливки. Этот колодец складывается из кирпича на цементе или делается деревянным совершенно так, как делаются чаны для воды.<sup>1)</sup> В настоящее время стали делать колодцы из железобетона.

### Формовка в опоках.

В общих чертах этот род формовки заключается в следующем: одну половину *m* разъемной модели, а именно ту, в которой сделаны гнезда для шипов, кладут плоскостью разреза на особую доску *A* (фиг. 85), которая поэтому и называется подмодельною доскою; на ту же доску ставят опоку *I*, так чтобы крутой модели оставалось дюйма по 2 свободного пространства. Насыпают затем

в опоку земли, утрамбовывают ее, прикрывают опоку другою доскою *B*, все вместе поворачивают на 180° и убирают доску *A*. Тогда накладывают вторую половинку *n* модели на первую и вторую опоку *II* на первую опоку, и опять промежуток запаивают землей. Затем разнимают опоки, верхнюю поворачивают моделью кверху, вытаскивают из обеих опок половинки модели и снова складывают опоки и скрепляют их между собою. При заформовке опоки *II* вставляют деревянный стержень.

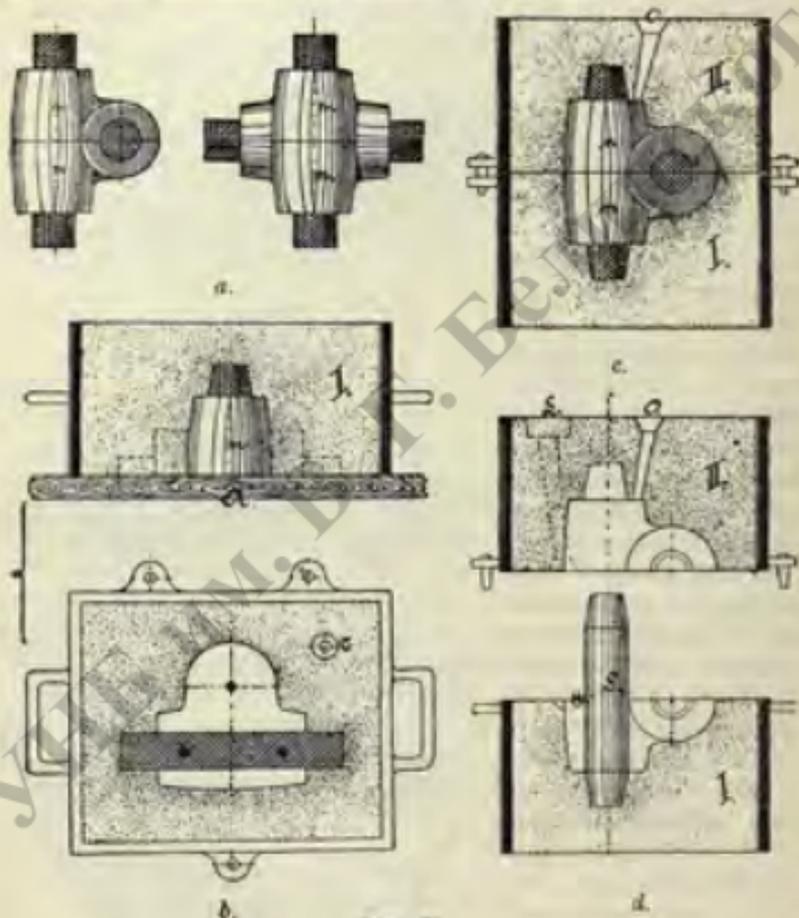
<sup>1)</sup> Кладочные колодцы непрактичны, так как скоро растрескаются.



Фиг. 85.

жень, чтобы образовать литник  $L$ . Горизонтальный канал прорезается на поверхности раскрытой формы.

Проследим теперь подробно за изготовлением формы муфты с двумя взаимно-перпендикулярными отверстиями, по разъемной на 2 половины модели, представленной на фиг. 86, *a*; модель, как видно на рисунке, сплошная и снабжена, вместо отверстий, знаками.



Фиг. 86.

Нижнюю половину модели  $m$  кладут плоскостью разреза на подмодельную доску  $a$  (фиг. 86, *b*) и на ту же доску ставят нижнюю опоку  $I$ .

Опока не должна быть значительно больше модели, чтобы не тратить лишнего формовочного материала и работу на ее набивку.

Но все же расстояние от модели до опоки не должно быть менее 20 мм. Иначе будет неудобно утрамбовывать землю в этом промежутке. В опоку насыпается через сито сначала самая лучшая формовая земля, так называемая модельная, пока модель не будет засыпана ровным слоем в 20—30 мм толщиной; уплотняют и разравнивают эту землю палочками и насыпают сверху через более крупное сито обыкновенной формовой земли, уже бывшей в употреблении. Теперь землю тщательно утрамбовывают заостренными трамбовками. Наконец, насыпают поверх этого слоя непросеянной земли прямо с пода литейной, утрамбовывают ее плоскою трамбовкою, срезают линейкой провень с опокой, накладывают надмодельную доску и переворачивают все вместе на 180°. Тогда снимают подмодельную доску, выглаживают землю около модели, заполняя получившиеся углубления свежим песком, насыпают на поверхность сухого белого песка и сдувают его; при этом он сдуется только с модели, на сырой же земле останется.

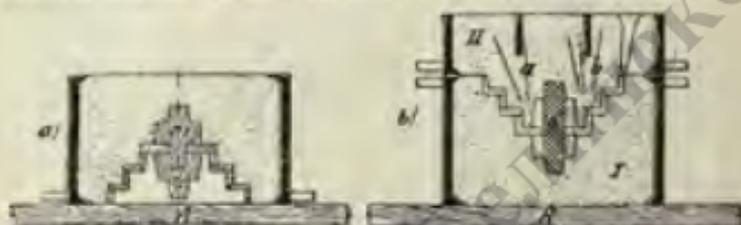
Затем накладывают шпатель в гнезда верхней половинки модели и ставят верхнюю опоку II (фиг. 86, *г*); устанавливают одну баклушку на поверхность земли в нижней опоке, для образования литника, и другую — на самую высшую точку модели, для образования отдушницы или выпора. После этого производят набивку так же, как и в нижней опоке. Сняв верхнюю опоку, ставят ее плоскостью разреза вверх рядом с нижней опокою. Половинки модели останутся каждая в своей опоке. Земля, набитая в верхней опоке, также останется вся в ней, так как она, благодаря слою белого песка, не сплывается с землею нижней опоки. Если литник сделан в стороне от модели и доходит до плоскости раздела, то в этом месте делается в земле нижней опоки небольшое углубление *г*, от которого до модели прорезается одна или несколько канавок. Все это приглаживается гладилками. Тогда приступают к выемке половинок модели. Предварительно смачивают крошки земли около модели, затем вынимают в модель крючки и, постукивая по ним молотком, расшатывают (раскашивают) модель и осторожно ее вытаскивают, не переставая постукивать. При вынимании модели форма обыкновенно несколько портится; ее необходимо исправить, выгладить, укрепить выступающие места, для чего в них натыкают шпильки или гвозди; наконец, останется припылить внутреннюю поверхность формы и прижать припыл гладилками. Сложив обе опоки снова вместе и вставив на свои места сердечники (фиг. 86, *д*), будем иметь готовую форму.

О приготовлении сердечников будет сказано особо.

Уплотнение земли при трамбовании должно быть сделано совершенно равномерно по всей поверхности формы и притом не слишком

сильно и не чересчур слабо. Очень сильно утрамбованная земля не пропускает газов, и металл при наливании в такую форму будет бурлить. Если же форма набита слишком слабо, то под давлением металла она изменит свои размеры, и в результате получится неправильная отливка. Для более свободного выхода газов и паров из самой земли форму протыкают в нескольких местах иглою, образуя так называемые отдухи.

На фиг. 87, *a* и *b*, представлена формовка ступенчатого шкива по цельной модели. Модель ставится на доску широким основанием,



Фиг. 87.

и земля набивается вокруг нее в опоке *I*. Перевернув эту опоку и насадив вторую, набивают в последней, а также в полости модели, землю, укрепляя сдвигающуюся часть формы в полости модели шпильками. Таким образом поверхность разъема формы только отчасти совпадает с плоскостью между опоками, остальная же часть совпадает с внутренней поверхностью шкива. Подобную формовку по неразъемной модели при помощи подмодельной доски можно произвести лишь в том случае, когда модель плотно ложится на подмодельную доску и может быть вынута по направлению, перпендикулярному к ней. В противном случае приходится применять вместо доски фальшивую опоку.

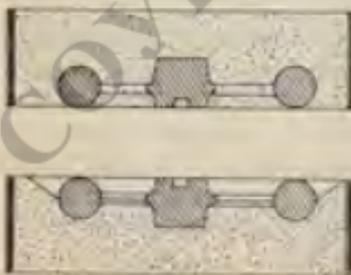
Пример такой формовки изображен на фиг. 88. Опока *F* плотно набивается землей, которая только сверху просеяна. В землю слегка вдавливаются модель. Там, где на поверхности земли получатся следы от выступающих частей модели, земля выгребается, и модель снова кладется на место. Так поступают, пока модель не углубится в землю до плоскости *MN*. В тех местах, где окажется мало земли, подсыпают новой и утрамбовывают. В конце-концов модель должна оказаться погруженной до линии *MN* в землю. Поверхность же последней должна быть сильно уплотнена. Тогда ставится вторая опока *I*, набивается обычным путем формовой землей и снимается с нижней фальшивой опоки. Модель, если она осталась в фальшивой опоке, вынимается и вкладывается в другую на свое место. Эта

верхняя опока во время отливки будет находиться внизу. Форма в фальшивой опоке не годится, потому что совершенно неправильно набита; ее разрушают, а опока ставится на правильно набитую и снова набивается обычным путем.

При этом способе формовки является лишняя работа по набивке фальшивой опоки и укладки в ней модели; кроме того, приходится не модель вынимать из формы, а форму снимать с модели, что гораздо труднее сделать, не испортив формы. В виду этих обстоятельств и прибегают к более дорогим разъемным моделям.

Если изготавливается много одинаковых отливок, то возможно заготовить раз навсегда фальшивую опоку, в которую модель укладывалась бы на требующуюся глубину. Такую постоянную фальшивую опоку можно отлить из гипса или даже вырезать из толстой деревянной доски.

Применения фальшивой опоки можно избежать помощью подрезки. Модель кладут на подмодельную доску и заформовывают ее (фиг. 89) и затем поворачиваем. Модель окажется закопанной в земле, и вытащить ее из этой половины формы невозможно. Теперь и надо удалить всю землю, которая мешает выемке модели, т. е. подрезать ее до самого широкого места модели, в данном случае до плоскости симметрии. Переход от поверхности подрезки к поверхности земли в опоке надо сделать плавным по наклонным поверхностям. Если теперь на-

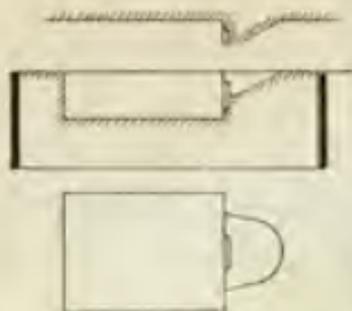


Фиг. 89.



Фиг. 88.

ставить вторую опоку и заполнить ее землей, то в ней внизу образуются сходящиеся части, соответствующие вырезанным углублениям и нижней опоке. Тем не менее форма бес-



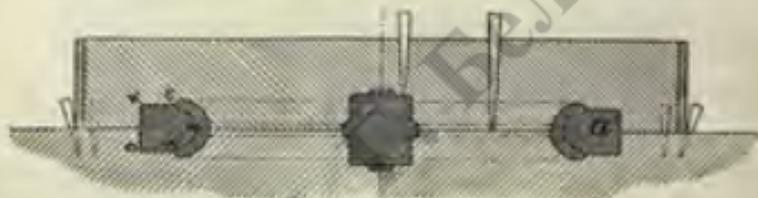
Фиг. 90.

препятственно различается; и то обстоятельство, что граница между половинами формы не плоская, а более сложная, не имеет значения.

На фиг. 90 представлен другой пример подрезки. Сбоку модели в одном месте имеется утолщение, мешающее выемке модели. Форма подрезки в разрезе и плане, а также форма выступа в верхней опоке видны на рисунке.

Приведем еще несколько примеров формовки.

**1. Формовка ролика с желобком на ободе (фиг. 91).** Форма желобка такова, что модель, если бы была даже разрезана плос-



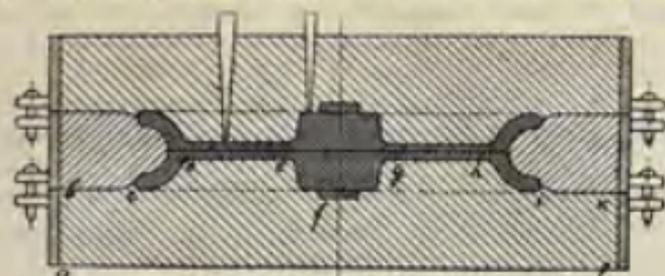
Фиг. 91.

костью пополам, все же не могла бы быть вынута из формы. Для того, чтобы это сделать возможным, она, вместо желоба, снабжается выступом *a*. Этот выступ представляется лишним придатком и закрашивается, как вообще все знаки, в черный цвет. Такая модель, смотря по тому, различается она или нет, заформовывается в двух опоках, при помощи подмодельной доски или фальшивой опоки, уже известным образом или, как показано на фигуре, в почве и одной опоке.

Тогда остается поместить внутри формы кольцо сечения *Аппо*, и форма готова для отливки. Это кольцо, играющее роль шишки или сердечника, изготавливается из массы или глины особо. Оно делается цельное или составляется из частей, называемых шишечными кусками, просушивается и укладывается на место перед самой отливкою, чтобы не успело отсыреть. Вообще здесь применен тот же прием, который служит для формовки пустотелых предметов.

**2. Желобчатый шкив** можно отформовать и без помощи шишек, но для этого модель должна быть обязательно разъемная, а формовка производится в трех опоках.

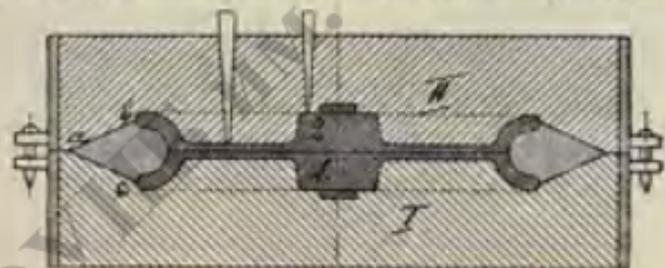
На фиг. 92 представлена разъемная модель, заформованная в трех опоках. Формовку можно начать со средней опоки, затрамбовывая



Фиг. 92.

землю только кругом обода. Модель придется уложить в фальшивую опоку, так как выступающий знак втулки не позволяет применить подмодельную доску. Затем наставляется одна из крайних опок и делается часть формы *abcde/ghikl*. Поверхность разреза *bcik*, понятно, предварительно прищипывается белым песком. Тогда обе опоки перевертываются, наставляется третья опока и заформовывается, как и вторая. Сняв одну из крайних опок, можно вытащить и соответствующую половину модели. В углах *e, l* сделана подрезка.

3. Желобчатый шпик можно заформовать без помощи шишек и в двух опоках (фиг. 93). Для этого кладут половину мо-

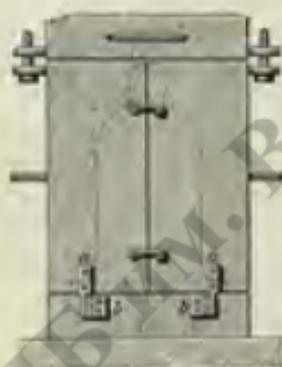


Фиг. 93.

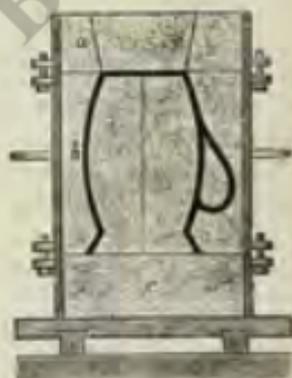
дели I на подмодельную доску плоскостью разреза вниз и заформовывают ее в опоке I. Перевернув эту половину формы, подрезывают землю до поверхности *ac*, выглаживают эту поверхность и присыпают сухим песком или лycopодуном. Затем заформовывают часть *abc*, также выглаживая и присыпая поверхность *ab*, после чего можно уже набить землю в опоке II. Подняв опоку II вместе с верхней половиною модели 2, удаляют эту половину и снова накладывают

верхнюю опоку. Перевернув затем всю форму, можно таким же способом удалить и нижнюю половину модели. При этом часть формы *abc* все время лежит одною из конических поверхностей *ab* или *ac* на нижележащей части формы; ее не приходится оставлять навесу или вынимать совершенно из формы. Поэтому она оказывается достаточно прочною, несмотря на то, что сделана из того же материала, как и вся форма, т. е. из обыкновенного тощего песка. Эта часть называется перекидным болваном.

**4. Формовка кувшина.** Моделью в этом случае служит такой же кувшин, который предполагается отлить. Эта модель разрезана на две части плоскостью симметрии, проходящею через ручку. Формовка производится в трех опоках, из которых средняя, имеющая равную с изделием высоту, в свою очередь разнимается на две половины, разделяющиеся вертикально плоскостью, совпадающею с плоскостью разъема модели. Наружный вид собранных вместе опок представлен на фиг. 94, а их разрез с заформованною моделью —



Фиг. 94.



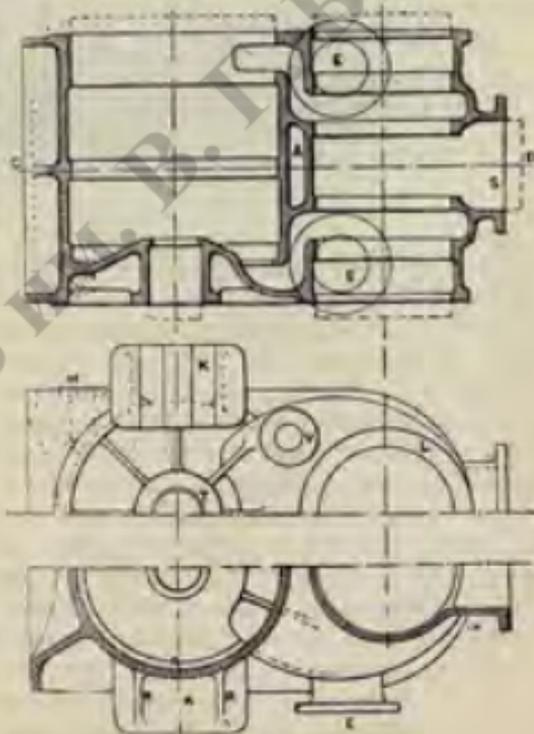
Фиг. 95.

на фиг. 95. Порядок формовки следующий: на подмодельную доску ставят модель и среднюю опоку и заформовывают промежуток *b* вокруг модели; присыпают поверхность земли сухим белым песком или угольным порошком, наставляют верхнюю опоку *a*, и ее также набивают землею. Тогда поворачивают обе опоки вместе, присыпают поверхность земли и в средней опоке и набивают землю внутри модели, а также в опоке *c*, поставленной предварительно на свое место. Затем поворачивают форму оплокою *c* вниз и приступают к разъему формы: снимают верхнюю опоку, разнимают в стороны обе половинки средней опоки, при чем в каждой остается часть земляной формы и одна половинка модели, которые

и вынимаются прочь. При разъеме средней опоки заключенная в ней форма должна разломиться на две части. То, что этот излом произойдет не по плоскости, не имеет никакого значения. Для облегчения разъема можно во время формовки заложить жестяные полоски. Во всяком случае, сложив обе половины средней части формы, всегда возможно исправить ее недостатки.

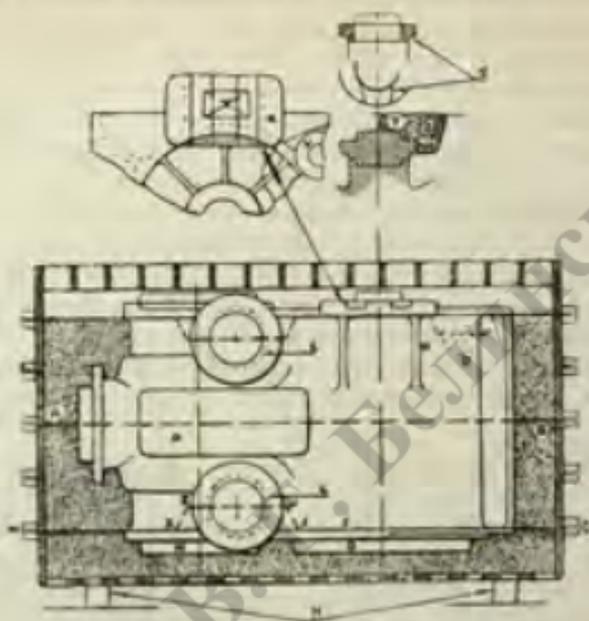
Таким же порядком складывают все части вместе. В данном случае сердечник составляет одно целое с землей в опоке *c*. Если бы производилась формовка котла, горшка и т. п. такой формы, что размеры увеличивались бы все время от дна до края, то модель можно было бы снять непосредственно кверху, и не было бы надобности делать модель и среднюю опоку разъемными. Ручки в подобных случаях формируют в глине особо, и их формы затрамбовываются на место вместе с землей во время набивки формы.

**5. Формовка парового цилиндра.** Цилиндры для паровых и других машин, в виду большой сложности и строгих требований, предъявляемых к такого рода изделиям, формируются почти всегда в сухом песке или глине. Здесь мы рассмотрим формовку в сухом песке. Предполагается, что нужно отлить цилиндр, представленный на фиг. 96. Для облегчения формовки нижний и верхние флянцы должны быть сделаны на модели отъемными и прибавлены знаки, как показано пунктиром. Небольшие подтрубки (*E* и *M*), а также лапы *K* с ребрами *R* должны быть отъемные. Формовка начинается с того, что и полулитейной вырывают углубление и на дно его кладут опор-



Фиг. 96.

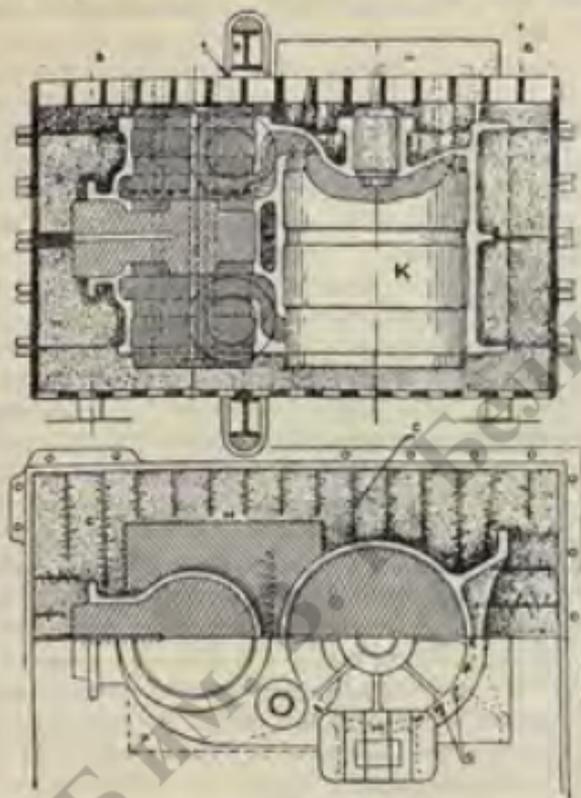
ные бруски *H* (фигура 97); на бруски ставится опока, которая набивается горелой формовочной землей, и приглаживается плос-



Фиг. 97.

кость в уровень с положением знаков *N* и *O*. На эту ровную поверхность ставится модель. К модели приставляется нижний фланец *F* и, чтобы при набивке землей фланец не покосился, его подпирают снизу деревянными колышками. Затем нижняя опока набивается до уровня *W/G*. Хорошо, прежде чем приступить к формовке модели, смазать ее слегка машинным маслом, чтобы к модели не приставал песок, и в то же время масло отчасти предохраняет модель от оплывания влети и разбухания. Поверхность раздела в нижней опоке будет плоская, за исключением места около выступающего подтрубка *L*, где, для возможности выемки модели из земли, поверхность раздела должна быть сделана по линии *XZUJ*. Поверхность раздела посыпается белым песком, ставится вторая опока и скрепляется с нижней опокой болтами. К стенкам этой опоки привертывают тонкие перегородки *C* (фиг. 98), чтобы дать более надежную опору для песка. Перегородки эти отливаются из чугуна в открытых формах и на своей поверхности имеют залитые в них гвозди, чтобы лучше держать песок. Расставляются эти перегородки на расстоянии

около 150 мм, и их ширина на 25 мм меньше, чем глубина опоки. К модели перегородки не должны доходить на 25 мм, и для большей



Фиг. 96.

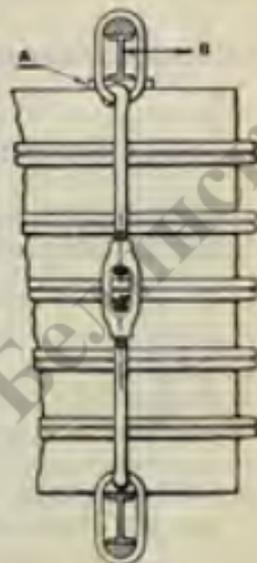
прочности перегородки можно связать между собой по концам болтами. Все пространство между перегородками набивается формовочной землей; в тех местах, где получаются неукрепленные перегородками выступы земли, прокладываются еще деревянные или железные солдатики; как солдатики, так и перегородки, прежде чем быть затрамбованы в землю, смазываются жидкой глиной. Поверхности раздела на толщину 25 мм должны быть набиты свежим формовочным песком; точно также около модели на толщину 50 мм должен набиваться слой свежего формовочного песка. По мере того, как съемные части затрамбовывают в песок, прикрепляющие их шпильки вынимаются. Таким образом ведется набивка опоки до поверхности раздела АВ (фиг. 97). Эту поверхность посыпают бе-

дым песком, ставят третью опоку и ведут набивку совершенно так же, как и во второй опоке. Для того, чтобы иметь возможность хорошо утрамбовать землю под выступающими лапками *K* (фиг. 96), в модели вырезается прямоугольник *У* (фиг. 97), через который и производится набивка земли, затем этот прямоугольник закладывается. Пространство *A* (фиг. 96), отделяющее цилиндр от золотниковой коробки, получается при помощи стержня. Для закрепления этого стержня на модели должны быть приготовлены знаки *P* (фиг. 97) и *H* (фиг. 98). В узком месте стержень укрепляется проходящими через него тремя железными прутьями (фиг. 98). Когда третья опока набита, приступают к набивке верхней опоки. На фланец устанавливают модели литников *G* (фиг. 98) и выпоров. Выступающие части формы около сальника подвешиваются крючками, вообще же вся верхняя опока укрепляется солдатыками, и для получения хорошей вентиляции протыкается тонкой проволокой. Затем верхняя опока поднимается, при чем в ней вместе с землей поднимается также заформованный фланец *T* (фиг. 96—97) и отъемная часть лапы *K* (фиг. 96). Если фланец *T* прикреплен к модели так, как показано на фиг. 97, то, прежде чем снимать верхнюю опоку около фланца, должна быть вынута земля и в этом пространстве набит стержень *T* (фиг. 97), который будет вынут вместе с моделью фланца, после чего уже можно снять верхнюю опоку. Или, более удобно, можно сделать фланец отъемным, как показано на фиг. 97—5. Фланец приготовлен из трех частей в виде кольца, и снимается вместе с опокой, затем все составные части кольца можно поочередно вынуть через среднее отверстие. По окончании набивки приступают к разборке всех опок поочередно, вынимают из них модели, отделяют и отправляют в сушилку. Главный стержень *K* (фиг. 98) готовится из глины, стержни для паровых окон готовят в обыкновенных стержневых ящиках; для их укрепления внутри теха прокладываются металлические ранки. Все стержни должны быть хорошо вентилированы. Когда формы и стержни просохли, их внимательно осматривают, все небольшие трещины замазываются формовочными чернилами, которые на горячей земле скоро присыхают. Ребра поверхностей раздела несколько срезаются, чтобы при наложении формы они не могли быть обжаты, кроме того, все места, которые могут легко обломаться, для сообщения им большей вязкости, смазываются нежным маслом. <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Вообще во всех тех случаях, когда при исполнении сырых форм литейщик для подправки употребляет воду, при исполнении сухих — употребляется масло.

Когда все части формы приведены в порядок и обчищены, их собирают вместе. В тех местах, где соединяются между собой вентиляционные каналы отдельных стержней, около этих каналов поверхность стыка смазывается глиной, чтобы стык получить герметичным и чтобы чугун не мог проникнуть в канал и закупорить его. При сборке формы все время измеряется величина промежутков, заполняемых чугуном, и если замечают, что толщина стенки получается несоответствующая чертежу, то эту погрешность исправляют, спиливая стержень. Точно также для того, чтобы убедиться, что крышка цилиндра получена надлежащей толщины, на стержень *К* перед закрытием опоки кладут в различных местах глиняные шарики, закрывают опоку, снова снимают ее, и по тому, насколько сжаты шарики, судят о правильных размерах формы. Когда форма собрана, под нее подводят три или больше балок *В*, такие же балки кладутся поверх формы и стягиваются затяжками (фиг. 98—99).

Когда форма закреплена, ставится опока *W* таких размеров, чтобы внутри нее поместились все литники *О*, и в этой опоке набивается из сырого песка резервуар литника, который сначала должен очищать чугун от сора, а затем проводить его по каналу, соединяющему все литники, в форму. На фланце части *Е* (фиг. 96) становится несколько выпоров, после чего форма готова для отливки.

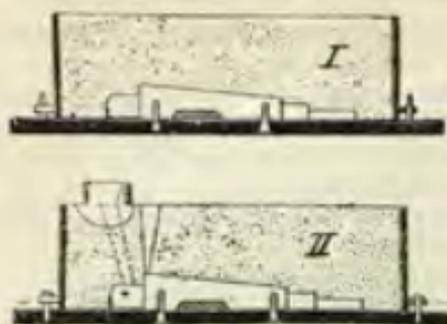


Фиг. 99.

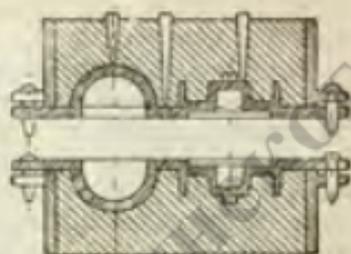
### Формовка при помощи модельных досок сплошных и сквозных.

Формовка мелких предметов, каковыми является большая часть бронзовых и медных изделий, очень часто производится за раз по несколько штук в общих опоках. Тем не менее, приходится тратить много времени на размещение моделей, на прорезание каналов, на выем каждой модели отдельно, на исправление неизбежно портящихся при выеме моделей форм, на многократное переустройство опок их сборку, разборку и новую установку и т. д. Все эти работы значительно упрощаются применением модельных досок. На фиг. 100 представлены две такие доски с привинченными к ним половинками

модели. На фиг. 101 изображены доски, составляющие одно целое с моделями. На одной из досок сделаны штыри, на которые наде-



Фиг. 100.

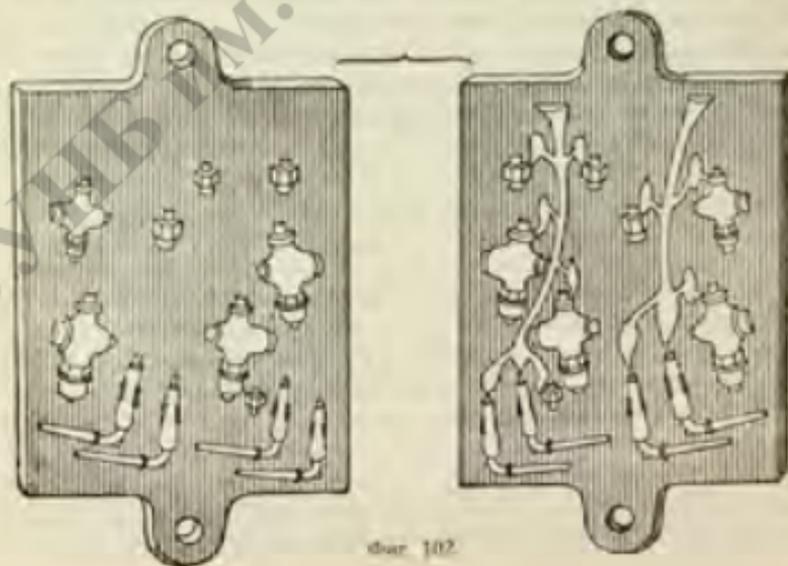


Фиг. 101.

ваются ушки одной опоки, а на другой имеются отверстия для штырей парной опоки.

Каждая опока набивается независимо от другой, но, сложенные вместе, они должны образовать совершенно правильную готовую форму. Вынимание модели из формы производится довольно легко, так как различаемые части направляются штырями, плотно приходящими в отверстия, так что форма не может испариться.

На фиг. 102 изображена пара модельных досок, на которых раз-



Фиг. 102.

мешени половинки моделей четырех кранов, четырех пробок и четырех гаек к ним. На одной из досок приделаны также модели литников и каналов. Отливка происходит стоямя. Каналы расположены так, что металл не может попасть в верхние формы раньше, чем он заполнит нижние. Перед входом в формы каналы имеют расширения, чтобы подучить здесь запас жидкого металла, на случай усадки в форме. Здесь одновременно получается 12 форм, и не приходится их исправлять и прорезать к ним каналы.

Приготовить модельные доски можно следующим образом: сначала тщательно пригоняют две опоки одну к другой, так чтобы штыри плотно входили в отверстия ушек, поверхности же соприкосновения опок пристраиваются. Затем так же пригоняются обе доски (без моделей), каждая к своей опоке. Имен взаимно хорошо пригнанные доски и опоки, заформовывают модели в двух опоках обычным способом, т. е. обе половинки модели совместно, одна на другой; затем снимают верхнюю опоку с ее половинками моделей и ставят ее на одну из модельных досок моделями вниз; другую опоку поворачивают и ставят на вторую доску. Затем осторожно выгребают землю. Когда обнаружится часть модели, ее прижимают к доске, очищают кругом нее землю и очерчивают ее профиль на доске острою чертилкой. В механической мастерской уже просверлят необходимые отверстия и привернут шурупами модели к доске, пользуясь сделанными на доске их очерками. Очевидно, что две половинки формы, сделанные по таким доскам, будут хорошо приходиться одна к другой, так как они представляют собой точную копию тех, которые послужили для определения положений моделей на досках.

По другому способу вынимают из опок модели и поверхность земли покрывают мелом. Затем ставят каждую опоку на соответствующую доску; поверхность досок покрывается мелом, за исключением мест, на которых должны стоять модели.

Очень часто пользуются следующим способом приготовления модельной доски, на которой обе стороны снабжены половинками моделей.

Формуют модели обычным способом в двух опоках, затем снимают опоки, вытаскивают модели, прорезают каналы и снова складывают опоки вместе, проложив между ними рамку такой толщины, какую должна иметь доска. Рамка деревянная и оббазена глиною. Внутренность такой формы заливают металлом и получают готовую доску, составляющую одно целое с половинками моделей на обеих сторонах.

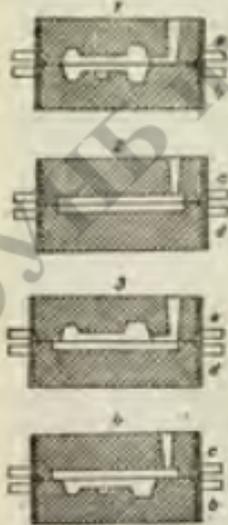
Часто модельные доски делают из гипса, залитого в железную рамку. Для большей твердости к гипсу прибавляют цемента в про-

порции 1:6 или 1% декстрина. Гипс и декстрин разводятся отдельно в кипяченой воде. Еще лучше на 5 частей гипса прибавлять 1 часть цемента и 1 часть белого тонкого песка.

В случае применения модельных досок с металлическими моделями, отлитыми за одно целое с доской (и вообще при изготовлении металлических моделей), надо принимать во внимание не только усадку самого изделия, но и модели. Дело упрощается, если модели отливать из таких сплавов, которые практически не дают усадки. К числу таких сплавов принадлежат следующие:

Sn	Cu	Pb	Sb	Bi
86	8	—	6	—
20	—	55	25	—
6	—	78	16	—
30	—	50	10	10
41	—	41	16	2
2	—	90	8	—
42	—	42	16	—

Весьма просто отлить две модельные доски вместе с полумоделями. Для этого нужно иметь 4 опоки (2 нижние и 2 верхние) хорошо пригнанные между собою. Тогда в опоках *a* и *b* (фиг. 103) заформируют 2 полумодели, а в опоках *c* и *d* — две доски. Отливают, скомбинировав опоки *a* с *d* и *c* с *b*.



Фиг. 103.

В случае применения гипса две из четырех опок могут сами служить рамками для гипсовых модельных досок. Заформируем модель *M* в опоках *a* и *b* (фиг. 104), а затем, наложив на каждую из них опоки *c* и *d*, зальем последние гипсовой массой, заштрихованной накрест. Очевидно, опоки *c* и *d* с залитой гипсовой массой и будут собою представлять пару модельных досок.

Эти опоки можно сделать низенькими в виде рамок.

Вместе с описанными модельными досками применяются сквозные (протяжные) доски (фиг. 166). Опока ставится на сквозную доску, сквозь вырезы которой пропущены модели модельной доски *M*.

Понятно, что эти модели должны выступать над сквозной доской на надлежащую высоту, а поэтому их высота должна быть сделана больше надлежащей на толщину сквозной доски. При снятии модельной доски вместе с прикрепленными к ней моделями, по средине, земля не может быть увлечена вслед за моделями, так как она удерживается сквозной доской.

В этом заключается смысл применения сквозных модельных досок.

Имея сквозную модельную доску, можно обойтись и без модельной доски, а просто соответствующие половинки моделей поставить на стол, пропустив их сквозь отверстие сквозной доски. После заформовки эти половинки моделей вынимаются из формы, каждая отдельно, не снимая сквозной доски, сквозь ее отверстия.

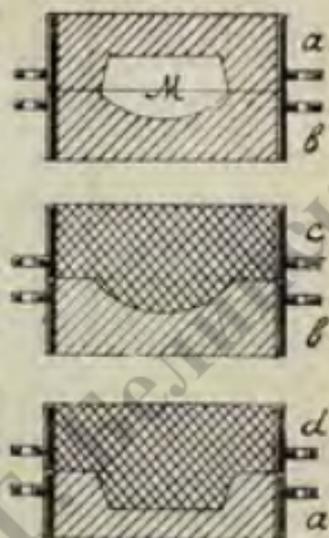
Далее приведены примеры применения сквозных модельных досок при машинах для формовки ребристых труб и цилиндрических шкивов.

Приготовление сквозных модельных досок отличается от приготовления обыкновенных только тем, что профиль, очерченный чертилкой, служит не для того, чтобы на данном месте прикрепить полумодель, а чтобы по этому очерку сделать вырез на доске. Эта работа требует очень аккуратной и дорогой ручной обработки.

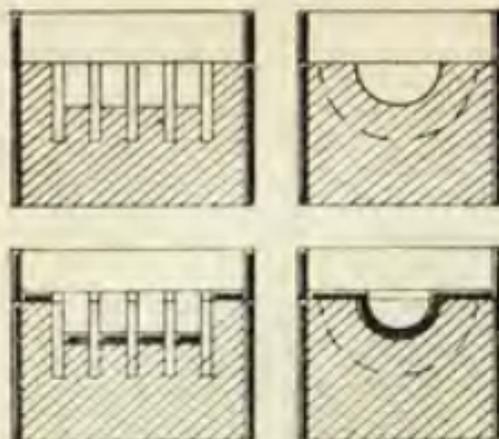
Фирма *Бонвильсон* предложила дешевый способ изготовления сквозных и притом не только плоских, а каких угодно досок, посредством отливки, при чем сквозная доска составляет как бы часть модельной.

Прежде всего заформовываем 2 опоки совместно обыкновенным способом. Одна из опок представлена на фигуре 105 в верхней части.

Если бы мы на обе опоки наставили рамки и залили их гипсом, то получили бы модельные доски по описанному выше способу. Вместо того покрывают горизонтальные и пологие поверхности формы, примыкающие к вертикальным поверхностям, слоем пластической глины или какого-нибудь другого вещества, например, воска (нижняя часть фигуры), и только теперь заливают гипс. Ясно, что полученная гипсовая модельная доска окажется уточненной в тех местах, где находились глиняные накладки.



Фиг. 104.



Фиг. 105

Теперь удаляют слой глины или вновь заформовывают опоку, в соответствии со второй, еще нетронутой опокой, и накладывают на нее гипсовую модель. Очевидно, что пространство, занятое ранее глиной, окажется пустым: сюда вливают модельный сливок. Эта последняя отливка и представляет собой сквозную модельную доску, накладываемую при формовке на гипсовую модельную доску (фиг. 106). Той же фирмой *Бонвиллз* введен способ формовки, при котором на одной односторонней модельной доске формируются обе половины формы. Дело заключается в следующем. Пусть требуется отформовать модель *M* (фиг. 107, 1). Заформовываем ее обыкновенным способом (фиг. 107, 2).

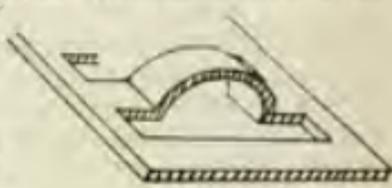
Затем ставим обе половины формы рядом, покрываем их общей рамой *c* (фиг. 107, 3) и заливаем гипсом.

Полученная модельная доска будет симметрична относительно плоскости соприкосновения опок *a* и *b*. Если мы теперь отформируем две опоки *d* (фиг. 107, 4) по гипсовой модельной доске *c*, то получим две половины формы, при чем одну из них при спаривании надо будет повернуть на  $180^\circ$  около оси, лежащей в упомянутой плоскости симметрии (фиг. 107, 5). Получается при таком способе формовки двойное количество отливок.

Ясно, что способ *Бонвиллза* требует специального набора опок. Для большего удобства фирма употребляет, вместо двух отдельных опок *a* и *b*, особую, раскрывающуюся на шарнире (фиг. 108).

При помощи двух только-что описанных способов приготовлена модельная и сквозная доски для отливки ребристого автомобильного цилиндра, изображенного на фиг. 109.

Еще острее способ *Бакера*, не требующий специальной шар-



Фиг. 106

нерной опоки. По этому способу заформовывают модель в двух опоках, располагая ее к одному краю и снабжая опоки временно деревянными перегородками  $b$  (фиг. 110, 1). Затем накладываем на опоку  $a$  третью опоку  $c$  (фиг. 110, 2) также с деревянной перегородкой и заливаем одну ее половину гипсом. Вынимаем из нее деревянную перегородку, накрывав на опоку  $b$  (фиг. 110, 3), и заливаем и другую половину гипсом. Получим модельную доску (фиг. 110, 4) такую же, как и по способу Бонвиллмана.

Нетрудно видеть, что при трех ушках треугольник  $pqr$  должен быть равнобедренный.

### Приготовление сердечников и их установка на место.

В описанных способах формовки нам не раз встречались так называемые шпички или сердечники, назначение которых — образовывать внутренние пустоты или углубления в отливках. Иногда такая шпичка составляет одно целое с формой, как это мы видели в случае формовки кувшина. Большею же частью шпички изготовляются отдельно или при помощи шпичечных ящиков, или же при помощи шаблонов.

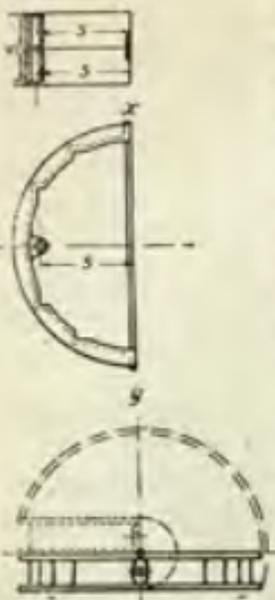
Шпичечный ящик представляет деревянную форму, в которой набивается сердечник из формовой земли.

Такой ящик, очевидно, должен иметь полость как раз такой формы, как внешнее очертание сердечника, и должен раскрываться на две или более частей, чтобы готовый сердечник можно было из него вынуть.

На фиг. 111 представлено несколько ящиков, состоящих из двух половинок, для формовки шпичек  $a, b, c$ . Ящик  $d$  служит для формовки



Фиг. 107.

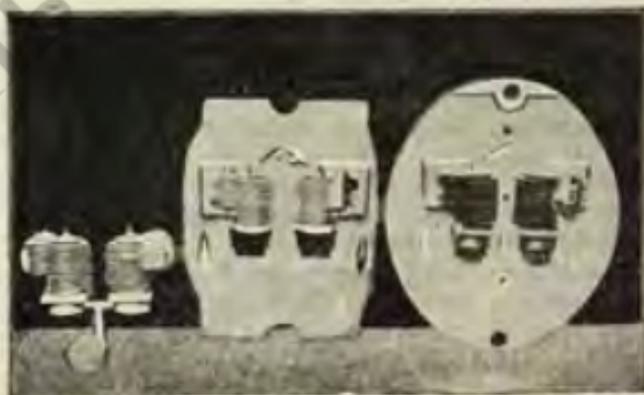


Фиг. 108.

сердечников трубы с двумя отводами, модель которой изображена рядом с ящиком. Ящики ставятся на доску или просто на стол, и через верхнее отверстие в него насыпается и утрамбовывается земля.

Если шишка не прямолинейная и имеет более сложный вид, например, как шишка, набиваемая, в ящике *d*, то набить ее сразу в сложенном ящике невозможно, и приходится набивать каждую половину ящика отдельно, а потом склеить две половины шишки жидкой глиной. По способу *Кюппеля* это неудобство избегается.

Способ состоит в следующем (фиг. 112—116). Нижняя половина ящика *a* (фиг. 112) накрывается рамкой *b*, служащей для насыпания определенного количества земли (фиг. 113). Эта земля сжимается верхней половиною ящика *c* (фиг. 114). Земля насыпается с небольшим избытком, для помещения которого служат желобки *e*, примыкающие непосредственно к главным углублениям. Затем, сняв верхнюю половину ящика *c*, накрывают готовые шишки доскою *d* с соответствующими углублениями (фиг. 115) и поворачивают все на 180° (фиг. 116). Чтобы не испортить шишек, лучше перед накрыванием доскою *d* засыпать их сухим песком. Тогда после переворачивания шишки будут лежать на мягкой песчаной постели.



Фиг. 109.

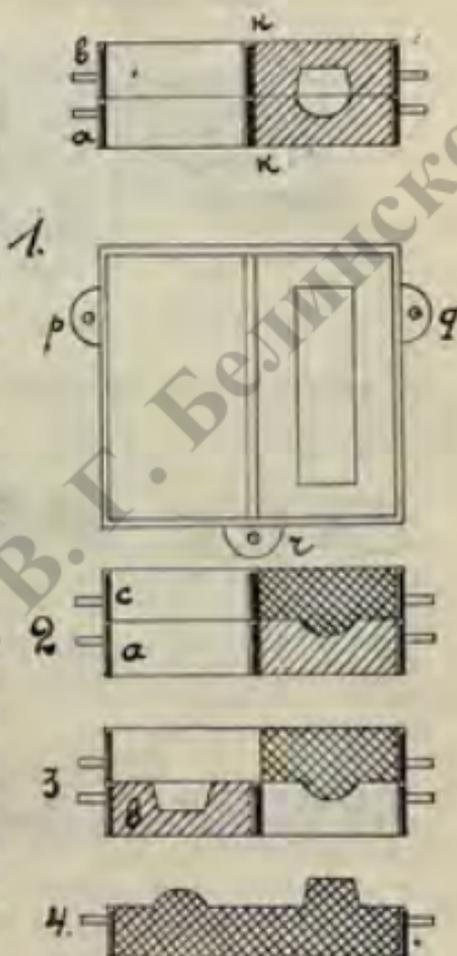
Отформованная шишка высушивается тем сильнее, чем жирнее ее материал, и затем окрашивается формовыми чернилами.

Необходимо упомянуть о новом приеме набивки шишечных ящиков песком при помощи пескоструйных аппаратов, дующих песок в ящики толчками. Помощью небольших машин, работающих воздухом в 6 атмосфер, удается набивать шишки самых сложных форм.

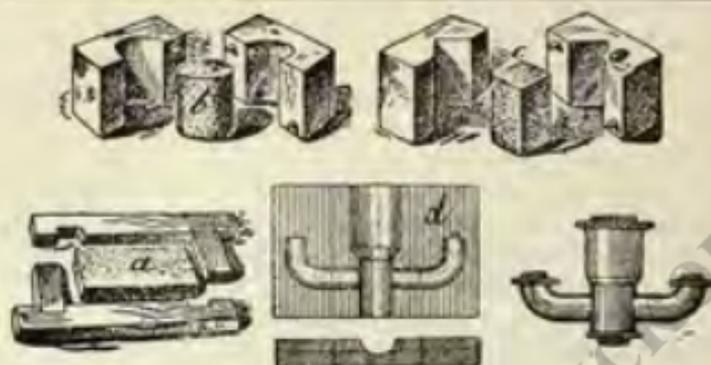
Из перечисленных раньше сравнительно тощих материалов можно готовить только шишки небольших размеров. Для больших шишек употребляется жирная земля, часто с прибавлением конского навоза, требующая более сложной формовки. В случае жирного материала необходимо озаботиться легким выходом газов, т. е. *вентилировать сердечник*.

Вентилирование заключается в том, что шишку протыкают иглою или при ее формовке закладывают тонкие железные стержни, которые потом вынимаются, оставляя прямые каналы. Если эти каналы должны быть сделаны криволинейными, то для их образования заформовывают в шишку веревки, вытягиваемые впоследствии, кольчатые жгуты, которые выгорают во время сушки, или восковые фитили. В последнем случае воск вытравливается, а шнурок фитиля легко извлекается из сравнительно свободного отверстия. Вентиляционные каналы должны открываться наружу, проходя через знаки.

Если несколько стержней приходится соединять вместе, то их каналы должны служить продолжением один другим, чтобы газы



Фиг. 110



Фиг. 111.

ноги беспрепятственно проходить из стержня в стержень и далее наружу.

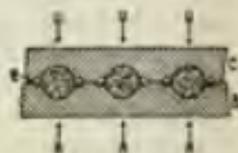
Длинные стержни, укрепленные только на концах (своими зна-



Фиг. 112.



Фиг. 113.



Фиг. 114.

ками), подвергаются сильному изгибающему действию давления металла и потому должны обладать особенною прочностью.



Фиг. 115.



Фиг. 116.

Для этого их снабжают металлическим (редко деревянным) скелетом или каркасом. Этот скелет отливается из чугуна или делается из железных прутьев, расположенных

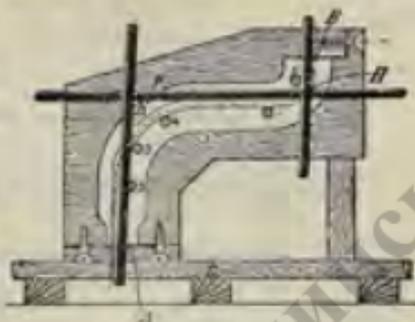
свободно или связанных между собою проволокою и изогнутых по форме шишки. Скелет должен быть такой формы или состоять из таких частей, чтобы его можно было вытащить из готовой отливки.

Каркас T-образной шишки для отливки тройника водопроводной трубы делается из газовых трубок, свинченных между собою. Эти трубки продиравливаются и служат таким образом не только для укрепления шишки, но и для вентилирования. Чтобы вытащить такой каркас из готового тройника, предварительно приходится развинтить каркас на части.

На фиг. 117 представлена формовка шишки для образования впускного канала в паровом цилиндре.

До набивки земли в ящик заложены железные стержни. Из них стержни 2, 3, 4 и 5, показанные в разрезе в виде кружков, имеют прямолинейную форму. Остальные стержни, пересекающиеся с ними, изогнуты по форме канала.

Кроме этих стержней, образующих каркас шишки, закладываются проволоки, показанные черными линиями, или веревка, изображенная пунктиром, для образования вентиляционных каналов.



Фиг. 117.

Веревка должна обитать стержни 2, 3, 4 и 5, как показано на фигуре. Иначе она при вытаскивании может разрушить шишку. Затем в ящик насыпается земля, и все утрамбовывается. Если для образования каналов были заложены прямые проволоки, то по вынутии их на поверхности шишки останутся отверстия, которые следует замазать, за исключением находящихся на торцовых поверхностях сердечника А и В. В Н стержни соприкасаются внутри шишки; поэтому канал получается здесь непрерывный. В К, наоборот, следует еще соединить между собою два канала, образованные непересекающимися внутри шишки стержнями. Для этого делают со стороны точки К небольшое углубление, вкладывают веревку от канала до канала, снова заделывают углубление и вытаскивают веревку через один из каналов.

Шишки, имеющие форму тел вращения, готовятся при помощи обточка, пользуясь шаблоном, представляющим дюймовую доску, один край которой выпилен по форме образующей тела вращения и заострен с одной стороны. Если шаблон должен служить продолжительное время, то его рабочий кант снабжается железною пластинкою.

Остовом для таких шишек служит шпindelь, проходящий во всю длину шишки. Благодаря твердому остову, шишка приобретает значительную прочность и может быть безопасно переносима в сушилку и укладываться в форму.

Шпindelь обыкновенно служит и для вентиляции шишки. Смотря по диаметру шишки, ее шпindelь представляет сплошной круглый железный стержень с прорезанными на нем глубокими продольными

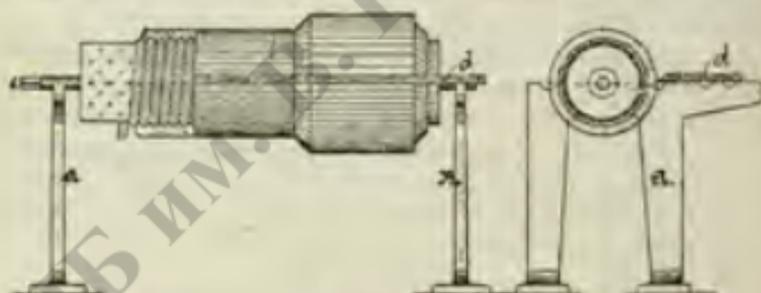
канавками, по которым проводятся газы, или шпинделем служит обыкновенная газовая труба, но продырявленная во многих местах, чтобы газы могли пройти в канал трубы. Если труба значительного диаметра, то в ее концы вставляются железные цапфы. Для еще более значительных диаметров шпиндель делается в виде железного барабана со сплошной осью (фиг. 118). На ось насажены несколько



Фиг. 118.

штулок со спицами, к которым и прикрепляется барабан из листового железа, продырявленного по всей поверхности.

Шпиндель своими цапфами укладывается в особый станок, состоящий из двух стоек *A* и *B*, имеющих наверху несколько полукруглых углублений для принятия цапф шпинделя (фиг. 119). Рас-



Фиг. 119.

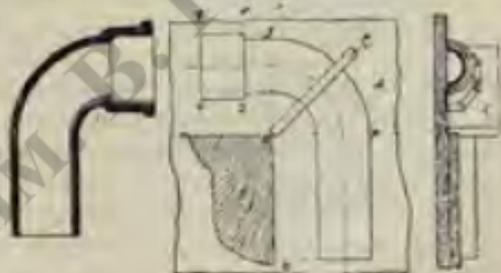
стояние между стойками можно менять согласно длине шпинделя. На конец его *C* надевается рукоятка, и шпиндель приводится во вращение. Тогда на него наматывают соломенный жгут, прикрепив конец его к шпинделю. Жгут этот натягивается, насколько позволяет прочность, и наматывается плотно—оборот около оборота. При малых шпихках навивают прямо слой мятой соломы или даже паклю. Обыкновенно делают они слой обмотки, но если размеры шпинделя сильно отличаются от наружных размеров шпихки, то делают и несколько слоев, но заботятся о том, чтобы соломенная обмотка не вышла слишком мягкой, и для этого каждый слой прибивается деревянным молотком. С другой стороны, толстый слой глины был бы

мало пропускаем для газов и трудно высыхал бы. Отсюда видно, что размеры шпинделя должны вполне соответствовать шишке. Слой соломенной обмотки увеличивает газопроницаемость шишки и главным образом полезен тем, что солома обугливается и позволяет металлу усаживаться во время охлаждения. Если бы нанести глиняную обмазку непосредственно на металлический шпиндель, усадка была бы невозможна, и отливка должна бы лопнуть. Кроме того, шишка, снабженная соломенной обмоткой, легко выколачивается из отливки.

Смочив солому жидкой глиной, наносят на нее слой глины от 6 до 12 мм для малых и от 15 до 18 мм для больших шишек. Если слой глины должен быть тонок, то его наносят сразу; если же толст — то с двух приемов, при чем в наружный слой идет более тощая глина. Затем на стол станка кладется шаблон *d*, которым и придаетя требуемое очертание шишке при ее вращении. Обточенную шишку высушивают, при чем на ее поверхности появляются трещинки. Их следует замазать, проверить снова шишку шаблоном, покрасить ее и окончательно высушить.

Иногда делают помощью шаблона шишки, и не имеющие форму тела вращения. На фиг. 120 показано чугунное водопроводное колено и способ приготовления

для него сердечника при помощи шаблона. К доске *A* прибита направляющая доска *B*, вдоль которой тянут шаблон *C* с вырезанною полуокружностью. Передвигаясь вдоль кнута *оп*, шаблон описывает полуцилиндр до линии *пр*; далее шаблон вращается



Фиг. 120.

около угла *п*, описывая изогнутую часть шишки между линиями *пр* и *рв* и т. д. Между *рв* и *рб* шишку вытягивают другим шаблоном. Оставом такой полущишке служит пучок железных прутьев, связанных проволокою, служащих для образования каркаса и вентиляционного канала. После просушки двух половинок шишки их пригоняют одна к другой, связывают проволокою, замазывают свежою глиною стык, красят и снова высушивают.

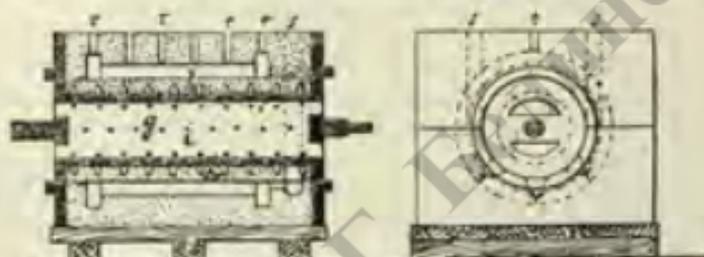
Описанные способы изготовления стержней из материалов, требующих просушки, представляются наиболее распространенными.

Но иногда делают стержни и из сырого песка, т. е. из тощей земли, не подвергающейся просушке. Эти стержни обладают тем

преимуществами, что, не подвергаясь просушке, они и не изменяют своих размеров.

Стержни из сырого песка, вследствие рассыпчатости, чрезвычайно непрочны, так что могут иметь применение только в простейших случаях. Кроме того, здесь необходимо обращать особенное внимание на сообщение им прочности. В виду этого и самые способы изготовления таких стержней несколько отличаются от описанных выше.

Их изготовляют по шаблонам и при помощи шишечных ящиков. Для изготовления шишек в виде тел вращения по шаблону, также применяют в этом случае металлический остов, но сообщают ему вид барабана, снабженного на поверхности выступами *h* (фиг. 121). На фи-



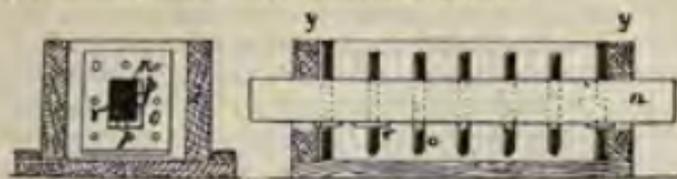
Фиг. 121.

гуре представлен готовый стержень, уже вставленный в форму. Прежде чем накладывать на барабан землю, его смазывают жидкой глиной или мучным тестом, чтобы земля лучше пристала к его поверхности. Толщина слоя земли делается от 15 до 25 мм. Вытачивается стержень на станке обыкновенным способом, при помощи шаблона. После обточки на поверхность шишки насеивают через сито тонкой земли и приглаживают ее гладилками. Фонарь шишки *d* снабжен, как обыкновенно, отверстиями *i, i*. Каналы *f, f* служат выпорами; каналы же *g, g* — литниками.

В представленном на фигуре примере применен оригинальный способ установки шишки: металлический ее остов оканчивается фланцами, расположенными в соответствующих расточках в стенках олов.

Стержни из сырого песка могут готовиться обточкой на барабане только до 500 мм диаметром. Более крупные изготовляются в стержневых ящиках. В этом случае отличие от формовки из сухого песка (т. е. жирного) заключается лишь в применении каркаса более массивного и снабженного широкими ребрами. Такой каркас, вложенный в соответствующий ящик, изображен на фиг. 122. В представленном примере каркас изображен разборный. Он состоит из бруска *л* и съемных ребер *в*, в виде пластинок, удерживаемых на

бруске клиншиками *p*. Отверстия *г* служат для протыкания шишки с целью ее вентилирования. Когда шишка готова, ящик *уу* разнимается, и шишка может быть вложена в форму.



Фиг. 122.

Укладывают шишки на место незадолго до заливки металла, чтобы шишка не отсырела. Держится шишка в форме посредством знаков, и хотя, как мы видели, во избежание прогиба, сердечники и снабжаются внутренним твердым остовом, этот остои не всегда вполне обеспечивает неизменность формы шишки. А в случае, когда шишка держится только на одном знаке, даже самый прочный остои не может помешать всей шишке сдвинуться с места под давлением металла. Для того, чтобы обеспечить шишке вполне неизменное положение внутри формы, применяют так называемые *жерейки*, т. е. тонкие стоечки, оканчивающиеся одной или двумя пластинками. Эти пластинки плоские или имеют форму той поверхности формы или шишки, к которой они прилегают. Если жерейка снабжена только одной пластинкой, то стоечка ее *p* втыкается в форму и опирается на заложённый внутри нее металлический или деревянный брусочек *a* (фиг. 123). Пластинка же жерейки *o* слегка вдавливается в тело шишки *b*. Деревянная плетка при высушивании может обгореть или потрескаться, металлическая же не мешает сдвинуться жерейке в сторону. Поэтому лучше ее делать в виде гайки, в которую ввинчивается нарезанный конец стержня *p*, что кстате допускает удобную регулировку высоты. Если жерейка снабжена двумя пластинками *m* и *n*, то она опирается ими на поверхности как шишки, так и формы. Высота жерейки в этом случае должна равняться как раз толщине стенки отливки *c*.



Фиг. 123.

Жерейки ставятся под шишками, чтобы воспрепятствовать прогибанию их от собственной тяжести, и над ними, чтобы помешать их всплыванию. Жерейки остаются в самом теле отливки и бывают часто причиной пузыристости ее в соседстве с жерейками. Образование пузырей около жерейки объясняется способностью металла гнать на своей поверхности газы, влажностью, покрывающей их,

и слоем окислов, разлагающихся и образующих углекислоту под влиянием углерода чугуна. Чтобы ослабить вредное влияние всех этих факторов, жеребейки ставятся на место нагретыми и, перед самой отливкой, поверхность их очищается напильком или протравляется и, наконец, очень часто покрывается слоем олова (лудится).

Жеребейки из чугуна очень хорошо свариваются с массой отливаемого чугуна, но такие жеребейки должны быть массивными, и их нельзя ставить в тех местах, где протекает значительное количество горячего чугуна, т. е. вблизи литников, так как они могут расплавиться ранее, чем застынет отливка, и их роль не будет выполнена. Для бронзового литья употребляются латунные, а лучше — жеребейки красной меди.

Весьма часто размеры знаков шпшки не вполне точно соответствуют размерам гнезд в форме, образованных знаками модели. Гнезда бывают слишком свободными вследствие расколачивания модели перед выемом. В этом случае под знак шпшки подкладывают листочки металла или *гладку*. В обратном случае *одмывают* знаки на шпшках. Эта пригонка должна быть сделана очень тщательно. Иначе, если остается щель вокруг знака шпшки, то в эту щель может залиться металл, который проникает в отдушину, выводящую газы из шпшки, так что форма начнет *капать*.

### Шаблонная формовка.

Примеры шаблонной формовки нам встречались при приготовлении шпшек без помощи шпшечных ящиков.

Те же приемы применяются и при шаблонной формовке форм. Если поверхность формы имеет одну и то же поперечное сечение по всей длине, то она может быть изготовлена вытягиванием шаблона вдоль направляющей. Если же она имеет поверхность тела вращения, то получается вращением шаблона около неподвижной оси. Реже поступают здесь так, как при изготовлении шпшек, т. е. при неподвижном шаблоне вращают самую форму.

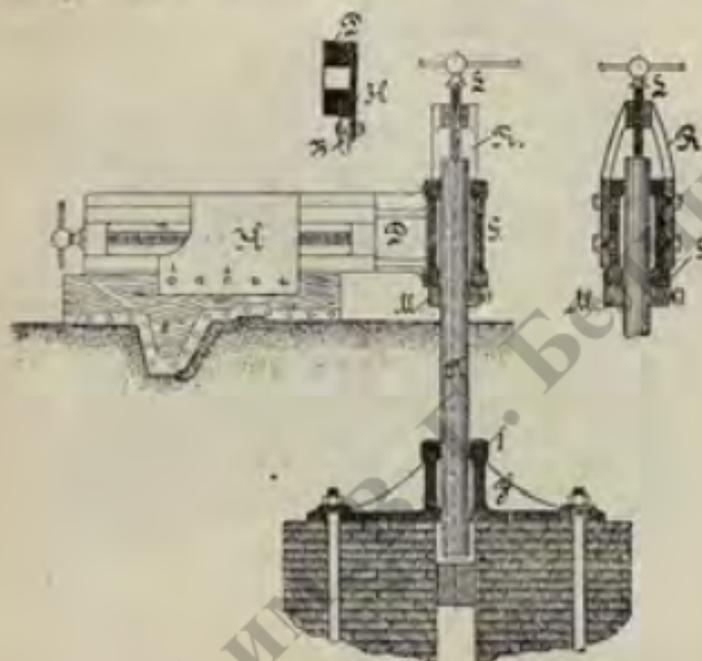
Это и понятно, так как самая шаблонная формовка применяется главным образом к очень крупным формам, когда приготовление модели обошлось бы слишком дорого.

Приемы шаблонной формовки будут выяснены на дальнейших примерах.

Эти приемы зависят как от материала, из которого изготавливается форма, так и от большей или меньшей сложности очертаний предмета.

Для изготовления форм с поверхностью тел вращения употребляются особые станки.

Очень удобный станок представлен на фиг. 124. Он состоит из плиты *F*, привинченной к фундаменту или просто зарытой в земле. В центральное отверстие втулки *f* этой плиты вставлен неподвижный шпindelъ *a*, на который надет своей втулкой *G* рукав *D*. К рукаву привинчен хомут *R*, сквозь который проходит опорный винт *L*.



Фиг. 124.

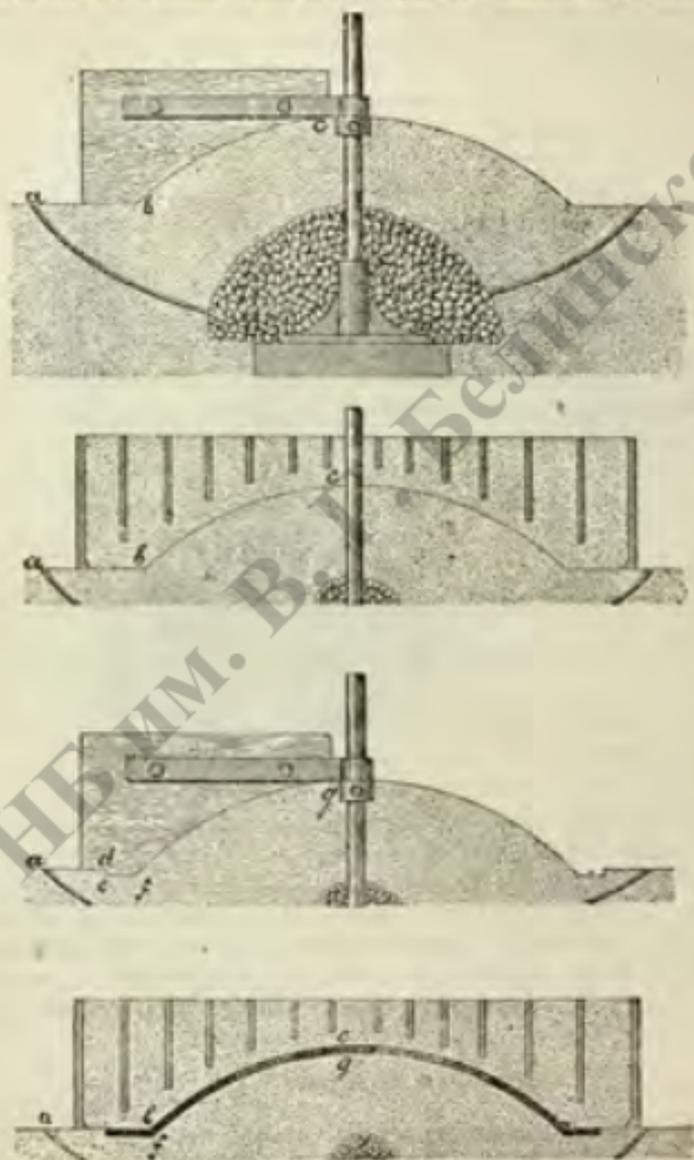
Подвигивая этот винт, можно установить рукав на желаемой высоте. Кольцо *M* закрепляется под втулкой *G* после выверки рукава винтом *L* и принимает на себя тяжесть рукава. Вдоль рукава по направляющим полозьям передвигается суппорт *H* посредством винта *m*. К суппорту *H*, наконец, привинчивается винтами *i* тот или другой шаблон *B*. Таким образом, на данном станке очень легко установить шаблон на надлежащей высоте и расстоянии от оси вращения.

### Шаблонная формовка в песке.

1. Формовка чугунной куполообразной крышки к цилиндрическому котлу. Сначала кругом башмака станка насыпается слой кокса или угля (фиг. 125—128), и прокладываются от этого слоя наружу

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ИМЕНИ  
С. П. БЕЛЕНКОГО  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

соломенные жгуты для образования вентиляционных каналов. Затем насыпается формовой песок глубже — крупный, выше — более мелкий и пластичный, и сильно трамбуется. Вращая шаблон, вырезанный по



Фиг. 125, 126, 127, 128.

образующей верхней поверхности *abc*, снимают излишек песка и получают поверхность, соответствующую наружной поверхности отливки. Полученная форма служит только моделью для набивки формы в опоке, которую ставят сверху, как показано на фиг. 126. Чтобы земля в опоке не пристала к песчаной модели, поверхность последней покрывают листами тонкой бумаги. По снятии опоки, на шпindelъ надевается второй шаблон, соответствующий нижней поверхности отливки *defg*, и производится новая поверхность тела вращения (фиг. 127). Эта нижняя часть формы не должна быть так плотно утрамбована, как это было сделано для песчаной модели, на которой набивалась опока. Поэтому предварительно разрушают форму, сделанную первым шаблоном, и снова насыпают формовую землю надлежащих качеств и надлежащим образом ее утрамбовывают. Тогда остается убрать шпindelъ, заткнуть оставленное им отверстие пробкой, засыпать ее землей и заделать поверхность. То же самое надо проделать с отверстием в опоке и сложить форму вместе (фиг. 128).

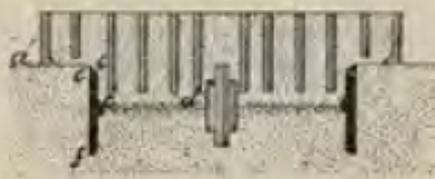
На чертеже мы видим, что часть поверхности *ab* — общая обеим поверхностям, произведенным обоими шаблонами. Эта часть поверхности не должна разрушаться, потому что она служит для правильной установки верхней части формы в опоке на свое место.

Очень часто эту общую часть поверхностей, называемую замком, делают круто-конической формой; и тогда она гораздо точнее центрирует форму, что особенно важно в виду тонкости стенок отливки, когда даже маленькая ошибка в установке ведет к чувствительным погрешностям. Чтобы снятая опока встала снова на свое место, вокруг нее забиваются в землю колья.

**2. Формовка ременного шкива (фиг. 129—132).** Сначала делают песчаную модель шаблоном, вырезанным по линии *abcd* (фиг. 129). По этой модели набивают в опоке верхнюю часть формы



Фиг. 129.



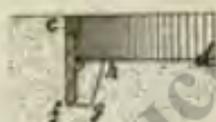
Фиг. 130.

(фиг. 130) и, обозначив положение опоки клиньями, снимают опоку. Затем разрыхляют землю внутри формы, не трогая поверхности *ab*, на которую должна снова лечь опока. Вторым шаблоном нужно образовать наружную цилиндрическую поверхность *ef* (фиг. 131) и

внутреннюю  $fg$  нижней половины шкива. Однако, вырезать в земле шаблоном канавку, глубина которой равна половине ширины шкива, а ширина равна толщине обода, совершенно невозможно, потому что эта толщина очень незначительна. Поэтому вторым шаблоном (фиг. 131) вырезается гораздо более широкая канавка  $efgh$ . Линии



Фиг. 131.



Фиг. 132.

$ae$  и  $bd$  шаблона совпадают с линиями  $ab$  и  $cd$  первого шаблона. Очевидно, остается еще заполнить землею часть ширины канавки  $fgh$ . Это делается при помощи дощечки (фиг. 132), представляющей собою часть обода шкива. Дощечка приставляется к цилиндрической поверхности  $ef$ , и свободное пространство заполняется землею; затем дощечка переставляется дальше, пока она не обойдет вокруг формы.

Спицы и втулка попутно формируются по разъемной модели, имеющей центральное отверстие для пропуска шпинделя.

**3. Формовка маховика** (фиг. 133—137). Как и в предыдущем примере, шаблоном здесь формируется лишь обод; спицы же и втулка —



Фиг. 133.



Фиг. 134.

помощью моделей. Сначала шаблоном  $a$  (фиг. 133) вырезается углубление, служащее моделью для набивки верхней оплки.



Фиг. 135.



Фиг. 136.

Поверхность  $b$  служит замком для более правильного смыкания верхней и нижней части формы. Затем вдавливают нижнюю половину модели втулки  $c$  с отверстием посредине для пропуска шпинделя. На

нижнюю половину модели втулки насаживается такая же верхняя половинка, устанавливается опока, вокруг нее забиваются колья  $x$ , и опока набивается землей. Так как земля в этой опоке сильно выступает вниз, то эту свешивающуюся часть необходимо укрепить, чтобы она не обвалилась. Укрепление земли делается при помощи проволочных крючков, навешиваемых на ребра опоки. Для лучшей связи крючков с землей, крючки обмазывают в жидкую глину. Затем, по снятии опоки, вторым шаблоном  $d$  выделяется нижняя часть формы.

Что касается спиц, то, как и в предыдущем случае, их можно отформовать помощью деревянной модели. Для удешевления делают модели спиц из жирной земли с прокладкой внутрь каркаса, набивая их в ящик совершенно так, как набивают сердечники, но гораздо крепче, так как в этом случае не требуется пористость. С другой же стороны, от моделей требуется большая прочность, так как они будут подвергаться сильному давлению и даже ударам при затрамбовывании земли вокруг них.

Эти земляные модели, предварительно высушенные и покрытые чернилами, вкладываются в нижнюю часть формы, при чем земля под ними выскребывается, чтобы избежать сильного вдавливания моделей. Во время обработки шаблоном  $d$ , модели ручек, конечно, должны быть удалены.

Можно поступить еще иначе, а именно: для образования всех спиц воспользоваться деревянной моделью половиной всего одной ручки (фиг. 137). На поверхность нижней формы (фиг. 133) накладывают модель половины ручки плоской стороной и обводят ее очертание черткой на поверхности земли. Перекладывая модель, отмечают на поверхности земли все спицы. При формовке верхней половины формы, на ее нижней поверхности обозначаются соответствующие очерки спиц. Затем в обеих половинах формы по полученным очеркам останется сделать формы спиц, для чего модель половинки спицы вдавливают в форму, выгребая из-под нее землю.



Фиг. 137.

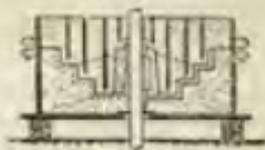
В описанных примерах формовка производится в почве. Однако к подобным же приемам можно прибегнуть и при формовке в двух опоках, как показано на следующем примере.

**4. Формовка ступенчатого шкива (фиг. 138 — 140).** Сначала в нижней опоке шаблоном воспроизводится верхняя поверхность шкива, вставляется модель втулки с ребрами, и набивается верхняя опока. После этого в нижней опоке уже делается нижняя половина формы, ограниченная сверху нижней поверхностью шкива. Вообще формовка ничем не отличается от формовки в почве, но

представляет то удобство, что форма может быть перенесена и высушена в особой камере, называемой сушилом.



Фиг. 138.



Фиг. 139.

### Шаблонная формовка в глине.

Во всех рассмотренных примерах формы изготовлялись из песка. Такие формы будут достаточно прочными лишь в том случае, если песок во время уплотнения не может раздаваться в стороны. Поэтому песчаные формы делаются или в почве или в опоках.

Совершенно иную картину мы видим при формовке в глине. Формовая глина представляется в виде теста и поэтому не может быть насыпана в опоку и в ней утрамбована. Глиноку приходится форму мазать. Для прочности же глиняные формы снабжаются каркасами, заложенными в самую массу глины. Употребление моделей в данном случае также неудобно, так как модель прилипла бы к глине, и ее было бы невозможно вынуть из формы, не портя поверхности последней.

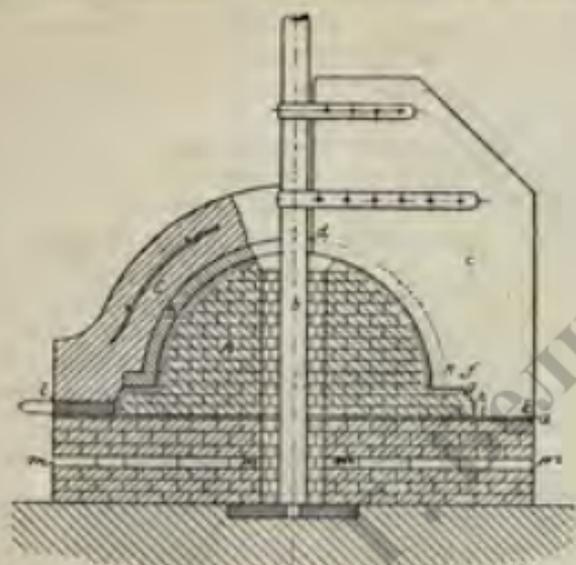
Поэтому глиняные формы изготовляются почти исключительно при помощи шаблонов и притом без применения опок.

Смотря по величине и форме предмета, практикуется несколько способов формовки, с которыми лучше всего ознакомиться на следующих примерах.

**1. Формовка котла (фиг. 140).** Низ формы выкладывается из нескольких слоев кирпича, специально изготовляемого для формовки. Кирпичи изготовляются из формовочной глины, т. е. из глины с большим содержанием песка, к которой примешиваются опилки, солома, конский навоз и пр. Отформованные кирпичи высушиваются в сушилках, но не подвергаются такому обжигу, как кирпичи обыкновенные.

Швы кирпичной кладки делаются очень широкими, примерно в два-три сантиметра, в кладке оставляются горизонтальные каналы *mm* для прохода воздуха внутрь кладки. Поверхность фундамента смазывается слоем глины *a*, который выглаживается шаблоном в виде прямой линейки, вращаемой около шпинделя *b*. Поверх слоя *a* выкладывается снова кладка из кирпича, заполняющая всю внутренность

будущей отливки. Поверхность этого сердечника смазывается глиной и обрабатывается шаблоном *c*, вырезанным по образующей внутрен-



Фиг. 140.

ней поверхности котла. Рабочий кант шаблона продолжен по линии *ghi*, образующей замок для смыкания сердечника с наружной формой.

Кант *ik* шаблона скользит по слою *a*, который, конечно, должен быть предварительно высушен. Это лучше обеспечивает правильное движение шаблона.

Для высушивания кладки, в канал вокруг шпиделя забрасывается уголь, который горит за счет воздуха, притекающего по отдушникам *m*. После высушивания части формы *A*, на нее наносится слой *B* из обыкновенной пластичной глины. Чтобы этот слой не прилип к части *A*, поверхность последней покрывается формовыми чернилами или золою, разболтанной в воде. Слой *B* должен иметь форму будущего изделия, представляя его модель. Он называется глиняною рубашкою, от которой получает свое название и самый способ формовки.

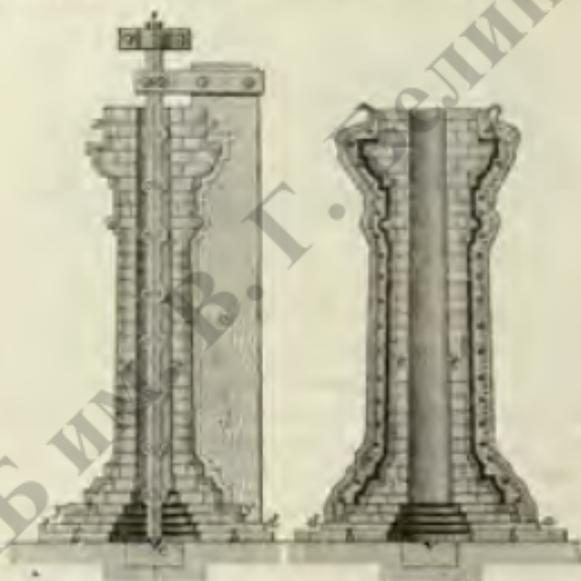
Шаблон, которым должна быть отделана наружная поверхность рубашки, вырезается по линии *defghik*. Линия *ghik* общая с первым шаблоном.

По высушивании рубашки образуется наружная часть формы *C* из формовой глины. И здесь частью может быть применен кирпич.

Для прочности в эту часть формы закладывается каркас из продольных и поперечных железных стержней. После высушивания часть формы *C* поднимается кверху. Для этого она выдвигается на чугунном кольце *I* с ушками или просто выступами, за которые можно было бы зацепить цепи подземного крана. Остается разломать и убрать прочь рубашку *B*, заделать отверстия, через которые проходил шпindelь *b*, и форма готова для отливки.

Если очертания предмета не позволяют снять наружную часть формы вверх, то формовка усложняется, как мы и увидим на следующем примере.

**2. Формовка колонки** (фиг. 141—143). Укладывают горизонтально чугунную плиту *b*, располагая ее concentрично с подпятником шпинделя *c*.



Фиг. 141.

Фиг. 142.

Установив шпindelь и укрепив на нем шаблон с горизонтальной фаской, наносят слой глины *d* и выравнивают ее шаблоном.

Затем подсушив это основание *d*, устанавливая около него железные жаровни с горящим углем, укрепляют на шпинделе второй шаблон *a*, изображенный на фиг. 141, так что он нижним краем опирается на основание *d*, и выкладывают сердечник *e* из кирпича по глине, не доведя его до шаблона на  $1\frac{1}{2}$ —2 см. На кладку наносится слой тощей формовой глины, которой придают правильные

наружные очертания шаблоном *a*. Шаблон на одном конце прикреплен к шпинделю, а другой его конец направляется глиняным основанием *d*. Для правильности положения шаблона необходимо, чтобы направляющая поверхность этого основания была плоскостью, строго перпендикулярной к оси шпинделя, или конусом с геометрической осью, совпадающей с осью шпинделя. Поэтому-то и нельзя довольствоваться чугуною доскою *b*, а надо приготовить основание *d* по шаблону. Готовый сердечник красится золою, разболтанною в воде, и сушится.

Тогда от шаблона отливается полоска, равная толщине стенок отливки, как показано пунктиром, или берется новый шаблон с таким профилем. На шпильку наносят слой обыкновенной глины, придавая ему наружные очертания этим третьим шаблоном. Нанесенный таким образом слой глины представляет собою как раз будущую колонку, сделанную из глины.

Рубашку высушивают и также покрывают золою. Поверх золы наносят слой в  $1\frac{1}{2}$ —2 см тощей формовой глины, а затем более жирной, образуя уже самую форму. В данном случае форма не может быть снята кверху, а потому должна разниматься на две половины. Кроме того, она должна иметь достаточную прочность. То и другое достигается устройством каркаса, состоящего из продольных железных прутьев, изогнутых по профилю колонки, и поперечных в форме полуокружностей.

Прутья закладываются на место еще во время накладывания глины и связываются между собою проволокою. Выступающие наружу концы прутьев изогнуты в виде крючков. Верхние крючки служат для поднимания формы, боковые же — для связывания половинок формы между собою. Чтобы можно было форму разнимать на две половины, в ней выскабливается поперечная щель, пока форма еще сыра, и заполняется эта щель тощей глиною. После просушки жирная глина получает большую крепость. Тощая же глина сравнительно слаба; поэтому нетрудно разломить форму пополам, забивая клинышки в щель, заполненную тощей глиною.

Сняв форму, разламывают и удаляют рубашку, чинят и красят поверхность формы и сердечника, и снова все складывают на место.

На чертежах видно, что шаблон имеет лишние части *x* и *y*, выходящие за пределы профиля колонки.

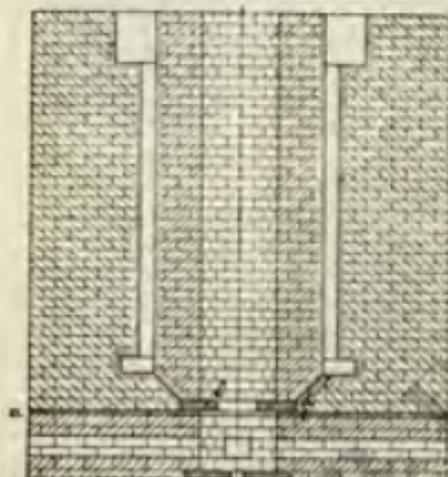
Соответственные части шпильки и формы образуют замки и играют ту же роль, как знаки в обыкновенных шпильках.



Фиг. 143

Ради удобства сушки очень часто подобную формовку производят прямо в сушилке. Иногда формируется изделие на платформе тележки, на которой оно и ввозится в сушилку; на той же тележке производится и отливка.

**3. Формовка цилиндра (фиг. 144 и 145).** В этом случае обходятся без рубашки, а сердечник и форма изготавливаются независимо



Фиг. 144.

одновременно, так что время окончания формы сокращается.

Форма обтачивается шаблоном I изнутри, сердечник — шаблоном II снаружи. Линии *abc* на обоих шаблонах совпадают и служат для образования зазема *abc* (фиг. 144). В данном случае форма остается на фундаменте, поднимать же и переносить приходится сердечник. Поэтому он и отформован на чугунном кольце *B*. Для подъема сердечника через отверстие в плите пропускается поперечина, привязанная к концу каната или цепи.

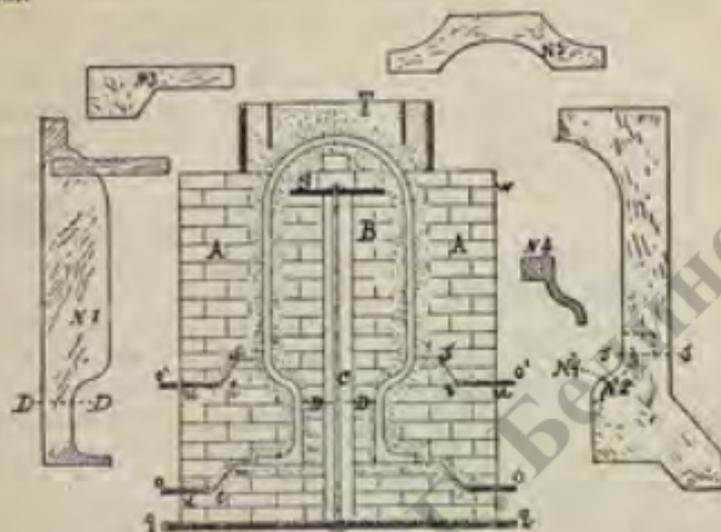
Слой *a* выделяется и имеет то же назначение, как и в предыдущих примерах.

**4. Формовка насосного колпака (фиг. 146).** На этом примере показан способ формовки без помощи рубашки и без разреза формы вертикальной плоскостью, хотя, благодаря очертаниям отливки, эту форму нельзя снять с сердечника или сердечника вынуть из формы. Это достигается тем, что форма делается из нескольких частей, де-



Фиг. 145.

жашки одна над другой. Такой разъем всегда предпочтительнее вертикального. Части формы соединены между собою замками *stz* и *ktm*.



Фиг. 146.

Порядок формовки следующий: на главном поддоне шаблоном № 2 формируется цоколь до линии *ktm*. Затем формируется нижняя часть кожуха до линии *stz* помощью шаблона № 1, к которому временно прикрепляется шаблон № 3. Эта часть формы выдвигается на кольцо *o*, на котором она относится в сушило. Затем шаблоном № 2 формируют нижнюю часть сердечника до линии *D—D*. Эту часть сердечника высушивают и отделяют ее поверхность так же, как и поверхность нижней части кожуха, которую устанавливают окончательно на свое место. На нее укладываются второе кольцо *o'*, и на нем отформовывается часть кожуха *A* помощью шаблона № 1. Но так как часть сердечника до линии *D—D* уже находится на месте, то от шаблона № 1 приходится срезать его нижнюю часть. Удалив часть *A*, продолжают выкладывать сердечник при помощи шаблона № 2, от которого также срезается нижняя часть до линии *s—s*. Для образования же перегиба у сердечника, к шаблону № 2 в надлежащем месте прикрепляется шаблончик № 4. Таким образом доводится форма до того уровня, где начинается сферическая часть колпака. Здесь сердечник скрепляется болтом *c*, связывающим плитку *S* с основной плиткой *os*. Верхняя часть сердечника делается шаблоном № 5; для образования же верхней части формы применяется опока *T*,

которая набивается землей при помощи глиняной рубашки, сделанной из верхнюю часть сердечника.

**5. Формовка канатного маховика (фиг. 147).** На этом примере показана смешанная формовка: частью в земле, частью в глине.



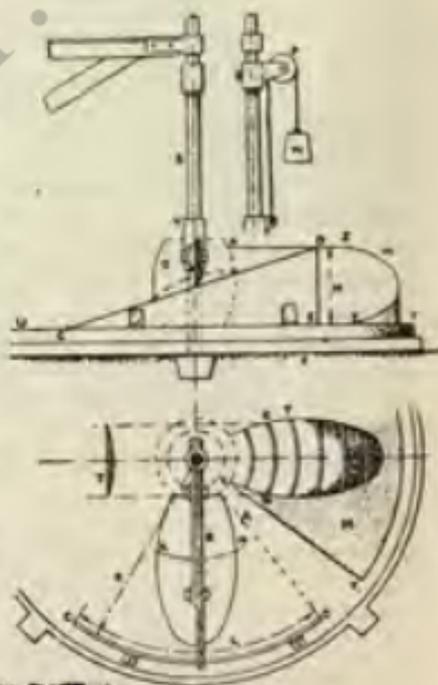
Фиг. 147.

Воспроизвести ее в земле невозможно, благодаря слишком большим и тонким выступам. Поэтому эта часть формы делается отдельно из глины на поддоне *a* совершенно так, как в предыдущих примерах, т. е. выкладывается из кирпичей и покрывается внутри слоем глины, выглаживаемым шаблоном, и уже готовая помещается в углубление *c* формы. Это углубление должно быть засыпано и плотно утрамбовано, чтобы форму не расперло давлением металла.

Вообще следует заметить, что во всех случаях формовки без помощи опок перед отливкой форма должна быть помещена в яму и засыпана землей, которая плотно утрамбовывается.

В качестве интересного и поучительного примера опишем еще формовку гребного винта.

**6. Формовка гребного винта (фиг. 148).** На чугунном поддоне *F* выкладывается слой кирпичей по глине и приглаживается сверху прямым шаблоном, образуя плоскую поверхность *UY*. Посредине устанавливается модель втулки *O*. По окружности около наружного края ставятся направляющие шаблоны в виде согнутых по цилиндрической поверхности треугольников *CDE*, высота *H* которых относится к длине основания *L* так, чтобы



Фиг. 148.

образовался надлежащий угол подъема винта. Расстояние  $R$  направляющих шаблонов от оси должно быть несколько больше длины лопастей.

Пространства  $MM$  между этими шаблонами и втулкой заполняются кирпичной кладкой, не доводя ее доверху на 25—30 мм. Верхний слой делается из глины или же из жирного песка и приглаживается шаблоном  $B$  с горизонтальным рабочим кантом. Шаблон надет на шпindel  $S$  посредством втулки  $V$  и уравновешен грузом  $W$ , подвешенным к веревке, перекинутой через блок  $P$ . Таким образом, шаблон может вращаться и двигаться одновременно вдоль оси, т. е. описывать винтовую поверхность. В своем движении шаблон направляется винтовыми линиями  $CD$ ,  $Y_1Z$  и т. д. Переход от самой верхней образующей  $AD$  одной винтовой поверхности к основанию  $XU_1$  следующей может быть выполнен по произвольной поверхности.

На винтовых поверхностях проводится образующие прямые на высоте середины втулки, и на этих прямых, как на осях симметрии винтовых лопастей, вычерчиваются самые лопасти. Таким образом получаются рабочие поверхности лопастей. На них далее устанавливаются шаблончики поперечных сечений лопастей  $K$ ,  $T$  и т. д., и проежутки между ними заполняются глиной или песком. Таким образом получаются модели лопастей. Над ними выкладывается из кирпича верхняя часть формы. Затем остается, подняв крышку формы, удалить модель втулки и лопастей, высушить форму и снова ее собрать.

Само собою разумеется, что форма должна быть снабжена дятниками, провентилирована и укреплена. Для последней цели в кладку, особенно в верхней, съемной части формы, закладываются плитки, стягиваемые болтами с основной плиткой нижней части формы и такою же плиткой, уложенною на верху верхней части.

На фиг. 149 представлена фотография еще не оконченной формы.



Фиг. 149.

### Художественная формовка.

Формовка художественных предметов отличается от обыкновенной тем, что модель, изготовленная художником, представляет своею наружную поверхность точную копию будущей отливки, при чем художник, руководствуясь лишь требованиями красоты, не имеет возможности считаться со способами и удобствами формовки. Эта непригодность художественной модели к легкой формовке, вместе с особенною сложностью очертаний, заставляет формовщика прибегать к совершенно своеобразным приемам формовки.

В чем заключаются эти приемы, мы увидим на следующих примерах.

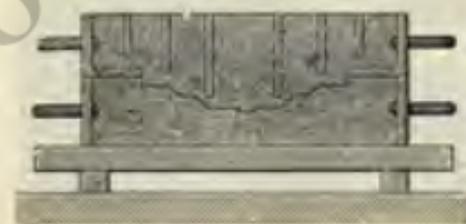
Положим, требуется отлить какое-либо рельефное изображение, например, **медальон с выпуклым рисунком.**

Ради легкости задняя сторона такого барельефа делается не плоскою, а со впадинами, соответствующими выступам лицевой стороны, так что толщина отливки получается везде одинаковою и притом незначительной величины. Между тем модель, сделанная, например, из гипса, представляется массивною и ограниченою сзади плоскостью.

В этом случае формовку ведут таким порядком: кладут модель на подмодельную доску лицевой стороною вверх и ставят на ту же доску опоку, подложив под нее рамку такой толщины, какую предполагают придать отливке (фиг. 150). Опоку плотно набивают землею, переворачивают и линейкою срезают излишек земли над краями



Фиг. 150.



Фиг. 151.

опоки. Вместо рамки можно применить сквозную модельную доску. Эта опока служит только моделью для набивки верхней опоки (фиг. 151). Нижнюю опоку набивают так же, как и первую, но только без подкладки рамки.

Сложенные вместе опоки представлены на фиг. 152.

Понятно, что модель и опоки оба раза должны лежать в совершенно одинаковом относительном положении, чтобы обе части формы хорошо прились одна к дру-

гой. Для этого подмодельная или сквозная модельная доска должна быть снабжена штифтами, на которые надеваются ушки опоки.

Таким способом можно формовать только такой формы барельеф, который допускает его выем из формы. Кроме того, он не должен иметь очень крутых мест, потому что нетрудно видеть, что в этих местах толщина стенки отливки уменьшается, доходя до нуля в местах, перпендикулярных к плоскости модельной доски.



Фиг. 152.

В таких случаях прибегают к более сложному способу формовки при помощи кусков. На тех местах модели, с которых нельзя без разрушения снять форму, делают из формовочного материала куски так, чтобы каждый кусок мог быть снят с модели по какому-нибудь направлению, и, кроме того, ограничивают их такими поверхностями, чтобы набитая землей опока могла быть снята с модели, обложенной кусками. Каждый кусок со всех сторон обсыпается изолирующим песком или порошком лигноподума.

Модель, обложенную кусками, заформовывают в опоку, снимают последнюю, при чем куски останутся на модели, затем снимают с модели по одному эти куски и укладывают их в форму.

Таким же порядком изготовляют еще второй экземпляр такой же формы; при этом, чтобы обе формы вышли совершенно тождественными, можно модель прикрепить к доске, снабженной штипами, входящими в ушки как одной, так и другой формы. Если куски сделаны из глины и обладают значительной прочностью, то один и тот же комплект их может служить для обеих форм. Из этих двух форм лучшая будет служить для отливки, другая же послужит для изготовления болвана, чтобы образовать оборотную сторону барельефа. Эта вторая форма набивается возможно крепко; на нее накладывают парную опоку, набивают в нее землю и снимают с формы, при чем с ней вместе снимутся и куски. А тогда уже можно ее освободить и от кусков. Таким образом мы получили из песка точное воспроизведение модели. Остается с этой песочной модели снять слой песка такой толщины, какую желают придать стенкам медальона, и сердечник готов. Для этой работы употребляют шаблончик, изображенный на фиг. 153. Им по всей поверхности болвана проскребаются канавки глубиной, равной высоте зуба, и затем сглаживают шероховатую поверхность сердечника.

При складывании опок получится форма для отливки рельефа, исполненная по массивной модели, но имеющая тонкие, равномерные



Фиг. 153.

стенки. Перед отливкою куски должны быть укреплены в форме. Если они песчаные, то их укрепляют шпильками; если же глиняные, т. е. совершенно твердые в высушенном состоянии, то старым клеем или клейстером. Щели между кусками замазываются или заглаживаются.

**Формовка бюстов и небольших статуй по массивной модели** совершается точно таким же образом, как и барельефов с значительными выпуклостями, при помощи кусков.

Разница состоит лишь в том, что форма располагается в двух опоках, при чем в обеих половинках формы оказываются куски. Формовку приходится начинать с ложной опоки, как и обыкновенно, когда изготовляют форму по неразъемной модели.

Кроме того, сердечник здесь окружен металлом со всех сторон и потому должен быть укреплен посредством знаков. Внутри сердечника закладывается каркас. Набивка сердечника делается, как выше описано, т. е. он набивается в форме, а потом с него снимается слой материала, или перед набивкою шпильки форму внутри обкладывают слоем обыкновенной глины, которую легко потом удалить.

В этом случае сердечник прямо получает уменьшенные размеры. При формовке статуй обыкновенно голову делают отдельно, отверстие в шее служит в таком случае для выхода знака стержня.

**Формовка больших статуй** производится обыкновенно в глине и без помощи опок.

Модель устанавливается на кирпичный фундамент, на ней отмечают мелом участки для каждого куска, по возможности большого, но так, чтобы его можно было снять с модели (фиг. 154).

Эти куски делаются из мелко-просеянной глины. Когда один кусок готов, его сушат на месте, приставляя к нему жаровню, и тогда делают соседний кусок и т. д. Поверхности соприкосновения кусков пришиваются золою или лycopодушом. Все куски вместе образуют вокруг модели слой в 40—50 мм толщиной. На этот слой накладывается оболочка из жирной глины, составленная из кусков

так, что каждый кусок закрывает несколько нижних. Задняя поверхность этих последних не повторяет всех неровностей модели, а сравнительно гладкая, и поэтому наружный большой кусок с них может быть снят беспрепятственно.

Для достижения впоследствии более правильной сборки кусков нижнего слоя на глиняной оболочке, на их задней стороне делают выемки, отпечатывающиеся в глиняной оболочке выступами. На глиняные наружные куски наносят слой гипса ради их прочности. В каждый такой кусок закладывается железный стержень перпендикулярно к поверхности модели, и все куски нумеруются по порядку. Все гипсово-глиняные куски могут быть скреплены между собою посредством железных стержней, выступающих из них. Разобрав всю форму, удаляют модель. Теперь можно в глиняно-гипсовые куски уложить лицевые куски, укрепить их шпильками и сложить вновь форму вместе. Конечно, предварительно следует прорезать каналы для заливки металла и выхода воздуха.

Для изготовления стержня, еще до сборки формы, просушенные в умеренном жару ее части выкладывают изнутри глиняными плитками, толщина которых равна толщине стенок металла. На фундаменте внутри формы (еще не собранной), укрепляют железный стержневой остов, вокруг которого и собирают форму, начиная с нижних частей. Через недобранную верхнюю часть заливают стержневую воздушную массу, состоящую из гипса с тертым кирпичом с примесью конского навоза. Когда стержень отвердеет, форму разбирают, удаляют глиняные лепешки и снова все собирают на место, предварительно все хорошенько просушив.

Вся формовка производится в литейной яме, которая засыпается песком, утрамбовываемым вокруг формы, чтобы форма не раздалась под давлением металла.

Недостатком описанного способа является то обстоятельство, что на поверхности готовой отливки видны следы от щелей между кусками формы, которые приходится уничтожить продолжительною чеканкой. Этого можно избежать, если самую модель вылепить из воска: тогда ее можно вытопить из целой формы. Но в этом слу-



Фиг. 154.

чае уничтожается оригинальное произведение художника, которому придется всю работу произвести снова, если отливка не удастся. Достоинства обоих способов, но без их недостатков, соединены в немецком способе формовки, заключающемся в том, что восковую пустотелую модель готовят по оригинальной модели художника, остающейся нетронутой.

Подождав модель в ложную опоку, закрывают ее свободную половину папирною бумагою и обкладывают ее слоем глины от  $\frac{1}{2}$ " до 2", смотря по величине предмета. На глину сверху наносят слой гипса сантиметров в 6—8 толщиной. В гипс заливают несколько шипов для правильного соединения этой гипсовой оболочки с другою ее половиною, для получения которой форму поворачивают при помощи вспомогательной опоки и таким же порядком выкладывают другую сторону модели глиною и гипсом.

Сняв верхнюю часть гипсовой формы, удаляют слой глины и снова все складывают. Тогда между моделью и гипсовой формою останется свободный промежуток, занятый раньше глиною. Этот промежуток заливается через отверстие, оставленное в верхней половине гипсовой формы, особою клевою массою, имеющею совершенно тот же характер, как тектографическая масса. Главная составная часть ее есть лучший столярный клей. Чтобы клей не пристал к модели, ее покрывают лаком и жиром. Затем форма перевертывается, и в ее другой половине таким же порядком глина заменяется клевою массою.

Когда клей остынет, форму разбирают и удаляют модель. При этом, несмотря на то, что модель обладает сильными изгибами, клевою слой снимается с нее, не разрушаясь, благодаря своей эластичности.

Тогда внутреннюю поверхность клевою формы сильно смазывают маслом и на каждую половину наносят кистью слой в 1 мм подкрашенного канифарью воска. Собирают вновь форму (без модели), надвигают внутрь канифоли и сейчас же дают вытечь ей обратно. При этом часть канифоли пристанет к стенкам. Операцию повторяют, пока слой канифоли вместе с воском не будет равняться толщине стенок отливки.

Когда канифоль затвердела, с этой канифолевой, покрытой слоем воска, модели снимают осторожно гипсовую форму с клевою подкладкою, которая может служить для дальнейшей работы; и мы вместо сплошной твердой модели имеем плавящуюся полую модель, которую остается внутри и снаружи залить массою из гипса и толченого кирпичца, выложить вокруг оболочку из крупных кусков и выплавить канифоль с воском. Таким образом получаются сразу и форма и сердечник.

Недостаток этого способа заключается в том, что гипс выделяет газы и делает отливку неплотной.

Для образования литников перед изготовлением оболочки и задницей восковой модели снаружи выделываются литники *a, б, в* из канифоли или воска (фиг. 155). Во время выплавки самой модели вылавляются также и эти восковые литники, оставив свободные каналы. Литников для больших статуй делается несколько, с целым рядом ответвлений, чтобы металл поступал одновременно несколькими струями и к различным частям формы. В противном случае есть основание опасаться, что металл не успеет до застывания проникнуть во все части полости, так как ради экономии в металле тело отливки делается по возможности тонким.



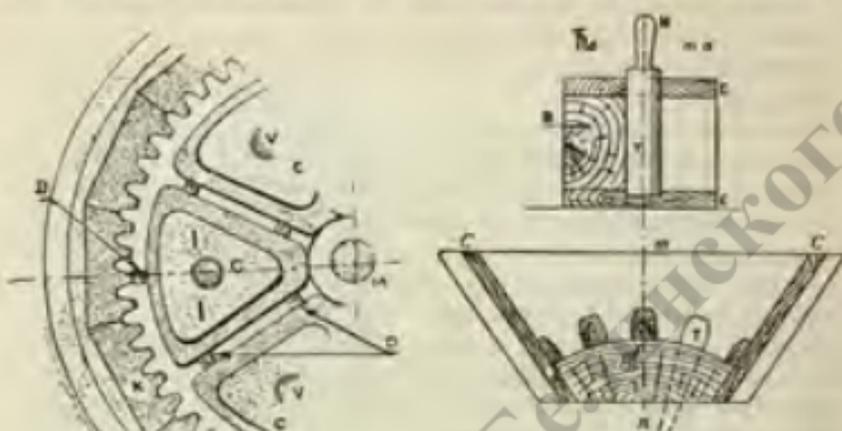
Фиг. 155.

### Формовка зубчатых колес.

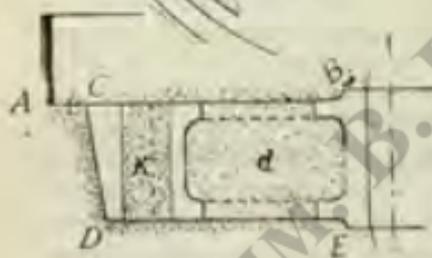
Цилиндрические зубчатые колеса имеют крестообразные спицы с ребром, лежащим в плоскости симметрии на середине ширины колеса. Следовательно, во этой плоскости должен пройти и разъем формы. Но тогда зубцы перережутся пополам. Этого допускать нельзя: зубцы должны быть заформованы в одной опоке. Таким образом разъем пройдет не вне обода наравне с краем колеса, а внутри по середине его.

Большие зубчатые колеса обыкновенно формуют не по моделям, а пользуясь шаблонами и шишечными ящиками. Как и всегда при формовке по шаблону в почве, устанавливается вертикальная ось и подготавливается известным образом почва. Затем шаблоном воспроизводится верхняя поверхность колеса *AB* (фиг. 156), при чем земля должна быть плотно утрамбована. Над подготовленной шаблоном поверхностью *AB* наставляется опока и набивается обычным путем землей, образуя крышку формы. Затем опока удаляется, а другим шаблоном воспроизводится поверхность *ACDE*. Зубчатый венец воспроизводится посредством шишечных кусков *K*, изготовляемых отдельно и устанавливаемых на место на плоскость *DE*. Набиваются куски *K* в шишечном ящике, изображенном на фиг. 157. Как видно на фигуре, зубцы *T*, служащие для образования впадин в шишке,

сделаны разъемными. Когда шишка набита, зубцы вытаскиваются из шишки за рукоятки *H*, затем снимается одна из крышек *E*, а также



Фиг. 157.



Фиг. 156.

разнимаются и боковые стенки ящика *OC* и *PC*. Шишка, таким образом, освобождается. При установке шишек на место в форму следует пользоваться указкой, вращаемой на оси шаблонного станка.

Оставшееся свободным пространство между кусками *K* и конической поверхностью *CD* заполняется землей и затрамбовывается.

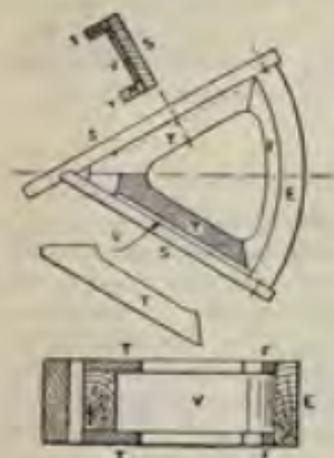
Для образования пустоты между спицами, ободом и втулкой ставятся шишки *d*, набиваемые в ящике, изображенном на фиг. 158. Боковые стенки *S* ящика делаются так, что их внутренние очертания соответствуют центральным линиям, проходящим через спицы. Затем внутри ящика прикрепляются планки *V*, толщина которых равна половине толщины спицы. *T* и *F* — планки для образования гавров спиц и обода. Такая конструкция ящика с приставными планками позволяет пользоваться одним и тем же ящиком при изменении толщины ребер и реборд.

Для правильной установки шишек на место применяются планочки *D* (фиг. 156) такой толщины, какую должны иметь спицы и обод. Затем остается удалить шаблонную стойку, поставить шишку для центрального отверстия втулки и покрыть форму опокою.

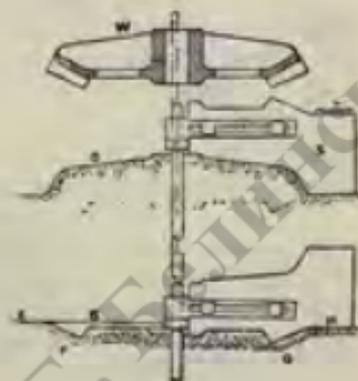
При формовке конических зубчатых колес можно обойтись без

ящика с зубцами, заменяя его очень простым приспособлением, надеваемым на шпindelь шаблонного станка.

Сначала, как и в вышеописанном примере, образуются шаблонами (фиг. 159) верхняя и нижняя поверхности колеса, представлен-

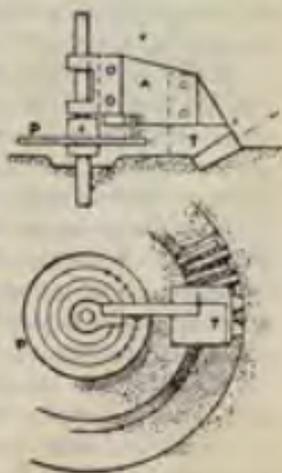


Фиг. 158.



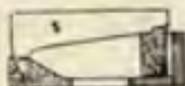
Фиг. 159.

ного в разрезе на верху фигуры. Затем тут же на месте, на конической поверхности *EFGH* набиваются выступы, соответствующие впадинам между зубцами. Для этого на шпindelь (фиг. 160) надевается и укрепляется неподвижно шайба *P*, снабженная таким числом отверстий, сколько должно быть зубцов на колесе. На стойку надевают укосину *A*, к которой привинчивается модель двух зубцов *T*. Положение модели *T*, т. е. ее расстояние от оси, наклон к горизонту и правильное симметричное расположение относительно плоскости, проходящей через ось вращения, должно быть тщательно выверено. К укосине *A* прикреплен штифт *c*, точно входящий в отверстие шайбы *P*. Очень полезно устраивать упор, ограничивающий опускание модели *T*. Поверхность *EFGH* должна быть так подготовлена, чтобы при надлежащем положении модели *T* ее зубцы нежного погрузились в землю. Установив модель, набивают



Фиг. 160.

промежуток между зубцами, затем поднимают укосину *A*, поворачивают на один шаг, опускают стержень *c* в следующее отверстие и набивают следующий зубец и т. д.



Фиг. 161.

Ящик для набивки промежутков между спицами в этом примере несколько отличается от предыдущего (фиг. 161). Этот ящик открыт сверху. Верхняя поверхность в нем воспроизводится шаблоном *S*, представляющим собою часть шаблона *S* фигуры 159.

### Машинная формовка.

При ручной формовке модель вынимается из формы при помощи крючка, ввинчиваемого в модель; по этому крючку, предварительно смочив землю вокруг модели, ударяют сбоку в разных направлениях, чтобы, как говорят, расколотить форму, т. е. раздуть ее немного во все стороны. Тогда модель может быть вынута из формы сравнительно легко. Тем не менее требуется большой навык, чтобы вынуть модель, совершенно не задевая ее за форму. Поэтому после выема модели всегда приходится тщательно осмотреть форму и исправить все поврежденные места. Самое расколачивание модели ведет к тому, что размеры отливки увеличиваются против предполагаемых, несколько же предметов, отлитых по одной и той же модели, не будут иметь точно одинаковых размеров, что требуется при массовом производстве. Эти недостатки отчасти устраняются применением модельных досок, которые приносят и некоторые другие указанные ранее выгоды.

Дальнейшим развитием в том же направлении является применение формовочных машин, которые обыкновенно работают при помощи модельных досок. На таких машинах даже малоопытные дешевые рабочие производят вполне тождественные и не требующие никакой дальнейшей отделки формы.

Во всяком случае применение машин может быть выгодно лишь тогда, когда по одной и той же модели отливается очень много одинаковых предметов. Но так как массовое производство получает все большее и большее развитие, то и формовочные машины приобретают все большее значение.

Изготовление чрезвычайно тонкостенных отливок, которых требует современное машиностроение, возможно только при помощи машин.

Целый большой класс таких машин служит исключительно для вынимания моделей из формы. Эти машины работают по одной из схем, изображенных на фиг. 162—168.

Первые четыре схемы относятся к формовке с помощью модельных досок. При этом либо форма снимается с модельной доски (фиг. 162, 163), либо модель вытаскивается из формы (фиг. 164, 165).



Фиг. 162.



Фиг. 163.



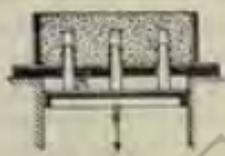
Фиг. 164.

По схеме на фиг. 166 работают машины посредством сквозных модельных досок (протяжных плит).

По схемам, изображенным на фиг. 167, 168, изготавливаются формы,



Фиг. 165.



Фиг. 166.



Фиг. 167.

разнимаемые по вертикальной плоскости, при чем снимается форма с модели (фиг. 167) или модель (собственно, шпешечный ящик) с формы (сердечника) (фиг. 168).

Таким способом формируется посудное литье (котлы, горшки и пр.). Он собственно не отличается от описанного по фиг. 94 и 95.

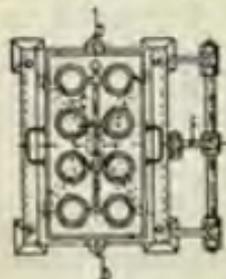
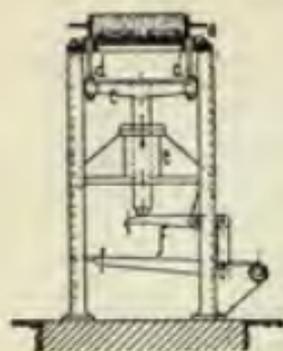
Машина, служащая для снятия форм с модели и работающая по схеме фиг. 162, представлена на фиг. 169. Модельная доска *a* покоится на станине машины. В данном примере на модельной доске прикреплены половинки моделей восьми козел и литниковых каналов. Положение опоки на доске определяется штифтами и ушками *b*. После набивки опоки вручную она приподнимается четырьмя штифтами *d*, проходящими сквозь отверстие в доске и привинченными к крестовине *c*, которая отлита за одно целое со скалкой, направляемой втулкой *e*.

Подъем скалки производится педалью при посредстве системы рычагов *f*. Обыкновенно работают совместно две такие машины: одна изготавливает нижние части формы, а другая — верхние. Если желательно обойтись одной машиной, то нужно сначала отформовать известное число нижних половин форм, и затем сменить модельную



Фиг. 168.

доску и таким же манером изготовить верхние половины. Впрочем, можно обойтись вообще одной модельной доской. Для этого поло-



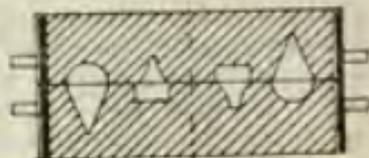
Фиг. 169.

виную поверхности доски снимают нижними половинками моделей, на другой же половине той же поверхности располагают симметрично с нижними половинками моделей верхние половинки. Таким образом, верхняя и нижняя опоки оказываются тождественно одинаковыми, в готовой же форме, спаренной из нижней и верхней опоки, часть изделия окажется перевернутой на  $180^\circ$  относительно другой (фиг. 170).

Еще лучше воспользоваться обеими сторонами доски так, чтобы одна сторона служила для формовки нижних опок, а другая — верхних.

В таком случае доску придется постоянно поворачивать вверх то одною, то другою стороною. Такая машина с поворотной модельной доской представлена на фиг. 171.

Доска *a* снабжена цапфами, лежащими в подшипниках, укрепленных на стержнях, скользящих внутри колонок *b*. Винтами с можно зажимать цапфы, чтобы доска не вращалась самопроизвольно. Поддерживающие подшипники стержни снабжены внизу зубчатыми рейками, сцепляющимися с шестернями *г*, заклиненными на оси *д*. Эта ось поворачивается рычагом *ж*. Таким образом, поворотом рычага *ж* можно поднимать модельную доску вместе с моделями *м* и опоками *п*. Грузы *г* служат для уравновешивания модельной доски с моделями и опоками. Гильзы *б* защищают внутренность колонок *б* от пыли. К станинам прикреплены кронштейны *к*, по которым катается на колесах тележка *л*.



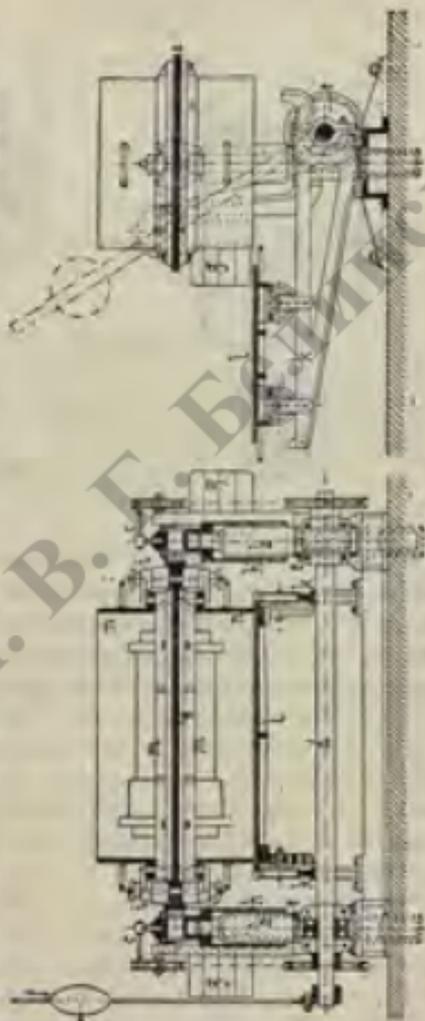
Фиг. 170.

Работают на этой машине следующим образом. На модельную доску ставится опока, прикрепляется к ней помощью ригелей *л* и заполняется землей. Когда эта опока как следует набита, приподнимают модельную доску и поворачивают на  $180^\circ$ , так что набитая

опока оказывается подвешенною под доскою. Тогда опускают доску, пока опока не ляжет на тележку *l*. Вслед затем, слегка постучивая по доске, ее снова осторожно поднимают кверху, при чем опока остается лежать на тележке, которая и отвозит ее в сторону. Тогда на той стороне доски, которая обращена вверх, формируют вторую опоку и т. д. Для поворачивания модельной доски в больших машинах устраивается червячная передача.

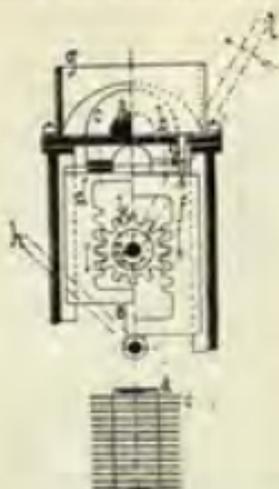
На фиг. 172 представлена машина для формовки ребристых труб посредством сквозной модельной доски. Модельная доска в данном случае так сконструирована, что модель собственно трубы *a* составляет одно целое с доской *b*, и только ребра *c* проходят сквозь доску. Система ребер с прикреплена к двум рейкам *d*, удерживаемая в верхнем положении подпорками *e*.

Рейки *d* сцепляются с шестернями *k*, ось *п* которых лежит в подшипниках, свободно движущаяся в вертикальном направлении по особым направляющим. Когда опока *g* набита, поворачивают ручку *h*, чем отклоняются упорки *e* от вертикального положения. Этим дается возможность рейкам *d* с системой ребер *c* опуститься вниз. Самое опускание производится рычагом *l*, поворачивающим ось *п* с шестернями *k*. Шестерни при этом катятся по неподвижным рейкам *f*. Когда рейки *d* опустятся в самое нижнее положение, то шестерни *k* будут катиться уже по неподвижным рейкам *d* и станут передвигать вверх рейки *f*. Послед-

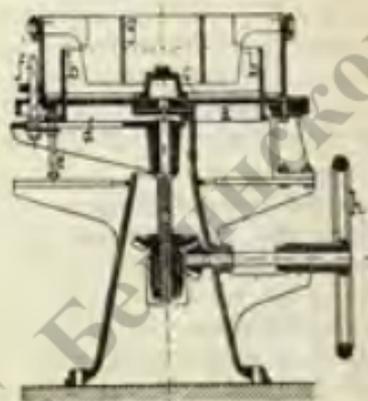


Фиг. 171.

ние снабжены штифтами *l*, служащими для подъема опок. Другим примером машин со сквозными модельными досками может служить машина для формовки ременных шкивов (фиг. 173).



Фиг. 172.



Фиг. 173.

На модельной доске *a* прикреплены модели ступки и спиц *г*. Модель же обода *b* выдвигается снизу сквозь прорез в доске *a*. Эта модель прикреплена к крестовине *d*, поднимаемой посредством маховика *h*. Подъем крестовины регулируется установочными винтами *e*. Таким образом устанавливается определенная величина выдвигания модели *b* над модельной доскою, равная половине ширины шкива. К той же крестовине *d* привинчены штифты *f*, входящие в уши опои *г*. Формовка производится так: модель обода *b* выдвигается наверх до упора болтов *e* в неподвижный стол машины; затем насаживается опока на штифты *f* и набивается землею. Тогда опускают крестовину с моделью обода и штифтами *f* и снимают опоку.

На изображенной машине нет особого приспособления для подъема опои, но лучше снабжать машины подобным приспособлением. Для большей прочности формы опока снабжена внутренними ребрами в виде цилиндра и радиальных перегородок.

Часто такие машины снабжаются целым рядом расположенных концентрически моделей *b* для формовки шкивов различных диаметров.

Следующий класс машин служит не только для вынимания моделей из форм, но и для прессования земли. Здесь надо различать машины с односторонним и двусторонним прессованием.

**Машины с односторонним прессованием.** Самое прессование производится следующим образом. Над опокою *A* (фиг. 174), стоящей

на модельной доске, помещается рамка *B*. Все пространство *A* и *B* над моделью *B* заполняется землей. Затем в рамку *B* вдавливается доска *C* с углублением, повторяющим очертания модели. Размеры углубления в доске *C* могут быть найдены помощью очень простого соображения. После вдавливания доски в рамку *B* очертания углубления займут положение, обозначенное на чертеже пунктиром. Отношение  $\frac{a+h}{h}$  дает представление о степени уплотнения земли. Очевидно, что для одинаковой плотности земли во всех частях формы необходимо соблюсти равенство

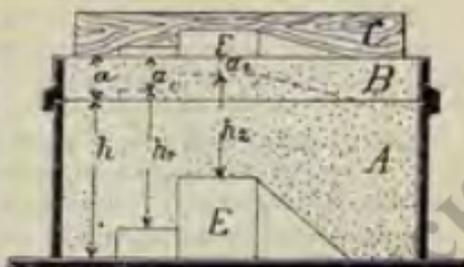
$$\frac{a+h}{h} = \frac{a_1+h_1}{h_1} = \frac{a_2+h_2}{h_2}$$

и т. д., или

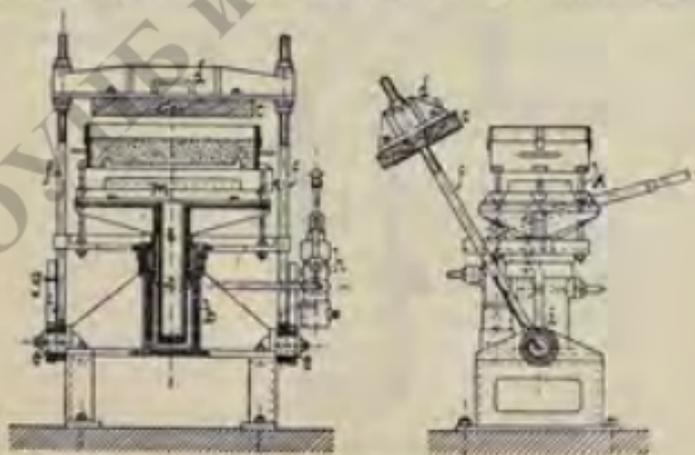
$$a:h = a_1:h_1 = a_2:h_2 = \dots$$

Если модель в общем плоская, без сильно выступающих частей, то вполне можно ограничиться гладкою доскою.

В качестве примера может служить гидравлическая машина, представленная на фиг. 175. Модельная доска *m* поднимается рычагом *a*



Фиг. 174.



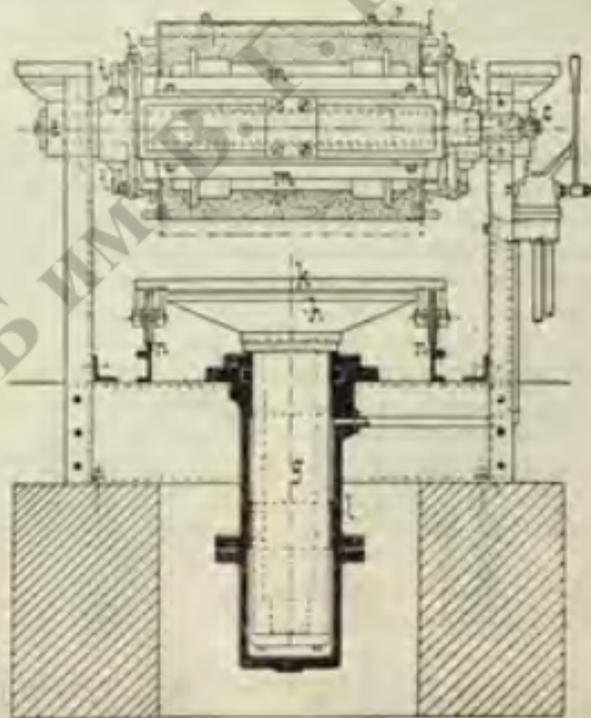
Фиг. 175.

гидравлического цилиндра *b*. Давление воды достигает 50 атмосфер для чугуновых отливок и 100 — для стальных.

Прессующая доска *c* привинчивается к сильной раме *d*, устанавливаемой на винтах *f*, смотря по высоте опоки, на разных расстояниях от цапф *e*, на которых могут поворачиваться эти болты. В откинутом положении болты *f* опираются штифтами *g* на сильные пружины *i*.

Через клапан *h* выпускается вода в цилиндр, пока модельная доска не поднимется немного выше штифтов *k*. Затем наполняют землей опоку и наставную рамку и, поставив доску *c* над опокою, производят дальнейший подъем модельной доски вместе с опокою и рамкою, пока доска *c* не вдавится в землю. Тогда выпускают воду из цилиндра. Модельная доска опускается, опока же задерживается наверху штифтами *k*.

На фиг. 176 представлена машина с вращающейся модельною плитой, которая в данном случае представляет собою солидную балку, так как должна выдерживать весьма большое давление. Она вра-



Фиг. 176.

щается в неподвижных подшипниках *a*. Правильное положение доски обеспечивается задвижкой *c*.

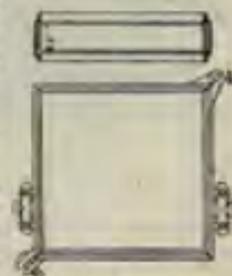
На доску ставится опока и укрепляется кликерами *b*. На опоку наставляется рамка *d*, наполняется все землей, и поверх кладется плита *e*, прикрепленная к опоке. Она служит для того, чтобы земля не высыпалась при поворачивании модельной доски. Затем освобождают задвижку *c* и поворачивают за ручки *f* модельную доску на  $180^\circ$ . Тогда через клапан *g* впускают воду в цилиндр *h*. Ниряло *g* поднимает плиту *e*, которая выкидывает всю землю из рамки *d* в опоку. После этого опускают несколько плиту *e*, подкатывают по рельсам *a* тележку *k* и снова поднимают плиту *e*, но уже вместе с тележкой; освобождают опоку от модельной доски, опускают тележку *k* с опокою на рельсы и откатывают ее в сторону. Таким же порядком формируют другую опоку и т. д.

В случае употребления машин приходится иметь большой запас весьма точно пригнанных к модельной доске совершенно одинаковых и дорогостоящих опок. Для устранения этого неудобства применяются разъемные опоки (фиг. 177). Они раскрываются на шарнире *a*, в углубления с внутренней стороны вкладываются тонкие рамки *b*. Когда пара таких опок заформована, они складываются вместе, при чем для обеспечения правильности относительного положения служат круглые штифты или, как показано на фигуре, трехгранные призмы.

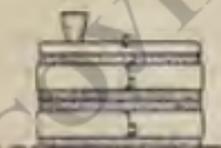
После спаривания опок их можно раскрыть и снять с готовой формы. При этом форма остается скрепленной рамками *b* (фиг. 178). Массивная доска *d* служит балластом. К стати к ней приделана воронка для литника.

Таким образом, надо иметь всего одну пару точно пригнанных опок и набор сравнительно очень дешевых рамок *b*.

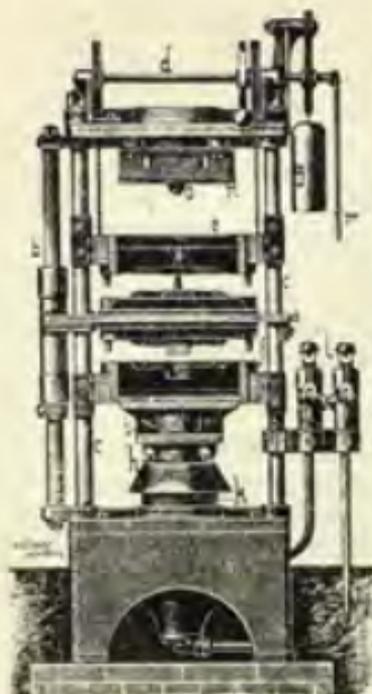
По такому способу работает машина, изображенная на фиг. 179. Модельная доска *a* может вращаться около стойки *b*, которая не мешает ей двигаться вертикально вверх. Нижняя опока *f* прикреплена к поршню *h* гидравлического цилиндра *k*. В своем движении эта опока направляется колонками *c, c*. По тем же колонкам скользит верхняя опока *e*, уравновешенная гирей *d* посредством цепей, перекинутых через блоки на оси *g*. На той же оси насажена рукоятка *m*. Клапаны *l* служат для впуска воды под поршень *h* или под поршень *i*, ходящий внутри



Фиг. 177.



Фиг. 178.



Фиг. 179.

с верхней и скрепляют эту опоку с нижней. Тогда заставляют подниматься один поршень *i*, который выпирает готовую форму из обеих опок.

Для прочности формы и здесь полезно применять скрепляющие рамки, изображенные на фиг. 178, хотя очень часто обходятся даже и без такой рамки.

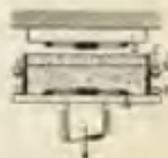
**Машины с двусторонним прессованием.** Способ, по которому работают эти машины, представлен на фиг. 180.

Кроме модельной доски *a*, в этом случае и прессовальная доска *b* снабжается моделью. Таким образом в опоке получаются одновременно полуформы с обеих сторон: и снизу и сверху. Каждая опока снабжена ушками *e* снизу и штырями *d* сверху. Если отформовать несколько таких опок и сложить их одну на другую, как показано на фиг. 181, то получится целый ряд форм. Общий литник *f* подводит металл ко всем формам. Плита *g* служит балластом. Выгода такой

первого поршня и несущий на себе платформу, которая может входить внутрь опоки. \*

Отведя в сторону доску *a*, насыпают землю в нижнюю опоку. Затем поворачивают доску на ее место, опускают верхнюю опоку на модельную доску и также заполняют землей.

Тогда поднимают поршень *h* вместе с поршнем *i*. Нижняя опока упрется в доску и уделет ее вверх вместе с верхней опокой, пока вся система не упрется в прессовую доску *a*. При этом произойдет прессование земли в верхней опоке. Поршень *i* продолжает подниматься и спрессовывает землю в нижней опоке. Выступ *o* на доске *a* выдавливает литниковую воронку. Опустив затем всю систему в положение, изображенное на фигуре, отводят модельную доску в сторону, снова поднимают нижнюю опоку до соприкосновения



Фиг. 180.

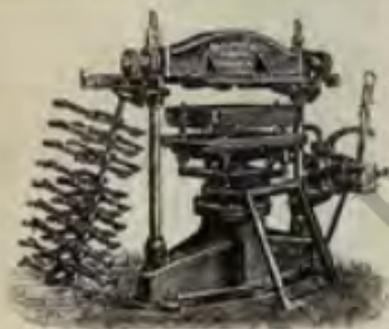
многоэтажной формовки оцевидны; на примере, показанном на фигуре, мы имеем в 8 опоках не четыре, а целых 7 форм, каждое прессование на машине дает целую форму, меньше теряется металла на литники, меньше занимается места в литейной, и скорее производится заливка форм. На фиг. 182 представлена машина, работающая по описанному способу, а рядом с нею готовая отливка. Машина почти не отличается от изображенной на фиг. 175.

Оригинальное устройство имеют универсальные машины *Bonvilain*. На фиг. 183 показана одна из машин *Bonvilain* в конструкции завода *Zimmermann*. Она имеет два гидравлических цилиндра: один из них — верхний — помещен в поперечине, которую можно, вместе с цилиндром, отводить в сторону, поворачивая на



Фиг. 181.

вертикальной колонке. Поршень этого цилиндра производит прессование. Свободный конец поперечины снабжен серьгами, с углошпенными внизу головками, заводимыми под выступы стола. Это крепление необходимо, чтобы избежать перекашивания поперечины. Поршень устроен так, что помощью маховичка его можно удлинять, опуская на форму, а затем уже давить поперечной водю. Таким образом избегается лишняя трата воды.

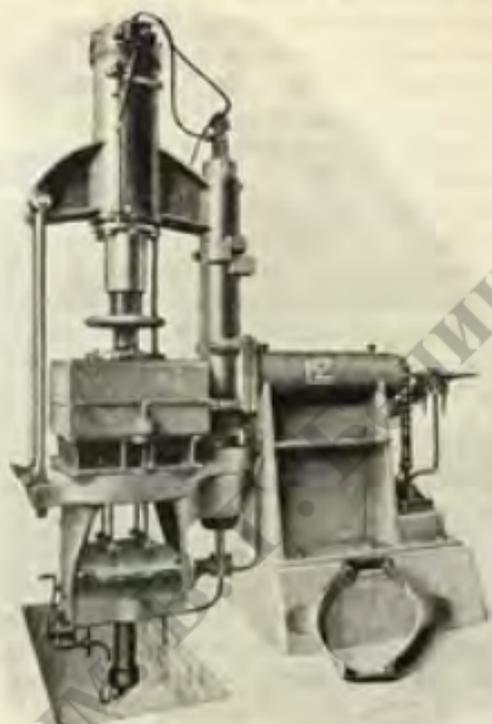


Фиг. 182.

Нижний поршень служит для снятия формы с модельной доски помощью штифтов. Кроме того, в рассматриваемом типе машины *Bonvilain*, изображенном на рисунке, мы видим, что вся машина может быть перевернута вверх ногами на горизонтальной оси. Во многих случаях это представляет большое удобство, а именно тогда, когда в форме имеются тяжелые свешивающиеся части, которые легко могут оборваться при поднимании формы с модели вверх. Тогда поворачивают машину и снимают форму вниз.

Во всех описанных машинах очень часто и с прекрасными результатами применяются пневматические вибраторы. К столу машины или непосредственно к модельной доске прикрепляется небольшой пневматический цилиндр, внутри которого ходит поршенок в виде массивного цилиндрика. Поршенок служит сам себе и

золотником, впускающим воздух то в одну, то в другую сторону цилиндра, так что поршень приводится в быстрое движение вперед и



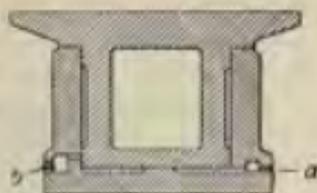
Фиг. 183.

назад, производя сотрясения модельной доски. Благодаря этим вибрациям, земля отстает от модели, при чем размеры формы почти не увеличиваются, что всегда имеет место при обыкновенном способе расколачивания модели.

Применение принципа сотрясений привело к совершенно особому типу машин, в которых самое уплотнение земли производится не прессованием, а исключительно встряхиванием самой формы. Схема устройства этих машин представлена на фиг. 184. В массивном цилиндре движется нирядо, снабженное наверху также очень массивным столом, к которому прикрепляются модельная доска и опока, наполняемая землею. В цилиндр через отверстие *a* впускается воздух под давлением в 4—6 атмосфер. Когда поршень поднимается на несколько сантиметров (максимум 10), воздух выпускается через

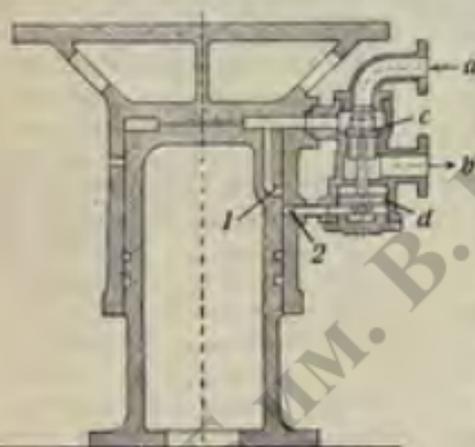
отверстие *b*; тогда штырь вместе с платформой падает вниз, и происходит удар платформы о края цилиндра. Эти удары повторяются один за другим чрезвычайно быстро, раз 120 в минуту. Уплотнение земли начинается снизу и только постепенно распространяется вверх. Наибольшее действие производит первый удар, уплотняя слой земли в 10—20 мм. Последующие удары уплотняют все меньшие и меньшие слои.

Таким образом, для уплотнения слоя земли в 20 см надо нанести 15—20 ударов. Как видим, вся работа по уплотнению земли производится меньше, чем в минуту. На фиг. 185 представлена схема машины с более усовершенствованным распределительным органом.



Фиг. 184.

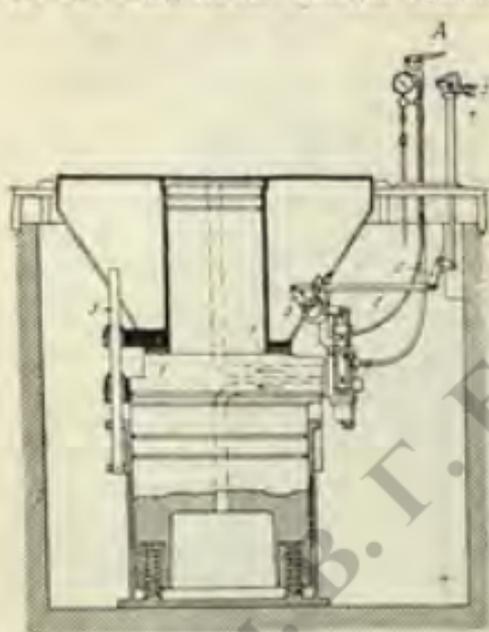
Воздух подводится трубой *a*; клапан *c* закрыт. Когда стол поднимется настолько, что клапан 1 и 2 совпадут, воздух попадает под поршень *d*, поднимающий клапан *c* так, что закрывается выпуск воздуха через трубу *a* и открывается выпуск через трубу *b*. Уплотнение получается очень равномерное, но только наиболее удаленные от модели части формы остаются несколько рыхлыми, и их полезно подтрамбовать вручную. 1) Эти машины особенно пригодны для самых крупных отливок. В этом случае время изготовления формы можно сократить раз в семь. Построено несколько таких машин колоссальных размеров, а именно стол достигает 12,6 м в длину и 3,6 м в ширину. В таких случаях он поддерживается тремя поршнями. Необходимым условием хорошей работы встряхивающих машин является отсутствие боковых сотрясений. Иначе образуются в форме трещины. Эти машины обладают одним крупным недостатком, производя сильные сотрясения почвы, от чего страдают готовые формы,



Фиг. 185.

1) См. Stahl und Eisen, 1910, стр. 1951.

находящиеся в мастерской. Применение каких-либо эластичных подкладок или пружин недопустимо, так как тогда будет уничтожено, вместе с силой и резкостью удара, и его действие на землю в форме. От этого недостатка свободна машина фирмы Табор (фиг. 186).



Фиг. 186.

В ней цилиндр, стоящий на земле, не принимает участия в ударе. Его ныряло составляет одно целое с нырялом верхнего цилиндра, к которому прилит формовочный стол. Воздух впускается в верхний цилиндр и приподнимает стол. Вес стола и формы с землею все время передается через слой сжатого воздуха нырялами, от чего сжимаются нижние пружины. Когда воздух из верхнего цилиндра выпускается наружу, то стол падает вниз; в то же время пружины, освобожденные от тяжести формы и стола, распрямляются, подбрасывая ныряла

кверху навстречу опускающемуся столу, и происходит удар. Для уменьшения шума прокладываются кожаные кольца *T*. Вместо того, чтобы выпускать воздух наружу, его можно направить под нижнее ныряло в помощь пружинам. В этом случае падение стола будет замедлено, а подъем ныряла ускорен. Таким образом, в зависимости от веса формы, возникает возможность регулировать обе скорости таким образом, чтобы удар совершенно не передавался фундаменту. Стержень *S* служит для направления нырял и стола. Впуск воздуха производится рукояткою *A*. Рукояткою *B* при посредстве рычагов *C*, *E*, *D* регулируется высота подъема стола в пределах от 10 до 100 м.м.

Существуют встряхивающие машины и без применения пневматики. Например, Баденским заводом в 1907 г. взята русская привилегия за № 11861 на машину, в которой встряхивание производится кулачными эксцентриками.

Оригинальную конструкцию имеют американские машины с опрокидывающимся столом (фиг. 187). Стол в виде рамки *K* колод-

ками *A* опирается на чугунные колеса. Рамка *K* может вращаться на оси *H*, прикрепленной к цилиндру *E*. При подъеме сжатым воз-



Фиг. 187.

духом цилиндра *E* рамка *K* поднимается параллельно самой себе, так как подтянута справа шатунами *M*, вращающимся на цапфах *N* хомута *F*.

Последний, очевидно, увлекается вверх вместе с цилиндром. Когда хомут будет остановлен переставным штырем *O*, остановится точка *N*, а точка *H* будет продолжать свой подъем. Тогда начнется поворот рамки *K*, вместе с формой на ней, около оси *H*. Рамка перекинется направо и при опускании цилиндра положит форму на доски *B*, расположенные на скалках *C*, устанавливаемых по высоте рычагом *D*. Освободив модельную доску от опоки, снова поднимают цилиндр *E*, при чем модельная доска поднимается над формой сначала вертикально, а потом опрокидывается около оси *H* и ложится на колеса *A*. Таким образом, двукратным впуском воздуха в цилиндр *E* производится переаорачивание формы, выем модели и обратное ее помещение на формовочном столе. Цилиндрик внутри рамки *K* — вибратор. Эти машины применяются исключительно в Америке. Они чрезвычайно производительны и сравнительно очень дешевы, но слишком примитивно сконструированы и скоро изнашиваются. Впрочем, американцы и не заботятся о долговечности своих машин: они стараются в короткий срок использовать машину до конца и затем бросают ее, заменяя новой.

В последнее время фирма Табор выпустила машину, в которой соединены особенности двух последних типов, т. е. машина сна-

бжена поднимающимся и падающим столом и механизмом для перекидывания формы.

Впрочем и машина, изображенная на фиг. 187, сконструированная фирмой *Adams Co* в Дюбуке, также может работать встряхиванием. Для этого следует лишь открыть выпуск воздуха. Тогда произойдет ряд небольших подъемов и падений по принципу ф. 184. На фиг. 188 представлена машина в действии.

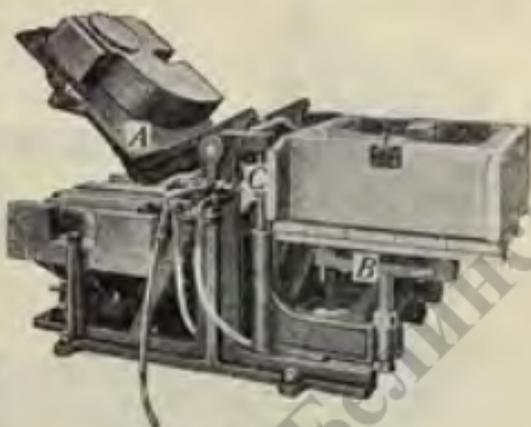


Фиг. 188.

Подобная же машина фирмы *Pridmore* изображена на фиг. 189. Здесь рама с модельной доской *A* вращается около постоянной оси, но зато подставки *B*, на которые опускается форма, движутся вверх и вниз вдоль направляющих стержней. Машина изображена в положении, когда модельная доска перекидывается налево для новой формовки. Когда она была с правой стороны, подпорки *B* находились в верхнем положении. Затем опока была опущена в изображенное на рисунке положение. При этом модель вышла из формы, оставаясь прикрепленной и неподвижной модельной доской.

Перекидная машина фирмы *Тabor* изображена на фиг. 190. Машина передвижная, что также типично для американских машин. В американских машинах очень часто подготовленная к формовке земля располагается длинной грядой, вдоль которой передвигают формочные машины, устанавливая на месте формы, по мере их приготовления.

В последнее время в Америке появились так называемые песко-мётные машины, которые начали строить и в Европе. Общий вид одной из таких машин представлен на фиг. 191. Этот тип машины подвижной. На фиг. 192 представлена конструкция подобной же машины стационарной, хотя ее можно за ушко *x* переносить краном и устанавливать на любом месте. Земля поднимается элеватором *l* и через кожух *q* падает на сито *x*, подвергающееся ударам кулака *S*.



Фиг. 189.

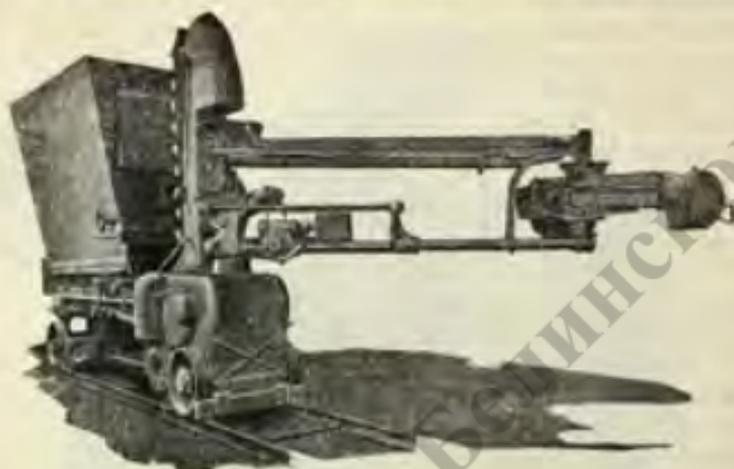
Пружина *y* служит для натяжения элеваторной цепи. Сито установлено на плече *B*, поворачивающемся на вертикальной оси. Не прошедшие через сито частицы земли дотком *f* отводятся в ящик *g*.



Фиг. 190.

а просеянный песок попадает в воронку *o* и из последней — на бесконечное полотно *p*, отводящее его в коробку *k*. Полотно и коробка установлены на плече *C*, поворачивающемся на вертикальной оси

относительно плеча  $B$ . Таким образом коробка  $k$  может быть подведена к любой точке внутри круга радиуса  $B + C$ . В коробке  $k$



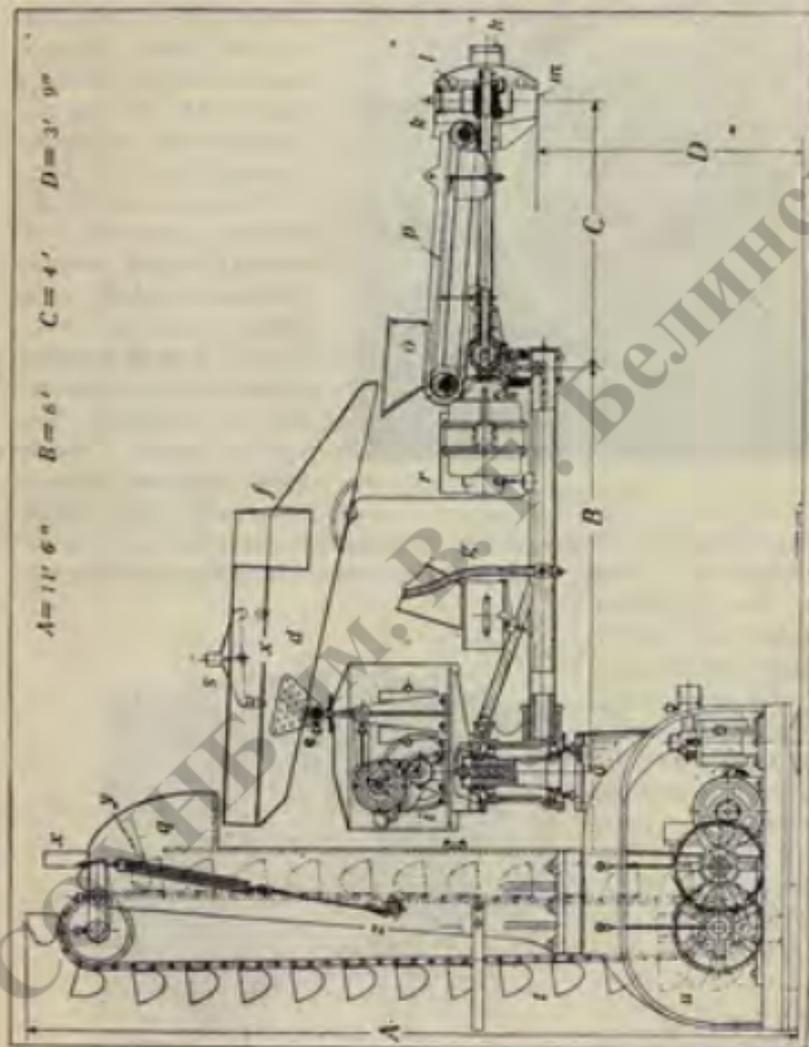
Фиг. 193.

быстро вращается ковш, выбрасывающий комья земли вниз через устье  $m$ , в ополку.

Все движения производятся с помощью моторов. Набивка получается очень равномерная, при чем ее плотность можно регулировать быстротой вращения ковша. Производительность машины громадная, 20 м<sup>3</sup> в час, при чем машины назначаются для набивки крупных форм. Вид на открытую головку спереди представлен на фиг. 193. Ковш  $a$  в виду его быстрого износа делается сменный.

Сравнивая работу этих машин с прессовыми и встряхивающими, заметим, что в пескометных машинах плотность набивки зависит от силы бросания отдельных комков земли, и поэтому получается одинаковая на любом уровне форма; в прессовых—давление, производимое на поверхность, передается в земле лишь на некоторую глубину; и плотность чем глубже, тем меньше. Поэтому прессовать можно не особенно глубокие формы. Во встряхивающих машинах, наоборот, плотность нижних слоев получается больше верхних, которые приходится подтрамбовывать. Глубина форм при этом не ограничена. Кроме того, встряхивание как бы уничтожает трение, так что земля уподобляется жидкости, и поэтому в ней давление распространяется во все стороны, так что уплотнение происходит и под выступами моделей и в горизонтальных углублениях в вертикальных стенках моделей. К формовочным же машинам нужно отнести и машины для

сборки опок. Если в форме имеются большие выступы и углубления, то бывает недостаточно коротких направляющих штырей у опоки, чтобы ее направить как следует. Иногда же опоки бывают совсем



Фиг. 192.

лишены штырей, а снабжены лишь ушками, если они фабрикуются, как верхняя, так и нижняя на модельной доске со штырями. В этих случаях при сборке все опоки надеваются на направляющие штыри машины,

которые затем убираются вниз, так что нет надобности собирать форму поднимать высоко вверх. Подобная машина изображена на



Фиг. 193.

фиг. 194. Один из штифтов проходит через неподвижную втулку, а другой может устанавливаться на различных расстояниях от перья, сообразно величине опоки.

В заключение необходимо упомянуть об автоматической машине фирмы Berkshire (см. Stahl und Eisen, 1911, № 8). В этой машине рабочий лишь устанавливает на подвижной стол пустую опоку. Затем опока подается столом под трубу, через которую насыпается в опоку земля, подаваемая элеватором, который забирает ее из ящика, куда земля просеивается цилиндрическим ситом. При обратном движении стола с опокою излишек земли над опокою скоблывается, опока останавливается под прессом, а затем над механизмом, снимающим форму с модельной доски. Рабочему остается только убрать готовую форму и на ее место поставить пустую опоку. Машина снабжена вибратором, который действует не только перед выемом модели, но и ранее, перед прессованием. Таким образом, получается самое совершенное уплотнение земли. С момента воста-



Фиг. 194.

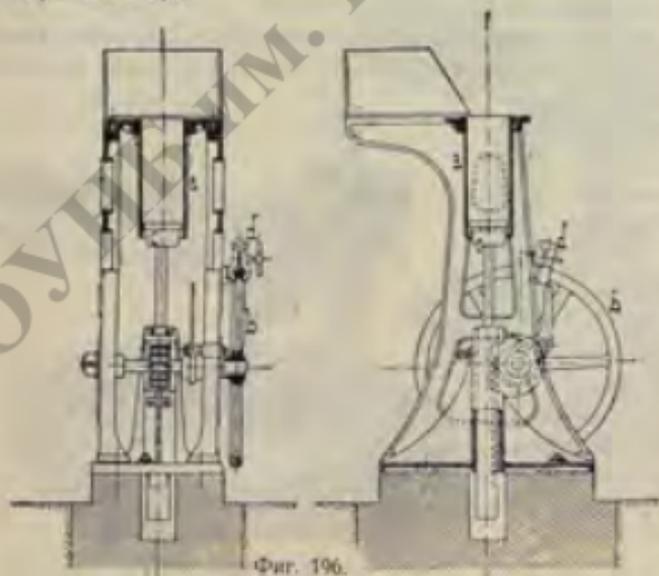
новки пустой опоки до конца изготовления формы проходит всего 8 секунд.

**Машины для формовки сердечников.** На фиг. 195 представлена машина, работающая по схеме, изображенной на фиг. 168. Половинки шпичечных ящиков раздвигаются помощью винта, расположенного под столом машины, с правой и левою нарезкою. Сдвинутые половинки ящиков скрепляются задвижками, после чего через отверстие сверху в них набивается земля, находящаяся под рукою в подвижном на колесиках ящике над машиною.

На фиг. 196 представлена машина, предназначенная, главным образом, для изготовления стержней цилиндрической или призматической формы. Земля из ящика, находящегося на столе машины, насыпается в сменную коробку *a*, дно которой составляет поршень *c*. Уплотнение земли делается вручную. Готовый сердечник выталкивается поршнем вверх.



Фиг. 195.



Фиг. 196.

Положение поршня *c*, отвечающее определенной длине сердечника, определяется кулачком *d*, укрепляемым на любом месте обода маховика *b*. Помощью деревянных подкладок, вкладываемых в коробку *a* и выталкиваемых вместе с сердечником, можно несколько усложнить форму сердечника.

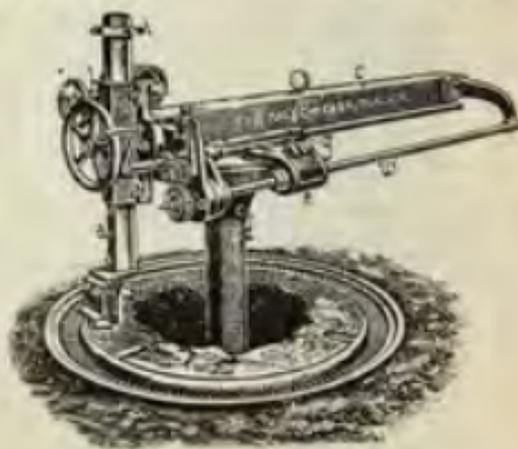
Машина, представленная на фиг. 197, сама производит и уплотнение земли. В ней земля засыпается в воронку *a* и проталкивается вниз винтом *b*. Здесь он другим винтом *c* вытесняется сквозь сменную насадку *d*. Готовая шихта выходит из насадки в виде непрерывного стержня, лежащего в желобок *f*. От этого стержня отрезаются части требуемой длины. Стержень *e* на конце винта *c* служит для образования вентиляционного канала внутри сердечника.

Наиболее удобны для изготовления сердечников всевозможных форм машины, работающие по способу *Кюппеля*. На них возможно формовать всякие шихты, которые допускают разъем шихтчатого ящика на две части.

Нажатие производится гидравлическою силою, воздухом или руками при посредстве рычажной системы.

**Машины для формовки зубчатых колес.** Собственно машинами изготавливается лишь форма зубчатого обода. Остальные части формы, т. е. втулки и спицы, изготавливаются по способам, описанными ранее, а именно при помощи моделей, шихтчатых ящиков и шаблонов.

Машины делаются двух типов, смотря по величине. На фиг. 198 изображена машина для крупных колес. Она состоит из колонки *a*, башмак которой прикреплен к фундаменту под зем-



Фиг. 198.

лею. На верху колонки насажено винтовое колесо, сцепляющееся с червяком, расположенным внутри кожуха *e*. Вращение рукоятки передается через ряд сменных шестерен валику *ш*. Последний снабжен шпунтом, посредством которого вращение валика передается червяку. Так как винтовое колесо остается неподвижным, то червяк принужден двигаться вокруг винтового колеса, увлекая за собою кожух *e* и стол, к которому кожух приращен. В направляющих *g* стола движется призма *c*, снабженная на одном конце муфтой *b*, в которой в свою очередь движется призма *a*, но уже в вертикальном направлении. Кольцо *l* ограничивает движение призмы вниз. К низу призмы *a* прикрепляется модель двух зубцов.

Работа на этой машине производится совершенно так же, как это было объяснено при описании шаблонной формовки конического колеса.

Передвижением призмы *c* можно устанавливать машину для формовки колес различной величины. Поворачивание машины на определенный угол производится помощью сменных шестерен, которые всегда возможно подобрать так, чтобы рукоятку приходилось поворачивать на целое число оборотов.

Если формируется коническое или цилиндрическое колесо, то модель зубцов поднимается вверх.

При цилиндрических зубцах полезно иметь дощечку, плотно входящую в промежутки между зубцами модели, и во время движения модели вверх прикрывать ею отформованные зубцы, т. е. пользоваться как бы сквозною модельною доскою.

В случае формовки винтового колеса или колеса с косыми зубцами вращать модель вверх нельзя. В данном случае приходится передвигать уже горизонтальную призму *c*.

Для формовки небольших колес употребляется машина, изображенная на фиг. 199. Здесь на колонке *l* имеется втулка *d*, в которой движется призма *c*. К нижнему концу этой призмы прикрепляется модель *b* при по-



Фиг. 199.

мощи салазок, которые сделаны для того, чтобы возможно было, в случае надобности, отодвигать модель по горизонтальному направлению. Вращение в данном случае получает сама форма, изготовляемая в опоке, устанавливаемой на вращающемся столе *l*. Вращение стола сообщается от рукоятки *k*, при посредстве сменных шестерен *m*, которые подбираются так, чтобы повороту стола на один шаг соответствовал поворот шайбы *e* на целое число оборотов. Точное положение этой шайбы определяется задвижкой *h*, входящей в вырез на ободке шайбы.



Фиг. 200.

Наконец, на фиг. 200 изображена машина для формовки червяков.

Сначала изготовляется форма с цилиндрическим отверстием, соответствующим внутреннему диаметру винтовой нарезки. А затем уже винтовой желобок вырезается шаблоном *c*, укрепленным на шпинделе *d*, который, очевидно, должен получать одновременно поступательное и вращательное движения. Для этого он укреплен на трубке *g*, снабженной внутри гайкою, ходящей по винту *i*. Если бы винт *i* оставался неподвижным, то повороту маховика *f* на трубке *g* на один оборот соответствовал бы подъем трубки *g* и шаблона *c* на один шаг винта *i*. Если же одновременно вращать этот винт *i*, то изменится подъем шаблона на один оборот, т. е. шаг изготовляемого червяка. Вращение винту *i* сообщается от трубки *g*, при посредстве колес *h*, *k* и сменных шестерен *m*. Очевидно,

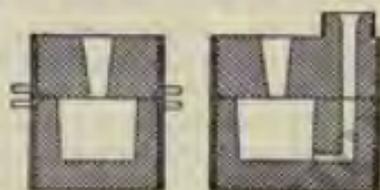
подбором шестерен *m* можно достигнуть получения червяков с любым шагом.

Шпиндель *d* прикреплен не непосредственно к трубке *g*, а при помощи маленького суппорта *e*, благодаря чему можно несколько отодвигать шаблончик *c* от поверхности земли в отверстие формы. Это необходимо делать, иначе шаблончику пришлось бы выдирать землю сразу во всю глубину канавки. С помощью же данного приспособления шаблончик постепенно, раз за разом, углубляется в землю.

### Устройство литников, отдухов и выпоров. Прибыли.

**Литники.** Литником называется тот канал, по которому металл поступает в форму. Этот канал входит в форму или в верхней ее части, или внизу, смотря по обстоятельствам (фиг. 201).

Если металл входит в форму сверху, то, падая на дно, он может испортить ее поверхность. Поэтому в широких формах лучше делать устье литника внизу. С другой стороны, в очень узкой и высокой форме, в случае наполнения ее снизу, верхние слои металла, поднимаясь вверх, соприкасаются все с новыми и новыми частями формы, охлаждаются, густеют и могут закупорить форму раньше, чем она вся наполнится. Поэтому в узких формах лучше заливку производить сверху. Наполнение формы сталью сверху имеет особенное неудобство, заключающееся в том, что падающие брызги стали покрываются слоем окиси, так что эти брызги не свариваются с остальным металлом. Вокруг таких брызг обыкновенно образуется газовый пузырь, внутри которого и остается капля металла в виде ядрышка. Подобные пороки встречаются и в чугуне, но выражены они не так рельефно.



Фиг. 201.

Таким образом, оба способа отливки сверху и снизу имеют свои недостатки, особенно чувствительные при отливке стальных предметов с тонкими стенками. Сверху, как уже сказано, отливку производить нельзя. Отливка снизу через сифон потребует очень горячего металла, что влечет за собой сильное образование усадочных раковин и пузырей. Но даже и при очень горячем металле, он все же, дойдя до верху, успеет загустеть и не даст всплыть на поверхность нечистотам и пузырям.

В таких случаях можно применить очень остроумное устройство литника, соединяющего в себе выгоды обоих способов отливки. Литник подводится к низу формы, но на разных высотах от него прокладываются к форме боковые каналы, как на фиг. 155. Сталь в этом случае начнет вливаться в форму снизу. Но как только форма будет заполнена до уровня первого бокового канала, новые порции металла будут вливаться уже через этот боковой канал, т. е. свежий металл окажется выше ранее залитого. То же самое произойдет, когда форма заполнится до второго канала и т. д. Необходимо обращать внимание, чтобы боковые каналы направлялись от литника к форме, несколько поднимаясь вверх, чтобы в эти боковые каналы

металл не поддавал, в виде брызг или небольших струек, раньше времени.

При описанном способе отливки, как и при отливке сверху, наиболее горячий металл будет сосредоточен наверху, здесь он будет застывать последним, и отливка получится плотная, во-первых, потому, что газы будут иметь возможность свободно выделяться через жидкий металл на поверхность, а во-вторых, потому, что в таком случае легко предотвратить и вредное действие усадки, доливая свежего металла в образующуюся воронку или применяя приемы, о которых будет сказано ниже.

Литник должен входить в форму по такому направлению и в таком месте, чтобы струя металла не могла смочь выступающих частей формы. Вертикально поставленные сплошные цилиндры, например, снабжаются литником, входящим по касательной к окружности их нижнего основания. При этом, помимо отсутствия удара, металл получает вращательное движение, почему шлаки, песок и тому подобные нечистоты скопляются внутри, а поверхность получается чистой. Чистый металл, как более плотный, отбрасывается центробежной силой к боковой поверхности цилиндра. В цилиндре паровой машины или насоса, наоборот, чистой должна быть внутренняя поверхность, так что для него центробежная отливка не годится.

Высота литника должна сообразоваться с температурой металла: чем температура ниже, тем выше должен быть литник, чтобы густой сравнительно металл под влиянием значительного гидростатического давления заполнил все углубления формы. Вообще металл должен быть горячим (для тонкостенного машинного литья — 1400°). Вливать металл надо возможно быстро, чтобы он не загустел до полного заполнения формы в тонких отливках, а в толстых не испортилась внутренняя поверхность формы, вследствие продолжительного действия лучистой теплоты. Следующие примеры дают представление о скорости отливки. Цилиндр газового двигателя в 6000 кг отлит в 50 сек.; станина токарного станка в 50 000 кг в 75 сек.; поршень весом в 2500 кг в 8 сек.; крышка воздухоудного цилиндра весом в 28 000 кг в 45 сек. Отливки при этом получаются одинаково плотными как внизу, так и наверху. Но если струя имеет очень большую скорость, она может размыть форму. Поэтому очень больших литников не следует делать, а лучше заменить один большой несколькими малыми, или литнику придать форму длинной, но узкой щели. <sup>1)</sup> Около литника металл находится дольше всего в расплавленном состоянии, как возле всего залитый; в этом месте легко мо-

<sup>1)</sup> Эти соображения особенно важны при стальном литье.

жет образоваться усадочная раковина, и поэтому литник должен располагаться в том месте формы, которое само по себе быстро охлаждается, т. е. в местах с небольшими поперечными сечениями.

В том месте, где металл вливается в литник, устраивается расширенная воронка, для помещения которой часто настраивается из формы особая маленькая опока.

От правильного устройства этой воронки в сильной степени зависит чистота отливки. Можно сказать, что большой процент брака происходит от того, что на устройство литниковой воронки не обращают должного внимания. Дело в том, что струя металла, падая все время на одно и то же место, легко разрушает здесь землю и уносит ее в форму вместе со шлаками, угольками и другими нечистотами, плававшими на поверхности металла в разливном ковше. Все эти посторонние вещества остаются внутри отливки и обнаруживаются при ее отделке. Следовательно, литник должен быть устроен так, чтобы сам он не размывался металлом и, кроме того, задерживал нечистоты, не допуская их попадать в форму.

На фиг. 202 представлен литник, удовлетворяющий поставленным требованиям. Во-первых, следует заметить, что земля в воронке литника должна быть плотно набита. <sup>1)</sup> Поэтому не следует допускать, чтобы формовщик просто руками умывал землю, придавая воронке требуемое очертание, а следует плотно набить землю и затем вырезать в ней необходимые углубления. Кроме того, в месте *B*, куда бьет струя, делается небольшое углубление, как и показано на рисунке. Это углубление остается все время заполненным металлом, предохраняющим землю от непосредственного удара струи. Такое же углубление мы видим и под каналом *D*. Кроме того, иногда дно углубления *B* делается из плитки глины. Очень полезно в *H* помещать вентилирующий слой кокса или золы. Над каналом *F*, ведущим в форму, помещается широкий канал *R*, в который канал *E* входит по касательной. Благодаря тому, каналы *D* и *E* раза в два шире канала *F*, металл задерживается над последним, заполняя все время

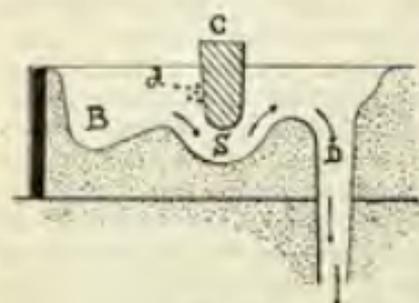


Фиг. 202

<sup>1)</sup> Поэтому и наставная литниковая опока должна быть вполне прочная, а не какая-нибудь, деревянная или жестяная юфобка, попадавшая под руку.

резервуар *R*, в котором он находится во вращательном движении. Все это способствует отделению нечистот, скользящихся в *a*. Сечение *R* делается в несколько раз более *F*.

В более простых литниках обходятся без резервуара *R*, опуская в форму непосредственно канал *D*. В таком случае следует обратить особенное внимание на то, чтобы канал *D* не прилегал к задней стенке воронки, но чтобы здесь оставалось некоторое свободное пространство *b*, где и будут скопляться нечистоты.



Фиг. 203.

Иногда для задерживания нечистот помещается плитка из стержневой глины *C* (фиг. 203). Грязь задерживается перед плиткой в *a*.

Подобного же рода литники устраиваются и при отливке мелких предметов, если желательно получать очень чистое литье.

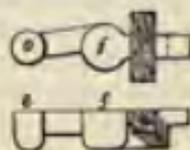
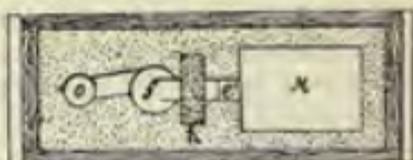
Подобного же рода литники устраиваются и при отливке мелких предметов, если желательно получать очень чистое литье.

На фиг. 204 представлена форма, снабженная таким литником; внизу фигуры показана модель, по которой, для облегчения работы, формируется самый литник. Модель эта сделана из чугуна. При формовке она приставляется к модели изделия. Этот литник сделан по тому же принципу, как и изображенный на фиг. 202; глиняная же плитка *h*, устанавливаемая в гнезда, оставленные знаками модели, соответствует плитке *C* на фиг. 203.

В том месте, где литник прижимается к форме, он должен иметь суженное сечение, чтобы при отламывании литникового стержня от отливки не повредить этой последней.

На фиг. 205 представлена форма с литником, применяемый в мастерских Технологического института.

На пути от литника к форме



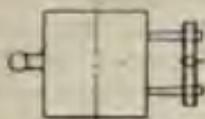
Фиг. 204.

ставится вертикальный канал — шлаковик, служащий для улавливания шлаков. Он должен быть объемистей литника. Горизонтальный канал за шлаковиком следует делать уже, чем между литником и шлаковиком, чтобы задержать струю металла и заставить последний подняться в шлаковик. Лучше также прорезать горизонтальный путь между литником и шлаковиком выше плоскости разъема (в верхней опоке), а от шлаковика к форме — ниже плоскости разъема.



Фиг. 205.

На фиг. 206 представлен немецкий литник. Вертикальный канал входит в горизонтальный, вырезанный в верхней опоке. Далее от горизонтального поперечного канала отходят более тонкие каналы в форму, вырезанные в нижней опоке. Каналы продолжают далее



Фиг. 206.



Фиг. 207.

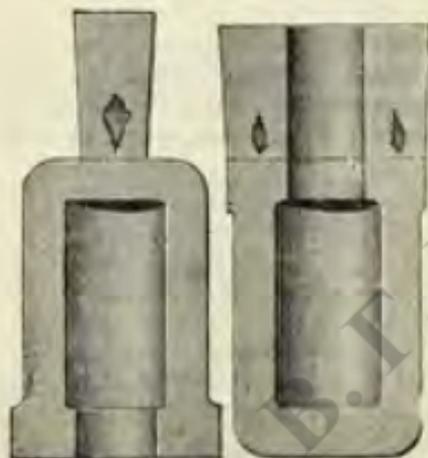
точки пересечения, образуя тупики, служащие для улавливания шлаков.

На фиг. 207 представлен своеобразный литник с проложенной на пути ситовидной плиткой из шихвочной массы.

**Отдухи и выпоры.** При заливке формы металлом из нее прежде всего должен быстро удалиться воздух. Обыкновенно, и особенно в тех случаях, когда объем отливки очень значителен, а поверхность мала, для выхода воздуха оказывается недостаточно пористости формы и даже узких каналов, проткнутой шпилькой, т. е. отдухов. Отдухи, главным образом, служат для вывода паров воды и газов, образующихся постепенно, по мере нагревания формы и застывания отливки. Для вывода же воздуха делают более широкие каналы, начинающиеся в самых высших частях формы, — это выпоры. Еще более важная роль выпоров состоит в том, что они ослабляют гидравлический удар металла о форму. В конце заполнения формы вся живая сила движущегося металла превращается в энергию давления,

Если имеются выпоры, то металл, по заполнении формы, продолжает подниматься в выпорах. Чтобы совершенно уничтожить удар, сечение выпоров должно превосходить раза в три сечение литников. Понятно, что выпоры следует располагать на противоположном конце формы по отношению к литникам.

**Прибылями** называются особые массивные приделки в верхней части отливки. В них металл остается долго жидким и служит для



Фиг. 208

питания формы по мере сжатия металла внутри нее. Таким образом, усадочные раковины, вместо тела отливки, образуются в прибыли, которая после будет отрезана, как лишняя часть. В ней же собираются пузыри и нечистоты. Металл из прибыли должен свободно переходить в форму; поэтому под прибылью не должно быть сужения. Если прибыль сверху открыта, то, по мере усадки, в нее добавляют свежего металла, протыкая через прибыль в форму железный прут, чтобы освободить проход жидкому металлу внутрь формы. Чтобы прибыль застывала после изделия, она должна быть достаточно массивна. Иногда роль прибылей играют литники и выпоры.

На фиг. 208 показан для примера гидравлический цилиндр, отлитый с прибылью двумя различными способами, т. е. дном сверху и дном снизу. В обоих случаях усадочные раковины разместились вне изделия. Толщина прибыли больше толщины стенок цилиндра.

## ГЛАВА ПЯТАЯ.

### ОТЛИВКА И ОЧИСТКА ЛИТЬЯ.

**Ковши.** Металл, расплавленный в тиглях, отливается в формы непосредственно из тиглей. Расплавленный в печах — выливается в ковши и из них уже в формы. Ковши, смотря по величине, делаются разной формы: самые малые до 25 кг вместимости имеют форму суповой ложки (фиг. 209) или небольшого ведерка с одной рукояткой;

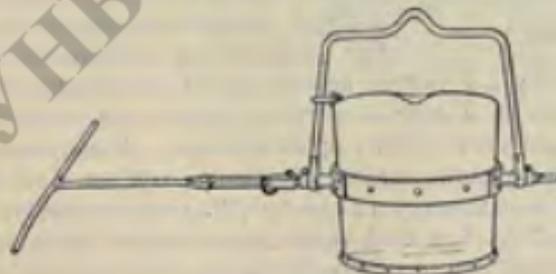


Фиг. 209.



Фиг. 210.

более значительные на 25 — 50 кг — форму ведра, устанавливаемого в особых носилках (фиг. 210). Еще более крупные, в форме больших чанов, подвешиваются на хомутах к крану (фиг. 211) и, наконец,



Фиг. 211.

самые крупные ковши устанавливаются на тележку (фиг. 212). Оригинально устройство разливного ковша в виде вращающегося барабана (фиг. 213).

Выливается металла большею частью через край ковш, для чего последний наклоняется просто руками или при помощи передаточных



Фиг. 212.

механизмов. В эту передачу обычно входит червяк. Важное его значение состоит в том, что при правильном угле подъема винтовой линии червячная передача обладает свойством самоторможения и не позволяет ковше опрокидываться ни при каком положении. Во время отливки рабочий сгребает шлаки и сор с поверхности металла и не дает им попасть в струю. Для той же цели иногда в самом ковше устраивается приспособление в виде поперечной, не достигающей до дна стенки (фиг. 214). Металла к слишком носку подходит под этой стенкой, так что все шлаки и сор, плавающие на поверхности металла, не могут попасть в струю выливаемого из ковша металла.

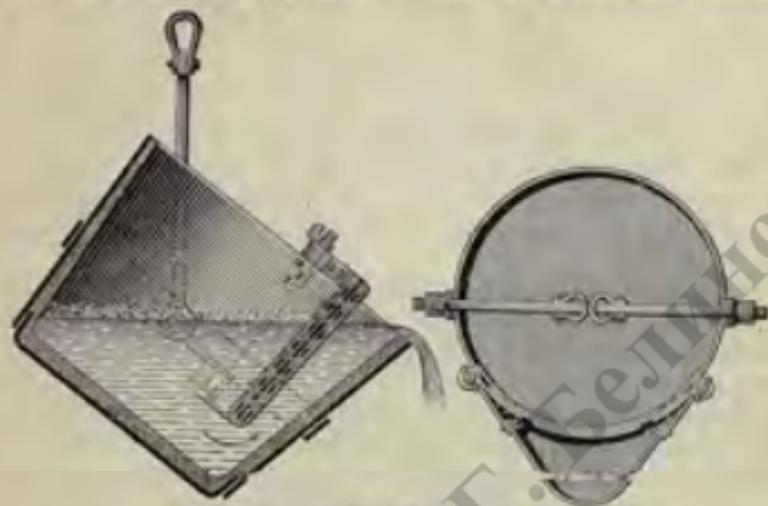


Фиг. 213.

При отливке из обыкновенного ковша можно прибегнуть к такому приему: ствол литника закупоривается глиняной пробкой, и воронка литника заполняется металлом. После этого уже вынимают пробку, продолжая лить. Шлаки при этом останутся на поверхности металла в воронке. Той же цели достигает устройство под названием *нататор* (*W. Dubois* во Франкфурте на Майне) (фиг. 215). В особой чашке над литником расположен колокол, нагруженный грузом. Пока металл не заполнит чашку до известного уровня, колокол не всплывает и не пропускает металл в литник. Слой шлака и нечистот не может попасть в устье литника. В самых крупных ковшах выливание производится через отверстие в дне, закрываемое огнеупорною пробкою. Ковши внутри обмазываются огнеупорною массой, тщательно высушиваются и перед отливкою

подогреваются. Толщина обвязки, смотря по величине ковша, достигает 50 мм.

В исключительных случаях, за неизменением достаточных размеров



Фиг. 214.

ковша, литье чугунных изделий производится непосредственно из вагранки.

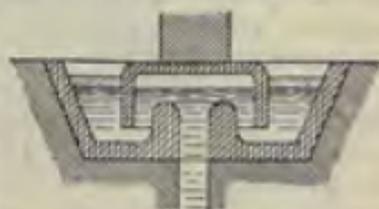
Для этого перед вагранкой делается из земли или глины временный резервуар, в который спускается чугун из вагранки по желобам. Здесь он копится и выстаивается и затем через отверстие, регулируемое заслонкой, перепускается по желобам в форму. Последняя, очевидно, должна быть поставлена еще ниже резервуара.

Отлитый в форму металл производит на нее по всем направлениям гидростатическое давление, часто очень большое при значительной высоте литников и выпоров. Поэтому отдельные части формы должны быть прочно скреплены между собою или должны быть нагружены значительными тяжестями.

Необходимая нагрузка  $P$  в килограммах может быть вычислена по формуле

$$P = F \cdot h \cdot \gamma,$$

где  $F$  — площадь горизонтальной проекции отливки в кв. дециме-



Фиг. 215.

трах,  $h$  — высота уровня металла в литейке над верхней поверхностью отливки, в дециметрах;  $\gamma$  — удельный вес металла, который для чугуна можно считать равным 7, для стали — 7,85.

Если собственный вес верхней половины формы меньше  $P$ , то необходимо ее чем-нибудь нагрузить, например, свинками чугуна.

Дав металлу выстояться, его заливают в форму, пока он не покажется в выпорах. Если нужно, то, по мере усадки, еще доливают металла в форму. Во время отливки из формы выделяется окись углерода, которая сейчас же загорается синим пламенем. При больших отливках, особенно чугунных, не дожидаются самоотгорания газов, а поджигают заранее древесные стружки, насыпанные вокруг формы.

Когда форма залита, необходимо следить за тем, чтобы остывание различных частей формы шло равномерно, и чтобы формочный материал не мешал свободной усадке отливки. Иначе в ней разовьются вредные напряжения и даже появятся трещины. Поэтому, как только металл застыл, сейчас же нужно освободить форму от креплений. Твердые части формы из глины или массы, если они мешают усадке, необходимо устранить. Если отливка имеет массивные и тонкие части, то первые открывают, ускоряя их охлаждение, тогда как более тонкие части оставляют покрытыми землей.

Вообще же говоря, лучше дать остыть отливке в форме как можно медленнее.

Струя заливаемого в форму металла должна быть непрерывная. Иначе поверхность металла может покрыться слоем окисла, так что следующая порция металла не соедется с ранее залитым слоем, и получится так называемый спай.

Чтобы этого не случилось, жидкость во все время заливки формы должна стоять на некотором уровне в расширенной верхней части литейки. Для этого задерживают вход металла в самую форму, закупоривая все выходные отверстия формы глиняными пробками, открываемыми под самый конец отливки. Сжатый благодаря этому внутри формы воздух задерживает вход металла и, кроме того, проникая сквозь землю, поддерживает ее от обсыпания.

При изготовлении пустотелых предметов из олова и цинка применяется особый способ отливки, состоящий в том, что форма без употребления сердечника вся заполняется металлом. Этому металлу дают затвердеть на некоторую толщину и затем, пробив в затвердевшей корке отверстие, выпускают еще не застывшую внутреннюю массу отливки.

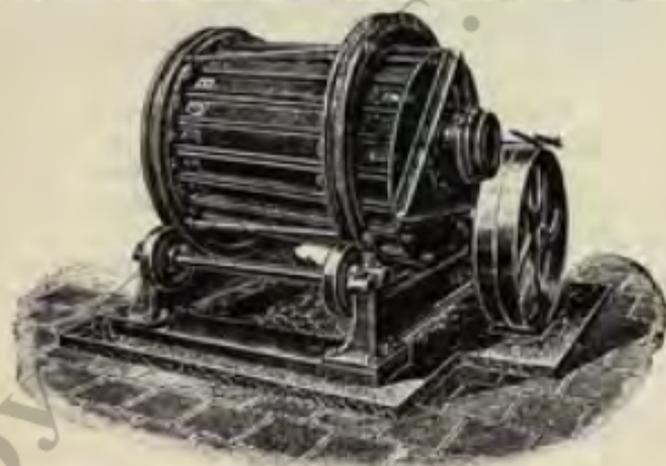
Вынутые из формы отливки подвергаются прежде всего обработке, состоящей в отламинировании или отрезании приливов, выпоров

и литников, в обрубании заусенок, получающихся от заливания металла в щели между частями формы, и в очистке отливок от приставшей к их поверхности земли.

Эта очистка производится проволочными щетками, имеющими вид обыкновенных сапожных щеток, или пучка проволок, залитых на одном конце свинцом, образующим рукоятку. Иногда вместо ручных щеток применяются механические. Они делаются в виде диска, насаженного на вращающуюся ось. Если песок сильно пригорел к поверхности отливки, что часто бывает при стальном литье, то применяются точильные камни или наждачные круги.

Чтобы пыль не распространялась в воздухе, точильные круги закрываются кожухами, соединенными с всасывающими трубами, ведущими к эксгаустеру. Для той же цели ручная очистка производится на особых решетчатых столах. Под решетками стола помещаются ящики, куда сыпается сквозь решетку песок; пыльный воздух из ящиков высасывается также эксгаустером.

**Барабаны.** Для очистки мелких предметов употребляются особые барабаны (фиг. 216), сделанные из чугуна или железных U-образных



Фиг. 216.

полос. Для очистки бронзовых отливок применяются деревянные барабаны. Барaban вращается на четырех катках, приводимых в движение ремнями шкивами.

Очистка в барабанах происходит вследствие взаимного сталкивания и трения отливок. Часто вместе с отливками в барабан загружаются особые стальные звездочки с острыми концами. Пыль отсы-

вается эксгаустером через отверстие в дне барабана, песок высыпается через щели между полосами, из которых собрано тело барабана. Ось барабана расположена косо по отношению к окружности колец, катящихся на роликах, так что изделия все время перекатываются от одного конца барабана к другому.

*Outerbridge* (Stahl und Eisen, 1902 г., стр. 1237) отметил замечательное явление, состоящее в том, что изделия, очищенные в барабанах, делаются прочнее, повышая сопротивление на 20—48%. Это можно объяснить только тем, что ряд легких ударов приводит частицы к равновесному состоянию, уничтожая внутренние напряжения.

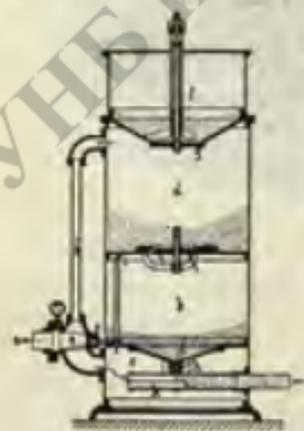
**Пескоструйные приборы.** Очень хорошая очистка достигается струей песка. Способ этот предложен *Тиллманном* в 1871 году и в настоящее время получил очень большое распространение. Для получения струи песка применяется пар, сжатый воздух и непосредственная механическая сила. Применение пара неудобно тем, что он осаждается на поверхности отливок и может быть причиной ржавления. Поэтому такие аппараты приходится снабжать приспособлением, заключающимся в том, что на пути струи пара с песком производится разрежение, так что пар отсасывается в сторону, а песок продолжает свое движение по инерции. Приборы, действующие сжатым воздухом, не имеют этого недостатка.

Старые воздушные аппараты работали посредством засасывания воздуха, как изображено на фиг. 217.

Воздух из трубы *a* вытекает через узкое сопло *b* и засасывает с собою в насадку с окружающей сопло *b* воздух, а вместе с ними песок.



Фиг. 217



Фиг. 218

Новые приборы не нуждаются в таком засасывании и расходуют поэтому меньше энергии. В них песок находится в камере, в которой держится постоянное давление, равное давлению рабочего воздуха. Такой прибор Гутмана представлен на фиг. 218. Сжатый воздух от вентилятора или компрессора подводится по трубе *a* и проходит в камеру *c*, а также в *d*.

Посредством крана *e* он может быть впущен по желанию и в камеру *d*. Песок насыпается через ситообразную крышку в коробку *f*, откуда через клапан *g*, открывающийся под действием веса песка

попадает в отделение *d*. Если пустить в это отделение сжатый воздух, то клапан *g* закроется, клапан же *i*, наоборот, откроется, так как давление воздуха сверху и снизу будет одинаковое, сверху же будет действовать вес песка. Из отделения *b* песок через кран *h* сыпается в трубку *k*, где и подхватывается воздушным потоком. Струя воздуха с песком отводится резиновым шлангом и может быть направлена брандспойтом на отливку. Так как при очистке отливок от земли получается много пыли, то лучше эту работу производить в особых камерах, как представлено на фиг. 219.



Фиг. 219.

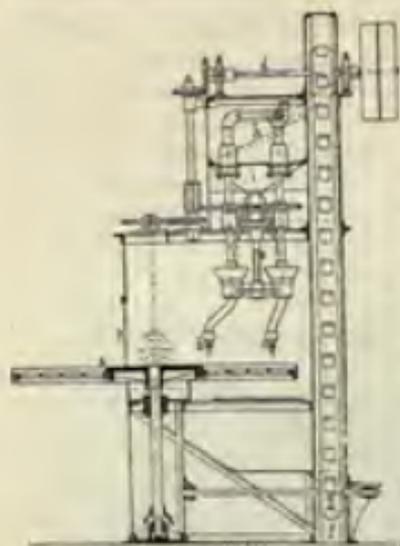
На рисунке мы видим компрессор, резервуар с сжатым воздухом, камеру для очистки и эксгаустер, высасывающий пыль из камеры. Сам аппарат, производящий песчаную струю, находится позади камеры.

Крупные отливки ввозятся в камеру на тележке. На рисунке очищаемые отливки расположены на поворотном круге, входящем наполовину в камеру. В этом месте нижняя часть стенки камеры сделана в виде резиновой занавески.

Песок сквозь решетчатый пол камеры падает в яму, откуда элеватором снова подается в пескоструйный аппарат.

Песок вообще должен быть крупный с острыми крошками, но не крупнее 1,8 мм.

Средние и мелкие отливки очищаются в аппаратах, подобных изображенному на фиг. 220. Отливки кладутся на медленно вращающийся решетчатый стол *a*, часть которого выступает из рабочего помещения. Отливки, положенные на эту выступающую часть стола, входят внутрь аппарата, отклоняя резиновую занавеску *k*. Воздух вдвигается по трубке *m*, песок же насыпается сквозь сито *h* в воронку *i* и далее проходит в две воронки над соплами *b* и *c*. Эти сопла приводятся в постоянное вращение, при чем сопло *b* описывает больший круг, чем сопло *c*. Это делается для того, чтобы вся



Фиг. 220.

площадь стола подвергалась равномерному действию песка. Отработавший песок собирается в коробке *f* и подается отсюда элеватором *g* снова на сито *A*. Посредством винта *e* сопла могут устанавливаться на разной высоте, смотря по величине отливок. Наивысшее расстояние сопла от очищаемой поверхности считается в 15—20 см. Аппарат приводится в действие ременными шкивами на оси *d*.

Для длинных предметов стол делается в виде платформы, движущейся взад и вперед, как у строгального станка.

Машина Vogel'я и Schemann'a устроена в виде бочки, через отверстия в днищах которой проходят внутрь движущиеся взад и вперед пескоструйные сопла.

Давление воздуха применяется от 0,5 до 2 атмосфер. Расход воздуха может быть определен на основании следующей таблички:

Для сопла в 10 мм

Давление (манометрич.) в атм. . . . .	1	2	3
Расход воздуха в куб. м в минуту . . . . .	1,1	1,9	3,4

Этот расход приблизительно пропорционален площади сечения сопла.

Расход энергии на компрессор на 1 куб. м воздуха в минуту

равен 2,5 лощ. с пом. давл. в 1 атм.
" 3,8 " " " " 2 "

На движение стола и на эксгаустер надо прибавить 25%.

В Америке пескоструйными аппаратами предпочитают барабаны даже для крупного литья. Иногда, чтобы уничтожить закаленную корку чугунных отливок, их погружают в слабый раствор серной или соляной кислоты. При этом отливка очищается также и от прилипшей земли. Для предупреждения появления ржавчины протравленные предметы обмывают содовой водой. Бронзу травят в смеси 2 объемных частей азотной и 3 частей серной кислоты, прибавляя на литр смеси ложку поваренной соли. Отливка погружается в жидкость на самое короткое время и сейчас же обмывается чистой водой.

## ГЛАВА ШЕСТАЯ.

### ОСОБЫЕ ОТЛИВКИ ИЗ ЧУГУНА И ОТЛИВКИ ИЗ ДРУГИХ МЕТАЛЛОВ.

#### Закаленное литье.

Для получения чугунных изделий с твердой поверхностью пользуются способностью серого чугуна отбеливаться при быстром остывании. Тогда карбид железа не успевает разложиться и выделить графит.

Однако, на распадение карбида влияют, кроме быстроты охлаждения, и другие обстоятельства, из которых главнейшим является химический состав чугуна. Наиболее влиятельными в этом смысле примеси чугуна оказываются кремний и марганец.

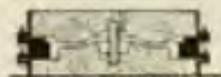
Поэтому, если желательно, как обыкновенно и бывает, чтобы изделие было отбелено лишь в некоторых частях, подвергающихся изнашиванию, в остальных же частях и в общей массе состояло, ради прочности из серого, менее хрупкого чугуна, то необходимо подобрать состав чугуна так, чтобы кремний и марганец, влияющие на выделение графита в обратных смыслах, были взаимно уравновешены. Кроме того, чугун должен быть по возможности чистый. Наилучший состав чугуна оказывается следующий:

C . . . . .	3,3% — 3,6%
Si . . . . .	0,7% — 0,8%
Mn . . . . .	0,5% — 0,7%
P . . . . .	не более 0,5%
S . . . . .	0,1%

Чтобы чугун отбелился лишь на определенных местах поверхности форм устраивается частью металлическая, частью из земли или глин.

При отливке в металлические формы замечается следующее явление. Если чугун очень горячий, а форма холодная, то около поверхности формы быстро образуется тонкая твердая корка белого чугуна. Дальнейшее же охлаждение идет более медленно, получается резкое различие в структуре этой корки и более глубоких слоев отливки, вследствие чего корка оказывается непрочной связанною с внутреннею массою отливки и легко отскакивает,

Для более постепенного изменения структуры необходимо наливать чугун по возможности холодный, а также подогреть форму. В случае подогрева формы, заодно устраняется и осаждение влаги на поверхности металлической формы. Металлическая форма смазывается внутри краской из графита на воде, в которой ради вязкости разведено немного патоки.



Фиг. 221.

На фиг. 221 приведен пример отливки железнодорожных чугунных колес Гриффина с закаленной рабочей поверхностью. Средняя часть формы сделана из чугуна; остальная форма — из земли. Подобным же образом отливаются гладкие прокатные валики, в которых должна быть закалена только цилиндрическая рабочая поверхность, шейки же остаются незакаленными.

Металлическая форма (кокиль) для отливки валиков с ручьями непригодна, так как она препятствует свободной усадке.

По способу Сколова в этом случае форма делается из смеси металлических опилок с глиной или из одних опилок, которые не препятствуют усадке.

Более подробно влияние химического состава выражается следующим образом. Марганца должно быть возможно мало, чтобы понизить хрупкость отбеленного чугуна, и чем большая прочность и поверхностная твердость требуется от изделия, тем меньше допускается марганца; например, в вальцах, служащих для прокатки тонкой жести, и в железнодорожных колесах, в которых  $\frac{1}{2}\%$  марганца ограничивается 0,49, тогда как в обыкновенных изделиях он доходит до 1,1%.

Толщина изделия также играет роль: чем оно толще, тем больше можно допустить марганца. Количество марганца влияет на толщину закаленного слоя; считают, что прибавка в шихту каждого 1 —  $1\frac{1}{2}\%$  чугуна, содержащего 1,1% Mn и 0,5% Si, увеличивает толщину отбеленного слоя на 1 мм.

Кремния должно быть тоже немного, а иначе отбеливания совершенно не произойдет.

Глубокая закалка получается довольно легко, гораздо труднее получить и интенсивную закалку. Для этого необходимо в шихте иметь не менее 30% древесноугольного чугуна. Американские железнодорожные колеса льются из древесноугольного чугуна, дома таких же колес и всего 15 — 20% обыкновенного дома.

Графит в древесноугольном чугуне распределен более мелко; древесноугольный чугун содержит больше углерода при том же содержании кремния, а чем углеродистее чугун, тем интенсивнее полу-

чается закалка. Графитистые гнезда в отливке указывают на недостаток древесноугольного чугуна.

Очень углеродистый чугун образует тонкую, но крепкую корку, малоуглеродистый, наоборот, — толстую, но сравнительно мягкую. Влияние кремния на глубину выражается следующей таблицей:

Si . . . . .	0,3	0,4	0,52	0,7	1,0
Глубина закалки . . . . .	38 мм	25	16	6	3

Большое содержание Si обуславливает резкий переход от закаленной к незакаленной части. Лом надо сортировать по толщине закаленного слоя.

Сера способствует образованию шариков, пристающих к поверхности. При обточке они вываливаются и оставляют после себя ямки.

Фосфор препятствует образованию этих шариков и действует как раскислитель. Поэтому его содержание должно быть довольно значительное.

В следующей таблице приведены примеры закаленных отливок.

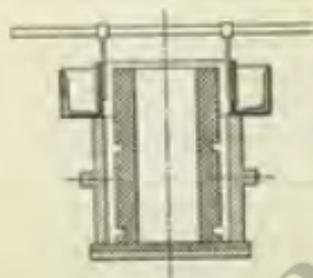
	C	Si	Mn	S	P
Вальцы для тонкой жести английские . . . . .	2,8	0,74	0,42	0,13	0,58
То же немецкое . . . . .	2,7	0,67	0,62	0,08	0,29
Американские ковеса . . . . .	3,47	0,86	0,49	0,127	0,35
	3,20	0,67	0,52	0,106	0,26
Обыкновенное литье . . . . .	3,7	0,5—0,65	0,7—1,1	0,1	0,50

Так как усадка белого чугуна почти вдвое больше серого, то и усадка изделий с отбеленным наружным слоем тоже очень велика и тем больше, чем толще отбеленный слой. При толщине этого слоя в 55 мм она уже равняется усадке белого чугуна в 2,1%.

Отсюда происхождение трещин как поперечных, так и продольных. Во избежание поперечных трещин, надо принимать меры для обеспечения беспрепятственной усадки по длине, например, для отливки вальцов не рекомендуется форму делать составною из нескольких коротких цилиндров, так как поперечные швы между отдельными звеньями формы мешают скольжению поверхности отливки по направлению оси вальца. Точно так же стык между металлической формой для тела вальца (кокилем) и земляной или глиняной формой для шейки вальца должен быть так устроен, чтобы не препятство-

вать продольной усадке. Для этого часть глиняной формы вводится внутрь кокиля.

Полезно сделать даже так, чтобы во время усадки форма шейки могла вдвигаться в кокиль. Против продольных трещин, образующихся вследствие того, что в период застывания серого чугуна внутри отливки он расширяется и распирает застывшую оболочку из белого чугуна, рекомендуется быстрая и возможно холодная отливка. Для этого неизбежны широкие и высокие литники. Но при этом получается более глубокая закалка. Поэтому там, где требуется большая прочность, как, например, в каландерах, подвергающихся большим температурным колебаниям, очень холодный чугун лить нельзя. Для быстрой заливки применяется особый литник со шлюзом (фиг. 222). После навознения воронки, в которой помещается весь требуемый чугун, поднимают цилиндрический шлюз, и чугун моментально заполняет всю форму.



Фиг. 222.

Массивность кокилей также имеет большое значение. Так, для отливки пустотелых цилиндров толщина кокиля должна быть равна или несколько превышать толщину стенок отливки; при массивных вальцах толщина стенок кокиля равняется  $\frac{1}{3}$  диаметра отливки.

Кокиль перед отливкой подогревается до  $80^\circ$ , до нагрева он обмазывается краской из сажи смолистого дерева на спирте и пиве. Состав материала кокилей рекомендуется такой:

Древесноугольного чугуна	Коксового чугуна
Si . . . . 1,5 — 2,5	2 — 2,5
Mn . . . . < 1,5	< 0,7
P . . . . . < 0,1	< 0,1
S . . . . . < 0,06	< 0,06

Остывание отливок происходит вместе с кокилем. При отливке колес, вследствие усадки обод колеса отстает от кокиля и при этом не по всей окружности, а с какой-нибудь одной стороны, в результате чего получается неравномерное отбеливание. Во избежание этого, по способу *Fought*'а кокиль делается из нескольких секторов, сжимаемых пружинами; по способу *Barr*'а применяются пустотелые кокили, внутрь которых сначала пропускается пар, а затем холодная вода. Тогда предварительно расширившийся кокиль сжимается вместе с отливкой и не отстает от нее.

### Полутвердые отливки.

Полутвердые отливки можно получить различными способами:

1. Чугун взять такого состава, какой применяется для закаленного литья, но отливку произвести в земляную форму.
2. Чугун взять обыкновенный, но отливку произвести в кокиль.
3. Кокиль обмазать внутри нетолстым, миллиметров в 20, слоем формовочной массы; чугун для закаленного литья.
4. Форму составить смешанную, т. е. из глины с проложенными внутри чугунными плитками или брусками; или форма из чугуна с канавками, заполненными массой.
5. Отливка обыкновенная, но закаленная по выеме из формы в воде. При этом происходит действительная закалка, т. е. образование мартенсита (способ Круппа).

Во всех этих случаях настоящей отбелики не получается, а чугун просто становится более плотным и твердым.

### Применение кокилей.

Кокили, т. е. металлические части форм, применяются не только для отбеливания чугуна, но и для других целей, а именно для того, чтобы избежать появления пористых, рыхлых мест в отливках и вредных напряжений или даже трещин.

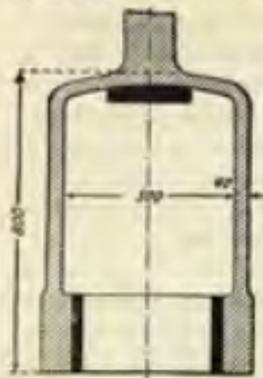
Дело в том, что в отливках, различные части которых имеют не одинаковую толщину, остывание этих частей будет происходить не одновременно, вследствие чего должны развиваться внутренние напряжения. Для предупреждения последних надо ускорить охлаждение более массивных частей. Для этого около последних можно поместить кокили.

Толстые части чугуниной отливки, вследствие очень медленного охлаждения, могут получиться слишком графитистыми, а вместе с тем недостаточно плотными. Такой сильно графитистый чугун пропускает сквозь себя воду под большим давлением. Ускоренное охлаждение, благодаря применению кокилей, и в этом случае поможет делу.

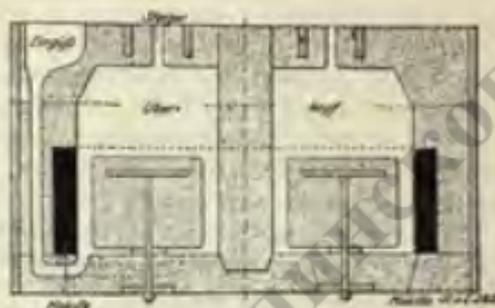
Наконец, если питание толстых частей может происходить только через более тонкие, а эти последние застынут раньше, то в толстых частях появятся усадочные раковины или хотя бы пористое, губчатое строение; следовательно, и в этих случаях надо попытаться ускорить охлаждение этих более массивных частей при помощи кокилей.

На фиг. 223 показана отливка гидравлического цилиндра. Кокиль на нижнем конце должен ускорить охлаждение более толстой части,

в которой могли бы образоваться усадочные раковины. Кокиль в этом случае должен быть сделан из нескольких частей, чтобы не помешать усадке.



Фиг. 223.



Фиг. 224.

На фиг. 224 изображена форма для отливки поршня.

Стенки последнего толсты сравнительно с дном.

И здесь применен кокиль; часть над пунктиром представляет собою прибыль; выходы над прибылью — выпоры; литник сифонный.

Чтобы кокиль не приставал к отливке, они покрываются формовыми чернилами или обмазываются глиной.

### Мягкая отливка в металлические формы.

Отливка мягких чугуных изделий в чугунные формы разработана в Америке Кустером на заводе фирмы *Tacoma Iron Co* и в Германии *Rolle*.

*Rolle* начал свои опыты с гончарных форм, потом перешел к металлическим продырленным и снабженным футеровкой, т.-е. полупостоянным, затем к чугунным, снабженным заполненными огнеупорной массой отверстиями, и наконец к чугунным, лишь смазанным внутри особой краской на толщину яичной скорлупы.

Главные затруднения отливки в чугунные формы, которые надо было преодолеть, заключаются в следующем:

1. Отбеливание поверхности отливки.
2. Сопротивление формы усадке.
3. Непроницаемость формы для газов.
4. Недолговечность самих форм и их дороговизна.

Оказалось, что отбеливания не происходит, если чугун достаточно кремнист (2,5—3%); однако это средство не практично, вследствие дороговизны чугуна: необходимо отливать изделия из обыкновенной

шихты. Другим средством против отбеливания является кратковременное пребывание отливки в форме, после чего отливка должна быть выброшена из формы, затем значительный подогрев формы и очень горячий чугун.

Так, например, двухдюймовые трубы остаются в форме от 2 до 6 секунд, 6-дюймовые трубы — от 6 до 12 секунд. Температура подогрева форм  $120^{\circ}$ — $200^{\circ}$  и максимум  $370^{\circ}$ . Этот подогрев приходится делать только вначале, а дальше он поддерживается за счет теплоты предыдущей отливки, если заливку производить через правильные промежутки времени (8—12 минут).

Усадка происходит лишь после некоторого остывания, и трещины могут появиться не ранее того, как температура опустится ниже  $800^{\circ}$ ; следовательно, если отливку выбросить из формы, пока она еще имеет желтое каление, то ни отбеливания ни разрыва не произойдет.

Непроницаемость формы не имеет большого значения, если принять во внимание, что сама форма не выделяет газов и паров. Достаточно сделать обычные выпоры и отдушники.

Прочность форм зависит от их толщины, которая не должна быть очень мала, но и слишком толстые формы также не годятся, так как в них будут слишком разные температуры в различных слоях, а, следовательно, и опасные внутренние напряжения. Подходящей оказалась толщина форм в 20 мм для тонкостенного литья, вообще же она должна равняться 3,2 толщины отливки. Американские формы очень толстостенные.

Материал форм — чугун, шихта которого содержит 20% древесно-угольного чугуна. Состав чугуна подходящий таков:

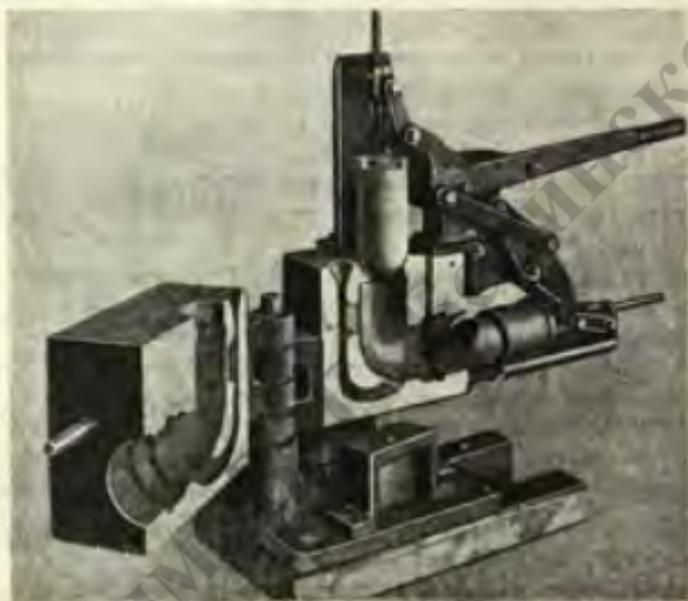
Si	до 1,95%
Mn	> 0,
P	> 0,98
S	> 0,09—0,1.

Формы подвергаются отжигу до  $700^{\circ}$ — $800^{\circ}$ . Американские формы смазываются графитом на машинном масле. У *Rolle* — особой краской, выдерживающей до 200 отливок без обновления, которое тоже производится очень быстро, даже не останавливая производства.

Футеровка форм на толщину в 3—4 мм может состоять из магнезии, извести и кремневой кислоты с бурой.

Наибольшие трудности при установке производства встретились при выработке конструкции таких машин, которые бы позволили раскрыть форму и выбросить отливку в течение немногих секунд после заливки. На фиг. 225 представлена американская форма для отливки водопроводного колена. Шихта здесь чугунная, состоящая

из двух частей, раздвигающихся одним поворотом рычага. При таком устройстве, очевидно, не может быть закругления во внутреннем угле полости трубы, как это требуется немецкими нормами; поэтому у *Rolle* шишка делается обыкновенная из земли и вкладывается обычным порядком в форму. Машина *Rolle* представлена на фиг. 226. Как видно, половинки формы укреплены на двух поворотных плитах,



Фиг. 225.

из которых верхняя, кроме того, может откидываться вверх и откатываться. Для выбрасывания оливок нижняя плита опрокидывается.

Способ фирмы *H. S. Lee Foundry Mand ach. C., Plymouth* состоит в применении чугуновых форм, пропитанных цинком. Форма опускается в раствор серной или соляной кислоты, а затем в ванну с цинком, нагретым до  $480^{\circ}$ ; ванна закрывается наглухо; в ней форма выдерживается 12 часов. Во время отливки цинк частью испаряется, играя такую же роль, как прибавка угля в формовочной земле. Через известные промежутки времени формы приходится снова насыщать цинком. При этих условиях формы выдерживают до 10 000 отливок. Перед заливкой формы подогреваются, но после нескольких отливок температура их поддерживается сама собой.

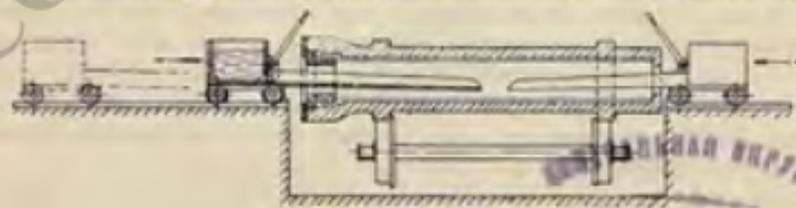
Способ Шварца, введенный на заводе *Allyne Ryan Foundry C., Cleveland*, состоит в применении форм, снабженных полостями, по

которым циркулирует, с целью охлаждения, масло с температурой возгонки в  $200^{\circ}$ . Скорость циркуляции масла автоматически регулируется термостатом, находящимся вблизи внутренней поверхности



Фиг. 226.

формы. Таким образом точно устанавливается температура как формы, так и отливки в момент выбрасывания из формы. Эти формы выдерживают до 25000 отливок. К той же области применения постоянных форм относится и центробежная отливка труб. Понятие о ней дает фигура 227. Форма вращается на катках. Вследствие центробежной силы жидкий металл разливается по стенкам формы, при



Фиг. 227.

БИБЛИОТЕКА  
ИМЕНИ  
А. С. ПЕТЕ...

чем уровень его внутри получает форму также цилиндра. Если вращать форму около вертикальной оси, то, как известно, поверхность уровня образует параболоид вращения, так что стенки трубы в нижнем ее конце получились бы толще, чем в верхнем. Поэтому такая отливка применяется лишь для коротких изделий. Число оборотов формы определяется следующими формулами:

$$\begin{aligned} \text{для чугуновых отливок } n &= \frac{1550}{\sqrt{r}} \\ \text{» бронзовых } \text{ » } n &= \frac{1675}{\sqrt{r}} \\ \text{» стальных } \text{ » } n &= \frac{1350}{\sqrt{r}} \\ \text{» алюминиевых } \text{ » } n &= \frac{2250}{\sqrt{r}} \end{aligned}$$

где  $r$  — радиус выражен в дюймах.

Расплавленный металл наливается в подвижной ковш с длинным желобом. По мере выливания металла желоб движется вдоль формы, так что струя как бы нависает по винтовой линии на внутреннюю поверхность формы. На рисунке показаны два ковша с обеих сторон. При не очень длинных трубах обыкновенно довольствуются одним ковшом. Отливка производится в формы холодные, подогретые или раскаленные. Чугун является хорошим материалом для изготовления подогретых форм, но не годится для форм, искусственно охлажденных или, наоборот, раскаленных. Сталь годится для изготовления форм во всех случаях. Однако для горячей отливки лучшим материалом оказывается нихром (60% Ni + 40% Cr), монель-металл (70% Ni + 30% Cr) или беккет-металл (70% Fe, 26 — 28% Cr; 0,4 — 0,6% Si; 0,6% Mn, 0,5% C).

Форма нагревается для стальной отливки до 930°, для бронзовой до 800° и для алюминиевой и дуралюминовой до 650°.

Если форма охлаждается водой, то чугуновые отливки в них отбеливаются, но затем подвергаются отжигу и превращаются как бы в ковкие, показывающие сопротивление процентов на 40 больше, чем обыкновенное чугуное литье. Проще всего отливать в теплые формы, нагрев которых поддерживается сам собой за счет теплоты заливаемого металла. Отливка в раскаленные формы дает возможность получать очень тонкостенные трубы до 4 мм толщиной, при чем застывание продолжается в течение 45 секунд.

Вообще же центробежная отливка допускает уменьшение веса труб процентов на 25.

На одной машине в час отливается до 40 труб диаметром в 100 мм или до 20 \* \* \* 150 \* \*

Продолжительность службы форм зависит от их материала и способа отливки.

Так, чугунные тонкостенные формы (12—32 мм), нагревающиеся от заливаемого металла, выдерживают до 500 отливок, толстые чугунные формы, превосходящие во много раз толщину отливки, выдерживают до 6000 отливок, наконец, нихромовые формы при горячей отливке выдерживают до 20 000 отливок.

Внутренняя поверхность форм обмазывается тонким слоем огнеупорного материала; для тугоплавких металлов хороша набивка из кальцинированной магнезии, связанной смолой.

### Полупостоянные (долговременные) формы.

Хорошие долговременные формы получаются из смеси 40—50% кварцевой муки, 30—40% молотого шамота, 10—20% огнеупорной глины, 5% коксовой мелочи и 5% рубленой коровьей шерсти. Формы высыхают без заметного изменения объема. Обжигаются они при температуре 600° и окрашиваются графитом на керосине. Если применять окраску перед каждой отливкой, то такие формы выдерживают несколько сотен отливок.

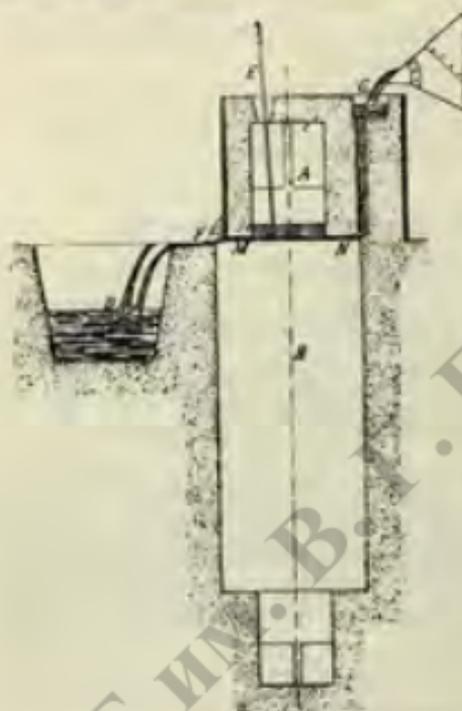
Хороши также формы из боксита, если он предварительно переплавлен, что легко можно произвести в вагранке на антраците. Переплавленный боксит размалывается в песок, который увлажняется и служит для изготовления форм обычными приемами. Формам дают высохнуть на воздухе, затем снимают модели и подвергают форму прокаливанию до красного цвета.

Еще лучший материал представляет мананитовый песок — силикат циркония, из которого добывают торий и церий; по их выделению остаток до сих пор представлял собой ничего не стоящий отброс. Мананитовые формы при нагревании до 800° едва заметно расширяются, они одинаково пригодны как для чугунной, так и для стальной отливки и в случае повреждения очень легко чинятся. Материал отработавшей формы может быть размолот и снова идти в дело. Отливки получаются в таких формах лучших качеств, чем в обыкновенных.

### Приплавка чугуна.

Перед расплавлением чугун не переходит в такое пластичное состояние, как железо, и поэтому не может свариваться. Однако, все же возможно соединять отдельные части чугунного изделия в одно целое помощью так называемой приплавки. К этому способу прибегают исключительно в случае исправления сломанных изделий, но

и то довольно редко. Самый способ заключается в том, что соединенные части складываются в надлежащее положение и заформовываются так, чтобы мимо поверхностей, подлежащих соединению, можно было пропускать непрерывную струю расплавленного и сильно перегретого чугуна.



Фиг. 228.

Когда эти поверхности начнут плавиться, прекращают выпуск чугуна, который и застывает в щели, соединяя в одно целое обе части изделия.

На фиг. 228 показана припайка новой шейки к прокатному валку *B*, дающая представление об этом рода работах. Валок закопан в землю. Над ним поставлена форма для отливки шейки *A*. Чугун непрерывно наливается в литейник *G*, обливает поверхность валика *MN* и вытекает через очко *F* в яму *D*. Когда поверхность *MN* размягчится, что узнается прощупыванием стержнем *E*, закуривают выход *F*, металл заполняет всю форму и застывает в ней. Получается, таким образом, последовательный переход от старого валика к шейке, и соединение оказывается довольно прочным. Ради экономии в чугуне поверхность *MN* следует предварительно хорошенько прогреть.

### Бронзовое литье.

Главная особенность бронзовых изделий состоит в том, что от них требуется красивая чистая поверхность. Поэтому песок для формовки в наружном слое, прилегающем к металлу, должен быть самый мелкий. Иначе бронза, будучи очень текучей в расплавленном состоянии, проникает между крупными песчинками, и поверхность отливки получается шероховатой.

Примешивать уголь в землю здесь не нужно, так как температура расплавленной бронзы не высока, и песок не пригорает к отливке.

Если применяется отливка в сухие формы, то нет надобности брать особенно огнеупорные материалы, а можно довольствоваться обыкновенной жирной землей.

Для посыпания поверхностей раздела не следует употреблять обыкновенного белого песка, так как он, смешиваясь с мелким формовым песком, портит его. Лучше всего применять дикоподун, который может идти и как припыл.

Крупные предметы формируются в глине.

В виду того, что бронза обладает большою усадкою, надо обращать особенное внимание на то, чтобы материал формы был достаточно податливым. Для этой цели внутри формового материала помещают гнезда из зола, кокса и т. п. податливых материалов.

Плавка бронзы ведется в тиглях или пламенных печах, смотря по величине отливаемых изделий. В последнем случае топливом служат дрова. При этом пламя следует держать восстановительное—дымное, и тем более восстановительное, чем больше олова в бронзе. Что касается формовки, то здесь самое широкое применение находят приемы художественной формовки и формовки при помощи модельных досок.

Наибольшее внимание в бронзолитейном деле приходится посвящать правильному выбору и составлению сплавов.

Опыт показывает, что повторная переплавка ведет к большей однородности сплавов. Отсюда вытекает польза применения старого лома. Но, с другой стороны, при каждой плавке происходит окисление и выгорание составных частей сплава. Поэтому применение одного лома невозможно, и необходимо освежение сплава чистыми металлами. В еще большей степени это касается стружек, угар которых достигает 20%. Во избежание угара стружек из них готовятся брикеты,<sup>1)</sup> при чем угар понижается до 9%.

Порядок составления сплавов имеет также большое значение, особенно, если составные части сплава значительно отличаются по количеству или по температуре плавления. В этих случаях сначала готовят предварительные сплавы из приблизительно одинаковых количеств составных частей. Например, если надо приготовить сплав из трех частей свинца, температура плавления которого равна 327°, одной части олова с темп. пл. 232° и одной части сурьмы с темп. пл. 630°, — смешивают сначала по одной части свинца и сурьмы, растворя сурьму в расплавленном свинце. Затем прибавляют остальные две части

<sup>1)</sup> О брикетировании стружек см. Werkstattstechnik. 1912, S. 612.

свинца и наконец одну часть олова. Олово в данном случае вводится последним, так как оно наиболее дорогой из данных металлов, и поэтому желательно именно его больше всего предохранить от сгорания. Другой порядок составления того же сплава таков:

Приготавливают два предварительных сплава: 1) из одной части свинца и одной части сурьмы и 2) из двух частей свинца и одной части олова, а затем сплавляют оба сплава. Другой пример: сплав должен состоять из меди ( $1083^{\circ}$ ) с небольшими сравнительно количествами Ni ( $1452^{\circ}$ ) и Zn ( $419^{\circ}$ ). Сплавляют сначала весь никель с некоторым количеством меди — оба с высокими температурами плавления, — затем цинк с медью и наконец оба сплава вместе. При этом достигается большая однородность и меньшее окисление и улетучивание цинка. Такие легкоокисляющиеся металлы, как кадмий (Cd) и магний (Mg), присаживаются даже в тигель, когда он уже вынут из горна. То же самое касается и фосфора, вводимого в виде фосфористой меди, и цинка. Улетучивание цинка обуславливается низкой температурой его кипения ( $920^{\circ}$ ) и высокой температурой отливки латуни, в которую цинк главным образом и входит.

Кадмий улетучивается еще легче, другие же технические металлы кипят при значительно более высоких температурах ( $1420^{\circ}$ — $2530^{\circ}$ ).

Если легколетучий металл растворить в большом количестве другого, то он улетучивается не так сильно, так как температура испарения сплавов выше, чем составляющих их компонентов. Например, если в меди содержится 5% цинка, то этот цинк при температуре плавления латуни уже не испаряется совершенно.

При плавке Mg и Al надо иметь в виду то обстоятельство, что их окислы тяжелее самих металлов и поэтому опускаются на дно. Другие же металлы, наоборот, тяжелее своих окислов, которые всплывают на поверхность и здесь могут быть восстановлены углем, насыпанным на расплавленный металл.

Угар вообще повышается вместе с перегревом.

Вместе с тем он зависит от устройства плавильного прибора.

Угар алюминия, например, достигает:

в шахтных тигельных горнах . . . . .	2,3%
в котлах . . . . .	4%
в пламенных печах . . . . .	6,7%
в электрических печах угар бронзы не более . . . . .	0,75%
и латуни . . . . .	1,4%

Алюминиевое литье. <sup>1)</sup>

Алюминий плавится при температуре 655° С. Этой температуры при плавлении его не следует превышать, так как в противном случае получается недоброкачественное литье. Для плавки алюминия применяются почти всегда графитовые тигли, которые по возможности должны быть свободны от железа и кремния, чтобы алюминий при его плавлении в них не терял доброкачественности в своей чистоте. Алюминий очень жидкотекуч, вследствие чего хорошо заполняет формы и дается весьма легко. Формы следует заливать алюминием при возможно низкой температуре с той целью, чтобы получить литье большей крепости. Так как понижение температуры расплавленного алюминия происходит медленно, то для ускорения этого процесса лучше всего в тигель с расплавленным металлом забрасывать небольшие куски алюминия. Поверхность расплавленной массы алюминия покрывается коркой окисла. Но корка эта настолько плотна, что предохраняет нижележащий металл от дальнейшего окисления. Расплавленный алюминий не следует слишком долго держать на огне, так как он при этом поглощает газы. Покрывание поверхности расплавленной массы древесно-угольным порошком является бесполезным. Перед заливкой формы следует металл хорошо размешать графитовым стержнем; пленку же, покрывающую расплавленную массу, задерживают обычным способом в тигле. Жидкий металл после всех этих предварительных мер следует выливать в формы непрерывной струей, при чем в сырую форму возможно скорее, а в чугунные формы, напротив, медленнее. Злейшим врагом доброкачественности алюминиевого литья является его окисел, который попадает в литье и значительно понижает его крепость, несмотря даже на хороший наружный вид. Для растворения этого окисла хорошим средством является хлористый цинк. Действие его состоит в том, что образующаяся на поверхности расплавленной массы окись делается порошкообразной и легко удаляется. Применение хлористого цинка имеет, следовательно, своей целью повысить крепость литого алюминия, затем уменьшается угар, и получается чистое литье. Хлористый цинк бросается на поверхность расплавленной массы, которую затем хорошо перемешивают. В случае достаточной присадки хлористого цинка поверхность принимает чисто зеркальный вид, и масса тогда готова для отливки; если же поверхность, напротив, покрыта шлаком, то необходима дальнейшая присадка. Количество расходуемого хлористого цинка для получения чистой поверхности расплавленного

<sup>1)</sup> См. Земляис — Отливки из алюминия и некоторых его сплавов.

алюминия ничтожно. Хлористый цинк лучше всего брать для этой цели кусковой; сохранять его необходимо в закрытом сосуде, так как он имеет большую склонность поглощать влагу и в таком случае делается жидким. Хлористый цинк не следует брать руками, а щипцами. При размещении расплавленной массы выделяется большое количество вредного дыма. Поэтому необходимо принимать соответствующие меры для его удаления из литейной. При присаживании хлористого цинка замечается легкое кипение поверхности расплавленной массы вследствие образующейся реакции. Алюминий дает значительную усадку — 1,7%, что необходимо иметь в виду при изготовлении моделей. Кроме того, благодаря большой усадке, — литник и выпарам следует придавать большие размеры, чтобы они затвердевали последними, давая возможность формам засасывать в случае необходимости из них еще жидкий металл. Поперечное сечение литника должно быть, по крайней мере, не меньше самого большого поперечного сечения модели. Лучше всего применить *д*-образный или сифоноподобный канал для вливания металла. Тотчас после отливки, как только возможно, следует освободить литье от формы, чем и достигается возможность большой усадки. Доброкачественное алюминиевое литье в изломе должно быть мелкозернистым, однородного строения, без всяких темных мест (окиси алюминия). Алюминиевое литье с чистой и гладкой поверхностью получается при соблюдении, главным образом, следующих условий: 1) применять хорошо приготовленную формовочную землю, 2) тщательно отделять форму, 3) лить известным нам уже образом. В качестве формовочного материала лучше всего употреблять свежий почти жирный формовочный песок, который необходимо слабо утрамбовывать. При отделке форм не следует злоупотреблять водой, а применять ее лишь в тех случаях, когда это является безусловно необходимым.

Протыкание формы душком при литье алюминиевых изделий не применяется. Сушка форм для алюминиевых изделий не является необходимой и даже, наоборот, служит часто причиной брака, способствуя образованию трещин. Алюминий, обладающий значительной усадкой, во время своего остывания не должен встречать особого затруднения при уменьшении своего объема, а потому и шипки для него должно изготовлять такие, которые тотчас после заливки формы делаются мягкими. Достигнуть этой цели можно следующими способами: 1) или применением шипек, в которых связывающее вещество существенно влияет только на наружную корку, в то время, как внутренняя масса остается мягкой, и шипка делается рассыпчатой, когда связывающее вещество благодаря раскаленному металлу распадается; 2) или применением веществ, которые, хотя сплошь и равно-

мерно связуют, но тотчас делаются мягкими, как только придут в соприкосновение с расплавленным металлом. Связующим веществом для шпшек последнего рода служит смола, которая нашла особо широкое применение при алюминневом литье. Готовые изделия, вынутые из форм, должны быть тотчас же освобождены от шпшек. В противном случае смола снова затвердевает, и шпшка плотно пристаёт, как бы приклеивается к литью. Сложных шпшек следует по возможности избегать, так как металл во время литья, хотя и жидкотекуч, но зато быстро стывает, а потому в изделиях легко появляются усадочные напряжения. Шпшки красятся графитовой водой и затем подвергаются сушке. В целях получения плотного алюминневого литья и без трещин практикуется присаживание фосфора в количестве 0,001, благодаря которому восстанавливаются растворенные окислы и уменьшается усадка.

Угар при соответственной температуре плавки чистого алюминия достигает 3—4%.

Наиболее дешёвая очистка алюминневого литья заключается в следующем: литье погружается в раствор соляной кислоты (10 частей соляной кислоты на 100 частей воды) и оставляют его там некоторое время, а затем погружают в слабый натровый щелок, чем и достигается совершенное освобождение от пёска. Применяя алюминневые стружки, необходимо пропустить их через магнитный сепаратор для отделения встречающегося в них небольшого количества железных стружек, которые, попадая в сплав, делают его крупнозернистым и хрупким. При обработке такого литья на станках обнаруживаются столь крепкие места, что реэцы быстро изнашиваются или повреждаются. Для плавки алюминневых стружек следует брать большой тигель, так как в таком случае будет достигнут меньший угар. Плавка стружек ведётся следующим образом. Тигель наполняют наполовину или на одну треть большими кусками алюминия и дают им постепенно плавиться; затем эту расплавленную массу перегревают до красного каления и уж после этого присаживают немного алюминневых стружек, во время плавки коих перемешивают содержимое в тигле графитовым стержнем. Окисление будет незначительно, ибо стружки быстро расплавляются и не подвергаются долговому действию воздуха. После этого подбавляют следующую порцию стружек, размешивают и так далее, до тех пор, пока сплав не сделается слишком холодным, чтобы быть в состоянии воспринять для плавки новую порцию. Опять перегревают металл до красного каления и вновь дают порцию за порцией стружки, пока тигель не наполнится. Перед очисткой от шлаков бросают небольшой кусок хлористого цинка на поверхность расплавленной массы. Трудности

сплавления стружек, объясняющаяся тем, что алюминий, как уже упоминалось, покрыт всегда тонкой коркой окиси, которая тотчас же покрывает капельки, образующиеся во время плавки, в свою очередь очень тонкой, но эластичной и прочной оболочкой. Эта оболочка препятствует сплавлению и перемешиванию необходимого продукта и благодаря этому получается пористое и недоброкачественное литье. При сплавке стружек затруднение это более сильно, чем при плавке слитков, так как число образующихся оболочек и степень окисления значительно больше. Средством для устранения этих трудностей являются также флюсы, из коих наилучшими считаются сода фтористо-водородной кислоты или щелочно-земельные металлы, которые в состоянии растворить эту тонкую оболочку окиси алюминия. Угар при плавке алюминиевых стружек достигает 20%.

**Алюминиевые сплавы.** Из двойных сплавов алюминия с медью для отливки поршней моторов внутреннего горения применяются сплавы алюминия с 12—13% меди. Эти сплавы при температуре в 350° еще дают сопротивление в 7 кг на кв. мм, в холодном виде 13 кг.

Для картеров автомобильных моторов применяется сплав из 25 кг алюминия,  $\frac{1}{2}$  кг меди и 1 кг олова. Сплав этот отличается необыкновенной прочностью со стальноподобным звуком и серебристо-белым наружным видом.

Он получается следующим образом. Прежде всего плавится медь, и затем присаживается алюминий; содержимое в тигле подвергается слабому перегреву. После этого из печи вынимают тигель, куда и присаживается последним олово. Сплав необходимо хорошо перемешать, и затем дают ему несколько остыть. Прекрасным средством для определения надлежащей температуры сплава перед его разливкой в формы могут служить обрезки алюминиевых листов. Если сплав перегрет, то обрезки плавятся; как только прекращается это явление, и сплав плотно пристает к листовым обрезкам, то необходимо немедленно и быстро приступить к разливке в формы. Сплав этот имеет значительную усадку (приблизительно в  $\frac{4}{10}$ ), что и должно побудить литейщика обратить на это обстоятельство особое внимание. Слишком горячий сплав дает еще большую усадку, и вследствие этого весьма часто получается бракованное литье (с трещинами). Шишки для литья из этого сплава изготовляются из весьма рыхлой массы. Более мягкие подобные сплавы и с меньшей усадкой состоят из 12 кг Al,  $\frac{1}{2}$  кг Cu и 1 кг Sn; или 10 кг Al,  $\frac{1}{2}$  кг Cu и 1 кг Sn. Литые изделия из этих сплавов не дают столь часто трещины при усадке, но зато имеют склонность чернеть.

Сплавы Al с 11—14% Si под названием силумин, применяются в автомобильном деле. Они хорошо куется, обладают зна-

чительными механическими качествами, хорошо обрабатываются, устойчивы при высоких температурах и хорошо сопротивляются раздвиганию.

Сплав *Pacc'a*, выпущенный под названием «альпакс», содержит 13<sup>1/2</sup>% *Si*, т. е. тот же силумин, но очищенный во время плавки фтористыми щелочами и поэтому отличается повышенными механическими качествами. Обработки термическая и механическая не повышают, а скорее понижают качество сплава. Таким образом он может и должен применяться в виде отливок.

Сплавы алюминия, подходящие для отливок:

<i>Al</i> — 92	<i>Al</i> — 82	<i>Al</i> — 65	<i>Al</i> — 97 — 98%	<i>Al</i> — 87
<i>Cu</i> — 8	<i>Cu</i> — 3	—	<i>Cu</i> — 1 — 2	<i>Cu</i> — 8
<i>Zn</i> — 15	<i>Zn</i> — 15	<i>Zn</i> — 35	<i>Mn</i> — 1	<i>Si</i> — 5
<i>t</i> плавления	440° — 625°	440° — 585°	520° — 649°	—
уд. в. 2,89	3	3,32	2,8	2,98
сопротивл. 31 кг	17 кг	21 кг	31 кг	12,6
удл. 1,5%	0,5 — 3%	—	8%	0,5

Первый из этих сплавов (американский) особенно пригоден для прессовой отливки. Второй особенно распространен в Англии. Четвертый хорошо куется при температуре 525°. В прокованном виде его сопротивление повышается до 17 кг при удлинении до 27%. Пятый сплав предложен Крупном.

Скажем, кстати, несколько слов о новом патентованном сплаве алюминия и магния под названием *Duralum*. Он состоит из 79% алюминия, 11% магния и 10% фосфористой меди; применяемая фосфористая медь содержит 99,5% меди и 0,5% фосфора.

Сплав имеет почти тот же удельный вес, как и алюминий, но зато значительно тверже его. Лется этот сплав в песчаные формы. Готовое литье хорошо обрабатывается. Присадка фосфора имеет целью воспрепятствовать окислению магния во время плавки.

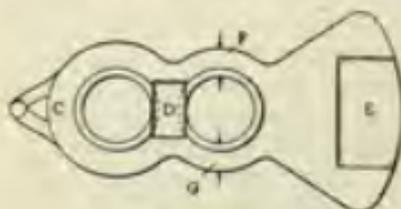
### Стальное литье.

Отливка из стали представляет особые трудности, вследствие наибольшего развития в стали всех неблагоприятных для хорошего литья условий, а именно: она обладает очень высокой температурой плавления и, кроме того, должна быть сильно перегрета, чтобы получить достаточную жидкость; усадка стали почти вдвое больше чугуна; из стали при застывании выделяется много газов.

Вследствие значительной усадки стали, приходится прибегать к многочисленным и большим прибиям.

Сравнительная густота стали и быстрота застывания заставляет в случае больших, но не очень толстых предметов, устраивать несколько литников.

Наконец надо иметь в виду и то обстоятельство, что очень трудно уберечься от попадания в форму шлаков, которые не все уходят в прибыль, но часть пристают к верхним поверхностям формы. Поэтому, где эти поверхности подлежат обработке, надо на обработку оставлять значительную толщину.

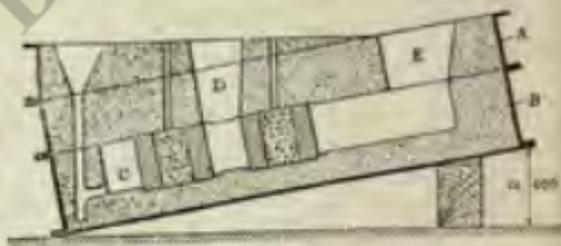


Фиг. 229.

Следующие примеры могут служить для иллюстрации сказанного. На фиг. 229 и 230 изображен отлитый кривошип и форма для отливки. Форма поставлена наклонно для более свободного выхода газов и шлаков. *E* и *D* — прибыли. Прибыль *D* установлена над шейкой между двумя втулками в виду того, что иначе в этом месте образуются усадочные раковины.

Отливка сифонная снизу. Над средними рыхлыми частями шпешек расположены вентиляционные каналы.

На фиг. 231 представлен отлитый корпус насоса, на котором расположено пять прибылей *A*. После отрезания прибылей *A* над средней частью отливки, прилив *C* и *D* остаются, хотя они для самого изделия не нужны.



Фиг. 230.

На фиг. 232 представлен прокатный вал и шаблон для изготовления формы. По размерам шаблона можно судить о величине прибыли (отливка вертикальная) и слое на обработку.

Этот слой в 10 мм внизу утолщается до 20 мм наверху, так как кверху увеличивается вероятность попадания шлаков.

Прибыли надо расставить так, чтобы все части формы могли из них питаться. Например, две массивные части, соединенные более тонкой, должны иметь каждая свою прибыль, т. к. тонкой ранее застывающей частью одна из массивных частей будет изолирована от

другой, на которой поставлена прибыль, и не получит из последней питания. Массы в изделии надо располагать так, чтобы застывание происходило с низу вверх.

При проектировании стальных отливок надо стараться распределить материал возможно равномерно, избегая большой разницы в толщине. По выражению *Грум-Гржинайло*, надо имитировать клепаные конструкции.

Значительная усадка стали особенно легко может повести к отламыванию фланцев, ребер и других выступающих частей, расположенных перпендикулярно к длине отливки, как изображено для примера на фиг. 233.

Для укрепления этих частей приделывают треугольные ребрышки *a* и связи *b*, которые должны быть тоньше самой отливки, чтобы застыть раньше ее и служить связью

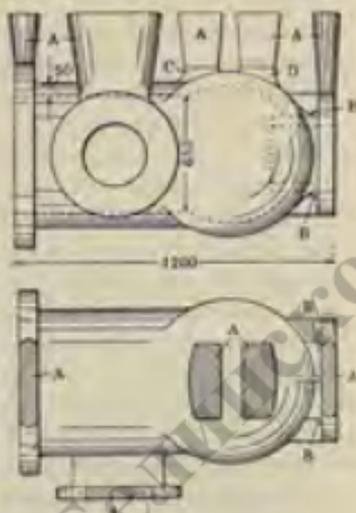
во время усадки, пока углы отливки в основании поперечных ребер находятся внутри еще в жидком состоянии.

Вследствие высокой температуры стали, формы для нее готовят из самых огнеупорных материалов и подвергаются прокаливанию в сушилках.

При этом они делают твердыми, что затрудняет усадку, имеющую как раз для стали значительную величину. Чтобы сделать форму более податливой, внутренность массивных частей формы, например, между спицами колеса, заполняется коксом, так что такой кусок формы оказывается твердым только с поверхности, прилегающей к металлу; во время застывания эта твердая корка ломается, и форма не мешает усадке.

Сама формовочная масса должна быть возможно богата кремнеземом и возможно меньше содержать глин.

Кроме того, те части формы, которые мешают усадке, можно вскоре после отливки смочить водою, отчего они размягчатся. Как



Фиг. 231.

во время усадки, пока углы отливки в основании поперечных ребер находятся внутри еще в жидком состоянии.

Вследствие высокой температуры стали, формы для нее готовят из самых огнеупорных материалов и подвергаются прокаливанию в сушилках.

При этом они делают твердыми, что затрудняет усадку, имеющую как раз для стали значительную величину. Чтобы сделать форму более податливой, внутренность массивных частей формы, например, между спицами колеса, заполняется коксом, так что такой кусок формы оказывается твердым только с поверхности, прилегающей к металлу; во время застывания эта твердая корка ломается, и форма не мешает усадке.

Сама формовочная масса должна быть возможно богата кремнеземом и возможно меньше содержать глин.

Кроме того, те части формы, которые мешают усадке, можно вскоре после отливки смочить водою, отчего они размягчатся. Как



Фиг. 233.

только металл слегка затвердел, следует ослабить скрепы между опоками, а также освободить самую отливку.

Для уменьшения вредных последствий усадки прилагают заботы к возможно равномерному охлаждению, для чего массивные части отливки, тотчас за отвердеванием, раскрывают, тонкие же, наоборот, засыпают горячей землей.

Для этого же около массивных частей отливки в самую форму помещают металлические бруски, чтобы ускорить в этом месте охлаждение; иногда прибегают к оригинальному приему: в самую полость формы в наиболее массивных местах будущей отливки помещают стальные прутья, остающиеся внутри отливки. Эти прутья, во-первых, уменьшают объем жидкого и горячего металла в массивных местах и, кроме того, отнимают теплогу на собственное нагревание и, может быть, плавление. К такому охлаждению полезно прибегать, если нижняя часть отливки гораздо массивнее верхней. Ускорив охлаждение нижней части, можно устранить образование в ней усадочной раковины, питая ее из верхней, хотя и менее массивной части, но остающейся жидкою дольше нижней. Вообще при отливке стальных предметов следует делать особенно большие литники и прибыли, которые обычно составляют 60%, и иногда 150% чистой отливки.

Усадка стали зависит от ее состава: чем больше  $S$ ,  $P$  и  $Si$  и чем мягче сталь, тем усадка больше. Поэтому в стали с 0,3—0,4%  $C$  максимальное количество  $P=0,05\%$ ,  $S=0,05\%$ ; марганец, напротив, в данном случае полезен. Его содержание должно равняться 0,6—0,8%.

Очень распространено мнение, что для получения плотных стальных отливок необходимо применение прокаленных форм. Оказывается, что возможно отливать сталь и в сырые формы. Надо только озаботиться хорошей вентиляцией. Во всяком случае здесь является опасность быстрого шарообразования и даже взрывов. Поэтому отливка стальных изделий в сырые формы ограничивается мелкими тонкостенными предметами. Для массивных предметов достаточно высушить форму настолько, чтобы удалить гигроскопическую воду. Но и здесь должна быть очень хорошая вентиляция. Для последнего рода форм хорошим материалом может служить кварцевый песок с примесью ржаной муки или жидкой патоки.

Обуховский завод составляет формовочный песок из 84 частей белого кварцевого песка, 15,5 частей огнеупорной глины и 0,5 части мелких древесных опилок или муки (Лобзин, Технология металлов).

Чернила состоят из воды с жидким ржаным суслом и очень тонким порошком шамота. При этом поверхность формы уплотняется.

То, что было сказано относительно скорости и температуры отливки, имеет особенное значение для стали: металл должен быть возможно холоднее, но во всяком случае еще настолько жидкий, чтобы беспрепятственно заполнить все части формы. Отсюда понятно, что предметы с тонкими стенками приходится отливать более горячими. Скорость наполнения должна быть по возможности большая, но при этом надо особенно внимательно отнестись к устройству литников.

При отливке стали необходимо обращать особенное внимание, чтобы струя не прерывалась, поэтому, если выливают сталь из тиглей, то над формой помещается резервуар, в который выливают содержимое тиглей. Из резервуара через отверстие в его дне сталь уже непрерывною струей попадает в форму.

Поверхность форм для стальной отливки большей частью укрепляется натканками в землю гвоздями с широкими шляпками.

Так как фасонные стальные отливки не подвергаются дальнейшей ковке или прокатке, то они обязательно должны быть отжигаемы, чтобы уничтожить внутренние напряжения<sup>1)</sup> и сообщить им мелкозернистое строение (см. *Евангулов. Сплавы*). Печи делаются с каменноугольным или газовым отоплением. Они имеют конструкцию обыкновенных каменных печей с прямоугольным плоским подом и перекрываются цилиндрическим сводом. Топка устраивается вдоль одной из стенок печи, во всю ее длину. Для выхода газов на противоположном конце делается в поду ряд отверстий. Для крупных отливок, ради удобства загрузки, печи снабжаются подвижным подом на колесах. Подшпиков не делают, а рама тележки кладется непосредственно на оси скатов и катится по этим осям. Температура в печи держится около 800° — 900°. Отжиг продолжается 12—18 часов. Затем быстро охлаждают печь, впуская в нее холодный воздух, пока печь не остынет градусов до 600. Дальнейшее охлаждение должно быть произведено медленно, чтобы избежать появления внутренних напряжений. Расход каменного угля от 5 до 10%.

Тонкостенное литье отжига не требует. *Оберхоффер* дает следующую табличку, в которой указаны, в зависимости от содержания углерода, толщины, ниже которых отжиг не надо применять.

C % . . . . .	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Толщина в мм . .	9	11	13,5	16,5	27	39

Что касается более толстых отливок, то он дает следующие температуры отжига:

<sup>1)</sup> Если трещина образуется во время охлаждения, то ее поверхность бывает покрыта побежалыми цветами. Если же трещина получается уже после охлаждения, вследствие оставшихся напряжений, то ее поверхность остается белой.

0,11% С	905°
0,4	780°
0,86	695°

По Герроку

< 0,12% С	875 — 925°
0,3	840°
0,5	815°
1,0	790°

Картина отжига, применяемых на заводах, довольно пестрая, что видно из следующих примеров:

1. С < 0,5; 12 часов, 1000°, — медленное охлаждение.
2. Нагрев 12 часов до 950 — 1100°, выдержка 72 часа — выгрузка.
3. Нагрев 24 часа до 820°, выдержка 12 часов — медленное охлаждение.
4. Нагрев 3 часа до 900°, выдержка 4 часа, охлаждение 18 часов.
5. После 8-часовой выдержки быстрое охлаждение до темнокрасного каления (550°), далее медленное охлаждение. Это так называемый прыжок.

Хорошо сконструирована печь *Грум-Гржимайло* (ф. 234), которая может работать как на нефти, так и на угле. В последнем случае надо убрать сводик над топкой.

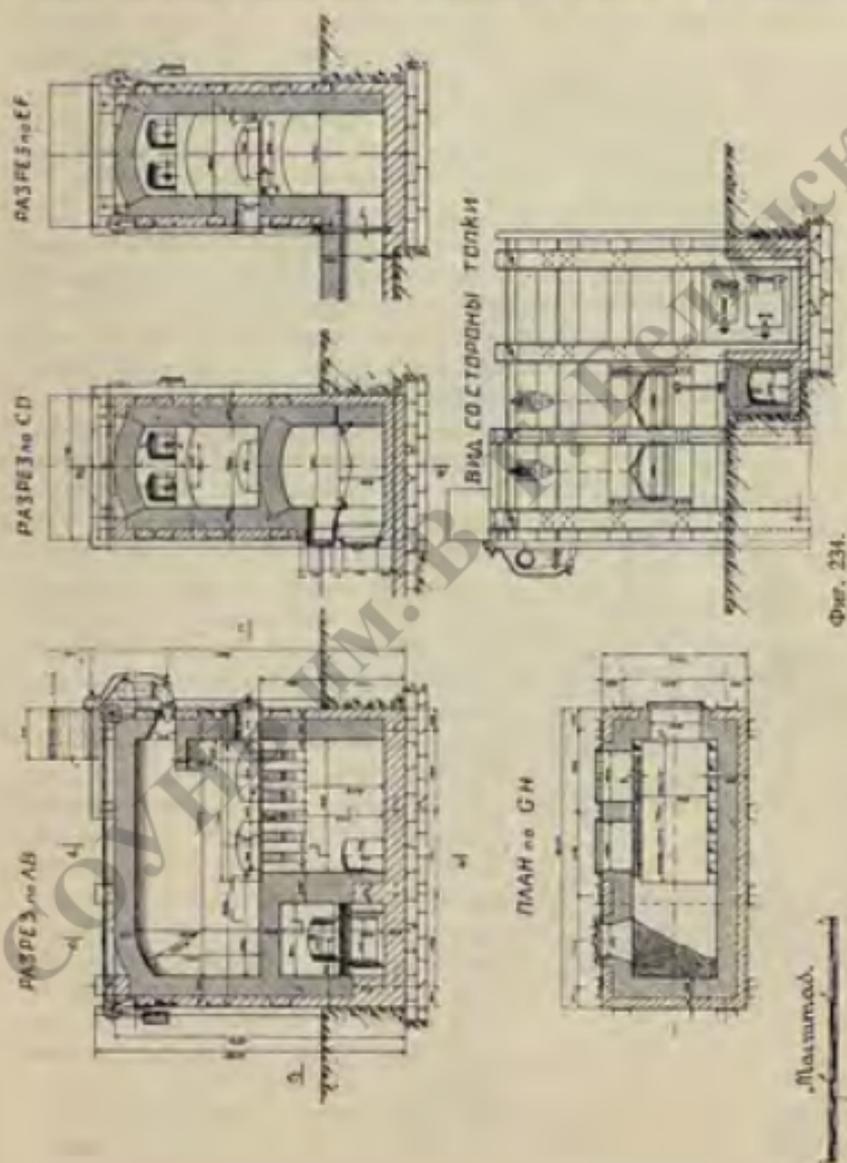
Сталь фасонного литья применяется главным образом мартеновская, а затем бессемеровская и электросталь.

Тигельная сталь, конечно, вполне пригодна для фасонных отливок и, может быть, была бы наилучшей, но в виду дороговизны применяется лишь в качестве инструментальной или в тех случаях, где требуется первоклассный металл, например, для изготовления орудий; на фасонное же литье не идет.

Мартеновская сталь для фасонного литья изготавливается скрапным процессом ( $\frac{2}{3}$  скрапа и  $\frac{1}{3}$  гематита). Садка не менее 5 тонн, чаще 10 тонн. Лучше печи основные, особенно для мягких сортов стали. Неудобство применения мартеновской стали состоит в том, что печи дают слишком много металла. Поэтому обычно фасонные сталелитейные устраиваются при общих сталелитейных, так что главная масса металла идет на отливку болванок и только некоторые плавки на фасонное литье. Мартеновские печи очень малой производительности неэкономичны, хотя встречаются. Так, например, у *Вольфа* в *Бахуме* работает нефтяная мартеновская печь на 1 тонну.

То же самое неудобство касается и бессемеровских конвертеров. В виду этого возникло так называемое малое бессемерование, т. е. плавка в маленьких конвертерах, которые отличаются от обыкновенных не только величиной, но и тем, что дутье в них позво-

дится не через дно, а сбоку, почти на уровне ванны. При этом не требуются сильные воздуходувные машины и облегчается уход за конвертером. Оказалось, что подвод воздуха около уровня металла имеет значение и по существу процесса. А именно было замечено



Фиг. 234.

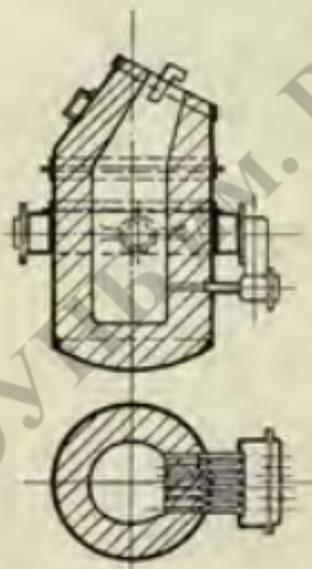
в первоначальных конвертерах *Valbranda*, у которых фурмы были расположены на середине между дном и уровнем металла, что при случайном понижении уровня почти до фурм получался более горячий металл. *Грул-Гржилайло* объясняет этот факт следующим образом. Если воздух впускается через дно и проходит длинный путь через металл, то весь процесс горения происходит внутри металла. При этом либо получается неполное горение ( $\text{CO}$ ), и тогда металл хорошо раскисляется, но выделяется мало теплоты, так что металл получается холодный, либо горение получается полное и металл горячий, но зато в этом случае раскисление идет плохо, и металл выходит плохого качества.

Если же воздух впускается неглубоко под уровнем, а отчасти даже над поверхностью металла, то горение внутри металла идет лишь до окиси, так что раскисление металла происходит совершенное, выше же уровня окись догорает до  $\text{CO}_2$ , при чем теплота не теряется, а отражается от стенок конвертера на металл; и последний получается хорошо прогретым, что очень важно для фасонного литья. Поэтому современные конвертеры *Робера*, *Тропенаса*, *Цензеса* — все

снабжены фурмами вблизи уровня ванны. Фурмы должны быть наклонены к горизонту под углом в  $15^\circ - 20^\circ$  по *Грул-Гржилайло*; по *Max Escher'u* на  $3 - 9^\circ$ .

В конвертере *Робера* фурмы расположены все вместе с одной стороны и имеют косо расположение, чтобы придать металлу вращательное движение. Однако это излишне и не имеет значения. *Тропенас* расположил фурмы прямо, но применил второй дополнительный ряд фурм для специального сжигания  $\text{CO}$  в  $\text{CO}_2$ , а также более глубокое коническое дно. Дополнительный ряд фурм и коническое дно оказались также не имеющими практического значения.

Конвертер *Цензеса*'а (фиг. 235) отличается в конструктивном отношении тем, что он помещается внутри воздушного кольца, из которого легко может быть вынут и заменен другим, подвергнувшись ремонту. Такой конвертер



Фиг. 235.

имеется на заводе *Экономайлер*. В конвертере *Unckenbolt'a* имеется откидное дно. Конвертер *Stock'a* отличается тем, что расплавление

ванны производится в самом конвертере помощью форсунок, просовываемых через фурменные отверстия, дальнейшее же фришевание происходит обычным путем. Кроме того, *Stocł* применяет дутье, подогретое за счет вылетающих из конвертера газов, но температура металла от этого выше не получается.

Конвертеры для малого бессемерования наиболее распространены в 2 тонны, но встречаются от ½ до 5 тонн. Плавки в сутки производится 20, доходя до 30. Дутье производится коробчатыми вентиляторами или цилиндрическими воздуходувками; очень хороши и турбовентиляторы.

Вот примеры данных для конвертеров:

1 т конвертер.	2 т конвертер.	5 т конвертер.
40—45 м³ в минуту	60 м³	90 м³
5 фурн по 30 м.м в диаметре	7 фурн по 30 м.м	9 фурн по 30 м.м
давление 0,3 ат.м	0,3 ат.м	0,4 ат.м
45 НР	70 НР	120 НР

Скорость воздуха в трубах 15 м в секунду.

#### Пример плавки.

Шихта составляется следующая:

$$\begin{aligned} Si & - 1,8 - 2\% \\ Mn & - 0,6 - 1\% \\ P \text{ и } S & < 0,06\% \end{aligned}$$

Содержание кремния с каждой плавкой, по мере разогревания конвертера, можно уменьшать на 0,1%, но доводя его не ниже 1,1%.

Продукт фришевания будет иметь такой состав:

$$\begin{aligned} Si & - 0,03\% \\ Mn & - 0,05\% \\ C & - 0,09\% \end{aligned}$$

После этого следует науглероживание ферроманганом (80%), феррокремнием (50%), углем или коксом или, наконец, жидким чугуном. Вместо феррокремния применяется сплав



После присадки состав ванны изменяется на такой:

$$\begin{aligned} Si & - 0,2\% \\ Mn & - 0,3\% \end{aligned}$$

Для получения более жидкого металла доводят содержание

$C$  до 0,3 — 0,4%

$Si$  \* 0,3%

$Mn$  \* 0,8%

Очень твердые отливки, как жернова или вальцы, содержат углерода до 1,1 — 1,2%.

### Электроплавка.

Электроплавка производится в целом ряде печей: *Стассово, Реннерфельт, Геру, Жиро, Келлер, Натусиус, Рехлинг-Роденхаузер* и других. Большинство из этих печей дуговые, последняя индукционная. Для фасонного стального литья наибольшее значение имеет печь *Геру*, изображенная на фиг. 236. Ток здесь однофазный переменный и идет от одного электрода к другому, проходя через ванну и образуя две дуги между поверхностью ванны и концами электродов. Печи эти строятся до 25 тонн вместимости. В больших печах помещается три электрода, и ток применяется вращающийся. Напряжение тока 100—110 V, сила тока достигает 12 000 ампер на каждую фазу. Электроды рассчитываются так, чтобы на 1 кв. см приходилось 5 — 6 ампер.

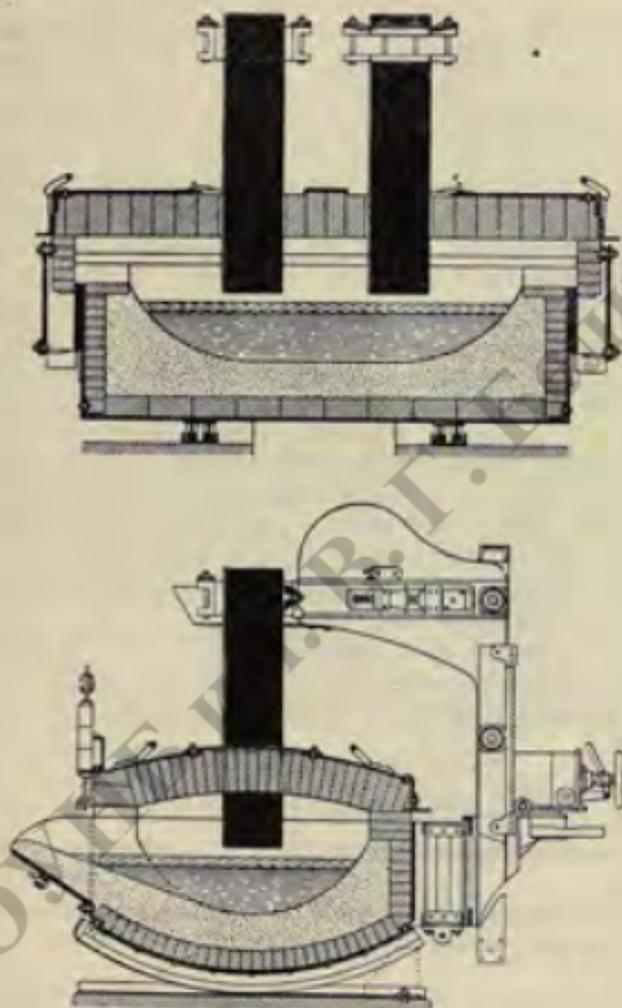
Расход энергии в электрических печах в зависимости от величины печей указан в следующей табличке.

Емкость печи в тоннах	Производительность трансформ. в кило-вольт- амперах	Расход тока на 1 тонну стали в киловатт-часах при холодной садке	Расход тока на 1 тонну стали в киловатт-часах при жидкой садке
1	750	1000	650
2	900	950	600
3	1200	890	540
4	1500	840	480
5	1750	790	430
6	2000	740	380
8	2500	700	340
10	3000	660	300
12	3500	640	270
15	4000	620	240

Из индукционных печей укажем на одну из новейших систем *Аякс-Виаатт* (фиг. 237).

Такие печи поставлены на «Красном Выборжце» для плавки медных сплавов.

Особенности электроплавки заключаются в следующем:

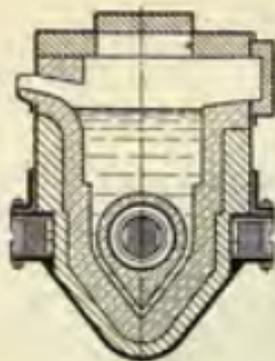


Фиг. 236.

1. Высокая температура, дающая возможность получать очень жидкие основные шлаки, способствующие рафинированию металла.
2. Легкое регулирование температуры.

3. Отсутствие притока газов и воздуха, вследствие чего отливки получаются плотные.

Рафинирование шлаками требует большой поверхности, что имеет место в мартеновских печах. С другой стороны, сталь должна спокойно отстояться, как в тиглях. В электрических печах имеются оба эти условия.



Фиг. 237.

Преимущества индукционных печей перед дуговыми заключаются: 1) в отсутствии электродов, 2) равномерности температуры во всей массе металла; 3) меньшей затрате энергии; 4) равномерной нагрузке машины.

Процесс в печах происходит примерно следующим порядком. (Печь Стассало, 1000 кг холодной садки — скрапа).

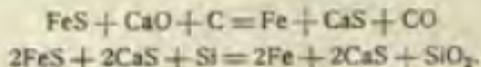
1. Заваливают 650 кг скрапа, 10 кг CaO и 10 кг кузнечной окалины; через час остальной скрап и 10 кг окалины; через ½ часа спускают шлаки. Это окисление с целью дефосфоризации.

2. Присаживают 2 кг ферросилиция и 1 кг ферромангана и спускают шлаки. Затем прибавляют 15 кг извести. Через час спускают шлаки. Это дезоксидация и десульфуризация.

3. Если нужно, добавляют еще ферросилиция и ферромангана и требуемое количество углерода.

4. При отливке в ящик забрасывают 0,5 кг Al. Угар составляет всего 2%. Дефосфоризация происходит помощью Si, Mn и иногда C.

Обессеривание происходит помощью CaO, C или Si по следующим реакциям:



При этом необходимо, чтобы шлаки не содержали железа, а сталь-кислорода.

Освобождение от газов происходит помощью выталкивания ванны без доступа воздуха.

### Применение термита.

Термитами называются смеси окислов металлов с порошком алюминия. Если смесь алюминия с окислом какого-либо металла зажечь, то алюминий, вследствие значительного сродства к кислороду, отнимет его от окисла, восстанавливая металл, а сам обращаясь в окись алюминия или глинозем. Кристаллическая форма глинозема

называется корундом, а в менее чистом виде — наждаком. При указанной реакции выделяется много теплоты, и развивается очень высокая температура. Железный термит, т. е. смесь алюминия с окисью железа, дает равные по весу количества почти чистого железа и корунда. При этом температура достигает 3000°. Железо получается не совсем чистое: оно содержит небольшие примеси *C*, *Mn*, *Si*, *Al*, *S*, *P* и *Ca*, всех вместе не более 5%. Температура воспламенения термита железа довольно высока, так что даже расплавленный чугун его не зажигает. Для зажигания термита применяется смесь перекиси бария с алюминием, которая воспламеняется от прикосновения раскаленного железного прута. Эту запальную смесь кладут на термит и зажигают. Тогда загорается и термит, и реакция распространится на всю массу.

Плавку термита в обыкновенных тиглях нельзя производить, потому что, благодаря содержащемуся в стенках тиглей кремнезему, они быстро разъедаются расплавленным глиноземом термита. Для этого употребляются тигли, покрытые внутри магнезией.

Если предполагается произвести одну единственную плавку, то можно употребить обыкновенный тигель, но на всякий случай следует его поместить в железный ковш или ведро и промежуток заполнить песком. Надо при этом помнить, что кремний тигля в количестве до 1% будет поглощен термитом, что, может быть, и нежелательно, смотря по назначению термита. Термитом можно пользоваться для отливки фасонных предметов. В виду чрезвычайной высокой температуры полученного металла, к нему можно прибавлять до 15% а при больших отливках и значительно больше стружек железа, стали, а также ферросилиция и ферромангана, давая таким образом металлу желаемый состав.

Такого рода отливки, вследствие их сравнительной дороговизны, могут найти себе применение в исключительных случаях, когда почему-нибудь нельзя получить расплавленного металла обыкновенными способами.

Гораздо серьезнее применение термита для приплавки чугунных и сварки сломанных стальных изделий, а также заливки раковин в отливках.

Приплавка чугунных изделий с помощью термита совершается так же, как было описано выше на примере приплавки шейки к прокатному валу. Но здесь не нужно перепускать над наплавляемым местом большого количества горячего чугуна; расплавление же поверхности производится наливанием термитного железа в форму шейки на поверхность чугуна. Считают на 1 кв. см поверхности 1½ кг термита. Пошушая стержнем и убедившись, что поверхность

чугуна размягчена, заливают шейку чугуном. Можно поступить еще проще, а именно прямо насыпать термитную смесь в форму и там же ее поджечь.

Таким образом, совсем не требуется тигель для плавки термита. Но в этом случае могут повредить шлаки термита (корунд), которые могут залутаться внутри отлитой шейки.

При починке сломанных крупных стальных штук, в роде судовых штевей, рулевых рам и т. п., готовят свариваемые поверхности так, чтобы они были совершенно чистыми, складывают затем соединяемые части предмета, оставляя между ними щель в 10—15 м.м. Затем вокруг стыка образуют форму из железной коробки, выложенной внутри глиною или формовою землею так, чтобы для заливки термита остался вокруг стыка некоторый зазор. В эту форму и наливается горячий термитный металл. Подобным образом можно приварить новые зубцы к зубчатому стальному колесу, а также залить раковины, получившиеся при самой отливке. Во всех этих случаях упомянутыми выше присадками можно подогнать состав металла к ремонтируемому изделию, но надо помнить, что эти присадки не должны быть слишком велики, чтобы металл остался достаточно горючим. Так, только в случае применения больших количеств термита, более 10 кг, присадки можно допускать до 11%. Небольшие же количества жидкого металла и сами по себе скоро охлаждаются; поэтому в этих случаях присадки должны быть соответственно уменьшены. Если присадка делается в виде стружек, то эти стружки нельзя смешивать с термитом до воспламенения его, так как стружки будут мешать распространению реакции.

Во всех упомянутых случаях металл из тигля должен составить одно целое с наплавляемым или свариваемым изделием. Но часто термит употребляется исключительно как средство нагрева, и тогда, наоборот, он не должен привариваться к изделию. То и другое достигается различными способами отливки. В описанных выше случаях наливать следует чистый металл; поэтому предварительно шлаки должны быть тщательно слиты и вообще устранены, или, вместо того, употребляют специальные тигли, в которых через несколько секунд после зажигания термита плавится пробка в дне, и чистый жидкий металл выливается через образовавшееся отверстие.

Если же, не слив шлаков, лить содержимое тигля через край, то сначала станет выливаться шлак, облепит поверхности изделия и предохранит его от приставания к нему наливаемого металла. Так сваривают трубы, трамвайные рельсы и вообще стержни не очень массивного профиля. Свариваемые части сильно сжимают между собою и наливают вокруг стыка горячий термит: при этом сжимаемые

поверхности размягчаются и свариваются. Термит к ним не пристанет и служит лишь для нагрева.

Применением термита можно уменьшить и даже устранить образование усадочной воронки в стальных болванках, а также усадочных раковин в стальных отливках. Здесь термит играет роль нагревателя.

Когда при отливке болванки сталь уже села, сверху вводят в воронку коробку с термитом (около 5 кг), прикрепленную на железном стержне. Термит загорается и размягчает и частью расплавляет верхнюю часть болванки. Тогда подливают горячей стали, и усадочная воронка заплывает. При остывании долитой стали образуется, конечно, снова усадочная воронка, но очень небольшая и под самой вершиною болванки.

При фасонном литье крупных стальных предметов коробочку с термитом помещают в выворе или в прибыли, куда сталь доходит уже несколько охлажденная. Термит же снова разогревает ее, и литье формы будет происходить более совершенно.

**Присадка термита к чугуну** увеличивает его крепость и плотность, приближая чугун к стали. Такая присадка к чугуну термита заменяет введение в шихту железного и стального лома, но, по сравнению с последним, представляет то преимущество, что термитное железо содержит в себе очень мало посторонних примесей и не поглощает их, как сталь, плавящаяся в вагранке, и, кроме того, термит повышает температуру ванны, давая возможность ей лучше отстояться, а если она при скапливании в ковше чересчур остала, то подогреться.

Особенно хорошие качества чугунам отливкам придает титан. Введение в ванну титана очень удобно производить, употребляя титановый термит. Он продается в коробках, в которых помещена уже и запальная масса. Коробку прикрепляют к железному стержню и опускают в ванну почти до самого дна, где держат ее совершенно спокойно. Погруженный термит сейчас же загорается, и в чугуне начинается реакция, при чем повышается сильно температура. Красноватый цвет чугуна делается молочно-белым, и ванна приходит в сильное волнение. После ее успокоения появляется красивая окраска цвета морской воды, переходящая постепенно снова в красноватую. В этот момент ванна готова для отливки. Во время отливки температура не понижается. Получающиеся отливки отличаются замечательной плотностью при абсолютном отсутствии каких бы то ни было пузырей. Действие титана объясняется его сродством к азоту. Волнение жидкости, вследствие присадки титана, указывает на энергичное удаление газов, чем и обуславливается отсутствие пузырей в отливках.

Присадка титана в виде термита обходится очень недорого, так как совершенно готовая коробка с термитом, достаточная для 1000 кг чугуна, стоит всего 3 марки, что составит 2,5 копейки на пуд чугуна.

Термит является, кроме того, очень удобным средством для введения в сталь никеля, марганца, вольфрама и т. д. для получения специальных сортов стали.

### Приготовление ковких чугунных изделий.

Изделия, отлитые из обыкновенного серого чугуна, по своей прочности не могут идти в сравнение с ковкими из железа и стали, или стальными, полученными отливкой. Причиной малой прочности серого чугуна является графит, который, формируясь в период застывания жидкого чугуна, образует тонкие пластинки, пронизывающие массу металла по всем направлениям. Серый чугун оказывается как бы состоящим из железных или стальных крупинок, склеенных графитом. Понятно, что такая масса не может быть прочною; она будет ломаться вдоль графитовых пластинок.

Но зато отливка — самый дешевый способ получения предметов, особенно сложных очертаний.

Ковкие чугунные изделия соединяют в себе преимущества дешевого получения отливкой с вполне удовлетворительною прочностью, достигаемою особою последующею обработкою. Эта обработка основывается на следующих фактах. Если белый чугун, содержащий карбид железа  $Fe_3C$ , подвергать прокаливанию при температурах около 850—1000°, то карбид распадается на составные части, т. е. железо и свободный углерод. Но так как этот свободный углерод выделяется в твердой среде, то он не образует пластинок, как графит серого чугуна, свободно развивающийся в жидкой массе, а наблюдается под микроскопом в виде раздробленных зернышек, которые называются аморфным углеродом (см. *Евангулов*, Сплавы). Металлическая же масса представляется непрерывною.

Такой материал будет несколько слабее обыкновенного железа или стали, но во всяком случае он не будет хрупок, и его прочность будет вполне сравнима с прочностью стальных отливок.

Таким образом, производство ковких чугунных изделий состоит в том, что их отливают из белого чугуна, а затем подвергают продолжительному прокаливанию (топленню) в нейтральной или слегка окисленной среде.

Хотя белый чугун и плохой литейный материал, все же он в расплавленном состоянии жиже стали и легче заполняет формы. По мере

увеличения размеров изделия, эта трудность заполнения формы исчезает, а вместе с тем пропадает и преимущество ковкого чугуна литья перед сталью, тем более, что и последующее томление крупных предметов из чугуна отнимает слишком много времени и дорого обходится. Поэтому в настоящее время производство ковкого чугуна литья ограничивается разными мелкими изделиями, как детали сельскохозяйственных машин, соединительные части газовых труб, ключи, вешалки, скобяной товар, подковы и проч.

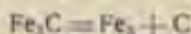
Производство ковких чугунных изделий существует уже давно. Реолюр еще в 1722 году указывает, что кузнецы во Франции с давних пор умели готовить мягкие, как железо, чугунные изделия. Есть указания, что и в Зигерланде и в Вестфалии, в Германии, это производство также существовало уже в XVII веке, но оно держалось в секрете и было очень ограничено. Только с начала XIX века оно получило настоящее развитие и, несмотря на конкуренцию стального фасонного литья и изготовление железных предметов прессованием и штампованием, до сих пор существует и развивается.

Количество углерода, в случае прокаливания в окислительной среде, уменьшается и при достаточной продолжительности процесса может быть понижено настолько, что материал по своему составу в действительности превратится в железо или мягкую сталь (немецкий способ).

Однако, материал приобретает свойство ковкости, т. е. выдерживает удары и значительные деформации и в том случае, если прокаливание вести в нейтральной и даже слегка восстановительной среде, при чем количество углерода в нем не понижается.

В этом последнем случае, как показывают химический анализ и микроскопическое исследование, исчезает совершенно или частью карбид железа, на месте которого оказывается свободный углерод в виде мелких крупинок так называемого аморфного углерода (американский способ).

Обыкновенно имеют место оба явления, т. е. распадение карбида по формуле:



и выгорание углерода. Вопрос о том, в какой форме выгорает углерод, т. е. уже освобожденный — аморфный или уже карбидный, вполне не разрешен.

Так, *Wüst* держится первого взгляда.

Он подверг прокаливанию в безвоздушном пространстве при температуре  $950^\circ$  чугун с 4,17% углерода исключительно в связанной форме. При этом 3,45% углерода превратилось в аморфный углерод; общее же количество 4,17% осталось без изменения

Затем полученный продукт подвергся прокаливанию в окислительной среде, и именно в присутствии окиси железа  $Fe_2O_3$ , но так, что чугун и окись не соприкасались. Чугун помещался в фарфоровой лодочке в закрытой трубке печи *Гергуса*; окись находилась в другой такой же лодочке. Атмосфера образовалась из смеси  $CO_2$  и  $CO$ , при чем вначале преобладала  $CO_2$ , а затем  $CO$ .

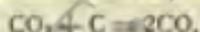
При этом в чугуне происходило выгорание углерода.

Потери в общем количестве углерода и в углероде аморфном показаны в следующей табличке:

	900° 20 ч.	920° 20 ч.	940° 24 ч.	960° 26 ч.	1000° 26 ч.
Пот. общего кол. С . . .	0,71	0,74	0,91	1,16	2,33
• аморфн. уга. . . . .	0,69	0,71	0,87	1,16	2,33

Здесь уменьшение углерода аморфного равно уменьшению общего количества углерода; следовательно, количество карбида не понижалось, т.е. сгорал исключительно аморфный углерод.

Горение, очевидно, происходило при посредстве  $CO_2$ .



$CO$  отнимало  $O$  от окиси железа, снова превращаясь в  $CO_2$ :



Опыты *Hadfield'a* приводят как будто к противоположным выводам:

1) В обыкновенную цементационную печь были положены в трех горшках образцы цементной стали с содержанием 1,64%  $C$ , окруженные углем, песком и окисью железа. Углерод находился исключительно в связанном состоянии. Нагревание до  $900^\circ$  продолжалось 116 часов, на этом уровне температура поддерживалась 50 часов и, наконец, охлаждение продолжалось 80 часов.

Содержание углерода в первом образце (в угле) не изменилось, во втором (в песке) упало до 0,75%, а в третьем (в руде) до 0,15%.

Во всех случаях аморфного углерода не оказалось.

2) Образцы белого чугуна с 3,5%  $C$  исключительно в виде карбида обезуглероживались с помощью железной руды, но вынимались из печи в разное время как в период нагревания, так и позже.

Четыре образца, вынутые после начала нагревания через 51 час (при температуре  $750^\circ$ ), через 65 ч. ( $830^\circ$ ), 80 ч. ( $910^\circ$ ), и 92 ч. ( $990^\circ$ ), не заключали в себе свободного углерода. Обезуглероживание же в них явно произошло, что обнаружено видом структуры

на поверхности оказался слой феррита, постепенно утолщающийся, затем перлит, внутри цементитовая структура, постепенно сокращающаяся.

В образце, взятом через 105 ч., уже в период охлаждения (960°) появились первые признаки аморфного углерода; в образце, взятом через 220 часов (600°), оказалось 0,65% связанного углерода, 1,1% аморфного — свободного; всего 1,75%.

Разберем эти опыты. У *Wüst'a*, несомненно, сгорал аморфный углерод. Иначе пришлось бы допустить, что сгорал связанный углерод, а его убыль тотчас пополнялась за счет аморфного, снова соединяющегося с железом в карбид — предположение в достаточной мере неправдоподобное, особенно имея в виду большое количество аморфного углерода и ничтожное — связанного.

У *Hadfield'a* в опыте со сталью аморфный углерод совсем не появлялся. Во втором и третьем образцах еще можно было предположить, что аморфный углерод появлялся, но тотчас же сгорал, почему и не обнаружен, однако в первом образце содержание углерода не изменилось; углерод не сгорал, и если бы образовался аморфный углерод, он и был бы найден. Между тем условия прокаливания для всех трех образцов были одни и те же; значит, и во втором и в третьем образцах аморфный углерод не появлялся. Выгорание же углерода произошло. Очевидно, горел связанный углерод.

В опытах *Hadfield'a* с чугуном, повидимому, сгорает исключительно связанный углерод, а аморфный появляется довольно поздно.

Однако, можно допустить, что аморфный углерод появлялся и раньше, но успевал сгорать.

Из совокупности всех опытов несомненно, что углерод может сгорать в обеих формах — как свободный (аморфный), так и связанный. Какая из этих реакций идет исключительно или преобладает над другой, зависит от целого ряда условий равновесия, состава материала, температур, среды и пр. Если условия таковы, что аморфный углерод совсем не образуется, то, понятно, обезуглероживание происходит исключительно за счет связанного углерода. Если, наоборот, условия благоприятны для быстрого перевода всего углерода в аморфный, то сгорать будет исключительно этот последний.

Совершенно неисследованным остается вопрос, сгорает ли углерод карбида, лишь растворенного в аустените, или также и свободного.

Что касается механизма обезуглероживания, то он выяснен вышеприведенными опытами *Wüst'a*: обезуглероживание происходит при помощи газов, а именно кислорода воздуха и углекислоты.

Вопрос о том, как происходит обезуглероживание — лишь с поверхности, при чем углерод изнутри диффундирует наружу, или сами газы проникают внутрь, где и производят свое действие, остается нерешенным. Есть сторонники и того и другого взгляда. *Wüst*, например, считает несомненным проникание  $\text{CO}_2$  в глубь чугуна, где она превращается в  $\text{CO}$ .

С другой стороны, диффузия  $\text{C}$  в железе доказана прямыми наблюдениями.

Вероятно, имеют место оба явления.

Хотя ковкий чугун получается и без окисления углерода лишь вследствие перевода связанного углерода в аморфный, однако в практике обыкновенно применяется легкая окислительная порошковая смесь.

Интересно выяснить, почему нельзя прокаливать чугун в сильно действующих порошках или просто в воздухе.

Дело в том, что кислород среды (воздуха, руды, угольной кислоты и т. д.) может окислять не только углерод чугуна, но и само железо.

Последнее нежелательно, а чтобы предотвратить окисление железа, необходимо иметь на поверхности чугуна избыток углерода или окиси углерода  $\text{CO}$ .

Если держаться теории диффузии углерода, то он притекает изнутри наружу с известной небольшою скоростью. Если окисление идет быстрее, чем успевает поспеться убыль углерода притоком изнутри, то наступит момент, когда углерода на поверхности будет слишком мало для предохранения железа, и оно начнет гореть.

Если держаться теории проникновения внутрь  $\text{CO}_2$  и возвращения оттуда  $\text{CO}$ , то и эта диффузия имеет определенную скорость. При слишком быстром действии окислителя окись углерода не будет успевать возвращаться, на поверхности образуется слишком кислая атмосфера, и станет гореть железо.

Отсюда понятно требование, чтобы обезуглероживание не доводить слишком низко, ниже 0,5%  $\text{C}$ , а также применение умеренных окислителей, примешивание к слишком сильным окислителям, как  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , нейтральных веществ (песок, старая руда, известь, железные опилки и т. п.), а также томление чугуна в совершенно нейтральных средах.

Все указанные выше вопросы имеют, главным образом, теоретический интерес. Гораздо важнее для практики производства реше-

ние вопросов о составе чугуна, выборе надлежащей температуры и продолжительности прокаливания, о составе обезуглероживающих веществ, а также и основной вопрос, следует ли стремиться к самому обезуглероживанию или можно довольствоваться превращением связанного углерода в аморфный.

**1. Состав чугуна.** Приже всего необходимо отметить, что чугун должен быть белый, так как графит чрезвычайно трудно выжигается, о чем можно судить по опытам *Руана* и *Карпентера*, в которых чугуны с различным содержанием Si прокаливались при температуре 900° 12 раз по 4 часа.

Результаты обезуглероживания представлены в следующей таблице:

Si	% C в начале	% C в конце	% потери
1,07	3,98	2,45	38,4
1,79	3,98	2,40	39,7
2,96	3,79	2,60	31,4
4,20	3,79	2,77	26,3
4,83	3,79	3,25	14,3
6,14	3,38	3,44	0

Мы видим, что потеря C вообще ничтожная, и тем меньше, чем больше Si, т. е. чем больше углерода в форме графита.

Вследствие медленного горения, графит не предохраняет железа от окисления, и на поверхности образуется толстый слой окалины. В конце концов, если и удастся выжечь графит, то пользы в смысле механических качеств металла все равно никакой не получится, так как на месте графитовых пластинок останутся трещинки, и железо не получит сплошности.

Количество углерода колеблется в пределах от 2,75 до 3,1<sup>0</sup>/<sub>100</sub>. При более низком содержании C затрудняется отливка, которая становится почти невозможной при 2<sup>0</sup>/<sub>100</sub> C.

Больше чем 3,1%-содержание углерода бесполезно и лишь удорожило бы материал.

Содержание Si, в целях облегчения отливки, должно быть возможно высоким, однако не настолько, чтобы он вызвал выделение графита. На выделение графита влияет также и скорость охлаждения: в тонких отливках, которые охлаждаются быстрее, влияние кремния сказывается слабее, и его можно допускать в большем количестве.

*Мальденке* рекомендует следующие числа: можно допускать кремния:

в отливках толще 38 мм . . . . .	0,45%
» » обыкновенных . . . . .	0,65%
» » для сельскохозяйственных машин . . . . .	0,80%
» » самых тонких . . . . .	1,25%

Mn препятствует выпадению графита. Рекомендуется его иметь до 0,4%. В тонких отливках еще меньше.

Количество S и P, как примесей безусловно вредных, должно быть минимальное; допускается S не более 0,1%, фосфора 0,2%. При переплавке чугуна в вагранке содержание серы достигает 0,2—0,3%, но в таком случае необходимо понизить это количество при дальнейшем томлении чугуна.

Указанный состав относится к отливкам до их томления. Окончательный состав материала после его превращения в ковкое состояние может сильно отличаться от исходного.

*Osall* приводит следующие примеры:

1) В отливке было C — 3,23%, Mn — 0,33%, Si — 0,54, P — 0,057, S — 0,16; после 8-дневного, 10-дневного томления и в конце операции среднее содержание углерода, в зависимости от толщины отливки, изменилось следующим образом:

	Толщ. 4,5 мм	9,7 мм	20 мм	40 мм
8-дн. . . . .	1,31	1,79	2,92	2,98
10-дн. . . . .	1,19	1,54	2,77	2,85
В конце . . . . .	0,31	0,87	2,54	2,68

Количества кремния и марганца остались без изменения; количество P и S возросло до 0,109% и 0,209%.

2) Ковкие изделия австрийских, германских и американских заводов:

0,38 C	0,92 Si	0,21 Mn	0,05 S	0,07 P
0,35 C	0,69 Si	0,16 Mn	0,30 S	0,05 P
0,25 C	0,40 Si	0,15 Mn		
1,92 C	0,56 Si	0,23 Mn	0,31 S	0,1 P
0,87 C	0,74 Si	0,28 Mn	0,078 S	0,1 P
1,89 C				
2,25 C				

В приведенных примерах содержание Si, Mn, S и P колеблется в узких пределах. Нельзя того же сказать про углерод, но там, где последний остается в значительном количестве, он находится, главным образом, в форме аморфного углерода: так, в последних двух примерах, из 1,89% и 2,25% углерода — 1,65% и 2% находится в виде аморфного углерода и только 0,24 и 0,25% — в связанном состоянии.

Между тем механические качества всевозможных ковких чугуновых изделий приблизительно одинаковы. Это происходит оттого, что, как говорит Wüst, раз аморфный углерод выделился, то для прочности изделия безразлично, насколько он удален из материала.

Вообще, ковкие чугуновые изделия характеризуются следующими механическими коэффициентами:

$$R - 25 - 32 \text{ кг}$$

$$A - 45 - 2\% \text{ (расстояние между кердами } 2'').$$

**2. Температура и продолжительность прокаливания.** Об этих факторах можно судить по следующим примерам, приводимым Osap'ом:

1) На одном американском заводе нагрев ведется в течение 36 часов, поддерживается наивысшая температура, по возможности, на постоянном уровне 2 дня и затем постепенное охлаждение  $6\frac{1}{2}$  дней.

2) На заводе Killing и Schoenemann — нагрев 15 ч., выдерживание постоянной температуры — 30 ч., охлаждение — 15 часов.

Температура по Reustow'у должна быть от 860 до 900°, у Killing'a и Schoenemann'a — 950°, американские источники указывают 680°(?) — 780° — 870°.

Вообще американский способ требует более низкой температуры.

**3. Состав цементующих веществ.** Эти вещества должны иметь слабо-окислительную реакцию, они должны сжигать углерод, но не действовать на железо. Этим требованиям удовлетворяют красный железняк, бурые железняки, шпатовые, переведенные обжигом в окись железа, магнитный железняк, железная окалина, молотовый отбой.

Слишком сильные окислители ослабляют, примешивая песок, железные обрезки или стружки; наоборот, слабые окислители можно усилить прибавлением пиролюзита  $MnO_2$ .

Профессор Nottias рекомендует смесь красной руды с известью вместо песка, так как, во первых, при этом не будет происходить ошлакования, как с песком, а, во-вторых, известь особенно способствует выжиганию серы.

Вот результаты опыта *Nannias'a*:

	C	Si	Mn	S	P
Состав до прокаливания	3,12	1,80	0,34	0,053	0,050
Состав после прок. в руде с песком (50%)	0,68	0,39	0,35	0,038	0,052
« « « « « известью (50%)	0,49	0,30	0,30	0,028	0,050

Одна из итальянских фирм после долгих опытов остановилась на смеси из железных опилок и окалина следующего состава:

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	S
50%	41,5%	5%	3,2%	0,3%

Присутствие железных опилок, помимо ослабления окислительного действия руды, имеет то значение, что сохраняет за цементующей массой ее пористость.

На немецких заводах применяют твердую красную руду (кравик), измельченную до величин зерен в 10 м.м и ослабленную старой, уже отработавшей смесью. Часто прибавляют молотовый отбой и вальцовочную треску.

Американцы обыкновенно применяют смесь руд с песком и лишь изредка освежают смесь свежей рудой.

**4. Немецкий и американский способы.** Наблюдения *Редгорта*, *Маллета*, *Форкинсона* давно показали, что ковкий чугуны получается при прокаливании в самых разнообразных веществах — окисляющих, нейтральных и даже слегка восстановительных, лишь бы они защищали от непосредственного действия воздуха.

В настоящее время американцы употребляют порошки почти нейтральные, в отличие от европейцев, которые работают с более кислыми средствами. Поэтому в американских изделиях чугуны остаются необезуглерожеными. В изломе лишь тонкая корочка — белого цвета, сердцевина же имеет вид черного бархата вследствие большого количества аморфного углерода. Европейские изделия лишь слегка сероваты, в них содержание углерода понижено, аморфный углерод имеется в небольшом сравнительно количестве.

Ранее мы видели, что значительной разницы в свойствах изделий, полученных по тому или другому способу, не замечается. Поэтому трудно отдать преимущество одному из них.

В общем можно сказать, что американский способ дешевле, но он может быть допущен лишь в случае чугунов с незначительным

содержанием серы, каковыми чугунами Америка и обладает в изобилии.

Если же серы слишком много, то для выжигания необходимо иметь окислительную смесь. Руда, особенно в смеси с песком или известью, выжигает часть серы, как было указано в опытах.

Кремний, если его было с самого начала много, также при этом выгорает.

Обстановка немецкой работы более тщательная, почему результаты более регулярные.

### Переplавка чугуна.

Переplавка ведется в тиглях, пламенных печах и мартеновских конвертерах.

Тигельная плавка применяется лишь в случаях небольшого производства, так как она дороже других способов.

Расход кокса составляет 60%. Шихта состоит из обыкновенно половины из железного лома и половины из чугуна.

Плавка в вагранках — самая дешевая, но страдает тем недостатком, что металл, находящийся в соприкосновении с топливом, может заимствовать от него серу. Чтобы при умеренном содержании кремния и марганца получить также и серу и фосфор в допустимых пределах, приходится применить большое количество железного лома, что связано с большим расходом топлива, или употреблять древесноугольные чугуны.

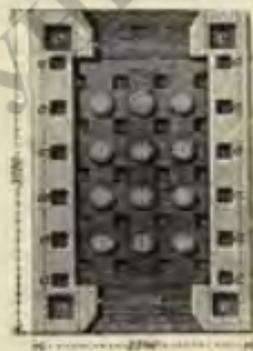
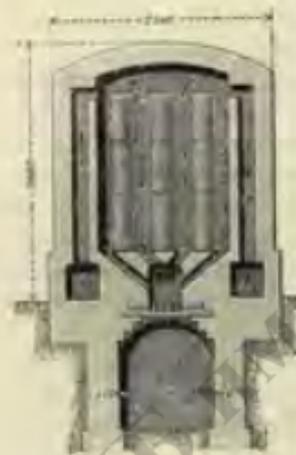
Плавка в пламенных печах наиболее распространена в Америке и особенно пригодна в больших производствах. В Америке большей частью эти печи строятся в виде обыкновенных плавильных, при чем продукты горения отводятся под котлы. В Германии эти печи строятся с регенераторами, т. е. в виде печей *Сименса*.

В плавку идет обыкновенно чистый гематитовый чугун с небольшими присадками литников и железного лома. Самый процесс отличается от обыкновенной плавки на сталь некоторыми приемами, благодаря которым выжигают лишь кремний и марганец, количество же углерода остается почти без изменения.

В конструкции печей также встречаются некоторые особенности; например, свод делается из отдельных съемных арочек, чтобы можно было зачерпывать чугун сверху; вместо этого делают также три выпускных очка на разных высотах, благодаря чему вся плавка выпускается не сразу, а в три приема; для уменьшения окисляющего действия пламени выпускные каналы направляются не наклонно книзу, а горизонтально.

Маленькие конвертеры применяются редко. Они хуже пламенных печей в том отношении, что чугун для них расплавляется в вагранках, так что сохраняются недостатки ваграночной плавки.

Что касается изготовления форм, то, в виду массового производства мелких и однообразных предметов, в данном случае в самом широком объеме применяется машинная формовка при помощи модельных досок. Формовочным материалом, как и при обыкновенном чугунном литье, служит тощая и жирная земля. При изготовлении моделей надо принимать во внимание, что усадка белого чугуна раза в  $1\frac{1}{2}$ —2 больше усадки серого. Кроме того, для уменьшения усадки чугун заливается в форму возможно холодный. Поэтому надо стараться, чтобы форма была залита очень быстро, для чего делают широкие литники.



Фиг. 238.

#### Производство томления.

Для правильного взаимодействия отливок и порошкообразных смесей, отливки должны быть уложены в ящики так, чтобы порошок к ним плотно прилегал со всех сторон. В ящики сначала насыпается слой порошка, на него отливки, затем снова порошок и т. д. Верхний слой составляет порошок.

Ящики внутри окрашивают известковым молоком во избежание прилипания к ним порошка.

Печи, в которых ведется томление, имеют различную конструкцию. Необходимо лишь, чтобы в них возможно было поднять температуру до надлежащей высоты и чтобы во всех частях рабочего пространства температура была одинаковая.

На фиг. 238 представлена печь *Ротта*. В ней ящики *d* цилиндрической формы ставятся один на другой и закрываются общей крышкою. Топка *c* идет во всю длину печи. Продукты горения поднимаются из нее в рабочее пространство печи по узким каналам, расположенным в шахматном порядке

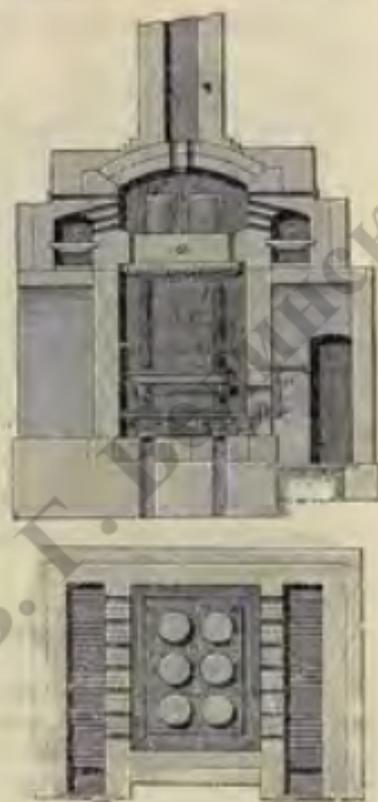
между ящиками. Удаляются газы по каналам *a* в боковых стенках печи и далее отводятся каналами *b* в дымовые трубы *c*. Во время работы печей двери в передней и задней стенках закладываются кирпичом и замазываются.

На фиг. 239 изображена печь *Коксфурта*. Из топок *f* газы через три ряда каналов вступают в рабочее пространство, куда впускается также через вышележащие каналы воздух для дополнительного сжигания газов.

Особенность печи состоит в том, что под печи *e* покоятся на четырех винтах, приводимых в одновременное движение ручкою *g*. Если опустить винты так, чтобы под лег на тележку внизу, то его можно отвести в сторону, на его же место подвести другой под с готовой нагрузкою, которую тотчас и поднять вверх. Таким образом, печь работает почти непрерывно: не нужно после каждого раза охлаждать всю печь, и не тратится время на разгрузку одной насадки и нагрузку новой.

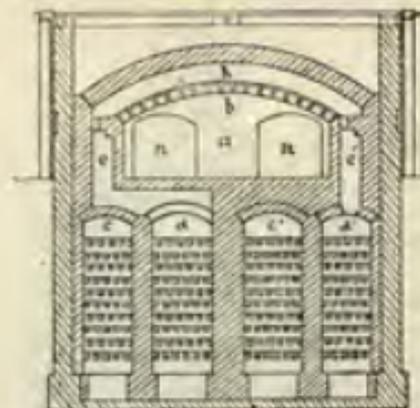
Иногда устраивают печи так, что загрузка изделий производится не в особые горшки или ящики, а непосредственно в печь. В таком случае печь должна представлять собою ящик, обыкновенно прямоугольной формы, обогреваемый со всех сторон. В общем их конструкция может быть такая же, как и печей для получения цементной стали.

На фиг. 240 представлена регенеративная печь Бирингамского типа. Это — обыкновенная печь Сименса с той разницею, что рабочая камера *a*, загружаемая через дверцы *h* цементовальными горшками или ящиками, перекрыта дополнительным сводиком *b*, так что пламя не входит в рабочее пространство, а лишь омывает его снаружи, проходя по промежутку *b* между сводами. Благодаря такому устройству, достигается более равномерная температура в рабочей камере *a*.



Фиг. 239.

После загрузки печи она доводится до надлежащей температуры в течение около двух суток. Продолжительность поддержания печи при нормальной температуре достигает, смотря по толщине отливок, 3—5 суток, охлаждение также берет двое суток.



Фиг. 240.

**Литература.** Parsons, Malleable cast iron, 1909; Moldenke, Production of Malleable cast iron, 1911; Osann, Eisen- und Stahlgieserei 1922.

### Производство чугуных труб.

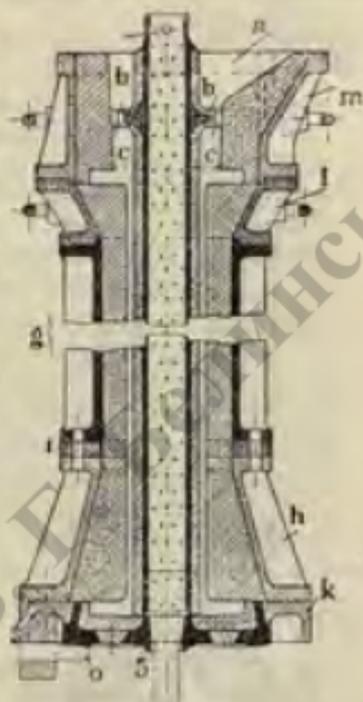
Вследствие громадного спроса на водопроводные и газовые чугуные трубы, их отливка выделялась в самостоятельное производство, при чем применяются специальные устройства, облегчающие и удешевляющие работу. В таких специальных литейных отливка труб ведется всегда вертикально, так как при горизонтальной отливке длинных труб невозможно установить совершенно правильно шляпку, и приходится, как мы видели, прибегать к помощи жеребеек, которые в свою очередь портят отливку. Кроме того, сор, всплывая в чугуне, собирается в стенках трубы с той стороны, которая во время отливки обращена вверх. В обыкновенных литейных, вследствие неудобства вертикальной отливки длинных труб, чтобы хоть несколько улучшить дело, отливают их наклонно.

Отливку можно производить или раструбом вниз или вверх. При первом способе раструб получается более плотный и прочный, но зато, как мы увидим, самое производство усложняется. Второй способ проще, но раструбы получаются менее прочные. Между тем на качество раструба, как наиболее ответственной части трубы, следует обращать особенное внимание. В виду этого оба способа

находят себе применение. Отливка раструбом вниз применяется главным образом при больших трубах; малые же трубы до 3" можно отливать и раструбом вверх.

Опишем сначала производство фланцевых труб. На фиг. 241 изображена совершенно готовая для отливки форма. Как видим, она сделана в специальной опоке, состоящей из нескольких частей *m*, *l*, *g*, *i*, *h*. Эти части снабжены для прочности ребрами и, кроме того, небольшими отверстиями для свободного выхода паров, воды и газов. Все эти части в общем имеют форму тел вращения с осью, совпадающей с осью трубы. Части *g*, *i* и *h* слиты между собою и разделяются на две половины вертикальною плоскостью, проходящею через ось. По плоскости разреза эти части снабжены фланцами, которыми их половины соединяются между собою помощью болтов с клиновыми чеками.

Одна из половин опоки остается неподвижною, будучи прикреплена к полу мастерской; другая же половина может отодвигаться от первой, при чем это раздвигание ограничено дистанционными болтами, т. е. болтами, ввинченными в неподвижный фланец и пропущенными свободно через подвижной. На свободном конце болта имеется головка, в которую упирается подвижной фланец при наибольшем раздвигании половин опоки. Раздвигаться половины опоки должны для того, чтобы возможно было вынуть готовую трубу из формы. Кольцо *l* имеет следующее назначение. Дело в том, что для труб в настоящее время приняты нормальные размеры. Между прочим и длина труб, смотря по диаметру, делается в 2, 3 или 4 метра. Если по каким-либо основаниям будет заказана труба с более толстыми фланцами, чем полагается по нормам, то, не изменяя общей длины трубы, придется уменьшать расстояние между ее фланцами, а это легко осуществить, заменяя кольцо *l* более тонким. Если бы пожелали отлить трубу, имеющую длину, вместо трех, в четыре метра, то вместо кольца *l* надо было бы поставить цилиндр на один метр длиннее кольца *l*.



Фиг. 241.

Часть *l* состоит также из двух половин, скрепленных между собою. На нижележащей части *g* часть *l* лежит свободно. Часть *m* — цельная и также свободно лежит на части *l*. Кольцо *k* привинчено к неподвижной половине опоки.

Форма делается из трех частей. Верхняя набивается в части опоки *m*; средняя — в частях *l*, *g*, *i*, *h*; нижняя — в части 5, вставленной в кольцо *k* и поддерживаемой клиньями *o*, в числе двух или более, смотря на величине опоки. Кроме того, отдельно изготавливается сердечник.

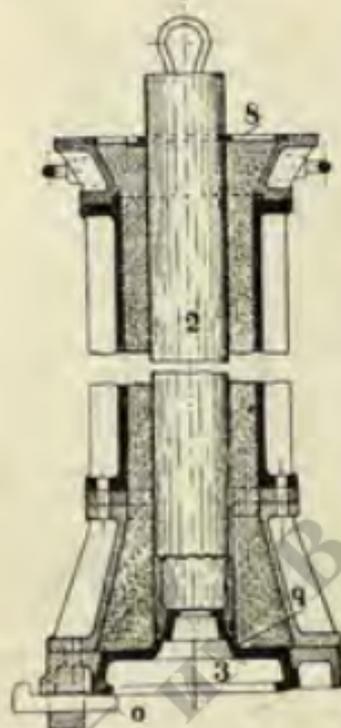
Средняя часть формы набивается посредством модели (фиг. 242), состоящей из двух частей — 2 и 3.

Нижняя часть модели 3 вставляется снизу в кольцо *k* и поддерживается клиньями *o*; верхняя часть модели 2 (цилиндрической формы) вставляется сверху при помощи подъемного крана, для чего она снабжена ушком. Центрируется эта часть модели внизу помощью части 3, к которой она приложена на конус; сверху для центрирования модели в опоку вставляется кольцо *8*.

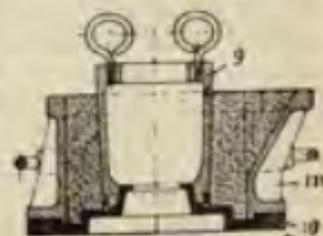
Когда модель установлена, сверху насыпают понемногу землю, и несколько рабочих трамбуют ее помощью деревянных, на длинных стержнях трамбовок, ходя друг за другом вокруг формы.

Верхняя часть формы набивается в части *m* опоки (фиг. 243) помощью вставной модели *g*, центрируемой особым тарелкою *10*, приточенной снизу к части *m*.

Нижняя часть набивается в части 5 посредством особой пригнанной к ней тарелки 4 (фиг. 244). Для возможности набивки в дне части 5 сделаны отверстия *a*. Для больших размеров труб эту часть формы удобнее делать помощью шаблона, как представлено на фиг. 245, которая не требует пояснений.



Фиг. 242.



Фиг. 243.

Форма набивается из жирной земли и подвергается просушке на месте, для чего под нее подкатывается особая жаровня на колесах. Затем производится ее окрашивание формовыми чернилами.

Сердечник формируется обыкновенным способом, т. е. берется стержень в виде продырванной трубы, обматывается соломенной веревкой, смазывается поверх нее формовой глиной, которая обтачивается шаблоном на станке, и высушивается. После этого поверхность сердечника еще раз обмазывается жидкой глиной, проверяется шаблоном, подсушивается и покрывается чернилами. Сверху сердечник снабжен буртиком *b* (фиг. 241), служащим для центрирования сердечника.

В этом буртике прорезываются наискось каналы *c*. Воронка *a* прорезается от руки. Заливка чугуна производится через эту воронку. Металл, проходя по косым каналам *c*, получает вращательное движение и более спокойно входит в форму. Расширенная часть формы выше верхнего фланца служит для образования прибыли.

Усадка длинных труб приобретает очень значительную величину, достигая 4 см для четырехметровых труб. Поэтому, если не принять предохранительных мер, то фланцы неминуемо будут оторваны. Для избежания этого и введена часть *l*, состоящая из двух раздвигаемых в стороны половинок. Как только чугун застынет в форме, тотчас раздвигают половинки части *l* и выскребывают землю из-под верхнего фланца.

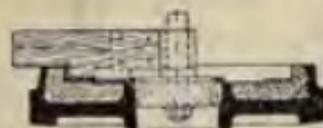
Затем вытаскивают сердечник, отнимают днищевую часть *5*, пропускают сквозь трубу сверху цепь от подъемного крана и подцепляют ею трубу снизу помощью какого-нибудь стержня или крестовины. Трубу несколько раз слегка опускают и поднимают вверх, ударяя нижним фланцем в форму, освободив предварительно подвижную часть *l* и отодвинув ее в сторону. Земля из формы высыпается вниз, где она охлаждается сбрызгиванием водою и транспортируется в отделение для приготовления земли.

Вынутая же труба очищается от земли, и от нее отрезается прибыль. Затем труба подвергается испытанию на гидравлическое давление в 20 атмосфер и, если нужно, асфальтируется. Часто в литейном же цехе производится обточка фланцев и просверливание болтовых отверстий.

Формовка муфтовых труб значительно проще, чем фланцевых. На фиг. 246 представлена готовая форма для отливки трубы растру-

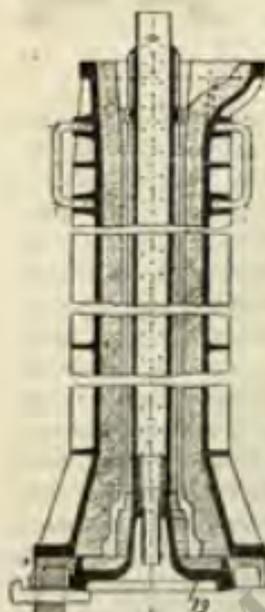


Фиг. 241.



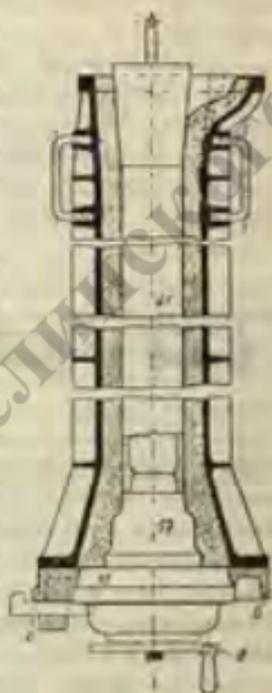
Фиг. 245.

бом вниз. Опора устроена в общем так же, как и для отливки фланцевых труб, но она проще. В данном случае нет надобности делать ее разъемною на несколько частей по высоте. Для набивки формы (фиг. 247) применяется модель, состоящая из двух частей: верхней цилиндрической 27, с небольшим расширением наверху, и нижней 17. Часть 27 вынимается после отформовки вверх, а часть 17 — вниз.



Фиг. 246.

Для того, чтобы при вынимании этой части не повредить форму, что очень легко может случиться, так как это приходится делать вручную, модель 17 пригнана к коробке 18, в которой она может скользить вдоль оси. Рабочий, вращая ручку *d*, сначала несколько



Фиг. 247.

втягивает модель 17 в коробку 18, а затем уже удаляет коробку 18 вместе с нижней частью 17 модели. Обе части модели 27 и 17 соединяются одна с другою помощью конуса.

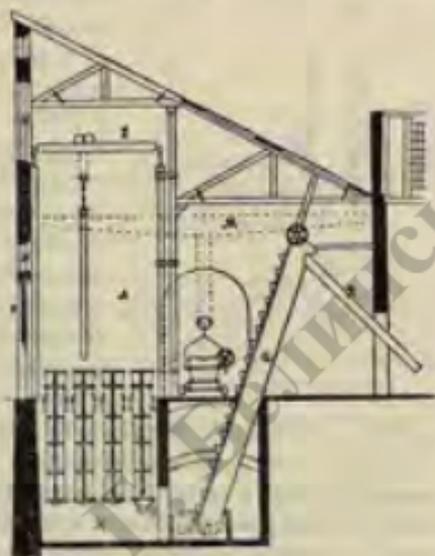
Сердечник также состоит из двух частей: цилиндрической, вставляемой сверху и изготовляемой обычным путем, и расширенной части, вставляемой снизу. Металлические части, составляющие остов сердечника, пригнаны одна к другой конической поверхностью. Для набивания нижней части сердечника, на днащевой тарелке 19 имеется шишечный ящик, раздвигаемый надвое (фиг. 248) и пригнанный к днащу 19. Обе половинки ящика стягиваются особыми ключами. Для наводнения ящика землею применяется воронка *c*.



Фиг. 248.

Формовка труб для отливки их растробом вверх еще проще. В этом случае сердечник может быть сделан цельным. В описании этот способ не нуждается.

Фиг. 249 дает представление о расположении форм, а также и транспортных и подъемных приспособлений в дитейной для труб. Формы располагаются рядами так, чтобы их верхние края возвышались над полом помещения *A* примерно на 1 аршин. Здесь находятся рабочие, производящие набивку форм, установку шишек, а также выем готовых труб и стержней сердечников. В подвальной помещении *K* находятся рабочие, вставляющие части модели, сердечника и самой формы снизу и производящие высушивание форм помощью жаровни на тележке. Здесь же рабочие перебрасывают отработанную землю в закрюк, откуда элеватор *Q* поднимает ее наверх к трубе *R*, отводящей землю в помещение для обработки земли.



Фиг. 249.

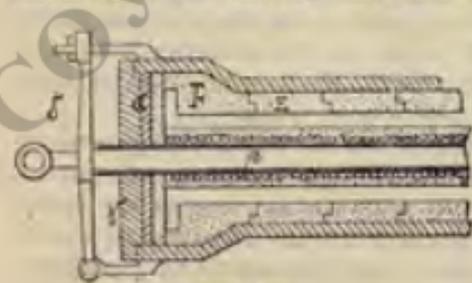
Чугун от вагранок подвозится на тележках и посредством мостовых кранов *M* и *L* переносится к формам.

В описанных способах опоки довольно долго остаются занятыми, так как форма в них набивается, сушится и окрашивается.

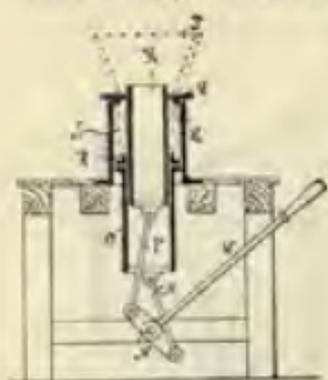
Поэтому формы в мелких опоках заливываются в день всего 4—5 раз, средние 2—3 раза, а крупные лишь один раз, вследствие чего приходится иметь большой комплект опок и значительное помещение.

Эти неудобства устранены в способе *Кудлицы*, по которому форма составляется из частей, изготовленных отдельно, как делаются шишки. Как только опока освободилась, в нее вкладывают готовые части формы и шишки, — и опока готова для отливки.

Форма составляется из колец *E* (фиг. 250), которые формируются на машине, показанной на фиг. 251. Чугунный цилиндр *H* этой ма-



Фиг. 250.



Фиг. 251.

шины имеет внутренний диаметр, равный внутреннему диаметру опоки. Наружный диаметр цилиндра *K* равен наружному диаметру отливаемой трубы. На цилиндр *O*, входящий в промежуток между цилиндрами *K* и *H*, кладется кольцо *R*, плотно заполняющее зазор. Машина становится в положение, изображенное на рисунке. В углубление *S* насыпается через воронку *T* и утрамбовывается земля, поверх кладется кольцо *V* и плотно уколачивается, пока не упрется в края цилиндра *H*. Тогда поворачивают рукоятку *L* на оси *N*. При посредстве шатунов *M* и *P* цилиндр *K* опускается, и в то же время цилиндр *O* поднимает вверх земляную муфту *S*, которую и относят в сушило

вместе с кольцом *R*. Высушенные муфты окрашиваются чернилами.

Опоки делают раскрывающимися на шарнире и, кроме того, снабжаются цапфами, на которых они могут вращаться. Во время укладки колец *E* в опоку она находится в горизонтальном положении (фиг. 250). Когда все кольца уложены, опока поворачивается изображенным на фигуре концом вверх, в нее вводится шишка  $\beta$ , и накладывается динице  $\alpha$ . Затем все сжимается хомутом  $\delta$ . Для отливки опоку поворачивают на  $180^\circ$  крышкой  $\gamma$  вниз. На другом конце формы делают литники и приливы. Минут через 10 после заливки чугуна опоку снова поворачивают на  $180^\circ$  и вытаскивают шишку; затем опока проводится в горизонтальное положение, раскрывается, и труба вынимается вместе с кольцами. Сейчас же можно начать укладку новых колец *E*.

Готовые трубы обыкновенно покрываются каменноугольным дегтем. Для этого деготь несколько вываривается, чтобы удалить из него летучие вещества, затем в сосуд опускается труба и оставляется там при закрытой крышке, пока не получит температуру дегтя. Тогда она вытаскивается, при чем дают дегтю стечь с поверхности трубы. Оставшийся на трубе деготь быстро высыхает, так как, вследствие высокой температуры трубы, все летучие вещества испаряются, и остается твердый осадок в роде эмали.

Иногда труба нагревается заранее или еще теплая непосредственно после отливки окунается в деготь. Но при таком способе результаты получаются хуже, вследствие неодинакового нагрева всей трубы.

Если труба должна быть покрыта только снаружи, то способ погружения не пригоден. В этом случае приходится ее окрашивать при помощи кистей.

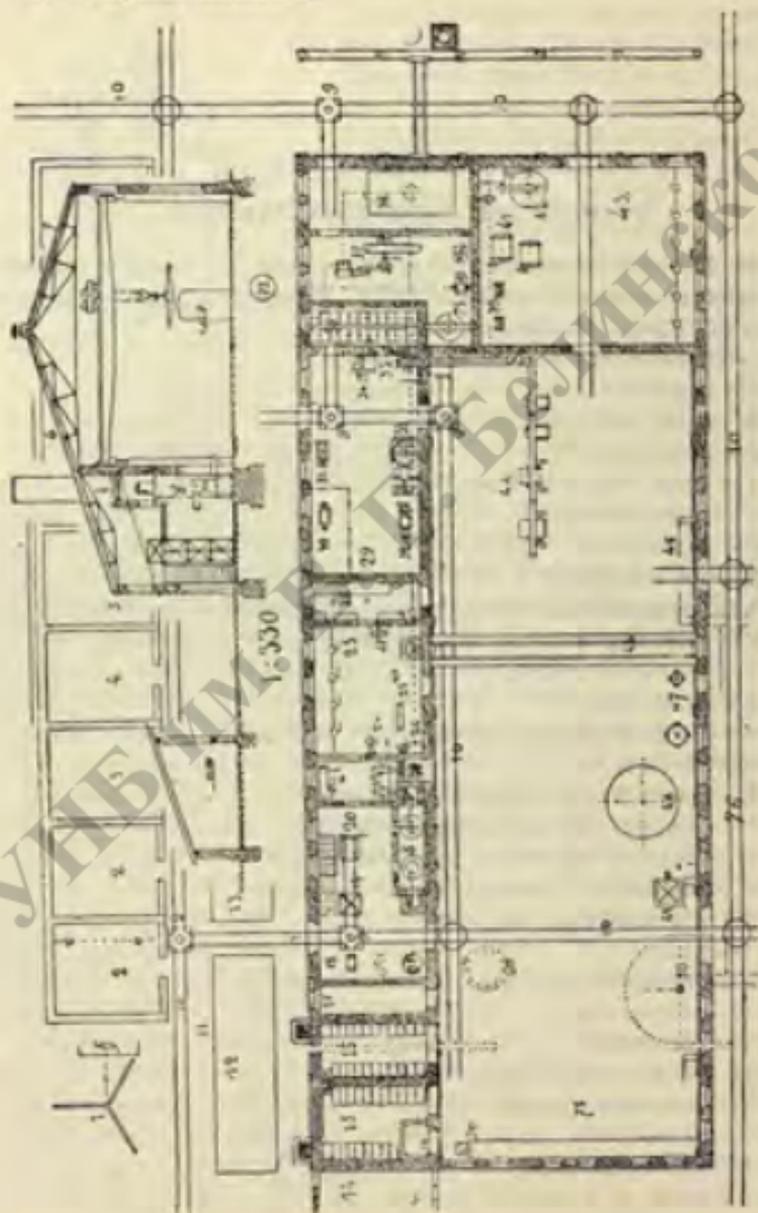
## ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

### УСТРОЙСТВО ЛИТЕЙНЫХ ЗАВОДОВ.

Фиг. 252 дает представление о расположении различных отделений, приборов и аппаратов чугунолитейной мастерской. Различными цифрами обозначены следующие части:

- 1 — тренога для разбивания чугуна;
- 2 — склад кокса;
- 3 — склад огнеупорной глины;
- 4 — склад леса;
- 5 — склад сена и соломы;
- 6 — склад песка;
- 7 — склад угля;
- 8 — две вагранки;
- 9 — поворотные плиты на рельсовых путях;
- 10 — рельсовые пути с узкою колеєю;
- 11 — проезжая дорога;
- 12 — склад лома;
- 13 — склад штыкового чугуна;
- 14 — отхожее место;
- 15 — сушилки для больших стержней;
- 16 — сушилки для маленьких стержней;
- 17 — кладовая для склада инструментов;
- 18 — машина для ложки чугуных свинок;
- 19 — колошниковый подъемник;
- 20 — весы;
- 21 — столярный верстак;
- 22 — вентиляторы;
- 23 — слесарная;
- 24 — сверлильный станок;
- 25 — токарный станок;
- 26 — точило;
- 27 — кузнечный горн;
- 28 — контора литейного мастера;

- 29 — отделение для приготовления формовочных материалов;  
 30 — соломокрутка;  
 31 — шаровая мельница;



Фиг. 252.

- 32 — глиномялка;
- 33 — бегуны;
- 34 — дезинтегратор;
- 35 — элеватор для формовочных материалов;
- 36 — сушилки для песка;
- 37 — паровая машина;
- 38 — паровой котел;
- 39 — наждачные круги;
- 41 — вращающиеся барабаны для чистки отливок;
- 42 — пескоструйная машина;
- 43 — обрубное отделение;
- 44 — гидравлические формовочные машины;
- 45 — помещение для платья рабочих;
- 46 — мостовой кран на 5 тонн;
- 47 — ручные формовочные машины;
- 48 — место для шаблонной формовки;
- 49 — формовочная машина;
- 50 — литейный кран на 2 тонны;
- 60 — литейная яма;
- 70 — машина для приготовления стержней;
- 71 — помещение для приготовления стержней;
- 73 — склад ковшей для разноски чугуна;
- 74 — очаг для нагревания тиглей;
- 75 — аккумулятор и насос для гидравлических машин;
- 76 — свободное место на случай расширения литейной.

Наибольшую часть всей литейной занимает формовочный и литейный зал. Это должно быть просторное и светлое помещение, снабженное системой подъемных механизмов, служащих как для подъема опок и шихты во время формовки, так и для перемещения ковшей с расплавленным металлом для отливания его в формы. Прежде для этой цели служили поворотные краны, которые даже получили специальное название литейных. В настоящее время все большее распространение, как, впрочем, и в других цехах, получают мостовые краны, обслуживающие всю прямоугольную площадь мастерской. Мостовые краны ходят по рельсам, проложенным вдоль длинных сторон помещения, на кронштейнах или пилястрах. В широких помещениях, разделенных на продольные полосы рядами колонн, узкопролетные рельсы укрепляются на этих колоннах. Подъемная сила кранов выбирается по наибольшему грузу, который приходится поднимать крану, но так как удобнее иметь несколько малых кранов вместо одного большого, и так как наибольшие грузы приходится поднимать очень редко, то делают, вместо одного крана, два крана

с половинною подъемною силою; когда же надо поднять груз, превосходящий подъемную силу одного крана, то ставят два крана рядом и поднимают груз совместными усилиями обоих кранов.

Больше трех мостовых кранов на общих рельсах не делают, а между тем, при большем числе партий рабочих, занимающихся формовкою тяжелых предметов, этих кранов совершенно недостаточно. Поэтому, кроме мостовых кранов, обыкновенно литейные снабжаются небольшими, тонны на две, поворотными кранами, устанавливаемыми около стен или колонн. Краны лучше делать с канатами, которые работают плавнее цепей.

Наиболее встречаются мостовые краны на 5—25 тонн и литейные — на 3—5 тонн.

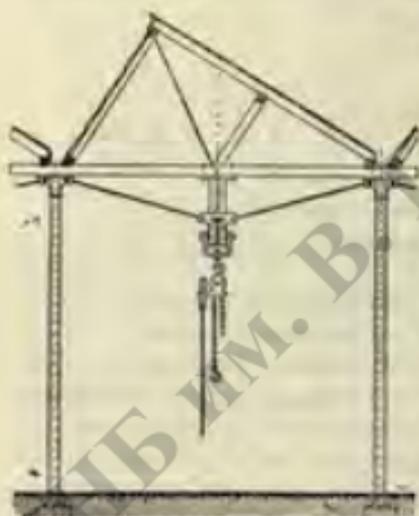
В мостовых электрических кранах скорость подъема достигает 20 м, скорость лебедки — 50 м и скорость самого крана — 180 м в минуту.

В литейных для средней величины отливок очень удобна система, состоящая из подвешенных к стропилам рельс, по которым катаются тележки с подвешенными к ним подъемными талями. Каждая партия рабочих и даже отдельные рабочие имеют в своем распоряжении такую тележку и могут ею пользоваться непрерывно, совершенно независимо от других.

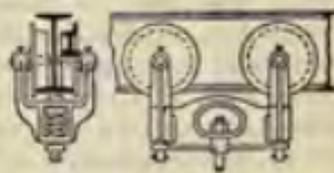
Понятие о подобных транспортных устройствах могут дать фиг. 253—256.

Мостовые краны располагаются на высоте не менее шести

метров. Соответственно этому главный литейный зал, снабженный такими кранами, будет иметь высоту в 8 и более метров. Если он не широк, то можно довольствоваться его освещением посредством окон в боковой стене. Во всяком случае эти окна должны быть очень большими, чтобы мастерская была хорошо освещена, что необходимо для формовки. Гораздо лучше, а в широких помещениях и необходи-

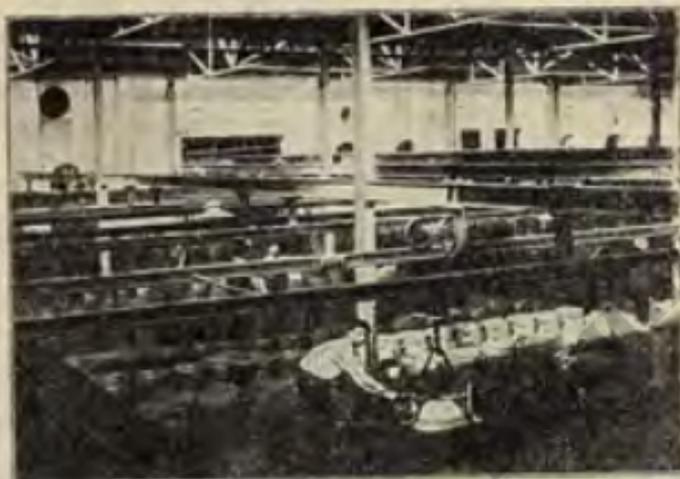


Фиг. 253.



Фиг. 254.

димо, освещение сверху. В настоящее время существуют хорошо разработанные системы крыш с окнами, дающими равномерное освеще-



Фиг. 255.

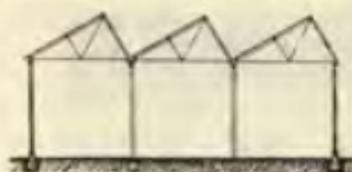
шение всего перекрытого пространства, не пропускающими дождя и не заваливаемыми снегом. Особенно удобны городковые или зубчатые крыши, состоящие из целого ряда параллельно расположенных скатов, из которых скаты, обращенные в одну сторону, — пологие, обращенные же в противоположную сторону — крутые, с наклоном градусов в 70 к горизонту. Эти крутые скаты делают сплошь стеклянными (фиг. 257).

Формовка мелких изделий обходится без помощи кранов и может производиться в более низком помещении. Зал же, снабженный мостовыми кранами, должно быть использовано исключительно для формовки более крупных изделий. Поэтому помещение для мелкой формовки лучше делать отдельное, примыкающее к главной литейной. То же самое касается шпещечного



Фиг. 256.

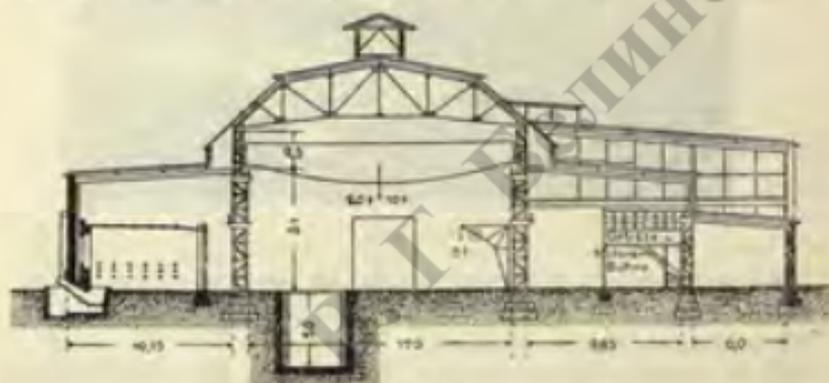
и других отделений. Медные шихты изготавливаются на столах, расположенных вдоль стен с окнами. Понятие о зданиях и расположении кранов могут дать фиг. 258 — 262.



Фиг. 257.

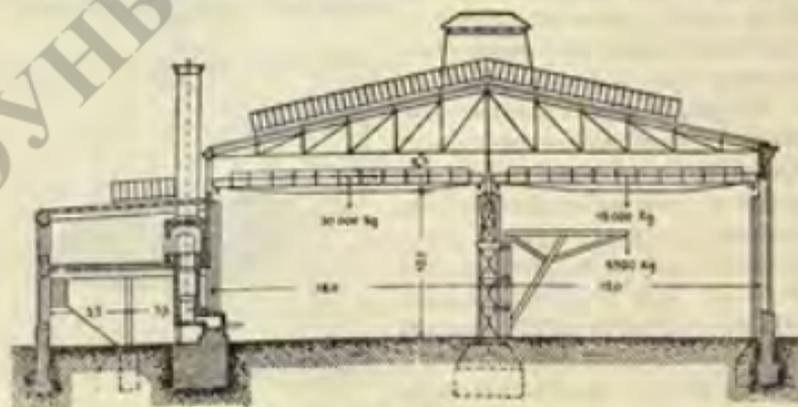
На фиг. 262 представлен тип американской литейной с так называемыми шедовыми крышами, обеспечивающими интенсивную естественную вентиляцию.

В Америке, где рабочие руки очень дороги и где понимают, что в хорошей обстановке работа лучше спорится, мастерские для пригото-



Фиг. 258.

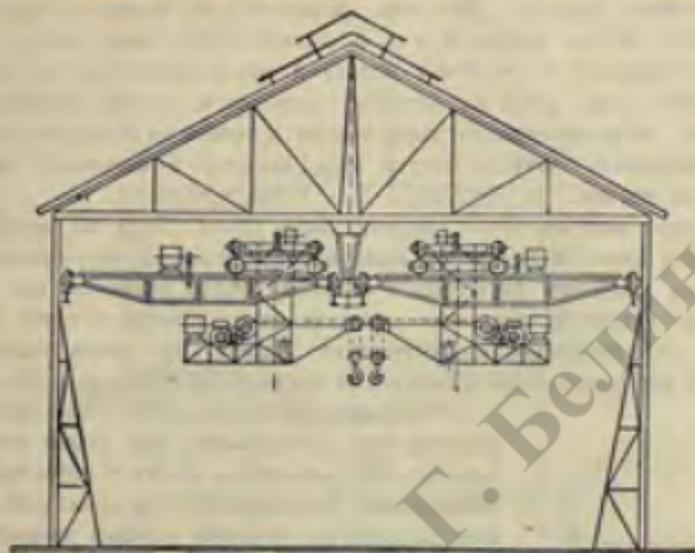
вления шихт производят впечатление скорее чертежного зала. Рабочие (очень часто женщины) сидят на высоких стульях за



Фиг. 259.

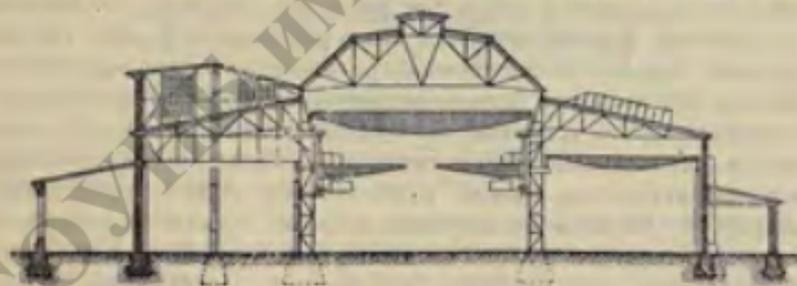
удобными столами, в теплом помещении, прекрасно освещенном и вентилируемом.

Что касается пола в литейных, то он делается вообще огне-



Фиг. 260.

упорным. Если формовка производится исключительно в опоках, то пол делается из кирпича, чугуна, каменных плит, бетона и пр.



Фиг. 261.



Фиг. 262.

Если же применяется и формовка в почве, то пол делается из земли, а именно на площади, предназначенной для почвенной формовки, вырывается яма глубиною в 1—2 метра, смотря по крупности предполагаемых отливок. Дно ямы засыпается на полметра коксового изгарью, битым кирпичом и т. п. материалами; сверх этого насыпается крупный песок, очень пористый, но не пластичный. И только верхний слой, фута на полтора, делается из тощей формовочной земли. Если приходится заформовывать модели на большую глубину, то вырывают соответственную яму, которую и наполняют формовочною землею.

Почва под литейною должна быть сухая. Если же местность сырая и имеются почвенные воды, которых нельзя отвести дренажем, то для глубоких формовок в почве литейной делают так называемые литейные ямы. Это — круглые баки, зарытые в почву литейной. Они делаются из котельного железа, из дерева наподобие баков для воды, а в последнее время также из железобетона (фиг. 263).



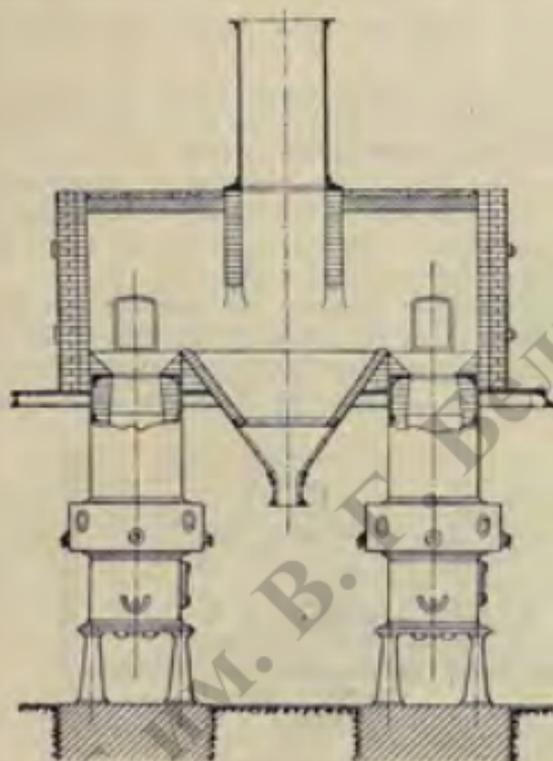
Фиг. 263.

Отдельные помещения и приборы литейной должны быть расположены так, чтобы топливо, формовочные материалы, формы и сами изделия подвергались перемещению на возможно меньшие расстояния, и чтобы каждый предмет совершил свое движение постоянно по одному направлению и никогда не двигался в обратную сторону. Поэтому, например, отделение для приготовления формовочной земли должно быть расположено между складом материала и залом для формовки, обрубная и помещение для очистки изделий находятся между литейной и складом готовых отливок. Паровые котлы помещаются непосредственно около паровых машин; эти последние должны находиться вблизи от гидравлических и пневматических устройств, вентиляторов, механических мастерских и т. п. Формовочные машины, приводимые в действие гидравлическою или пневматическою силами, располагаются около соответственных устройств. На этом же основании вагранки правильнее всего устанавливать посредине одной из длинных сторон помещения литейной. На фиг. 252 показаны две вагранки, окруженные прямоугольною стенкою. На самом деле разрез сделан выше колошников и проходит через камеру для удавления искр. Такая установка двух вагранок с общей искроуловительною камерою показана на фиг. 264.

Размеры различных помещений могут быть в среднем выражены следующими числами.

На каждый квадратный метр главного литейного зала приходится

годовая производительность в 1,5 тонны. От этого числа могут быть значительные отступления: в случае формовки крупных частей про-



Фиг. 264.

стой формы, особенно при применении формовочных машин, производительность может подняться до 5 тонн.

То же самое и при массовой фабрикации в случае применения конвейерной системы, производительность возрастает до 15 тонн.

Если обозначить площадь главной литейной через  $F$ , то площади остальных помещений выразятся такими числами:

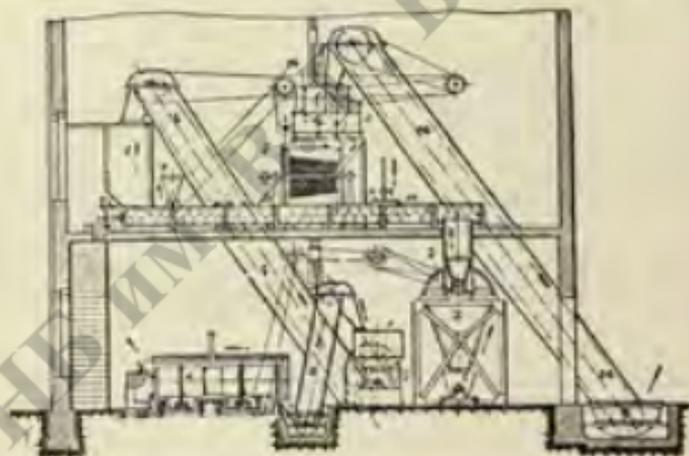
Помещение для обрубки и очистки . . . . .	0,12 до 0,30 $F$
Модельная . . . . .	0,10 » 0,15 »
Склад моделей . . . . .	0,15 » 0,50 »
Механическая мастерская . . . . .	0,05 » 0,07 »
Канторы и магазины . . . . .	0,10 » 0,30 »
Приготовление песка . . . . .	0,04 » 0,30 »
Ваграночное отделение . . . . .	0,05 » 0,10 »

Сушка . . . . .	0,03 + 0,14 *
Приготовление шихты . . . . .	0,03 + 0,30 *
Уборные . . . . .	0,02 + 0,05 *

Таблица на стр. 323 дает более детально размеры разных отделений литейных.

Такие большие колебания чисел зависят, главным образом, от крупности изделий и степени развития механических устройств; так, например, некоторые формовочные машины дают такую громадную производительность, что отливку производят непрерывно, во мере изготовления форм. В этом случае литейная сокращается; вспомогательные же учреждения, особенно отделение для приготовления формовочных материалов, очень увеличиваются.

В последнем случае отделение для приготовления формовочной земли снабжается целым рядом транспортеров и элеваторов для передачи материалов от одного прибора к другому. Представление о подобном оборудовании дает фиг. 265. Сырой песок поступает во вра-



Фиг. 265.

щающуюся печь *A*, высушенный — передается элеватором *B* к бегункам *C*. Пройдя через сито *D*, песок поднимается элеватором *E* в закроем *P*, откуда непосредственно поступает в жолоб *B*, снабженный червяком. В этот же жолоб попадает уголь из мельницы *O*. Отработанный песок из литейной поднимается элеватором *M* к вальцовой дробилке *N*, где размельчаются спекшиеся комки земли. Далее песок проходит через электромагнитный сепаратор *O*, где освобождается от железа, просеивается через сито *P* и поступает также

Площади литейных мастерских на 1 тонну в год и кв. м.

Род литейной мастерской.	Ремонтка	Очистка	Плавильня	Шпещек	Сушила	Прог.-форм. мат.	Модельн.	Лаб., цех кот., уборн., склады, двор.	Общая
I. Самое тяжелое литье.	0,28	0,08 (27%)	0,02 (6%)	0,062 (23%)	0,048 (17%)	0,015 (5,5%)	0,014 (5%)	0,42 (150%)	0,94
II. Средн. тяжести и сложное тяжелое:									
а) более простое	0,55	0,1 (18%)	0,04 (8%)	0,067 (12,5%)	0,05 (9%)	0,03 (5,5%)	0,027 (5%)	0,82 (150%)	1,68
б) более сложное	0,83	0,165 (20%)	0,065 (8%)	0,143 (17,5%)	0,14 (17%)	0,045 (5,5%)	0,04 (5%)	1,21 (150%)	2,68
III. С.-ж. м., текстильн., печати, писчебум.	0,85	0,17 (20%)	0,06 (7%)	0,11 (12,5%)	0,078 (9%)	0,046 (5,5%)	0,043 (5%)	0,85 (150%)	2,21
IV. Легкое литье:									
а) трансмиссии	1,15	0,18 (15,5%)	0,08 (7%)	0,14 (12,5%)	0,1 (9%)	0,085 (7,5%)	0,143 (12,5%)	1,15 (100%)	3,03
б) арматура, печное литье	0,58	0,1 (15,1%)	0,04 (7%)	0,073 (12,5%)	0,054 (9%)	0,043 (7,5%)	0,165 (20%)	0,58 (100%)	1,58
в) посуда, радараторы	0,75	0,13 (17%)	0,05 (7%)	0,093 (12,5%)	0,067 (9%)	0,085 (7,5%)	0,085 (12,5%)	0,75 (100%)	2,04
г) трубы, колеса, муфты	0,75	0,19 (25%)	0,05 (7%)	0,22 (27,5%)	0,067 (9%)	0,055 (7,5%)	0,085 (12,5%)	0,75 (100%)	2,17

Здесь числа в скобках обозначают в % площади по отношению к площади формовочной.

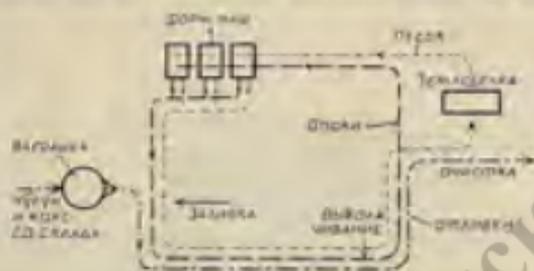
в желоб *Б*. По трубке *Q* в желоб вспрыскивается вода. Грубая смесь старой и новой земли для полного перемешивания пропускается через дезинтегратор *J* и собирается в воронке *K*, из которой, по мере надобности, может высыпаться в тележки *L* или на какой-нибудь транспортер другого устройства, который переносит готовый песок снова в литейную.

Подобные механические устройства занимают много места, но зато сокращаются расходы на рабочую силу.

Современные литейные для массового производства однообразных изделий, особенно в Америке, отличаются от старых широко развитым транспортом. Вообще говоря: передвижение грузов в литейных плохо поддается механизации в виду разнообразия материалов и переплетения путей их движения. Действительно, чугун от вагранок передается к формам, расположенным по всей площади формовочного зала, земля из земледелки также подается к месту формовки по всей площади зала, а в случае формовки на машинах все же к целому ряду машин. Готовые изделия надо собрать также со всей площади и передать их в обрубочное отделение, землю со всей площади надо отправить обратно в земледелку. Кроме того, шихечную землю надо доставить в шихечное отделение, а шихи отсюда к местам формовки. Только опоки остаются на местах формовки. Все эти движения можно упорядочить, если отливку сосредоточить на одном месте, например, около вагранок. Тогда почти отпадает разноска чугуна. Выколачивание форм в одном месте избавляет от сбора земли со всей литейной. Но тогда надо передвигать самые формы, что удобно осуществляется лишь в случае более или менее одинаковой величины форм. Если это последнее условие не выполнено, т. е. формуются изделия различной величины и формы, то и упорядочение движений оказывается невозможным, и приходится довольствоваться механизацией в виде центральной механической земледелки, применения формовочных машин, механической очистки литья, механической загрузки вагранок, механических подъемных кранов, подвесных дорог и наконец моторных тележек для перевозки материалов.

В случае же массового изготовления одинаковых изделий в опоках одинаковой величины возможно устройство настоящего механического транспорта, при чем к самому производству применяется точная система. Схема подобной работы изображена на фиг. 266. Здесь основное движение дано овалом: они поступают на формовочные машины, отсюда в виде готовых форм движутся к вагранкам, здесь заливаются металлом, на дальнейшем пути производится выколачивание форм, и опоки снова идут на машины, совершив полный

круг. Песок также часть своего пути проделывает вместе с опоками, а именно от формовочных машин до места выколачивания форм; остальную часть своего круга от места выколачивания до земледелки и из последней к машинам он делает самостоятельно. Для этого служат транспортеры; выколотая из форм земля проваливается через решетки под вол и под полом же транспортером уносится к земледелке. Из земледелки к машинам передается земля также транспортерами, но расположенными по верху и смыкающими ее в бункера над машинами.



Фиг. 266.

Чугун совершает прямой путь: сначала в жидком виде от вагранки до форм, потом вместе с формами и наконец в виде готовых отливок, после выколачивания форм, сабстоятельно в обрубную.

Насколько такая работа выгодна, видно из следующего примера. На одной машине формовщик в состоянии изготовить в 8 часов 150 безопочных форм размером 500-100-180 мм. Вес доски, на которой стоит форма, 10 кг. Считая плотность земли в 1,4, получим вес самой формы в 40 кг. Место для размещения всех форм составляет 60 м<sup>2</sup>, считая на каждую форму 0,325 м<sup>2</sup>, учитывая промежутки между формами для заливки. Принимая наимыгоднейшее расположение форм подковой вокруг машины, получим среднее расстояние форм до машины в 2—2,5 м, на прохождение которых надо употребить 10 секунд, что для 150 форм составит около 1/2 часа; на заливку форм надо считать по крайней мере 1 час, итого 1,5 часа или 20% всего рабочего времени. При установке форм на конвейер производительность формовщика повышается на эти 20%. Эта экономия только по времени; кроме того, сохраняется работа по переноске груза в 50 кг в общем на расстояние 350—400 м.

Для передвижения форм в некоторых случаях можно довольствоваться роликовыми столами, с наклоном около 1 1/4° для облегчения передвижения по ним форм вручную. Механические конвейеры бывают горизонтальные, образующие замкнутый круг в горизонтальной плоскости. Они более просты в конструктивном отношении и гибче в смысле расположения отдельных операций, но занимают большие места. Вертикальные конвейеры, например, по схеме, представленной на фиг. 267, занимают мало места, но требуют озраделенного рас-

...

положения пунктов для формовки, заливки и выколотки по прямой линии, при чем между заливкой и выколоткой должен оставаться

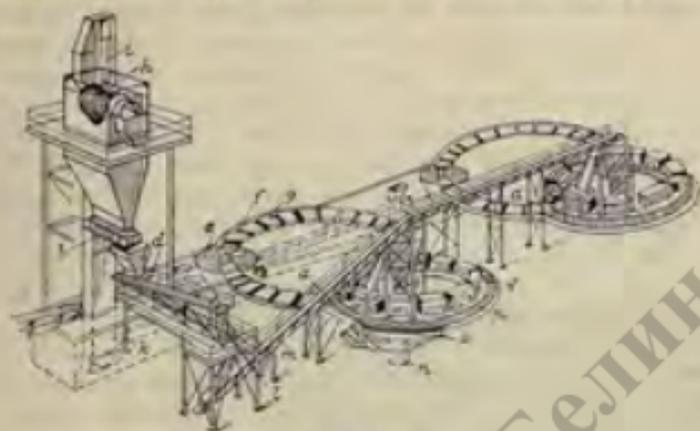


Фиг. 267.

достаточный промежуток для охлаждения отливок. Для ускорения охлаждения этот участок конвейера заключают в холодильник в виде кожуха (тоннеля), в который вдувается холодный воздух. На данном примере имеем две формовочные машины, формы с которых устанавливаются на конвейер на протяжении 1,5 м; для заливки форм оставлено 3 м, для охлаждения 4 м и наконец для выколотки форм 2 м. Далее звенья конвейера — столики, на которых стоят опоки или подкладные доски в случае безопочной формовки, опускаются вниз и возвращаются к машинам по нижней ветви конвейера. При этом конвейер должен быть устроен так, чтобы столики не опрокидывались, и оставались горизонтальными. Длина всего конвейера в этом случае, вместе со свободными концами его, около 12 м, а площадь, занятая под формовку, заливку, охлаждение и выколотку, 28 м<sup>2</sup>, вместо 120 м<sup>2</sup> на две машины в случае расстановки форм на земле. В случае формовки в опоках формы для заливки можно устанавливать штабелями в несколько этажей, но и при этом в пользу конвейерной системы получается большая экономия площади. Вместо запаса в 150 пар опок на одну машину в данном случае достаточно иметь 50 пар.

На каждую форму идет 0,036 м<sup>3</sup> песка, на 150 форм 5,4 м<sup>3</sup>. Обыкновенная одноколесная тачка для перевозки песка вмещает 0,1 м<sup>3</sup> песка; следовательно, к каждой машине должно быть доставлено 54 тачки. Надо считать на нагрузку тачки 1 минуту, на ее перемещение 2 минуты, на разгрузку, остановку еще минуту; всего получается 216 минут, или 3,6 часа; т. е. на каждые две машины должен быть один каталь. В германских условиях час его работы, вместе с учетом износа тачек и накладных расходов, можно считать в 1 марку или 2400 марок в год. Между тем за 5000 марок можно поставить транспортер, доставляющий в час 20 м<sup>3</sup> песка на расстояние 32 м. Таким образом в случае применения нескольких машин, стоимость транспортера окупается чрезвычайно быстро. Вагранка в случае непрерывной конвейерной работы получается втрое меньше. На фиг. 268 представлена схема широко развитой механизации литейной с поточной системой фирмы Richmond Radiator Co Uniontown Pennsylvania. На малых кругах  $\rho$  по 15 м в окружности уста-

новлено по 5 пар машин, из них на пяти формируются нижние опоки и на пяти верхние. Круги поворачиваются каждые 15 секунд на один



Фиг. 268.

шаг в 1,5 м, занятый одной машиной. В каждом из десяти пунктов круга производится одна операция, а именно: в пункте 1 ставится на машину пустая опока, в п. 2 насыпается модельная земля, в п. 3 насыпается формовочная земля, в п. 4 и 5 производится трамбование особой машиной, в п. 6 и 7 убирается с опоки лишняя земля и дается дух, в п. 8 форма снимается с машины и перекладывается на второй большой круг *f*. Это происходит в точке *a* пересечения кругов. Далее в п. 9 и 10 на малом круге производится очистка модельной доски, приливание ее и т. д.

На каждый стол большого круга устанавливается по три формы, т. е. шесть овок, поэтому этот круг поворачивается на один шаг в 1 м через каждые 90 секунд. Диаметр его около 10 м, т. е. он состоит из 30 столов.

На этом кругу в определенной месте производится заливка форм, которые движутся к месту выколачивания *e*, проходя около полудюжности, т. е. время остывания получается в 15 интервалов по 90 секунд, что составляет 22 минуты.

Далее пустые опоки возвращаются к пункту *a*, где они переставляются на машины, движущиеся на кругу *p*. Земля подпольными транспортерами *k* переносится к земледелке, где поднимается элеватором *i* к барабану *h* и другим машинам. Транспортер *c* убирает металлические части, отсеянные из земли. Переработанная земля подводится к местам формовки транспортерами *m*. Земля, просыпанная на формовочном кругу, собирается и поднимается вверх элеватором *л*.

### Сушила.

Сушила представляют собою особые камеры, в которых производится высушивание шншек, а также форм, приготовленных из жирной земли или глины. Смотря по тому, насколько в данной литейной распространена формовка в тощей или в жирной земле, поверхность, занятая сушилами, колеблется в указанных выше пределах. В сталелитейных, в которых все формы подвергаются просушиванию и прокаливанию, сушила занимают еще большее пространство. Сушила можно иметь несколько: отдельные для крупных и мелких форм. Располагать их следует вблизи тех площадей литейной, которые предназначены для соответствующих отливок.

Сушилки имеют обыкновенно форму прямоугольной камеры, покрытой сводками (фиг. 269).

Спереди имеется металлическая дверь во всю ширину камеры, поднимаемая вверх или передвигаемая на роликах в сторону; иногда ее делают складною в виде узких створок, соединенных шарнирами. Двери часто делаются двойными с полостью, заполненною золою, чтобы уменьшить их теплопроводность. Формы ввозятся в сушилки на тележках, катающихся по рельсам. Тележка, изображенная на фигуре, простейшего устройства и вся металлическая. В ней нет подшипников, и трение 1-го рода заменено катанием, так как платформа свободно лежит на осях скатов.

Иногда форма подается в сушилку краном сверху, через разъемный потолок.

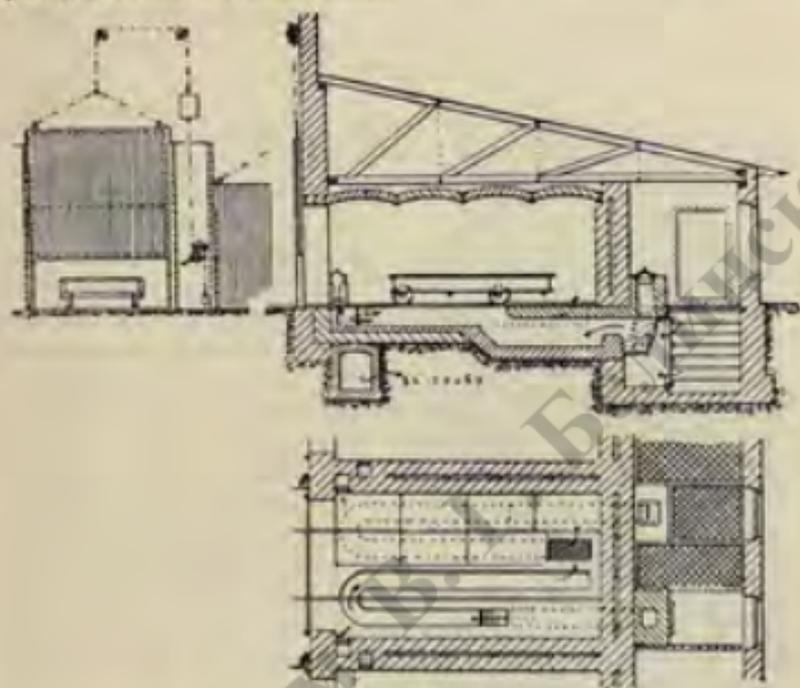
Часто самая формовка производится на месте в сушилке. Особенно в тех случаях, когда в течение формовки приходится многократно просушивать уже изготовленные части форм.

По стенкам сушилки располагаются полки для помещения мелких опок и шншек.

На одном конце сушила помещается топка с колосниковою решеткою. Продукты горения проходят сначала по каналам под полом, потом поднимаются внутри сушилки вверх и снова спускаются книзу на другом конце камеры, где находятся отверстия каналов, идущих в вытяжную трубу. Вместе с продуктами горения в вытяжную трубу вытягивается и пар, получившийся от испарения влаги, заключающейся в формах. Иногда продукты горения топлива совсем не выпускаются в помещение сушила, а их заставляют проходить по каналам, заложенным под полом и в стенах, или по чугунным трубам, расположенным вдоль стен, при чем достигается лучшая утилизация теплоты, потому что продукты горения уходят в трубу более охлажденными.

В простейших сушилах топка помещается внутри камеры выше уровня пола, при чем не делают никаких каналов под полом.

Если имеются в распоряжении доменный, генераторный или газ от коксовальных печей, то эти газы применяются для отопления сушилки, особенно в сталелитейных.



Фиг. 269.

При выборе топлива, а также той или иной системы, надо иметь в виду следующие соображения. Впуск продуктов горения прямо в камеру наиболее прост, но применим лишь в тех случаях, когда топливо не содержит смолистых веществ, отлагающихся на поверхности форм (каменный уголь), и не выделяет много паров воды (дрова). В этом отношении наилучшим топливом является кокс.

Если продукты горения циркулируют по трубам, производя только нагревание, то необходимо позаботиться хорошо о вентиляции, так как для просушки недостаточно одного нагревания форм, но необходимо и быстрое удаление образующихся паров. В этом отношении наилучшей системой будет такая, в которой через камеру продувается горячий воздух.

Нагревание форм происходит, главным образом, за счет лучистой теплоты кладки печи, высушивание же — вследствие гигроскопичности газов, циркулирующих в сушилке. Эта гигроскопичность чрез-

ычайно быстро растет с повышением температуры, о чем можно судить по данным следующей таблицы, указывающей, какое количество влаги содержит 1 куб. м воздуха при разных температурах:

0°	4,9 грамма
50°	83 "
100°	606 "
150°	2590 "

Если бы воздух или продукты горения были совершенно сухи, то именно такое количество влаги они и могли бы поглотить. Если же в них уже содержится пары воды, то гигроскопичность их соответственно уменьшается.

Слишком быстрый обмен воздуха бесполезен: высушивание поверхности формы должно соответствовать той скорости, с которой влага из внутренней части формы поступает к ее поверхности. Иначе может случиться, что внутри форма останется сырой в то время, когда с поверхности она будет уже совершенно сухой. Если такую форму вынуть из сушила и оставить ее на значительное время до отливки, то она отсыреет *наизути*.

Температуру в сушилах для чугунных отливок держат в 100—350°, а именно:

для земляных форм от . . . . .	100 до 200°
» глиняных * * * * . . . . .	300 » 350°
» шншек * * * * . . . . .	150 » 175°

Только в случае форм, предназначенных для отливки стали и приготовленных из очень огнеупорных материалов, производится, собственно говоря, не высушивание форм, а прокаливание их (до 500°).

Продолжительность просушки колеблется от 1/2 часа для шншек радиаторов до 18—36 часов для толстых шншек из глины или массы.

Вообще, чем ниже температура, тем лучше для формы, но тем дольше продолжается просушивание. Поэтому чем толще форма, тем выше приходится держать температуру, чтобы не слишком затягивать просушивание.

Величина колосниковой решетки для кокса берется на каждый куб. м объема сушилки:

от 60 до 80 кг см для больших сушил, более 100 куб. м
» 80 » 100 » » » сушил от 25 до 100 куб. м
» 100 » 200 » » » » менее 25 куб. м.

Площадь выводных отверстий равняется 0,5 площади решетки. Сечение дымовой трубы = 1/3 до 1/4 площади решетки, высота трубы = 25 диаметрам.

На каждый куб. м сушилки расход кокса составляет 3—4 кг на весь период высушивания форм.

Потолочные балки берутся двутавровые в 250 м высотой. Такую же толщину имеют сводики. Толщина стен 500—750 мм; внутри оставляется полость в 100 мм. Изнутри стены облицовываются огнеупорным кирпичом.

Для небольших сердечников употребляются особые сушильные шкафы (фиг. 270), снабженные топкой и с открываемыми на шарнирах ящиками, с решетчатыми днищами, так что продукты горения проходят сквозь все ящики в вытяжную трубу. Каждый ящик снабжен двумя расположенными под прямым углом вертикальными стенками. Одна из стенок образует наружную дверь, другая становится на место двери, когда ящик открыт.

В тех случаях, когда форму нельзя поместить в сушило, она высушивается на том месте, где была произведена формовка, для чего разводятся около формы костры, помещаются внутри формы и около нее жаровни из продрывленного железа, наполненные горячим углем или коксом, и т. д. В некоторых случаях употребляются подвижные на колесах печи, или просушка форм производится особыми переносными приборами. Один из таких приборов изображен на фиг. 271. Воздух гибким шлангом подводится к патрубку. Здесь он разделяется на две струи: одна подводится под топочную решетку, а другая обтекает топочное пространство снаружи и по каналу вместе с продуктами горения проходит в форму. Заслонками можно регулировать обе струи и, таким образом, изменять температуру газовой смеси. Через воронку засыпается топливо в топку.



Фиг. 270.

### Расчет сушил по *Petit's*.

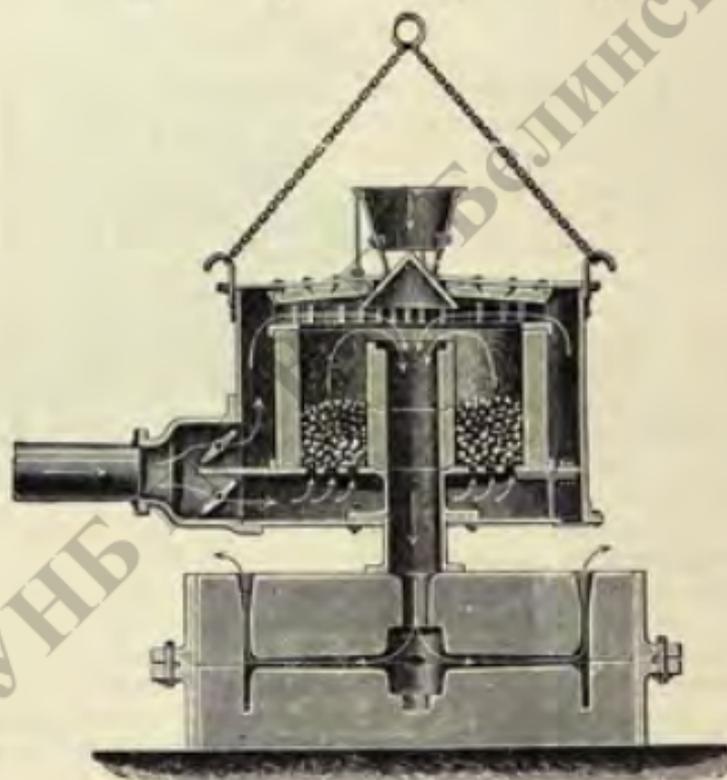
Считаем содержание влаги:

в тощем песке . . . . .	4—7%
в жирном » . . . . .	4—10%
в глине . . . . .	10—25%

Температуры камеры соответственно  $300^{\circ}$ ,  $400^{\circ}$  и  $450^{\circ}$ .

1. Расход кокса в кг на сушку, в зависимости от материала форм и величины сушила, определяется следующей табличкой:

Вместимость сушила в м <sup>3</sup>	Тощая земля	Жирная земля	Глина
25	4	5	6
50	4	5	6
75	3,5	4,5	5,5
100	3	4	5
125	3	4	5
150	3	3,5	4,5



Фиг. 271.

При этом считается, что камера заполнена на 20%, т. е. объем земли в формах составляет 20% от объема камеры, что является нормальным.

2. Топка делается такой величины, чтобы весь кокс, необходимый для высушивания всей насадки камеры, поместился в ней сразу. При

этом высота  $h$  слоя кокса в камерах до  $50 \text{ м}^3$  равна  $0,5 \text{ м}$ , в камерах от  $50$  до  $100 \text{ м}^3$  соответственно  $0,6 \text{ м}$  и в камерах еще больших до  $0,8 \text{ м}$ .

Определив количество кокса  $P \text{ кг}$  по вышеприведенной табличке, объем его  $V$  получаем, приняв плотность в  $450 \text{ кг}$  на  $1 \text{ м}^3$ .

3. Площадь колосниковой решетки  $R$  определяется по формуле:  $R = \frac{V}{h}$ .

4. На  $1 \text{ м}^2$  решетки сгорает в час  $60 \text{ кг}$  кокса. Поэтому на всей решетке в час сгорит кокса  $p = 60 R \text{ кг}$ .

5. Отсюда время горения равно:

$$\frac{P}{p} = \frac{P}{60 R} \text{ часов.}$$

6. Горение производится с большим избытком воздуха, так как температура должна быть не особенно высокая. Считают двойной избыток. При этом на  $1 \text{ кг}$  кокса получается газ  $Q_0 = 16 \text{ м}^3$ , считая в коксе  $86\%$  углерода.

Действительный объем при температуре  $t_i$  внутри камеры будет

$$Q_i = (1 + \alpha t_i) Q_0, \text{ где } \alpha = \frac{1}{273}$$

$$\text{При } t_i = 300^\circ \quad Q_{300} = 2,1 \quad Q_0 = 16 \cdot 2,1 \text{ м}^3 = 33,6 \text{ м}^3$$

$$t_i = 400^\circ \quad Q_{400} = 2,5 \quad Q_0 = 16 \cdot 2,5 = 40 \text{ »}$$

$$t_i = 450^\circ \quad Q_{450} = 2,65 \quad Q_0 = 16 \cdot 2,65 = 42,4 \text{ »}$$

7. Тяга  $z$  определяется по формуле:

$$z = 0,95 \cdot 1,293 \cdot 273 \left[ \frac{1}{t_e + 273} - \frac{1}{t_i + 273} \right] H.$$

Здесь  $0,95$  — коэфф. пол. действия;  $1,293$  — плотность воздуха при  $0^\circ$ ;  $t_e$  — внешняя температура;  $t_i$  — внутренняя температура;  $H$  — высота трубы.

Считая  $t_e = 15^\circ$ , а  $t_i = 300^\circ, 400^\circ, 450^\circ$ ,

получим:

$$z_{300} = 0,6 H \quad z_{400} = 0,67 H \quad z_{450} = 0,71 H;$$

$z$  получено как разность весов воздуха наружного и внутреннего в объеме трубы с  $1 \text{ м}^2$  в поперечнике. Следовательно,  $z$  получилось в  $\text{кг}$  на  $1 \text{ м}^2$ .

Измеряя давление водяным манометром, получим высоту  $h \text{ м.м.}$

Давление этого столба воды на  $1 \text{ кв. м} = 1 \cdot \frac{h}{1000}$  тонн, или  $h \text{ кг}$ ;

т. е.  $z = h$ .

Таким образом  $z$  выражает тягу в  $\text{м.м.}$  водяного столба.

Берем  $z = 8$  до 11 м, в зависимости от величины камер и материала форм, а именно:

Камера	Тощая земля	Жирная земля	Глина
25	8	8	8
55	8	9	9
75	9	9	11
100	9	11	11
125	11	11	11
150	11	11	11

8. Скорость продуктов горения в трубе.

$$V = 0,5 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5}{\Delta \cdot 1000}}$$

При  $t = 15^\circ$ ;  $\Delta = 0,0011$ ; откуда при

$$z = 8; V = 4,5 \text{ м/с} \quad z = 9; V = 5 \text{ м/с} \quad z = 11; V = 5,5 \text{ м/с}$$

9. Сечение дымовой трубы

$$f = \frac{Q}{3600 V}$$

10. Высота дымовой трубы:

$$H_{200} = \frac{z}{0,6} \quad H_{400} = \frac{z}{0,67} \quad H_{100} = \frac{z}{0,71}$$

11. Общее сечение вытяжных каналов делается в 2—3 раза больше сечения трубы. Каналы покрываются чугунными плитами, с целью использования лучистой теплоты для нагревания нижних частей камеры.

12. В начале топки в сушилах образуется большое количество водяных паров, для быстрого отвода которых в потолке камеры делается отверстие, поперечное сечение которого должно равняться  $\frac{1}{2}$  сечения трубы.

Пример расчета сушила в 100 м<sup>3</sup> для жирной земли.

Величина камеры 100 м<sup>3</sup>.

Количество кокса  $P = 4 \cdot 100 = 400 \text{ кг}$ .

Объем кокса

$$B = \frac{400}{450} = 0,89 \text{ м}^3.$$

Поверхность решетки

$$R = \frac{0,89}{0,6} = 1,48 \text{ м}^2.$$

Делаем 2 топки по  $0,75 \text{ м}^2 = 1 \text{ м} \cdot 0,75 \text{ м}$ .

На 1 м<sup>3</sup> камеры приходится площади решетки

$$\frac{1,48}{100} \cdot 100^2 = 148 \text{ кв. см.}$$

Сжигается кокса в час  $1,48 \cdot 60 = 89$  кг.

Время горения

$$\frac{400}{89} = 4,5 \text{ часа.}$$

Считая, что вся сушка продолжается 12 часов, получим время для выравнивания  $12 - 4,5 = 7,5$  часа.

Продукты горения  $Q_{\text{кис}} = 40 \cdot 89 = 3550 \text{ м}^3$

$$z = 11 \text{ м.м. водяного столба.}$$

Сечение трубы

$$f = \frac{3550}{3600 \cdot 5,5} = 0,179 \text{ м}^2 = 42 \cdot 42 \text{ см.}$$

Высота

$$H_{\text{кис}} = \frac{z}{0,67} = 16,5 \text{ м}$$

$$\frac{f}{R} = \frac{1}{8,3}$$

Отверстие для отвода паров

$$\frac{f}{3} = 0,06 \text{ м}^2 = 25 \cdot 25 \text{ см.}$$

### Применение сжатого воздуха в литейных.

Сжатый воздух в настоящее время получает самое широкое применение в литейных мастерских. Мы уже видели, что им приводятся в действие вибраторы, служащие отчасти для уплотнения земли в формах, но главным образом для замены расколачивания формы.

В формовочных машинах, работающих ударами, происходящими от падения массивной платформы вместе с формой, поднятие производится также сжатым воздухом; наконец, в прессовальных формовочных машинах вместо гидравлической силы с большим успехом применяется пневматическая. Иногда воздухом приводятся в действие трамбовки при формовке без помощи машин. В машинах, работающих сжатым воздухом, воздушной струей производится и обдувание моделей перед формовкой, а также выдувание земли и сора из готовых форм.

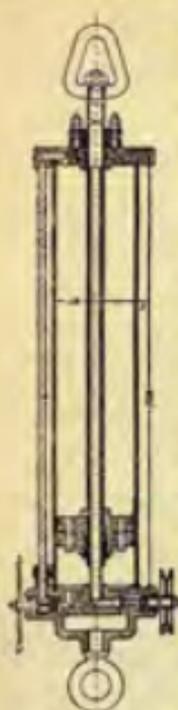
Для просеивания земли употребляются сита, снабженные воздушными вибраторами.

Для очистки литей служат пневматические зубила и пескоструйные приборы, работающие сжатым воздухом.

Наконец, следует указать на воздушные подъемные механизмы (фиг. 272).

Расход воздуха на различные приборы выражается в следующих числах (при атмосферном давлении):

Ручные трамбовки . . . . .	0,3—0,6 куб. м в мин.
Трамбовки, подвешенные к крану . . . . .	1 " " " "
Сита . . . . .	0,25 " " " "
Вибраторы в формовочных маш. . . . .	0,1—0,15 " " " "
Зубила . . . . .	0,3—0,45 " " " "
Сверла . . . . .	0,6—1,3 " " " "



Фиг. 272.

Давление воздуха должно равняться  $5\frac{1}{2}$ —6 атмосферам. Компрессоры употребляются двухступенчатые с промежуточным охлаждением. Необходимо, чтобы производительность компрессора автоматически регулировалась сообразно с расходом воздуха. Воздух нагнетается в котел, снабженный предохранительным клапаном, манометром, люком и краном для выпуска конденсационной воды. Для отделения воды этот котел следует ставить в холодном месте. Воздух следует забирать по возможности сухой и чистый. Объем котла рассчитывается по формуле  $V = \sqrt[3]{10Q}$ , где  $Q$  — производительность компрессора в куб. м в минуту, считая воздух при атмосферном давлении.

Сечение воздухопровода рассчитывается, принимая по 10—12 кв. см на каждый куб. м в минуту. Главные ответвления не менее 2" в диаметре; отдельные ветви к каждому аппарату в 1". При очень длинных воздухопроводах на удаленном от компрессора конце рекомендуется ставить второй воздушный котел.

Воздухопроводы снабжаются краниками для выпуска воды.

Неподвижные трубы делаются железными, оцинкованными снаружи и внутри.

Гибкие шланги делаются резиновыми с холщевыми прокладками, защищенные снаружи проволоочной обмоткой.

Вообще пневматическое устройство требует внимательного ухода. Все движущиеся части надо смазывать жидким минеральным маслом, не содержащим в себе смолы, и особенно надо следить, чтобы внутри не попал песок.



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ИМЕНИ  
В. Г. БЕРЕЖНЕВА  
Свердловск

СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО

1920  
+ 20/10/20

СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО

СОУНЬ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО

3 р. 25 к. Переплет 35 к.

СОУНЬ ИМ. В. Г. Белинского