

Л. С. СИМКИН и А. Ф. СОКОЛОВ

44127
ПОСТАВЛЕНО

ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ЛИТЬЕ

41078-10

1935

О Н Т И • Н К Т П • С С С Р

Л. С. СИМКИН и А. Ф. СОКОЛОВ

ДЕП

ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ЛИТЬЕ

2005

ПОДАЩЕНО

О Н Т И · Н К Т П · С С С Р
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
ЛЕНИНГРАД 1935 МОСКВА

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

Глава первая

СУЩНОСТЬ, ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Центробежным литьем называют процесс изготовления изделий во вращающихся формах из залитого в последние расплавленного металла. Под действием развивающейся при вращении центробежной силы жидкий металл отбрасывается к стенкам формы, чем пользуются преимущественно для получения плотных, свободных от пустот и раковин отливок и полых тел вращения без применения или с ограниченным применением стержней.

Формы могут быть с футеровкой и без футеровки. Наиболее распространенные стальные или чугунные формы (кокилы) без футеровки в свою очередь разделяются на охлаждаемые (водой, маслом или воздухом), «теплые» (нагреваемые теплом самого металла) и «горячие» (нагреваемые внешним источником тепла). Воздушное охлаждение иногда применяется и для футерованных форм.

Заливка металла производится посредством жолобов, вводимых внутрь форм или приставляемых к их косякам. Литники, выпоры и приливы применяются в исключительных случаях.

Формы являются существенным элементом общего, часто довольно сложного, устройства, именуемого центробежнолитейной или просто центробежной машиной. Центробежные машины разделяются на имеющие вертикальную и горизонтальную оси вращения, с которыми совпадают оси симметрии форм. Разновидностью вертикальных машин являются машины с осью, отклоненной от вертикали. У крупных горизонтальных машин ось обычно слегка отклонена от горизонтали для лучшего распределения металла в форме.

Фэй (Fay)¹ различает еще три типа машин: с формой, вращающейся около горизонтальной оси, но перпендикулярно к ней, с формой, вращающейся в горизонтальном положении около вертикальной оси, и с формой, имеющей два вращательных движения около центральной оси. Но эти машины и еще некоторые другие мало распространены и играют очень незначительную роль в области центробежнолитейного дела. Крупное практическое значение приобрели только машины с вертикальной и горизонтальной осями вращения (особенно последние).

Поэтому в дальнейшем, рассматривая втростепенные типы машин, мы

¹ The Iron Age, 1901, 67; C. Pardun, Stahl und Eisen 1924, № 31, 35, 4).

будем их относить к горизонтальным или вертикальным, в зависимости от их основного движения.

Работа вертикальных машин основана на задаче гидростатики о вращении жидкости около вертикальной оси, а работа горизонтальных машин — на задаче о вращении жидкости около горизонтальной оси, так как расплавленные металлы подчиняются всем законам, управляющим жидкостями.

Работа наклонных машин, являющихся, как уже было отмечено, конструктивной разновидностью вертикальных, основана на задаче о вращении жидкости около наклонной оси. Значение этой задачи, однако, заключается не только в том, что она обосновывает отливку около наклонной оси. Она универсальна и дает все выводы, получаемые в результате решения первых двух задач.

§ 2. ВРАЩЕНИЕ РАСПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ОКОЛО ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ

А. Вид свободной поверхности

Рассмотрим вращение расплавленного металла около вертикальной оси. На рис. 1 представлено меридиональное сечение открытой цилиндрической формы внутреннего радиуса R .

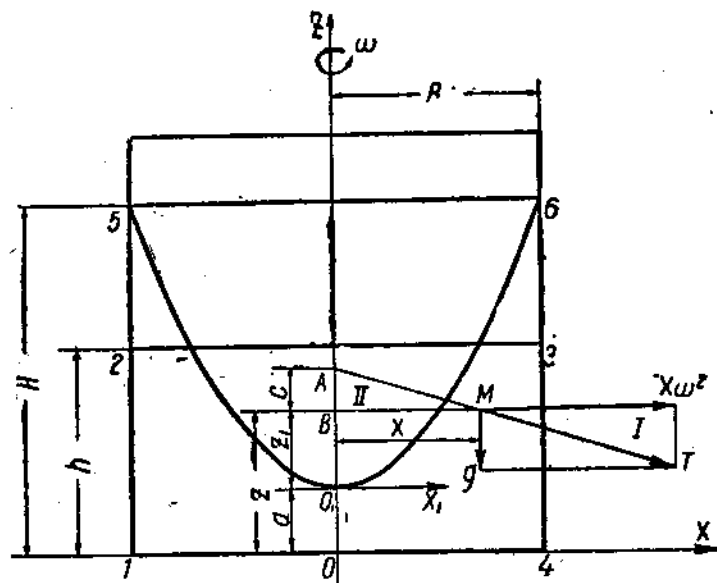


Рис. 1.

Если в эту форму залить жидкий металл до высоты h и затем привести ее во вращательное движение около оси Z , совпадающей с ее осью симметрии, с постоянной угловой скоростью ω , то через некоторое время металл тоже начнет вращаться с такой же скоростью.

Возьмем какую-либо точку M металла с координатами x и z . На единицу массы жидкого металла в этой точке действуют центробежная сила $x\omega^2$, направленная перпендикулярно к оси Z , и сила тяжести g , направленная вертикально вниз. Обозначим плотность металла буквой ρ , а гидростатическое давление в точке M буквой p .

Считая, что жидкий металл находится в относительном покое (по отношению к форме), для определения вида его свободной поверхности (не соприкасающейся с внутренней поверхностью формы) воспользуемся основным уравнением равновесия гидростатики (Эйлера)

$$dp = \rho (Xdx + Ydy + Zdz).^1$$

В этом уравнении буквами X , Y , и Z обозначены проекции действующих в точке M сил. В рассматриваемом случае

$$X = x\omega^2, \quad Y = 0 \text{ и } Z = -g,$$

а поэтому уравнение равновесия примет такой вид

$$dp = \rho (x\omega^2 dx - g dz).$$

Интегрируя это уравнение, получим

$$p = \rho \left(\frac{\omega^2 x^2}{2} - gz \right) + C. \quad (1)$$

Полагая $p = \text{const}$, найдем уравнение кривых равных давлений:

$$\frac{\omega^2 x^2}{2} - gz = D. \quad (2)$$

Полученное уравнение является уравнением параболы с вертикальной осью и параметром $\frac{g}{\omega^2}$. Следовательно поверхности равных давлений (поверхности уровней) являются поверхностями параболоидов вращения.

К этому же выводу можно прийти более простым путем. Продолжим направление равнодействующей сил $x\omega^2$ и g , обозначенной на чертеже буквой T , до пересечения в точке A с осью Z , а направление центробежной силы до пересечения в точке B . Обозначив отрезок AB через c , из подобия треугольников I и II , получим:

$$\frac{c}{x} = \frac{g}{x\omega^2},$$

откуда

$$c = \frac{g}{\omega^2} = \text{const}.$$

Так как металл находится в относительном покое, то равнодействующая T нормальна к поверхности уровня и, следовательно, с есть ни что иное, как поднормаль для кривой, образуемой пересечением поверхности уровня плоскостью, проходящей через ось Z . Следовательно эта кривая будет параболой, а образуемая ею поверхность параболоидом вращения.

¹ См. любой курс гидравлики.

Для получения уравнения кривой свободной поверхности необходимо найти постоянную D [см. уравнение (2)]. Для этого воспользуемся тем, что объем жидкого металла в спокойном состоянии 1, 2, 3, 4 равен объему цилиндра 1, 5, 6, 4 минус объем параболоида 3, 0, 6. Объем цилиндра 1, 2, 3, 4 $= \pi R^2 h$, объем цилиндра 1, 5, 6, 4 $= \pi R^2 H$ и объем параболоида 3, 0, 6 $= \frac{1}{2} \pi R^2 (H - a)$.¹

Следовательно

$$\pi R^2 h = \pi R^2 H - \frac{1}{2} \pi R^2 (H - a),$$

откуда

$$2h = H + a.$$

Полагая в уравнении (2) $x=0$ и $z=a$, получим

$$-ga = D.$$

Полагая в нем же $x=R$ и $z=H$, найдем

$$\frac{\omega^2 R^2}{2} - gH = D.$$

Полученные три формулы после простых преобразований и подстановок дадут

$$a = h - \frac{R^2 \omega^2}{4g}, \quad H = h + \frac{R^2 \omega^2}{4g} \quad \text{и} \quad D = \frac{\omega^2 R^2}{4} - gh.$$

Подставляя в уравнение (2) найденное значение D , получим уравнение кривой свободной поверхности

$$\frac{\omega^2 x^2}{2} - gz = \frac{\omega^2 R^2}{4} - gh. \quad (3)$$

При переносе начала координат из точки O в точку O_1 , уравнение (2) примет такой вид ($x_1 = z - a$):

$$\frac{\omega^2 x^2}{2} - gx_1 = E,$$

а уравнение свободной поверхности:

$$\frac{\omega^2 x^2}{2} - gx_1 = 0,$$

или

$$x_1 = \frac{\omega^2 x^2}{2g}, \quad (2')$$

или иначе

$$x_1 = \frac{x^2}{2c}.$$

¹ Hütte, т. I, изд. 12, стр. 192.

В. Распределение давлений

Для нахождения закона распределения давлений в жидком металле найдем постоянную C в уравнении (1).

При $x=0$ и $x=a$ $p=p_0$ (атмосферное давление). Поэтому из уравнения (1) получим:

$$p_0 = -\rho g a + C.$$

Отсюда, так как $\rho g = \gamma$ (удельный вес),

$$C = p_0 + \gamma a = p_0 + \gamma \left(h - \frac{R^2 \omega^2}{4g} \right).$$

Подстановка этого значения C в уравнение (1) дает

$$p = p_0 + \gamma (h - x) + \frac{\gamma \omega^2}{4g} (2x^2 - R^2). \quad (4)$$

Ясно, что при $x = \text{const}$, т. е. для точек, находящихся в одной и той же горизонтальной плоскости, давления возрастают пропорционально квадрату их расстояния от оси. При $x = \text{const}$, т. е. для точек, лежащих на одной и той же цилиндрической поверхности, давления изменяются пропорционально расстоянию по вертикали до свободной поверхности.

Достаточная угловая скорость создает давления, способствующие уплотнению металла. Все более легкие частицы (шлаки, газы) выдавливаются по направлению к свободной поверхности. Кроме того повышенные давления в соединении с движением металла препятствуют развитию крупной кристаллизации.

Зона наибольших давлений находится у окружности дна формы. Здесь металл будет наиболее уплотнен. Наибольшее давление ($x=R, z=0$) равно

$$p_{\max} = p_0 + \gamma h + \gamma \frac{\omega^2 R^2}{4g}.$$

Наименьшие давления действуют во всех точках свободной поверхности ($p_0 = 1 \text{ кг/см}^2$). Стало быть слои металла, прилегающие к этой поверхности, должны получаться наименее уплотненными.

Уравнение (1) можно представить в более простом виде, если за начало координат будет принята точка O_1 ($z_1 = z - a$). Тогда

$$p = \rho \left[\frac{\omega^2 x^2}{2} - g (z_1 + a) \right] + C,$$

или

$$p = \gamma \left(\frac{\omega^2 x^2}{2g} - z_1 \right) + F.$$

При $x=0$, и $z_1=0$ $p=p_0$ и, следовательно, $p_0 = F$. Поэтому можно написать

$$p = p_0 + \gamma \left(\frac{\omega^2 x^2}{2g} - z_1 \right). \quad (1')$$

С. Скорость вращения

Для того чтобы стенка отливки не сходила на-нет, достаточно перекрыть форму крышкой с отверстием в центре для заливки металла. Увеличением угловой скорости можно добиться того, что параболоид примет удлиненный вид, а его вершина O_1 опустится ниже точки O , т. е. металл обнажит дно формы, перейдя весь на ее периферию. Вращающийся металл примет вид, показанный на рис. 2. Задаваясь максимальным и минимальным внутренними радиусами r_1 и r_2 , а также высотой k , легко вывести формулу для определения необходимой скорости вращения. Точки

1 и 2 принадлежат параболе. Поэтому, обозначая их ординаты соответственно h_1 и h_2 , можно написать

$$h_1 = \frac{r_1^2 \omega^2}{2g} \text{ и } h_2 = \frac{r_2^2 \omega^2}{2g}.$$

Так как

$$k = h_1 - h_2,$$

то, подставляя вместо h_1 и h_2 их значения, получим следующий результат:

$$k = \frac{\omega^2}{2g} (r_1^2 - r_2^2),$$

откуда

$$\omega = \sqrt{\frac{2gk}{r_1^2 - r_2^2}}.$$

Эту формулу лучше привести к виду более удобному, выразив угловую скорость через число оборотов в минуту

$$\left(\omega = \frac{\pi n}{30} \right).$$

Если считать r_1 , r_2 и k выраженными в сантиметрах, а $g = 981 \text{ см/сек}^2$, то после подстановки и некоторых преобразований получим

$$n = 423 \sqrt{\frac{k}{r_1^2 - r_2^2}}. \quad (5)$$

При помощи этой формулы можно наглядно показать, что вертикальные формы, вообще говоря, непригодны для отливки длинных цилиндрических изделий. Предположим, что нужно отлить чугунную водопроводную трубу, ходового диаметра $d_1 = 300 \text{ мм}$ (внутреннего). Длина такой трубы равна 4000 мм. Согласно ОСТ 4941 для диаметров допускаются

отклонения $\pm (2 \text{ мм} + 0,1\sqrt{d_1 \text{ мм}})$. Следовательно для данного случая допускаемое отклонение будет равно $2 + 0,1\sqrt{300} \approx 3,7 \text{ мм}$. Поэтому

$$n = 423 \sqrt{\frac{400}{15^3 - 11,815^3}} \approx 3600 \text{ об./мин.}$$

Эта скорость слишком велика, если принять во внимание вес отливки ($\sim 385 \text{ кг}$). Применение ее утяжелило бы и усложнило машину и вызвало бы затрату большого количества энергии. Кроме того металл не достигнув еще высоты в 4 м, на что требуется известное время, может застыть. По этим причинам в вертикальных формах отливают предметы небольшой высоты, преимущественно кольцеобразные, или в крайнем случае втулки.

Пользование формулой (5) может быть значительно облегчено, если придать ей вид:

$$n = A\sqrt{k}, \quad (5')$$

где A — заранее вычисляемый для различных случаев коэффициент. В приводимой ниже табл. 1, заимствованной у Герста (J. E. Hurst),¹ эта операция проделана для ряда диаметров от 10 до 500 мм при разности $d_1 - d_2 = 2r_1 - 2r_2 = 2, 5$ и 10 мм.

Таблица 1.

$d_1 - d_2 = 2 \text{ мм}$			$d_1 - d_2 = 5 \text{ мм}$			$d_1 - d_2 = 10 \text{ мм}$		
d_1	d_2	A	d_1	d_2	A	d_1	d_2	A
10	8	1400	10	5	980	10	0	846
20	18	970	20	15	635	20	10	486
30	28	785	30	25	510	30	20	381
40	38	675	40	35	435	40	30	320
50	48	605	50	45	387	50	40	280
100	98	425	100	95	280	100	90	195
200	198	299	200	195	189	200	190	137
300	298	245	300	295	154	300	290	110
400	398	212	400	395	133	400	390	103
500	498	189	500	495	120	500	490	90

По данным таблицы построены кривые a , b и c (рис. 3), для пользования которыми не требуется особых пояснений.

Формула (5) или (5') пригодна в том случае, когда к отливке предъявляются требования в отношении размеров r_1 и r_2 , позволяющих свести к минимуму затраты и время на механическую обработку. В других случаях необходимо получить металл определенного качества, что в значительной степени связано с давлением во время отливки. Для того чтобы связать между собой давление и число оборотов, возьмем уравнения (1') и (2').

¹ The Foundry Trade Journal. 1931, vol. 45, № 785.

Полагая в уравнении (1') $x = R$ и $z = h_1$, получим

$$p_i - p_0 = \gamma \frac{\omega^2 R^2}{2g} - \gamma h_1.$$

Полагая в уравнении (2') $x = r_1$ и $z = h_1$, получим

$$h_1 = \frac{\omega^2 r_1^2}{2g}.$$

Если подставить значение h_1 в предыдущую формулу, то

$$p_i - p_0 = \gamma \frac{\omega^2}{2g} (R^2 - r_1^2) = \gamma \frac{\pi^2 n^2}{2 \cdot 30^2 g} (R^2 - r_1^2).$$

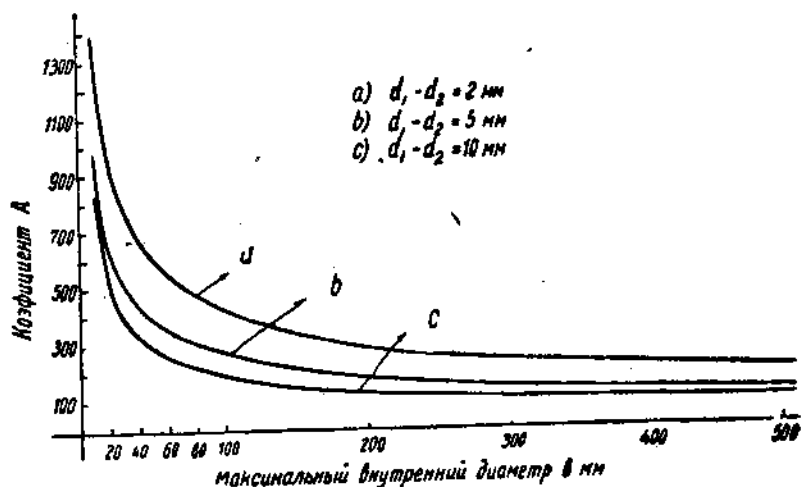


Рис. 3.

Решим это уравнение относительно n .

$$n = 423 \sqrt{\frac{p_i - p_0}{\gamma (R^2 - r_1^2)}}.$$

Если $p_i - p_0$ — избыточное давление в точке i (рис. 2) обозначим p'_i , то

$$n = 423 \sqrt{\frac{p'_i}{\gamma (R^2 - r_1^2)}}. \quad (6)$$

Принимая во внимание, что $\pi (R^2 - r_1^2)$ — площадь поперечного сечения отливки, и обозначая ее буквой f , можем написать

$$n = 750 \sqrt{\frac{p'_i}{\gamma f}}.$$

Избыточное давление p_i' в точке i практически будет мало отличаться от давления во всякой другой точке, взятой на внешней поверхности металла. Поэтому под давлением p_i' следует подразумевать максимальное избыточное давление в металле.

Следовательно число оборотов прямо пропорционально корню квадратному из избыточного давления p_i' и обратно пропорционально корню квадратному из удельного веса и площади поперечного сечения.

Уравнением (6) удобно пользоваться совместно с ранее выведенным (5). Задаваясь давлением R и r_1 , найдем из уравнения (6) n . Задаваясь высотой k , найдем из уравнения (5)

$$r_2 = \sqrt{r_1 - \frac{423^2 k}{n^2}}. \quad (5')$$

Применяемые при отливке чугуновых поршневых колец и бронзовых (заготовок давления приведены в главе восьмой).

Отсюда легко найти количество металла, необходимое для отливки кольца определенных размеров. Объем сплошного цилиндра радиуса R равен $\pi R^2 k$. Объем усеченного параболоида

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \pi r_1^2 h_1 - \frac{1}{2} \pi r_2^2 h_2 &= \frac{1}{2} \pi (r_1^2 h_1 - r_2^2 h_2) = \frac{1}{2} \pi (r_1^2 h_1 - r_2^2 h_2 - r_1^2 h_2 + \\ &+ r_2^2 h_1) = \frac{1}{2} \pi (r_1^2 + r_2^2) (h_1 - h_2) = \frac{1}{2} \pi (r_1^2 + r_2^2) k. \\ \left[h_1 = \frac{\omega^2 r_1^2}{2g}; \quad h_2 = \frac{\omega^2 r_2^2}{2g}; \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}; \quad h_1 r_2^2 = h_2 r_1^2 \right]. \end{aligned}$$

Объем и вес отливки:

$$\pi R^2 k - \frac{1}{2} \pi (r_1^2 + r_2^2) k \quad \text{и} \quad \pi \gamma \left(R^2 - \frac{r_1^2 + r_2^2}{2} \right) k.$$

Обозначим высоту металла в спокойном состоянии h . Тогда

$$\pi R^2 h = \pi \left(R^2 - \frac{r_1^2 + r_2^2}{2} \right) k$$

и, следовательно,

$$h = \left(1 - \frac{r_1^2 + r_2^2}{2R^2} \right) k.$$

§ 3. ВРАЩЕНИЕ РАСПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ОКОЛО НАКЛОННОЙ ОСИ

А. Вид свободной поверхности

Если вращение металла происходит около оси Z , отклоненной от вертикали на угол α , то его внутренняя поверхность примет вид параболоида, ось которого Z_1 отстоит от оси вращения на расстоянии $c_1 = \frac{g}{\omega^2} \sin \alpha$ (рис. 4). Докажем это простейшим путем. Возьмем какую-

Пусть точку M с координатами x и z относительно осей X и Z . На эту точку действуют сила тяжести g , направленная вертикально вниз и центробежная сила $x\omega^2$, перпендикулярная оси Z .

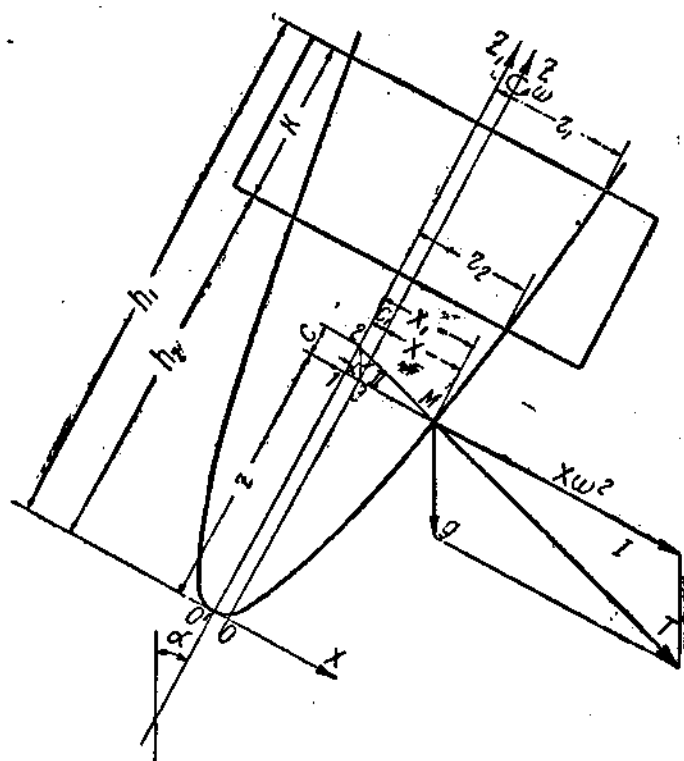


Рис. 4.

Допустим, что уравнение кривой свободной поверхности (параболы) в осях X и Z известно и имеет вид

$$z = \frac{x^2 \omega^2}{2g \cos \alpha} + x \operatorname{tg} \alpha + \frac{g \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha}{2\omega^2}. \quad (7)$$

Для того чтобы получить уравнение этой параболы в осях X и Z_1 , подставим вместо x его значение $x_1 - c_1 = x_1 - \frac{g}{\omega^2} \sin \alpha$.

Тогда получим

$$z = \frac{\left(x_1 - \frac{g}{\omega^2} \sin \alpha\right)^2 \omega^2}{2g \cos \alpha} + \left(x_1 - \frac{g}{\omega^2} \sin \alpha\right) \operatorname{tg} \alpha + \frac{g \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha}{2\omega^2},$$

или

$$z = \frac{x_1^2 \omega^2}{2g \cos \alpha} - x_1 \operatorname{tg} \alpha + \frac{g \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha}{2\omega^2} + x_1 \operatorname{tg} \alpha - \frac{g \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha}{\omega^2} + \frac{g \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha}{2\omega^2},$$

или окончательно

$$x = \frac{x_1^2 \omega^2}{2g \cos \alpha} = \frac{x_1^2}{2c} \quad (7)$$

Значит предположение относительно существования эксцентриситета оказалось правильным.

Так как теперь известно значение параметра k , следовательно, поднормали параболы ($c = \frac{g}{\omega^2} \cos \alpha$), то можно установить связь между поднормалью и эксцентриситетом. Разделив c_1 на c , найдем

$$c_1 = c \operatorname{tg} \alpha.$$

Значит, у треугольника 1, 2, 3, катетами которого являются c_1 и c , угол при вершине 2 равен α и значит гипотенуза 2, 3 этого треугольника направлена вертикально и равна $\frac{g}{\omega^2}$. Теперь ясно также, что треугольники I и II (2, 3, M) подобны. Из их подобия легко получить опять-таки, что гипотенуза 2, 3 равна $\frac{g}{\omega^2}$.

При $\alpha = 0$ $\sin \alpha = 0$, $\cos \alpha = 1$ и $\operatorname{tg} \alpha = 0$. В этом случае $c_1 = 0$, $c = \frac{g}{\omega^2}$ — стороне 2, 3 треугольника 1, 2, 3, а уравнение (7') примет вид

$$x = \frac{x_1^2 \omega^2}{2g}.$$

При $\alpha = 90^\circ$, $\sin \alpha = 1$, $\cos \alpha = 0$ и $\operatorname{tg} \alpha = \infty$. В этом случае $c_1 = \frac{g}{\omega^2}$, а $c = 0$. Из уравнения же (7') найдем, что $x = \infty$, т. е. параболоидальность внутренней (свободной) поверхности исчезает. Поверхность принимает цилиндрический вид.

В. Скорость вращения

При отливке двух изделий с одинаковыми внутренними диаметрами и высотами вращением в одном случае около вертикальной оси, а в другом около наклонной, в последнем случае нужно применить меньшую скорость вращения. Определим число оборотов n_1 , необходимое для отливки предмета высотой k и с внутренними радиусами r_1 и r_2 (рис. 4).

$$h_1 = \frac{r_1^2 \omega_1^2}{2g \cos \alpha} \quad \text{и} \quad h_2 = \frac{r_2^2 \omega_1^2}{2g \cos \alpha}.$$

Вычитая h_2 из h_1 найдем:

$$h_1 - h_2 = k = \frac{\omega_1^2}{2g \cos \alpha} (r_1^2 - r_2^2)$$

или после подстановки $\frac{\pi n_1}{30}$ вместо ω_1 и преобразований

$$n_1 = 423 \sqrt{\frac{k \cos \alpha}{r_1^2 - r_2^2}}.$$

Для отливки такого же предмета в строго вертикальной форме потребовалось бы число оборотов.

$$n = 423 \sqrt{\frac{k}{r_1^3 - r_2^3}}$$

Значит

$$n_1 = n \sqrt{\cos \alpha}, \quad \text{т. е.} \quad n_1 < n.$$

Число оборотов уменьшится, но зато появится эксцентриситет и как следствие этого утолщение стенки отливки с одной стороны и утончение с другой. Чтобы понизить эксцентриситет, придется несколько увеличить число оборотов. Для невысокого кольца может оказаться нужным настолько повысить скорость, что она окажется больше чем при отливке в вертикальной форме. Поэтому в наклонных формах очень короткие предметы и не отливают. Только отливая в наклонной форме предмет достаточной (средней) высоты, можно и понизить скорость вращения и не допускать слишком большого эксцентриситета.

§ 4. ВРАЩЕНИЕ РАСПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ОКОЛО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСИ

А. Вид свободной поверхности

Доказательство того, что при вращении жидкого металла около горизонтальной оси его свободная поверхность принимает вид цилиндрической поверхности, можно получить, не только анализируя случай вращения около наклонной оси, но и рассматривая поперечное сечение формы внутреннего радиуса R (рис. 5). Форма вращается с постоянной угловой скоростью ω около своей оси O , перпендикулярной к плоскости чертежа. Вместе с формой вращается также и непонтостью ее заполняющий металл.

Считая, что металл находится в состоянии относительного покоя, можно и теперь, как и в случае вращения около вертикальной оси, воспользоваться основным уравнением равновесия гидростатики.

Любая частица металла M подвергается действию силы тяжести g и центробежной силы $r_{yz}\omega^2$. Проекции этих сил на координатные оси соответственно равны

$$Y = r_{yz}\omega^2 \cos \varphi = r_{yz}\omega^2 \frac{y}{r_{yz}} = \omega^2 y$$

и

$$Z = \omega^2 z - g.$$

Поэтому

$$dp = \rho [\omega^2 y dy + (\omega^2 z - g) dz].$$

Интегрирование дает следующий результат:

$$p = \rho \left(\frac{\omega^2 y^2}{2} + \frac{\omega^2 z^2}{2} - gz \right) + C. \quad (8)$$

При $p = \text{const}$ получается уравнение кривых равных давлений

$$\frac{\omega^2 y^2}{2} + \frac{\omega^2 z^2}{2} - gz = D. \quad (9)$$

Нетрудно видеть, что уравнение (9) представляет собой уравнение окружности с центром O_1 на оси Z , отстоящим от начала координат на расстоянии $c_1 = \frac{g}{\omega^2}$. Если за начало координат принять точку O_1 , то связь между старой и новой координатой точки M будет выражена формулой $z = z_1 + c_1 = z_1 + \frac{g}{\omega^2}$. При подстановке $z_1 + \frac{g}{\omega^2}$ вместо z в уравнение (9) последнее примет после сокращений и преобразований следующий вид:

$$\frac{\omega^2 y^2}{2} + \frac{\omega^2 z_1^2}{2} - \frac{g^2}{\omega^2} = D \quad (9')$$

или

$$y^2 + z_1^2 = E.$$

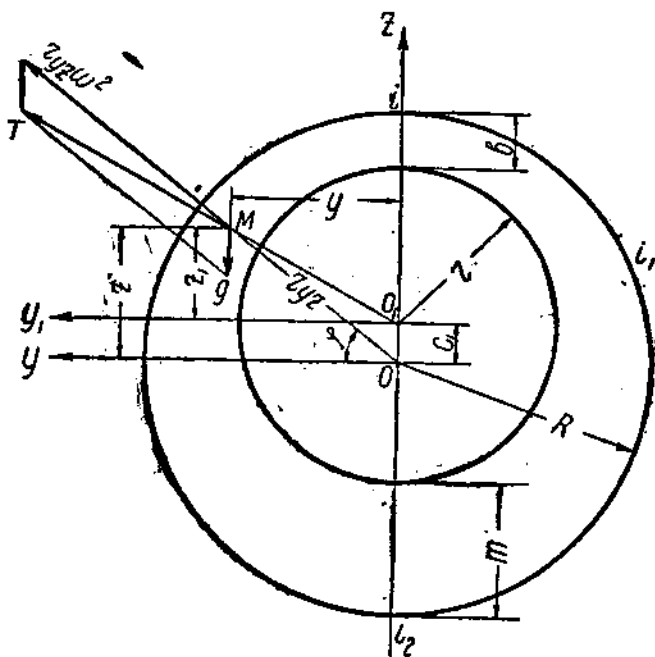


Рис. 5.

Положив в уравнение (9') $y = 0$ и $z_1 = r$, можно написать, что в этом случае значение произвольной постоянной

$$D = \frac{\omega^2 r^2}{2} - \frac{g^2}{2\omega^2}.$$

Поэтому уравнение кривой свободной поверхности будет

$$\frac{\omega^2 y^2}{2} + \frac{\omega^2 z_1^2}{2} - \frac{g^2}{2\omega^2} = \frac{\omega^2 r^2}{2} - \frac{g^2}{2\omega^2}$$

или окончательно

$$y^2 + z_1^2 = r^2.$$

Так как кривые равных давлений оказались окружностями, то поверхностями равных давлений (в частности свободная поверхность) будут круглые цилиндрические поверхности, концентричные к оси O_1 и эксцентриситетные (эксцентриситет $c_1 = \frac{g}{\omega^2}$) к оси вращения O формы.

В. Распределение давлений

Постоянная C в уравнении (8) находится из того условия, что при $y=0$ и $x=r + \frac{g}{\omega^2} p = p_0$. Подстановка этих значений координат точки M дает

$$C = p_0 - \gamma \left(\frac{\omega^2 r^2}{2g} - \frac{g}{\omega^2} \right).$$

Следовательно

$$p = p_0 + \gamma \left(\frac{\omega^2 y^2}{2g} + \frac{\omega^2 x^2}{2g} - x \right) - \gamma \left(\frac{\omega^2 r^2}{2g} - \frac{g}{2\omega^2} \right) \quad (8')$$

или если принять за начало координат точку O_1 ,

$$p = p_0 + \gamma \left[\frac{\omega^2 y^2}{2g} + \frac{\omega^2 \left(x_1 + \frac{g}{\omega^2} \right)^2}{2g} - \left(x_1 + \frac{g}{\omega^2} \right) \right] - \gamma \left(\frac{\omega^2 r^2}{2g} - \frac{g}{2\omega^2} \right).$$

После преобразований окончательно получим

$$p = p_0 + \gamma \left(\frac{\omega^2 y^2}{2g} + \frac{\omega^2 x_1^2}{2g} \right) - \gamma \frac{\omega^2 r^2}{2g}. \quad (8'')$$

При помощи уравнения (8') или (8'') можно найти давление в любой точке.

С. Скорость вращения

Для определения скорости вращения может служить формула эксцентриситета $c_1 = \frac{g}{\omega^2}$. Подставив в нее $\frac{\pi n}{30}$ вместо ω и вместо g его значение — 981 см/сек², получим

$$n = \frac{300}{\sqrt{c_1}}. \quad (10)$$

Задаваясь величиной c_1 в зависимости от предъявляемых требований, будем получать соответствующие значения n . Можно вывести также формулу зависимости числа оборотов от заданного давления.

Возьмем уравнение (8'). При $x=R$ и $y=0$

$$p = p_i = p_0 + \gamma \left(\frac{\omega^2 R^2}{2g} - R \right) - \gamma \left(\frac{\omega^2 r^2}{2g} - \frac{g}{2\omega^2} \right)$$

$$p_i = p_0 + \gamma \left[\frac{R^2 - r^2}{2c_1} - \left(R - \frac{c_1}{2} \right) \right].$$

Откинем в этом уравнении член $R - \frac{c_1}{2}$ в виду его сравнительной малости. (Действительно, если взять например чугунную трубу диаметром 300 мм, то этот член будет $< \frac{7,25}{1000} \cdot 16,25 = 0,12 \text{ кг/см}^2$). Подставим в уравнение $\frac{300^2}{n^2}$ вместо c_1 и решим его относительно n .

Тогда получим:

$$n = 423 \sqrt{\frac{p_i - p_0}{\gamma(R^2 - r^2)}} \\ n = 423 \sqrt{\frac{p_i'}{\gamma(R^2 - r^2)}}. \quad (11)$$

Формула (11) очевидно совершенно аналогична формуле (6) и так как площадь поперечного сечения отливки $f = \pi(R^2 - r^2)$, то

$$n = 750 \sqrt{\frac{p_i'}{\gamma f}},$$

т. е. так же, как в случае вращения около вертикальной оси, число оборотов прямо пропорционально корню квадратному из избыточного давления p_i' и обратно пропорционально корню квадратному из удельного веса и площади поперечного сечения.

Избыточное давление в точке i_1 будет несколько больше чем в точке i . Давление в точке i_2 будет наибольшим. Однако практически эти давления мало отличаются друг от друга. Поэтому под давлением в точке i следует понимать максимальное давление в любой точке на периферии металла.

Формулой (11) удобно пользоваться совместно с формулой (10). Задаваясь давлением, R и r , из формулы (11) найдем значение n и, подставив его в формулу (10), проверим c_1 , т. е. разность толщины трубы, так как, если стандартная толщина трубы s , то $m = s + c_1$; $b = s - c_1$ и $c_1 = \frac{m - b}{2}$.

Данная Крэмменом (Crammen) формула для определения числа оборотов в минуту имеет следующий вид:

$$n = \frac{K}{\sqrt{r}}, \quad (12)$$

где r — внутренний диаметр отливки в дюймах, а коэффициент K имеет значение для

стали — 1 350
бронзы — 1 675
алюминия и дюралюминия — 2 250.

Формула Мольденке (Moldenke) ¹ для чугунных труб имеет совершенно такой же вид. Коэффициент K в ней принят равным 1550 (2470, если r выразить в сантиметрах).

Формулу типа $n = \frac{K}{\sqrt{r}}$ нетрудно получить из формулы (10) на основании очень простых соображений. Согласно ОСТ 4941 «по всей длине трубы... допускается уменьшение толщины стенки, измеряемой в самом тонком месте сечения не более чем на 10%...».

Поэтому имеем право написать

$$n = \frac{300}{\sqrt{c_1}} = \frac{300}{\sqrt{0,1s}} = \frac{300}{\sqrt{0,1(R-r)}}.$$

Для водопроводных труб всех диаметров отношение внешнего радиуса к внутреннему в среднем равно 1,1.

Следовательно

$$n = \frac{300}{\sqrt{0,1(1,1r-r)}} = \frac{300}{\sqrt{0,01r}} = \frac{3000}{\sqrt{r}}.$$

Если принять коэффициент в выведенной формуле за 100%, то разница между ним и коэффициентом Мольденке будет составлять приблизительно 18%.

Д. Угол отклонения формы от горизонтали

В начале § 1 было сказано, что у крупных горизонтальных машин ось формы ставится в положение, отклоненное от горизонтали.

Угол должен быть таков, чтобы вследствие параболоидальности внутренней поверхности металла не получилось чрезмерной разницы между толщиной стенок в начале и в конце отливки. Для приблизительного определения допустимого угла отклонения для чугунных водопроводных труб воспользуемся формулой для нахождения числа оборотов в случае наклонной оси, заменив в ней обозначение k более подходящим l и r_1 буквой r , после чего она примет вид

$$n = 423 \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{r^2 - r_2^2}}.$$

$$\begin{aligned} \text{Допуская по ОСТ 4941 разницу } r - r_2 &= \frac{2 \text{ мм} + 0,1 \sqrt{d \text{ мм}}}{2} = \\ &= 0,1 \text{ см} + 0,005 \sqrt{2r \text{ см}} = 0,1 \text{ см} + 0,007 \sqrt{r \text{ см}} = b. \end{aligned}$$

Поэтому $r_2 = r - b$, $r_2^2 = r^2 - 2rb + b^2$ и, наконец, $r^2 - r_2^2 = 2br$, если отбросить b^2 как величину безусловно малую.

Подставив в вышенаписанную формулу $2br$ вместо $r^2 - r_2^2$, получим

$$n = 423 \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{2br}}.$$

¹ The Foundry Trade Journal, 25/IX 1924.

Так как, с другой стороны, $c_1 = \frac{g}{\omega^2} \sin \alpha$ (см. начало § 3) и, следовательно,

$$n = \frac{300 \sqrt{\sin \alpha}}{\sqrt{c_1}} = \frac{3000 \sqrt{\sin \alpha}}{\sqrt{r}},$$

то

$$423 \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{2br}} = \frac{3000 \sqrt{\sin \alpha}}{\sqrt{r}},$$

откуда

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{423^2 l}{2 \cdot 3000^2 (0,1 + 0,007 \sqrt{r})}$$

или окончательно

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{10 + 0,7 \sqrt{r}}.$$

Для труб наименьшего диаметра $d = 50$ мм, имеющих длину $l = 2000$ мм,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{200}{10 + 0,7 \sqrt{2,5}} = 17,9 \text{ и } 90^\circ - \alpha = 3^\circ 10'.$$

Для труб наибольшего диаметра $d = 1200$ мм, имеющих длину $l = 5000$ мм,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{500}{10 + 0,7 \sqrt{60}} = 32,4 \text{ и } 90^\circ - \alpha = 1^\circ 40'.$$

Итак, теоретические углы отклонения лежат в пределах от $1^\circ 40'$ до $3^\circ 10'$.

Практические углы могут быть на $1-2^\circ$ больше.

§ 5. ДОБАВОЧНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ

Формулы предыдущих параграфов, в том числе и формулы Мольденке и Кэммена, являются ориентировочными, так как не учитывают ряда факторов, влияющих на процесс центробежной отливки.

Расплавленный металл, попавший в форму, получает вращательное движение не сам по себе, а от тангенциальных сил, возникающих вследствие трения между внутренней поверхностью формы и металлом и вязкости последнего. При этом металл увлекается в движение не весь сразу, а отдельными порциями. Величина тангенциальной силы, движущей слой металла, определяется по формуле Ньютона

$$S = \frac{\eta f v}{s},$$

где η — коэффициент вязкости или просто вязкость металла в кг сек/м^2 , f — площадь поверхности, с которой соприкасается металл в м^2 (для наружного слоя это будет внутренняя поверхность формы), v — скорость движущегося слоя в м/сек и s — его толщина в м .

Вязкость жидких металлов, так же, как и вязкость обычных жидкостей является величиной переменной и быстро увеличивается с падением температуры. Так, например, согласно опытам проф. Беренса (Behrens) кинематическая вязкость чугуна $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ (ρ — плотность), в состав которого входило 3,4% C, 1,65% Si, 0,9% Mn, 0,8% P и 0,09% S, в температурном интервале 1390—1310° C возросла от $\frac{7,8}{10^6}$ до $\frac{26}{10^6}$.¹

Следовательно при падении температуры и соответственном увеличении вязкости растут также и тангенциальные силы. Однако это вовсе не значит, что металлы обязательно весь придет в движение и распределится равномерно. При недостаточной температуре заливки или весь металл, или только его внутренние слои могут застыть, прежде чем приобретут скорость формы. В результате можно получить или совершенно негодную отливку, или имеющую большую разностенность чем допустимая.

Если почему-либо нельзя повысить температуру металла, то придется идти по пути увеличения вращательной скорости, прямо пропорционально которой увеличиваются тангенциальные силы. Время разгона металла уменьшится, и он успеет распределиться по поверхности формы.

Чем тоньше слой металла, тем он скорее приходит в движение. Поэтому скорость заливки оказывает большое влияние на скорость вращения. Согласно опытам Герста² при медленной заливке даже сравнительно холодного металла часто может оказаться достаточной скорость вращения меньшая, чем потребовалась бы для более горячего металла, но залитого быстро.

Играет некоторую роль также и состояние поверхности формы. Из двух форм одинакового внутреннего диаметра та имеет большую площадь внутренней поверхности, у которой последняя является шероховатой. А тангенциальная сила находится в прямой пропорциональной зависимости от площади. Кроме того, конечно, шероховатая поверхность как бы зацепляет металл, препятствуя его скольжению. Это обстоятельство дало повод Честеру Кларку (Chester Clark)³ запатентовать специальный механизм для сообщения шероховатости форме.

Следует отметить также значение еще одного фактора — той конечной скорости, с которой металл попадает на поверхность формы. Несомненно, что при конечной скорости металла, равной по величине и направлению окружной скорости формы, время, потребное на его разгон, будет равно нулю или невелико, если принять во внимание еще возможное скольжение. Поскольку, как уже было установлено, время разгона оказывает первостепенное влияние на скорость вращения, полезно в некоторых случаях согласовать между собой конечную скорость металла и скорость вращения, установив, если возможно, соответствующим образом жолоб.

Вращательная скорость также зависит от температуры формы. Большое влияние оказывает и способ заливки.

¹ Kirstenpfad, Z. d. V. D. I, XI, 1933, № 45.

² The Foundry Trade Journal, 1931, vol. 45, № 785.

³ Британский патент № 120037, 1917.

§ 6. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Центробежный способ применяется:

- 1) как уже отмечалось, для отливки труб из чугуна, стали (в частности оружейных заготовок) и из цветных металлов и сплавов;
 - 2) поршневых колец, втулок, цилиндров, шпиль и поршней;
 - 3) всевозможных колес и бандажей;
 - 4) стальных болванок;
 - 5) сварядов;
 - 6) заливки подшипников баббитом и корпусов тормозных барабанов чугуном;
 - 7) предметов широкого потребления, т. е. ложек, сковородок и т. д.
-

Глава вторая

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

§ 7. ПЕРВЫЙ ПАТЕНТ

Мысль об использовании центробежной силы в литейном производстве была официально впервые выражена англичанином А. Г. Эрчардом (Antony G. Erhardt).¹ Этот изобретатель выбрал в 1809 г. замечательно полный, можно сказать, универсальный патент. Эрчард не только правильно оценил возможность применения как горизонтальных, так и вертикальных форм и предусмотрел отливку сферических тел при помощи вращения формы около двух осей. Он также показал на восемнадцати иллюстрациях известное количество случаев, где форма, сама вращающаяся около своей собственной оси, одновременно вращается около главной оси, расположенной от нее на некотором расстоянии.

Теоретически патент был обоснован, но конструктивно настолько слабо оформлен, что его реализация даже частично не могла быть осуществлена.

§ 8. РАЗВИТИЕ ОТЛИВКИ ПУСТОТЕЛЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Только в 1848 г. появился второй патент американца Томаса Г. Лоугроу (Thomas G. Lowegrow) из Балтимора. В отличие от патента Эрчарда он касался лишь одного вопроса, а именно отливки труб. Проекты Лоугроу не остались на бумаге. Ему удалось построить машину, снабженную горизонтальной изложницей из двух разъемных частей. Поэтому можно считать, что Лоугроу был первым, кто практически начал осуществлять центробежную отливку вообще и отливку труб в частности. Однако удовлетворительных результатов он не добился.

Еще через год на аналогичную машину взял патент англичанин Шэнкс (A. Shanks). Его машина предназначалась для отливки газовых труб диаметром 3 дюйма (~ 75 мм) и длиной 12 футов (~ 3660 мм). Металл заливался в чугунную изложницу с торца (рис. 6). К. Пардун (C. Pardun), ссылаясь на труды Левицкого (Lewicki), склоняется к мысли, что опыты Шэнкса не увенчались успехом и приостановились

¹ L. Beck, Geschichte des Eisens, 1899, B. 4, S. 109; C. Pardun, Stahl und Eisen 1924, № 31, 35, 40; Twigg, The Foundry Trade Journal, 1933, vol. 49, № 903.

благодаря возникшим трудностям. И в самом деле, невозможно предположить обратное. На первый взгляд цилиндрическая изложница с горизонтальной осью вращения представляет собой идеальное приспособление для отливки длинных пустотелых цилиндров. В действительности необходимо наличие ряда условий, при которых в такой изложнице может быть получена годная отливка. Основная трудность заключается в введении и равномерном распределении металла по форме, которое должно происходить настолько быстро, чтобы расплавленный металл не успел преждевременно застыть. Поступив в металлическую вращающуюся форму, металл быстро охлаждается. Это охлаждение пропорционально длине формы. Поэтому нет ничего удивительного в том, что Шэнкс потерпел неудачу, пытаясь изготовлять длинные трубы при примитивном способе заливки в один из концов формы.

Неудовлетворительные результаты, полученные Шэнксом, заставили часть изобретателей пойти по пути конструирования таких машин, в формы которых можно производить заливку непосредственно из литейного ковша.

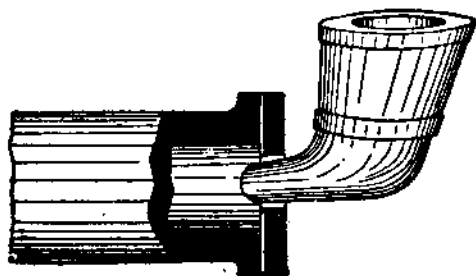


Рис. 6. Заливочное приспособление центробежной машины Шэнкса.

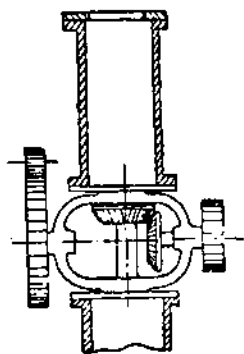


Рис. 7. Центробежная машина Вальда.

К изобретателям этой группы следует отнести Эдомса (Adams). В 1859 г. он пытался отливать медные трубы при помощи построенной им машины с вертикальной осью вращения. Для уничтожения параболоидальности внутренней поверхности труб ему пришлось применять стержни, что лишило его способ значительной части преимуществ по сравнению с обычными способами отливки.

Отрицательные результаты, полученные Эдомсом, все же принесли известную пользу, так как с полной очевидностью доказали непригодность вертикальных машин для отливки длинных труб.

Однако простота заливки металла в форму с вертикальной осью являлась большим плюсом. Для того чтобы сохранить это преимущество и в то же время добиться получения трубы без утолщенного внизу тела Г. Вальд (G. Walz)¹ предложил машину, представленную на рис. 7. Металл внутри вращающейся формы этой машины распределялся равномерно путем изменения ее вертикального положения на горизонтальное.

Этот же принцип применил Ф. Г. Стридсберг (F. G. Stridsberg)² при конструировании машины с четырьмя формами, изображенной на

¹ Германский патент № 72478, 12/I 1893; Stahl und Eisen, 1894. S. 14, 140.

² Германский патент № 101265, 28/V 1893; Stahl und Eisen, 1899 19, S. 446.

рис. 8. Буквой *A* обозначен вертикальный разрез машины в вертикальном положении, а буквой *B* — боковой вид в горизонтальном положении. Машина имеет кожух *a*, в котором помещены четыре формы *c*. Кожух этот повешен на дапфах *b*, так что его можно опрокидывать.

Нижние концы форм соединены посредством муфт *k* с ведущими валами *i*, приводимыми в движение посредством зубчатых колес *h* от общего колеса *g*, сидящего на центральной оси *l*, снабженной ведущим фрикционным колесом *f*.

Это колесо *f* при вертикальном положении машины сцеплено с колесом *d*, насаженным на вал *m*. На этом же валу сидит шкив *e*, соединенный ремнем со шкивом какого-либо двигателя.

Когда литейные формы находятся в вертикальном положении, в них сверху заливается металл, после чего они сейчас же приводятся во вращательное движение. Когда металл примет вид пустотелого предмета с параболиче-

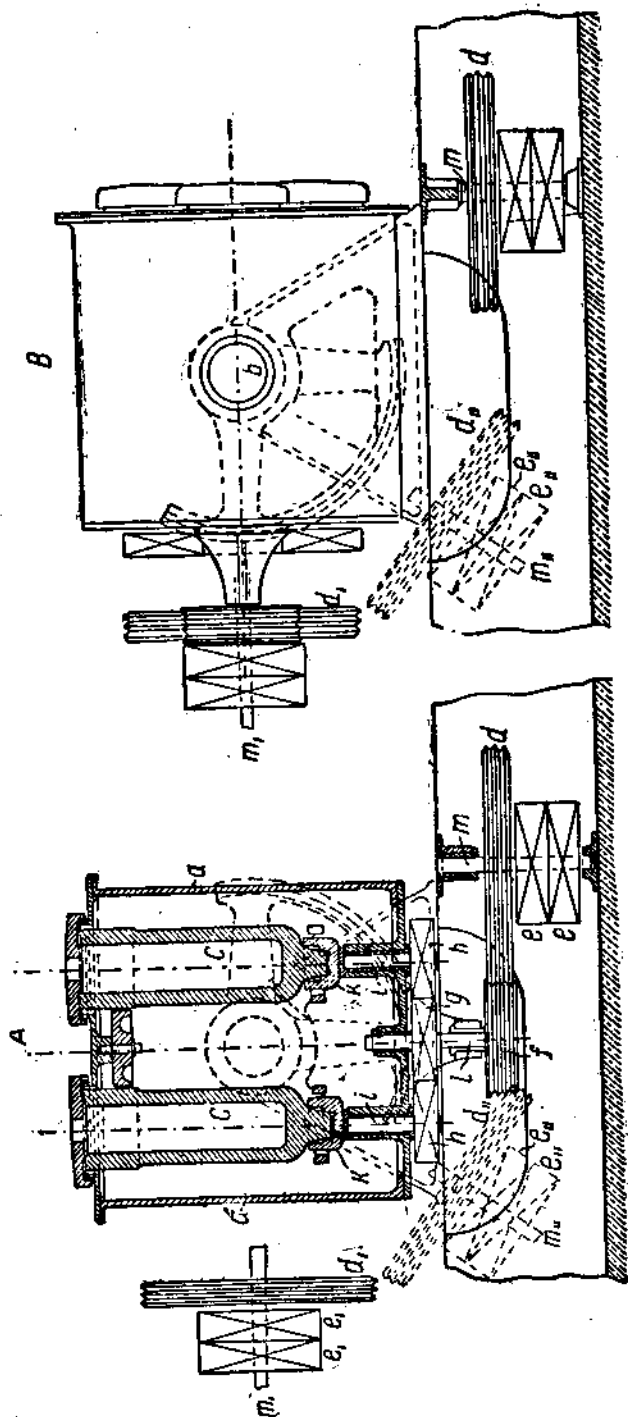


Рис. 8. Машина Стридберга.

ской внутренней поверхностью, машину поворачивают так, чтобы колесо f , расцепившись с колесом d , сцепилось с колесом d' . По мере поворачивания форм параболическость внутренней поверхности металла будет быстро уменьшаться и при горизонтальном положении совсем исчезнет, вследствие чего металл примет цилиндрическую форму. По инерции формы будут продолжать вращаться, но так как запасенной ими живой силы может оказаться недостаточно для вращения до момента затвердевания металла, то установлен второй двигатель, передающий движение колесу d , посредством шкива e .

В патенте Стридсберга предусмотрена также отливка при наклонном положении формы (см. на рис. 8 показанное пунктиром колесо d' , шкив e , и вал m). При отливке в этом положении должен получиться предмет с удлиненной параболической внутренней поверхностью, как это было показано в гл. первой.

Это обстоятельство имеет самое непосредственное практическое значение, так как артиллерийские снаряды отличаются до некоторой степени сходными очертаниями. В настоящее время центробежная отливка снарядов производится именно на машинах с наклонной осью. Машина Стридсберга таким образом является их прототипом.

Возможно, что упомянутая машина, несмотря на ее громоздкость и неудобства, связанные с переворачиванием форм, сыграла бы известную роль также и в области отливки труб, если бы развитие горизонтальных машин остановилось на машине Шэнкса.

Однако при работе и по конструированию горизонтальных машин. В 1867 г. Чолмерс (Chalmers) предложил свою вращающуюся платформу, где изложницы для труб были расположены радиально, наподобие спиц колеса. Помимо вращательного движения около вертикальной оси изложницы вращались еще около своей собственной оси. (В виду того, что основное движение происходит около горизонтальной оси, эта машина может быть отнесена к числу горизонтальных). Результаты опытов Чолмерса неизвестны.

Крупный шаг вперед был сделан Торром (Torr) в 1873—1874-гг. Им была построена машина с жолобом, подводящим металл в середине формы по длине. Жолоба такого типа и в настоящее время применяются для отливки коротких втулок и гильз из различных металлов и сплавов, с той только разницей, что рыльце жолоба устанавливается не в середине формы, а ближе к началу.

Для отливки же длинных труб способ Торра не давал полного решения.

Большое значение имеют многочисленные работы Джозефа Уитлея (Whiteley) из Лидса (Англия). В 1880 г. он построил машину, которая благодаря эксцентрично расположенному внутри вращающейся формы валу допускала изготовление труб с любой толщиной стенок. Машина эта (рис. 9) была снабжена длинным жолобом b , в котором для

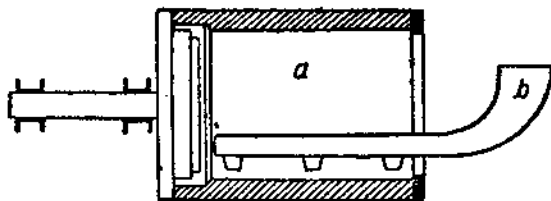


Рис. 9. Машина Уитлея.

равномерного распределения расплавленного металла по всей длине формы *a* был устроен ряд отверстий. Диаметр отверстий увеличивался от начала к концу жолоба.

Дальнейшим усовершенствованием введения металла в форму был опрокидывающийся жолоб (рис. 10), который Уитлей в 1881 г. запатентовал совместно с Фоксом (Fox).¹ Опрокидывающийся жолоб *b* имеет корытообразную форму. В него заливают количество металла, необходимое для отливки одной трубы и, введя в форму *a*, опрокидывают.

Металл в этом случае легче воспринимает вращательное движение, так как ему не надо растекаться вдоль оси. Одновременно с Уитлеем и Фоксом жолоб такого типа был предложен Книссом (Sneass) и применен на практике Волле, Лилленбергом, Келлингом и Эллингсом (Wolle, Lilienberg, Kelling, Allen). Конечно, переворачивающийся жолоб был далек от совершенства и в дальнейшем подвергался изменениям. Клоу (Clow)² улучшил его, сделав край, через который сливается металл, гребенчатым (рис. 11). При такой конструкции удастся более равномерно распределить металл по форме, так как меньше сказывается влияние настилей и неровностей на кромке жолоба. Аренс (Arens) разделил жолоб перегородками на несколько отделений (рис. 12).



Рис. 10. Опрокидывающийся жолоб Уитлея и Фокса.

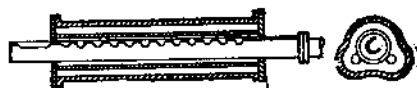


Рис. 11. Жолоб с гребенчатым краем Клоу.

Наконец Уайт (White) снабдил этот жолоб срезанной по винтовой линии кромкой. При этом наиболее низкой кромка делается в начале жолоба, а наиболее высокой на конце, откуда металл сливается в форму. При переворачивании жолоба металл выливается не сразу, а постепенно навиваясь на стенки вращающейся формы. Жолоб Уайта является вполне современным и применяется при отливке труб по способу Герста-Болла (Hurst-Ball), о сущности которого будет сказано в своем месте.

Было бы однако не совсем правильным устанавливать прямую связь между жолобом Уитлея и Уайта. Принцип распределения металла в форме, осуществляемый, посредством жолоба Уайта, был еще в 1910 г. предложен Отто Бриде (Otto Briede)³ из Бемрата. Машина, построенная Бриде (рис. 13), была снабжена передвижным заливочным жолобом, имевшим громадное значение для развития центробежного литья. Перед началом заливки резервуар (ковш) с заполняется металлом, а жолоб *b* заводится в форму *a*, которая затем приводится во вращение. Металл поступает в нее по жолобу из выпускного отверстия, и по мере его вытекания жолоб равномерно отодвигается поршнем *d* направо. При этом струя чугуна навивается винтообразной лентой на стенки формы,

¹ Stahl und Eisen, 1885, S. 387.

² Германский патент № 381458, 2/V 1922.

³ Германский патент № 242307, 30/XII, 1910; Fischer, Giesserei Zeitung, 1926, № 23; C. Pardon, Z. d. V.D.I., 1928, № 32.

отдельные витки свариваются друг с другом и совместно образуют цельную трубу.

С момента появления машины Бриде центробежное литье начинает развиваться ускоренными темпами. Однако этому способствовало не столько изобретение передвижного жолоба, сколько возникновение стимулирующих общетехнических и экономических условий, отсутствовавших ранее.

Когда Эрхардт в 1809 г. выступил со своим патентом, он не имел возможности рекомендовать никаких пригодных средств для вращения форм по той простой причине, что их вовсе не существовало.

Даже паровая машина в то время только начинала внедряться в промышленность.

Первая примитивная гидравлическая «турбина», построенная во Франции горным инженером Бурденом, появилась в 1824 г. и представляла собой водяное колесо с вертикальным валом. Усовершенствованная Фурьером в 1834 г., она считалась чудом инженерного искусства.

Двигатели внутреннего горения стали известны только с 1860 г., когда французский механик Ленуар построил машину, работавшую на светильном газе. Она оказалась очень плохой, и появление работоспособной машины надо отнести к 1867 г., когда Отто и Ланген



Рис. 12. Жолоб Аренса.

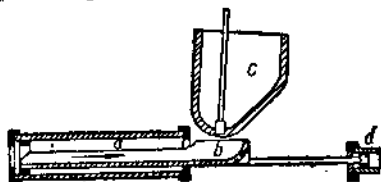


Рис. 13. Центробежная машина Бриде.

демонстрировали атмосферический газовый двигатель на первой Парижской всемирной выставке.

Первые турбины Парсонса и Лаваля (1884 г.) опередили потребности своего времени. Они давали соответственно 18 000 и 40 000 об./мин.

Не могло быть речи и об электрическом моторе. Началом развития электротехники надо считать 1867 г., когда Вернер Сименс установил «динамо-электрический принцип». Первый практически примененный мотор постоянного тока демонстрировался на выставке в Вене только в 1873 г.

Отсутствие пригодного двигателя сказывалось на всем протяжении XIX столетия. Вопрос был решен только с момента усовершенствования электромоторов, так как центробежные машины могут успешно работать лишь при достаточно высоком и постоянном числе оборотов.

Другим и не маловажным препятствием было отсутствие стойких материалов для форм. Легированные марки стали, идущие на изготовление форм (кокилей), являются достоянием лишь современной металлургии.

Наконец надо отметить, что центробежные машины, обладая во многих случаях сложной конструкцией, способны выпускать годные изделия при условии точного выполнения отдельных деталей и отсутствии вибраций. Поэтому постройка таких машин достигла высокого уровня лишь вместе с развитием машиностроительной техники.

Общетехнические причины оказали большое влияние на медленное

развитие центробежного литья, но еще большее значение имела экономическая обстановка XIX столетия.

Центробежные машины представляют собой дорогие устройства, и их применение естественно может быть выгодным только при массовом производстве.

Между тем массовый выпуск труб стал необходимостью лишь с развитием котельных установок, электрических и водопроводных станций, а также канализации в городах.

Массовая потребность в гильзах, втулках и поршневых кольцах возникла лишь в самое последнее время с развитием авиации, тракторной и автомобильной промышленности.

Этих примеров достаточно, чтобы стало ясным, почему несмотря на ряд патентов и выполненных машин центробежное литье не могло пробить себе дорогу в XIX столетии.

В начале XX века уже были налицо все или почти все предпосылки для внедрения центробежного литья в промышленность, так что даже преждевременная смерть Бриде не остановила дальнейшего прогресса в этом направлении.

Бразильянский инженер-путеец Д. С. де Лаво (Dimitri Sensaud de Lavaud)¹ и Ф. Аренс производя в 1914 г. в Сан-Пауло (Sao Paulo) опыты по отливке труб в чугуном вращающемся кокласе и не получив удовлетворительных результатов с переворачивающимся жолобом Уитлея, применили жолоб Бриде и достигли некоторого успеха. Затем, продолжая работу уже без содействия Аренса, де Лаво заменил подвижный жолоб неподвижным, сделав передвижным вращающийся кокль и применив охлаждение его водой для ускорения работы и облегчения вытаскивания готовой трубы.²

В 1917 г. способ де Лаво был уже в основном разработан. Фирма National Iron Corporation в Торонто (Канада) взяла на себя риск осуществления его в промышленном масштабе и хотя с большими трудностями, но достигла хороших результатов. В дальнейшем способ де Лаво распространился в США, проник в европейские страны, в Азию и в Австралию, удачно конкурируя с обычными способами отливки труб и вытесняя их.

Наряду со способом де Лаво развиваются также и другие способы или почти идентичные, как например способ Аренса, или возникшие на его основе, как например способ Франки-Грегориани (Franchi-Gregorini) и другие.

Появляются также способы, базирующиеся на совершенно иных и даже противоположных принципах. Из них следует в первую очередь отметить способы Мура (Moore), Вуда (Wood) и Ардельта (Ardelt), где применяются формы, футерованные огнеупорным материалом.

В машинах, снабженных футерованными формами, заметны черты, которые связывают их с самой ранней центробежной аппаратурой и которые, будучи применены в отдельности, не могли дать должного эффекта. Эти машины снабжены коротким жолобом, подающим металл в конец формы совершенно так же, как у Шенкса. Благодаря наличию футеровки, которая также не является нововведением и применялась еще Уитлеем, металл не так скоро застывает и вследствие того, что форма

¹ The Iron Age, 13/III, 1916; Stahl und Eisen, 1917, S. 965.

² См. герм. патенты №№ 345976, 354091, 363618 и 368355 кл 31 с. 18.

несколько отклонена от горизонтальной плоскости, вполне равномерно распределяется в ней. В данном случае ярко видна зависимость между типом формы и способом заливки.

Надо сказать, что вообще нет пожалуй ни одного современного способа, начало которому не было бы положено в XIX веке. В этом отношении показательной является стоящая казалась бы совершенно особняком, машина Г. С. Мэксима и Г. Мэксима (H. St. Maxim and H. Maxim), запатентованная в 1897 г. (рис. 14).

Вращающаяся часть машины состоит из стального цилиндрического кожуха *A*, на внутренней поверхности которого располагается под действием центробежной силы жидкая футеровка *B* (например свинцовая).

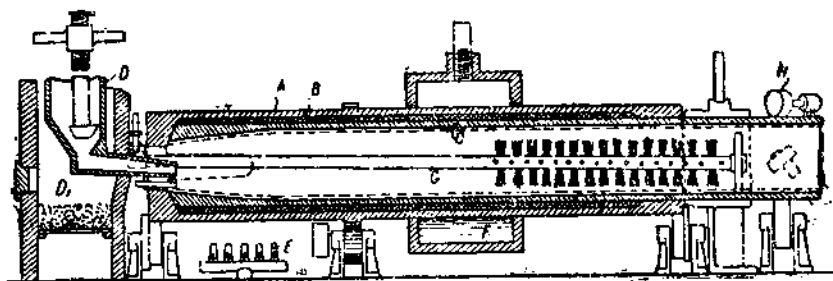


Рис. 14. Машина Г. С. Мэксима и Г. Мэксима.

Металл (чугун или сталь) попадает в форму из плавильного тигля *D* через короткий трубчатый жолоб, которым последний снабжен. Необходимая температура в тигле поддерживается печью *D*₁ (в частном случае электрической). Под левой частью формы расположены газовые горелки *E* (или печь), назначение которых держать залитые свинец и металл, из которого изготавливается труба, в жидком состоянии. Смешения металлов не будет, поскольку они обладают различными удельными весами. Затвердевание трубы происходит в правой части формы, для чего устроена охлаждающая камера *F*, наполненная водой, и дырчатая трубка *G*, поливающая водой отливку изнутри. Вследствие усадки при отвердевании получается известный зазор между трубой и стенкой правой части формы. Поэтому труба может свободно выйти из вращающейся формы и продвигаться под действием захватывающих роликов *H*.

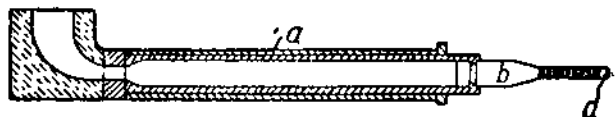


Рис. 15. Машина Лэйна и Ферстера.

Посредством описанной машины изобретатели хотели осуществить получение труб большей длины, нежели сама форма.

Такую же задачу несколько ранее ставили перед собой Лэйн и Ферстер (Lane и Foerster).¹ Их машина изображена на рис. 15. Со стороны противоположной заливочной воронке, вводит поршень *b*, вращающийся с тем же числом оборотов, что и форма *a*. Вокруг головки поршня выточен желобок. Образовавшаяся труба охватывает головку поршня.

¹ Германские патенты № 62034 и 6330, кл. 31 с. 18 от 1892 года.

и удерживается на ней желобком. Поршень выдвигается из формы при помощи винтовой нарезки *b*, сделанной на другом его конце. По сообщению Пардуна машина оказалась совершенно непригодной для чутуных отливок. Тем не менее и в настоящее время появляются машины для отливки труб бесконечной длины. По некоторым данным фирме Agensbürgen даже удалось добиться известных результатов в этом направлении.

Следует отметить, что в отличие от машины Лэйна и Ферстера машина Г. С. Мэксима и Г. Мэксима заслуживает внимания не столько своим назначением, сколько одной очень важной чертой, а именно нагревом формы посредством внешнего источника тепла. В этом смысле она является прототипом современной машины Кэммена, ¹ расширившей область применения центробежного литья до отливки тонкостенных стальных труб и вообще всех машин с горячими кокилями.

§ 9. ДАННЫЕ О РАЗВИТИИ ОТЛИВКИ БЕСПУЗЫРИСТЫХ БОЛВАНОК И ПЛИТ

Такой выдающийся металлург как Генри Бессемер (Henry Bessemer) ² не мог не обратить внимания на возможность улучшения строения и качества стальных изделий путем отливки их центробежным способом. В 1857 г. он взял патент на изготовление болванок (для последующей прокатки рельс) и стальных плит в формах, вращающихся около вертикальной оси, и осуществил постройку машины для этой цели. Вращением достигалось уплотнение отливки, которая освобождалась действием центробежной силы от газовых и усадочных раковин.

Кроме этой машины была построена и другая, отличавшаяся от машины Чолмерса для отливки труб только отсутствием вращательного движения изложниц около их собственной оси.

Из доклада Треска (Treska), сделанного в 1867 г. в Institution of Mechanical Engineers, следует, что в болванках, отлитых по способу Бессемера на заводе в Имфи (Imphi), действительно не было газовых пузырей.

Способ Бессемера использовал завод фирмы Commentry Fourshambault, где были получены удовлетворительные результаты при отливке коротких болванок. Большие болванки не отливались.

Изготовлением уплотненных отливок занимался также и знаменитый французский металлург Эмиль Мартен (Emile Martin).

В конце 1889 г. шведский инженер Зебениус (Sebenius), несколько изменив способ Бессемера, ввел центробежную отливку небольших стальных болванок на сталелитейном заводе Нигроппа ³ (Швеция). Его способ ⁴ заключался в том, что две изложницы *a* — *a* подвешивались на поперечине по сторонам вертикальной оси (рис. 16) и наполнялись металлом через общую воронку, после чего машина приводилась во вращение. Центробежная сила заставляла вращающиеся изложницы принять горизонтальное положение и вытесняла из металла газы. Описываемая машина напоминает увеличенную во много раз центрофугу, применяемую в хими-

¹ Stahl und Eisen 1923, 43, S. 1505.

² L. Besck, Geschichte des Eisens, 1889, B. IV, S. 932; The Iron Age, 1901, p. 15

³ Stahl und Eisen, 1890, S. 639.

⁴ Германский патент № 53332.

ческих лабораториях для выделения осадков. Таких машин было построено несколько и все они работали в течение ряда лет.

Способ Бессемера в чистом виде и в видоизменении Зебениуса не получил широкого применения. После смерти Зебениуса он был оставлен, хотя принципиально давал вполне удовлетворительное разрешение вопроса о получении беспузыристых болванок.

Распространению центробежной отливки болванок воспрепятствовали те же причины, которые задерживали развитие производства тем же способом труб и других пустотелых изделий. Экономический эффект был незначителен или даже отрицателен. Трудности общетехнического порядка сказывались еще в большей степени чем при отливке труб. Пардун¹ указывает, что встречались затруднения и при подборе материала для изложниц, и при постройке самих машин. Построить машину для отливки крупных болванок не удалось ни одному из изобретателей. Кроме того само производство было очень опасно для обслуживающего персонала. Затруднительно было также дать машине необходимое число оборотов.

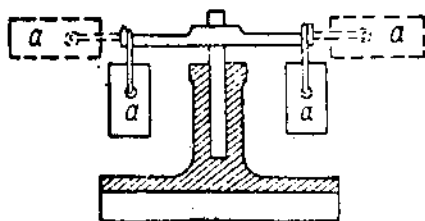


Рис. 16. Машина для отливки болванок Зебениуса.

Изготовление болванок и теперь является самым отстающим участком центробежного производства. Можно отметить только опыты Кэммена по изготовлению болванок при помощи машины с горизонтальной осью вращения. Эти опыты дали удовлетворительные результаты, но пока не использованы в промышленном масштабе. Известна также одна заводская установка из нескольких вертикальных машин, которая рентабельна лишь потому, что отливает болванки из специальной стали (хромоникелевой), дающей при обычном способе производства большой брак.

§ 10. ДАННЫЕ О РАЗВИТИИ ОТЛИВКИ КОЛЕС, БАНДАЖЕЙ И КОЛЕЦ

Уитлей, оставивший большой след в истории развития центробежной отливки труб, является также одним из первых или может быть и первым изобретателем машины для отливки чугунных бандажей, построенной и запатентованной им совместно с Бауорсом (Bowers)² в начале шестидесятых годов прошлого столетия. Машина изображена на рис. 17. Буквой А обозначена металлическая, футерованная глиной изложница, укрепленная на вертикальном вале В. Вращательное движение валу вместе с изложницей сообщают приводные шкивы. Для заливки металла в форму предусмотрен жолоб С. Кроме чугунных бандажей Уитлей и Бауорс пытались изготовлять посредством своей машины также и железные, вдавливая в форму тестообразную крицу из сварочного железа, но кажется недостаточно успешно. На эту мысль наводит то место в их патенте, где указано, что при отрицательном результате

¹ Stahl und Eisen, 1924, № 31, 35, 40.

² The Foundry, 15/VII 1927; The Foundry Trade Journal, 1933, vol. 49, № 903.

центрофугирования бандаж «может быть вновь нагрет и подвергнут прокатке, ковке или прессованию для придания ему надлежащих размеров».

В 1882 г. Уэбб (Webb) сделал сообщение в Iron and Steel Institute о том, что он на заводе в Среве изготовил стальные колеса весьма плотного сложения при помощи отливки их в изложницы на вращающихся платформах.

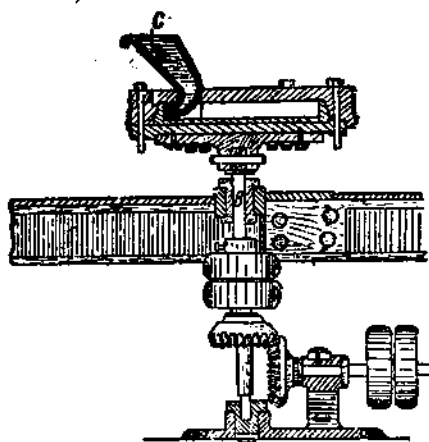
В 1895 г. П. Гут (P. Huth)¹ запатентовал способ отливки колес с одним химическим составом обода и другим диска.

В России отливкой стальных бандажей и других тел вращения впервые практически занялись инженеры Б. Путиловского завода В. Н. Иванов, Н. И. Беляев и Н. Е. Булах.² Опыты сопровождались большим успехом, но вскоре прекратились в виду отказа дирекции завода в отпуске средств на это дело.

В связи с развитием транспорта центробежная отливка колес (в том числе и двухслойных) в настоящее

Рис. 17. Машина для отливки бандажей Уитлея и Бауорса.

время получила большое распространение. Применяемые машины принципиально не отличаются от машины Уитлея и Бауорса и могут быть приспособлены также без всяких затруднений для отливки бронзовых шестерен и колес всевозможных размеров.



¹ Stahl und Eisen, 1895, 15, S. 205; 1897, 17, S. 572.

² Г. З. Нессельштраус, статья в сборнике «Технология металлов» под ред. Е. Е. Фарасонова, 1926, стр. 137.

Глава третья

ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУННЫХ ТРУБ ОБЫЧНЫМИ СПОСОБАМИ

§ 11. ФОРМОВКА И ОТЛИВКА В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОПОКАХ

Способ отливки труб в горизонтальных формах, появившийся свыше 150 лет тому назад, в настоящее время почти оставлен труболитейными цехами. Он применяется только для сравнительно коротких, не подверженных высокому давлению, канализационных труб. При горизонтальной отливке длинных газопроводных и водопроводных труб невозможно совершенно правильно установить стержень и приходится применять жёребейки, портящие отливку. Кроме того, продольные швы и скопления засоряющих частиц в части трубы, обращенной вверх при отливке, неблагоприятно влияют на качество последней.



Рис. 18. Машина для формовки труб.

Кажется, единственным исключением является завод Мак Вэйна (Mc Wane) в Бирмингэме, штат Алабама (США), модернизовавший этот способ и выпускающий с 1928 г. в массовом порядке газопроводные и водопроводные трубы диаметром от 100 до 500 мм¹ при заливке форм всырую с сырыми же стержнями. Отдельные стадии производства на заводе механизированы.

Изготовление форм производится на встряхивающей машине (рис. 18). Верхняя и нижняя половины опоки заформовываются поочередно, после чего земля дополнительно подтрамбовывается ручными пневматическими трамбовками. В одной опоке заформовывается одновременно несколько труб. Число труб зависит от их диаметра. Например три 6 диаметром 200 мм одновременно формуется четыре. После подтрамбовки вручную вручную же прорезаются литники. Число литников доходит до 14 для труб длиной в 16 фут.

Готовая нижняя половина опоки снимается краном со встряхивающей машины и передается на место, где производится сборка и заливка. Стер-

¹ C. Geiger, Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei, Band 4, 1931; The Foundry, 13/II 1928; The Iron Age, 12/IV 1928.

жни укладываются в нижнюю половину опоки сразу полным комплектом. После укрепления стержней устанавливается верхняя половина опоки. Затем обе половины скрепляются, и форма сейчас же заливается из длинного корытообразного лотка, число носиков которого соответствует числу литников (рис. 19).

Вскоре после затвердевания металла опоки раскрывают посредством крана. Из них вытаскивают трубы вместе со стержнями и передают их в отделочное отделение. Там трубам дают остыть, после чего удаляют из них патроны на специальных установках, работающих посредством сжатого воздуха.

Затем трубы передают на очистку, обрубку, асфальтировку и другие завершающие операции.

Опоки, освобожденные от труб, идут на вибрационную выбивную решетку. После выбивки их снимают краном и погружают в резервуар

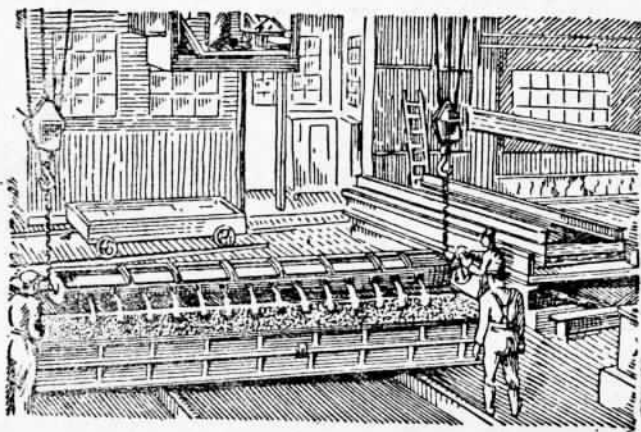


Рис. 19. Операция заливки на заводе Мак Вэйна.

с водой для охлаждения, а затем снова подают на формовочную машину. Горелая земля из-под выбивной решетки передается для освежения в землеприготовительное отделение.

Стержни изготавливаются на специальных машинах. Образование стержня происходит при вращении патрона, к которому прилипают комки жирной земли, падающей из бункера расположенного на высоте около 2,5 м над машиной.

§ 12. ФОРМОВКА И ОТЛИВКА В СТАЦИОНАРНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОПОКАХ

А. Изготовление фланцевых труб

Совершенно собранная форма, применяющаяся при вертикальном способе отливки, изображена на рис. 20. Эта форма предназначена для отливки фланцевой трубы. Опока, в которой набита форма, состоит из нескольких частей, снабженных для прочности усиливающими ребрами и небольшими отверстиями для свободного выхода паров воды и газов

Все эти части имеют приблизительно форму тел вращения с осью, совпадающей с осью трубы.

Верхняя часть *a* опоки цельная и свободно покоится на конической части *b*, которая в плоскости, проходящей через ось опоки, разделяется на две половины, скрепленные посредством откидных связей и клиньев, и также свободно лежит на части *c*.

Части *c* и *d*, как и часть *b*, состоят из двух половин, которые связываются опять-таки посредством откидных связей и клиньев. Части *c* и *d* прочно соединяются друг с другом пропущенными через их фланцы болтами с клиновыми чеками. Две односторонние половины частей *c* и *d* являются неподвижными, а две другие могут отодвигаться на ограниченное расстояние. К неподвижной половине части *d* прикрепляется цельный кольцевой затвор *e*, назначение которого поддерживать модель и стержень.

В верхней части *a* опоки набивается часть формы для верхнего фланца и прибыли. Для этой цели служит модель, центрируемая на специальной тарелке, приточенной к части *a*. Верхняя часть формы делается отдельно, для того чтобы можно было вынуть модель фланца и прибыли после набивки.

Набивка средней части формы производится сразу в трех частях *b*, *c* и *d* опоки при помощи цилиндрической модели, центрируемой на специальном поддоне, снабженном копусом и вставляемом в кольцевой затвор *e*. После набивки этот поддон и цилиндрическая модель удаляются.

Если формируется труба малого диаметра, то нижняя часть формы набивается в металлическом поддоне *f*, центрируемом на приточенной к нему особой тарелке. При формовке труб большого диаметра набивка производится в подобном же поддоне посредством шаблона.

По окончании набивки все три части формы собираются. Форму сушат посредством жаровни на колесах, подкатываемой под нее, или газовой горелки, работающей на доменном или генераторном газе. Затем производится окрашивание формы чернилами.

Изготовление стержня не отличается никакими особенностями. Продырявленную во многих местах железную трубу (патрон или шпильку) обматывают жгутом из соломы или стружек и обмазывают формовочной глиной, которую затем обтачивают шаблоном на станке и высушивают. После этого поверхность стержня еще раз обмазывают жидкой глиной, проверяют шаблоном, подсушивают и покрывают чернилами.

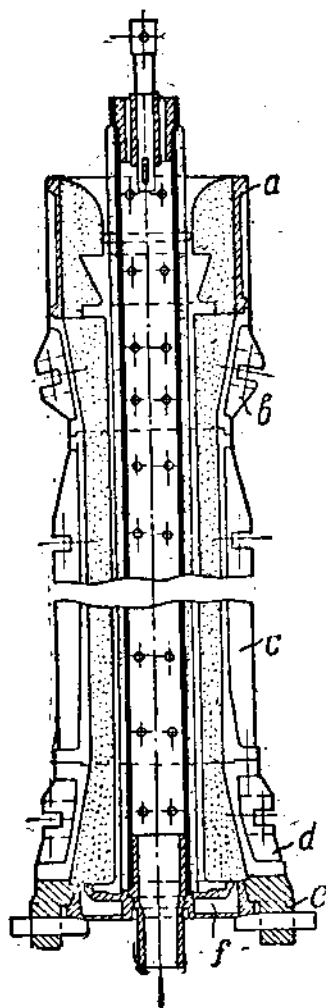


Рис. 20. Собранный форма для отливки фланцевой трубы.

окрашивание формы чернилами.

Готовый стержень вставляют в высушенную форму. Центрирование стержня вниз осуществляется посредством его конической части, опирающейся на коническую часть поддона *f*, а вверх — при помощи кольцевого буртика, в котором прорезано наискось несколько каналов для прохода металла.

Заливка производится через воронку, делаемую от руки в верхней части формы. Металл, проходя по косым каналам в буртике, получает вращательное движение, благодаря чему довольно спокойно входит в форму.

Усадка длинных труб по абсолютной величине довольно велика и для четырехметровых труб равна 4 см. Если не принять предохранительных мер, то фланцы будут неминуемо оторваны. Поэтому как только чугун застынет в форме, сейчас же отодвигают в стороны обе половины части *b* опоки и выскребывают землю из-под верхнего фланца трубы, чтобы она могла свободно садиться при охлаждении.

Затем вытаскивают стержень, вынимают поддон *f*, отодвигают в сторону подвижные половины частей *c* и *d* опоки, пропускают сквозь трубу дежу от подъемного крана и поддевают ею трубу снизу посредством стержня или крестовины. Трубу несколько раз слегка опускают и поднимают вверх, ударяя нижним фланцем в форму. Земля из опоки высыпается вниз, где ее охлаждают водой, а затем передают в землеприготовительное отделение. Вытащенная труба очищается от земли, от нее отрезают прибыль, а затем ее асфальтируют и подвергают гидравлическому испытанию.

В. Изготовление раструбных труб

Формовка раструбных труб менее сложна, чем фланцевых. Формовка производится раструбом вниз или вверх. В первом случае раструб получается более плотный и прочный, но зато работа усложняется. Во втором случае работа проще, но раструб получается менее прочный. Формовка и отливка раструбом вниз применяется главным образом при больших диаметрах труб. Малые трубы, диаметром до 75 мм, формируют и отливают раструбом вверх.

На рис. 21 представлена опока для формовки труб раструбом вниз. Опока устроена в общем также, как и опока для формовки фланцевых труб, но является более простой. Она разделяется продольной плоскостью только на две половины *a* и *b*. Первая закреплена неподвижно, а вторая может отодвигаться на направляющих *c*. Обе половины опоки соединяются при помощи откидных связей *e* и клиньев *d*. Для поддержания модели и стержня в неподвижной части опоки снизу прикрепляется кольцевой затвор *g*.

Способ изготовления формы для трубы раструбом вверх изображен на рис. 22. При набивке формы применяется обточенная чугунная модель, состоящая из верхней цилиндрической части *a* с небольшим расширением вверх и нижней раструбной *b*. Часть *b* вставляется в опоку снизу и прижимается к кольцевому затвору *c* при помощи клиньев *d*. Часть *a* вводится в опоку сверху. Обе части соединения посредством конуса. Затем промежуток между опокой и моделью постепенно заполняется формочной жирной землей и утрамбовывается. Операция трамбовки производится или вручную несколькими рабочими посредством трамбовок, изображенных на рисунке, или посредством специальных машин.

После отформовки часть *a* модели вынимается вверх, а часть *b* вниз. Затем делается литниковая чаша, форма окрашивается чернилами и, наконец, сушится.

Стержень так же, как и модель, состоит из двух частей. Первая служит для образования цилиндрической части тела трубы и поэтому сама имеет цилиндрическую форму. Вторая часть служит для образования раструба.

Изготовление раструбной части стержня должно быть весьма тщательным,

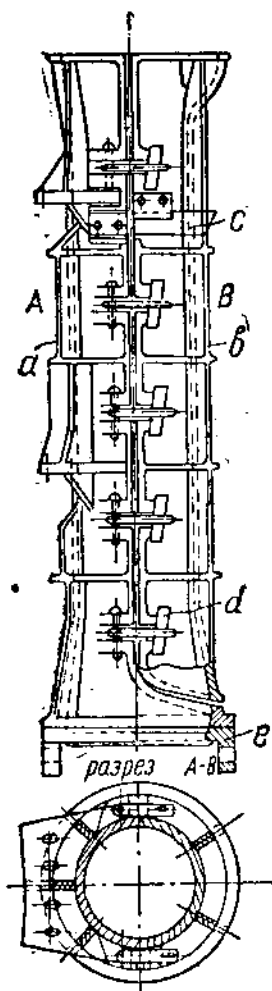


Рис. 21. Опока для формовки труб раструбом вниз.

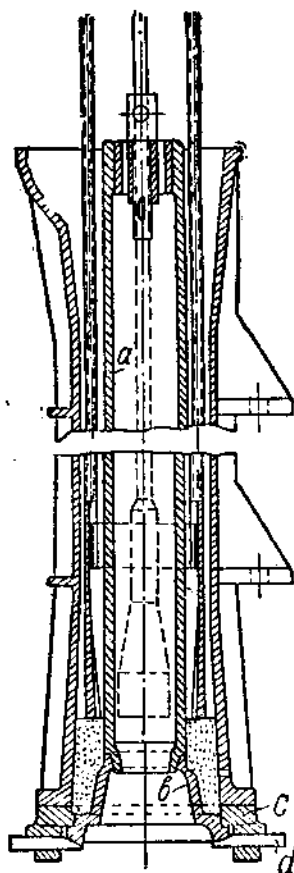


Рис. 22. Формовка трубы раструбом вниз.

поскольку она не только образует тело раструба, но и ограничивает форму снизу, воспринимая давление всего залитого металла. Так как раструбная часть стержня должна центрировать и поддерживать цилиндрическую, то она набивается на донцевой тарелке *a* (рис. 23) посредством пригнанного к ней стержневого ящика *b*, раздвигаемого надвое. Обе половинки ящика стягиваются особыми ключами. Для наполнения ящика землей служит воронка *c*.

Рис. 24 представляет собой собранную форму для отливки раструбной трубы. После сушки формы и стержня снизу вставляется раструбная часть последнего и заклинивается в кольцевом затворе опоки. Затем сверху опускается цилиндрическая часть стержня. Она центрируется снизу посредством конических поверхностей обеих частей стержня, а сверху при помощи кольцевого бурта с каналами для прохода металла.

Формовка труб для отливки их раструбом вверх значительно проще. В этом случае стержень может быть цельным.

С. Устройство цехов

В наиболее старых труболитейных, применяющих вертикальную отливку в вертикальных формах, опоки неподвижно подвешиваются под полом деха. Нижние части опок находятся в специально вырытой яме и обслуживание их представляет значительные неудобства, как в отношении уборки земли, так и для рабочих. В Западной Европе и Америке такие литейные уже не встречаются. В СССР этот метод производства еще имеет место. Достаточно указать на старый труболитейный цех завода

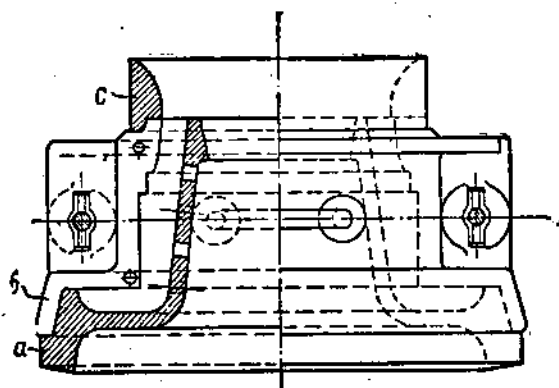


Рис. 23. Ящик для стержня раструба.

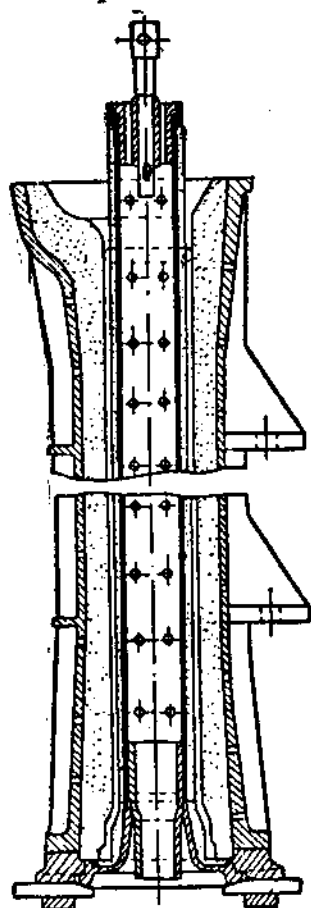


Рис. 24. Собранный форма для отливки раструбной трубы.

им. Томского (УССР), Сулижский завод, первую литейную Мышегского завода (Московская область) и труболитейный цех завода НКПС (Москва). Существование таких цехов объясняется только большим дефицитом труб.

Более совершенными являются деха, где опоки укреплены неподвижно параллельными рядами (Европа) или по кругу (Америка), так что их верхние края возвышаются над полом помещения А (рис. 25) примерно на 700—1000 мм. В помещении А производится набивка форм, установка верхних частей стержней, извлечение отлитых труб и стержней. В подвальном помещении К производится вставление нижних частей мо-

делей, стержней и сапих форм, а также сушка форм горячим воздухом, газом или коксом, горящим в передвижной жаровне. Земля, сыпавшаяся в подвал во время выбивки, передается в заком, откуда ковшевой элеватор Q переносит ее наверх к течке (жолобу) R , отводящей землю в землеприготовительное отделение. Чугун от вагранок подвозится на тележках и посредством мостовых кранов M и L передается к формам. Земля также подается к опокам кранами.

В СССР подобным образом устроены вторая труболитейная Мышегского завода и цех для отливки экономайзерных труб завода «Экономайзер» (Ленинград). По этому же типу строятся или построены труболитейные в Москве, Ленинграде (завод «Лентрубит»), Ахтырке, Ростове, Билимбае и Могилеве.

В таких труболитейных возможна отливка фланцевых и раструбных труб любого диаметра, от 40 до 1800 мм. Длина отливаемых труб обычно не превышает 4 м.

Производительность труда, а также сьем с площади пола невысоки. Опоки довольно долго остаются занятыми, пока в них набиваются, сушатся и окрашиваются формы. Заливать мелкие формы возможно лишь 4—5 раз в день, средние 2—3 раза, а крупные только 1 раз. Увеличение выпуска может идти только за счет увеличения числа опок и расширения помещения.

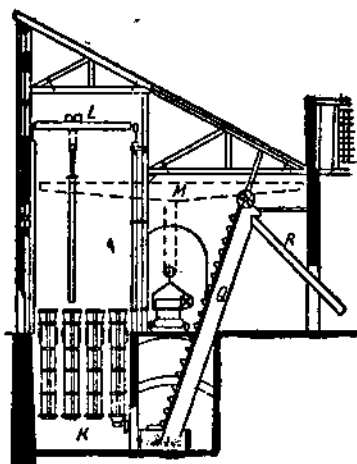


Рис. 25. Цех для отливки труб в вертикальных стационарных опоках.

§ 13. ФОРМОВКА И ОТЛИВКА В ПЕРЕНОСНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОПОКАХ

Производство труб, основанное на принципе поточности, производительнее стационарного. По этому принципу работает завод американской фирмы Д. Клоу с Сыновьями (J. B. Clow and Sons) в Кочоктоне (Cochoston), штат Огайо (Ohio).¹

Опоки посредством крана переносятся последовательно из одного участка труболитейной в другой. На каждом определенном участке производится одна или несколько необходимых операций.

Закрытая пустая опока захватывается краном, устанавливается на тележку и последняя перевозит ее к формовочной установке, где формируются по моделям одновременно три трубы. Формовка производится посредством пневматических трамбовок. После окончания набивки удаляют части моделей, служащие для образования ра-труба и тела трубы, и передают опоку на тележке к платформе для окраски. Окраска производится пульверизатором. Когда эта операция закончена, опоку осматривают и передают краном на сушильную установку, где она ставится на особые плиты. Плиты снабжены отверстиями, через которые проходят продукты горения кокса или каменного угля, попадающие затем в формы

¹ The Foundry, 1/VIII 1928.

и просушивающие их. Сушка продолжается примерно 3—4 часа, после чего опока снимается краном с плиты и передается на литейный участок цеха. За сь в опоку при помощи крана устанавливают все три стержня. Заливка каждой формы производится отдельно. После заливки, когда трубы затвердеют, удаляют одновременно все три патрона стержней, а затем переносят краном опоку на платформу для выбивки, где с нее снимают все затворы, кроме двух, зацепляют крюками за уши, снимают два последних затвора и поднимают. При подъеме опока раскрывается, трубы и земля из нее вываливаются и она снова может идти в дело. Трубы идут на очистку, а земля в земледельку.

Литейный цех в Кочоктоне производит трубы диаметром от 150 до 200 мм. Работа ведется 24 часа в сутки. Формовочная установка работает непрерывно, каждые 6 мин. выпускает опоку для трех труб, падающую немедленно на окраску и сушку. После сушки опоки проходят все остальные операции группами по 5 штук в каждой. На все операции тратится около 30 мин. Поэтому каждые полчаса литейная выпускает 15 труб. В весовом выражении суточная производительность литейной равна 155 т.

§ 14. КАРУСЕЛЬНЫЙ СПОСОБ

Из всех обычных способов отливки труб наиболее совершенным является карусельный способ, впервые разработанный германской фирмой Ардельт (Ardelet Werke) в Эберсвальде (Eberswald).

Сущность карусельного способа в том виде, в каком он применяется в Европе (в частности в СССР), заключается в том, что

опоки для труб неподвижно укрепляются в вертикальном положении на боковой поверхности вращающегося на постаменте около своей вертикальной оси барабана-карусели. Карусель (рис. 26) представляет собой клепаную конструкцию, приводимую во вращение электромотором.

Высота вращающейся части европейской карусели около 2,2 м, при диаметре от 5,8 до 8,5 м. Число опок, укрепленных на ней, зависит от диаметра

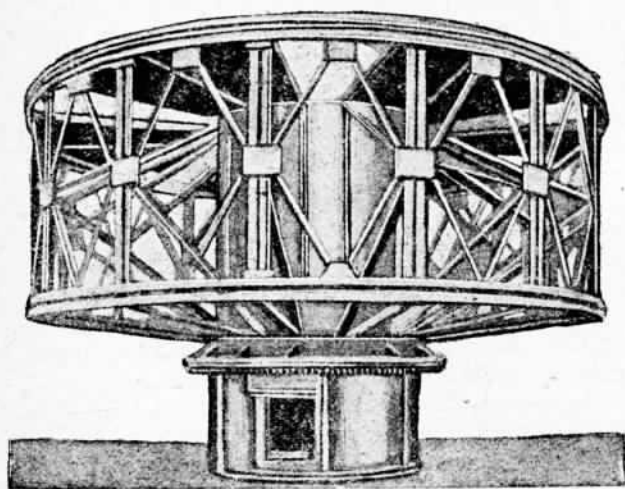


Рис. 26. Карусель.

метра отливаемых труб и составляет от 5 для труб диаметром 1200 мм до 48 для труб диаметром 75—100 мм. Карусель устанавливается по возможности так, чтобы верхние части опок возвышались на 700—1000 мм над полом первого этажа цеха.

При поворачивании карусели опоки подходят поочередно к определен-

ным местам, где производятся отдельные операции: установка модели, набивка формы, окраска, сушка, установка стержня, заливка, выбивка и удаление трубы. Вращение карусели совершается не непрерывно, а пере-

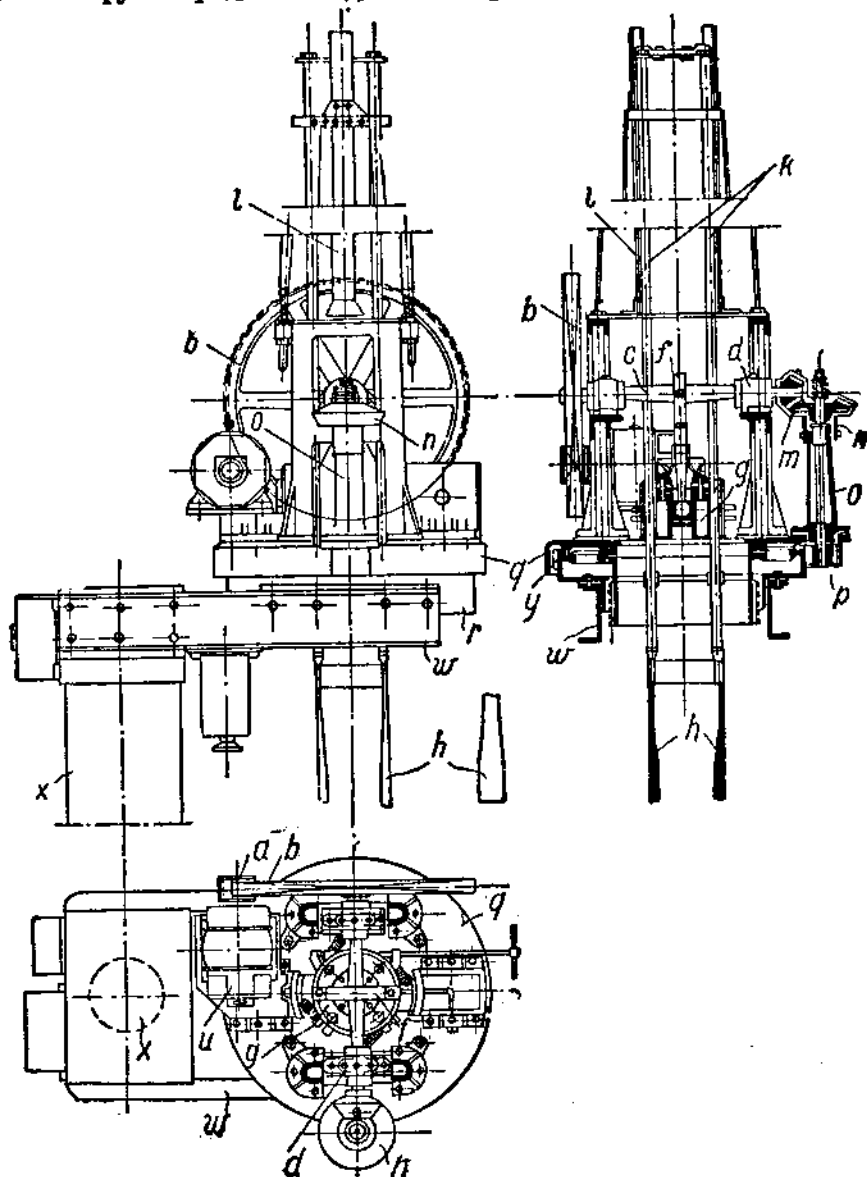


Рис. 27. Трамбовочная машина системы фирмы Ардельт.

изжастся остановками для того, чтобы все операции могли быть выполнены при неподвижном положении опок.

Карусели располагают в цехах попарно, чтобы обслуживать каждую пару одним землериготвительным агрегатом. Главнейшее вспомогатель-

ное оборудование, обслуживающее только одну карусель, по большей части состоит из лебедки для установки и вынимания цилиндрических частей моделей, грана для установки цилиндрических частей стержней, вынимания патронов и труб, сушил, 1—2 станков для изготовления стержней, приспособлений для установки раструбных частей моделей и стержней, газопровода с горелками для сушки форм и трамбовочной машины системы Ардельт.

Машина Ардельт для труб диаметром 40—300 мм изображена на рис. 27.¹ Она установлена на круге *г*, укрепленном на консоли *и* из двух швеллеров, которая может поворачиваться около колонны *ж*. Нижнюю часть машины является платформа *д*, способная вращаться на шариках на круге *г*. Вращательное движение платформе сообщается мото-

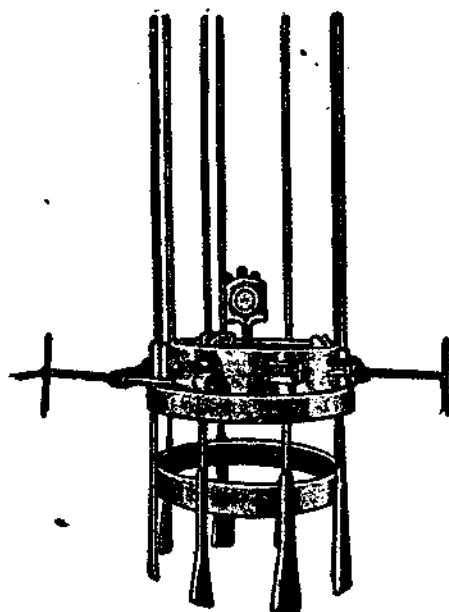


Рис. 28. Зажимное приспособление.

ром *и*. Передаточный механизм от мотора к платформе состоит из ведущей шестерни *а* мотора, сцепленной с большой шестерней *б*, сидящей на оси *с*, которая опирается на подшипники *д*, пары конических шестеренок *т* и *п*, вертикального вала *о*, заключенного в стойку, цилиндрической шестерни *р* и зубчатого обода *у*.

На платформе *д* кроме вращательного механизма укреплены также при помощи оттяжек направляющие стойки *л*, по которым ходит система связанных наверху между собой штанг *к*, оканчивающихся внизу трамбовками *а*. Штанги получают движение от оси *с* посредством эксцентрика *г* и зажимного приспособления *д*, представленного отдельно на рис. 28. В этом приспособлении штанги зажаты в специальных пружинных тисочках, степень зажима которыми можно регулировать, благодаря чему плотность набивки регулируется автоматически.

Когда сопротивление земли становится больше силы трения в зажимах, штанги начинают скользить в последних и двигаются вверх. Поэтому по мере повышения уровня земли, набитой в форму, трамбовки автоматически движутся вверх.

Кроме описанной машины существуют еще другие для труб диаметром 300—600 мм и 600—1200 мм, принципиально от нее не отличающиеся.

Продолжительность набивки посредством таких машин составляет от 1 мин. 15 сек. при набивке форм для труб диаметром 40 мм и длиной 3 м до 6 мин. для труб диаметром 1200 мм и длиной 5 м. Число ударов составляет от 100 до 200 в мин.

Процесс формовки идет следующим порядком: когда пустая опока

¹ Проф. М. Г. Евангулов, Литейное дело, 1932.

остановится на месте, предназначенном для формовки, в нее снизу вводит раструбную часть модели, а затем опускают сверху ее цилиндрическую часть. Далее трамбовочную машину подводят к опоке поворотом консоли *ж* около колонки *з* и, опуская трамбовку *л*, пускают мотор. Земля забрасывается в опоку или вручную, или подается специальными питателями. По окончании набивки трамбовочную машину отводят в сторону, после чего удаляют модель трубы.

Как уже было замечено выше, сушка форм производится при помощи горелок, работающих на доменном или генераторном газе и установленных на кольцевом газопроводе, расположенном внизу карусели. При вращении карусели каждая опока проходит над всеми горелками, число

„

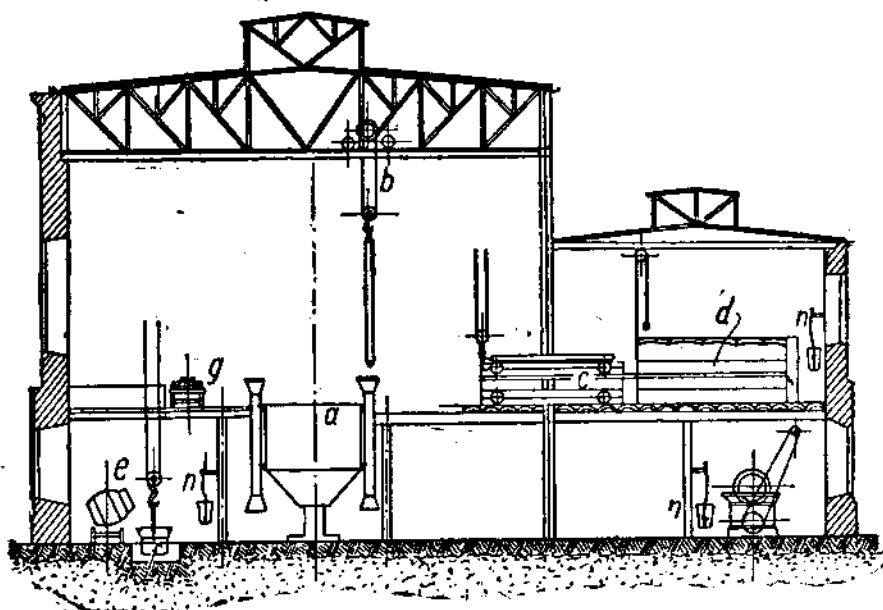


Рис. 29. Карусельный цех.

которых подобрано с таким расчетом, чтобы обеспечить достаточную просушку форм. Такой способ сушки не всегда, однако, достигает цели. Более совершенным является способ, примененный на одном немецком заводе, где под каруселью устроен специальной конструкции газопровод, позволяющий каждой горелке двигаться вместе со своей опокой. В этом случае главное удобство заключается в том, что процесс сушки становится в большей степени независимым от внимательности обслуживающего персонала.

Земледельческий агрегат, обслуживающий две карусели, обычно расположен между ними. Старая земля после выбивки вываливается на пол и после увлажнения и перелопачивания передается на ковшевой элеватор, с которого поступает на барабанное сито и с последнего в бункер, обслуживающий формовку.

На рис. 29 представлен схематически изображенный разрез одного из европейских карусельных цехов. Буквой *а* обозначена сама карусель

с опоками. Кран *b* служит для подачи стержней. Кран забирает стержни с передвижного пода с сушила *d*. Чугун привозится в закрытых резервуарах *e* и переливается в ковш *f*, подвешенный к крану. Отлитые трубы отвозятся тележкой *g*. Земледельческий агрегат и трамбовочная машина на рисунке не показаны. Буквами *n—n* обозначены монорельсы с вагонопетлями.

О производительности европейских карусельных цехов можно судить по данным фирмы Ардельт, согласно которым одна карусель за восьмичасовую смену дает до 120 шт. труб диаметром 50 мм при длине 3,5 м или до 50 шт. диаметром 1200 мм при длине 5 м.

Американский вариант карусельного способа многими отличается от европейского оригинала. Американские карусели обладают очень крупными размерами. Так например на заводе «Бессемер» (штат Алабама) имеются две карусели каждая диаметром 21 м. На одной из каруселей установлено 96 опок для отливки труб диаметром 100 мм. В отличие от европейских опок двойные и не закреплены неподвижно на карусели, а подвешены свободно, так что могут быть сняты. Это сделано с той целью, чтобы их можно было переносить к встряхивающей машине, заменяющей машину системы Ардельт. После набивки опоки снова подвешиваются на карусель, где производятся все остальные операции за исключением выбивки. Для выбивки служит особая выбивная решетка, к которой опоки переносят краном, снимая их снова с карусели. Американская карусель диаметром 21 м производит в день 400 труб диаметром 100 мм при длине 5 м.

Глава четвертая

ЦЕНТРОБЕЖНАЯ ОТЛИВКА ЧУГУННЫХ ТРУБ

§ 15. ОТЛИВКА ПО СПОСОБУ ДЕ ЛАВО

А. Сущность способа

Сущность способа де Лаво заключается в том, что расплавленный металл посредством длинного заливочного жолоба заливается в слегка отклоненную от горизонтального положения равномерно вращающуюся металлическую форму, питательно охлаждаемую водой. Потребное число оборотов довольно точно может быть определено по

формуле типа $n = \frac{K}{Vr}$, если при r выраженном в

сантиметрах, взять коэффициент $K = 1500-1600$.

Форма помимо вращательного совершает еще и поступательное движение, и поэтому расплавленный металл навивается узкой винтовой лентой на ее внутреннюю поверхность (рис. 30).



Рис. 30. Образование тела трубы при отливке по способу де Лаво.

Продольное движение металлической формы или кокиля является безусловно необходимым, потому что затвердевание металла происходит почти в тот же самый момент, как он соприкоснется с холодными стенками кокиля. Вследствие быстрого охлаждения металл закаливается, что выражается в образовании отбеленной корки толщиной около 2—3 мм и общей хрупкости трубы. Поэтому полученные трубы не могут быть сразу пущены в дело, а должны предварительно пройти отжиг в специальных печах.

Обязательность операции отжига является слабым местом способа де Лаво, так как связана с дополнительными и довольно крупными расходами на постройку отжигательного отделения, оборудования, топливо, энергию и обслуживающий персонал. Многие заводы делали попытки избавиться от необходимости прибегать к отжигу. В частности на заводе бельгийской фирмы *Compagnie Générale des Conduites d'Eau* в Льеже применяли припыливание внутренней поверхности кокиля отмыченным графитовым порошком, вводимым перед каждой отливкой посредством длинного жолоба совместно с выдерживанием труб после их извлечения в особых чугуновых ящиках в течение 3—4 мин.

Этот же завод, как указывает Герст,¹ запатентовал еще один способ

¹ The Foundry, 15/VIII 1927.

получения незакаленных труб, который заключается в нанесении слоя состава, содержащего кремний, на внутреннюю поверхность кокиля перед заливкой.

Повидимому применение этих и подобных им средств не увенчалось особенными успехами, так как все заводы, работающие по способу де Лава, до настоящего времени подвергают трубы отжигу.¹

По способу де Лава кроме упомянутого бельгийского завода, который не принадлежит к числу ведущих, работает американский завод в Бирмингеме, штат Алабама (Birmingham, Ala), принадлежащий фирме The U. S. Cast Iron Pipe and Foundry Co. Эта же фирма владеет заводом в Берлингтоне, штат Нью-Джерсей (Burlington, N. J.). В Бирмингеме, являющемся центром американской труболитейной промышленности, находится еще один небольшой завод фирмы Clow National Pipe Product Co. В Канаде (Торонто) работает установка The National Iron Corporation, Limited. В Англии имеется крупный завод The Stanton Iron Works Co, Ltd.

Известны также японский завод фирмы Tsuda Co в Осаке и австралийский завод Gockins Iron and Steel Co в Сиднее. В СССР подобных установок, имеющих промышленное значение, нет.

В. Устройство первой машины промышленного типа

Первая машина де Лава, которая оказалась пригодной для промышленной эксплуатации, представлена на рис 31. Цифрой 1 обозначен чугунный барабан, играющий роль кожуха, в который уложена чугунная или стальная форма 2. Эта форма или кокиль вращается на роликовых подшипниках 3, установленных по концам кожуха. Кольцевое пространство между кожухом и формой разделено на две неравные части чугунной перегородкой 4. В левой меньшей части находится колесо Пельтона 5, вращенное на кокиль и предназначенное для сообщения ему вращательного движения. Для вращения самого колеса Пельтона вода подается насосом с аккумулятором. Одновременно вода охлаждает левую часть кокиля. Для охлаждения правой части кокиля вода доставляется по трубе, проложенной по дну кожуха с отверстиями для равномерного ее распределения.

Помимо механизма для вращения кокиля машина имеет еще механизм для передвижения кожуха вдоль рамы или станины 6. На кожухе укреплен гайка 7, надетая на длинный валик 8 с винтовой нарезкой. При вращении этого валика кожух движется поступательно влево или вправо. Для включения и выключения валика служит кулачковая муфта 9.

Цифрой 10 обозначен жолоб для подачи расплавленного металла в форму. В начале заливки его конец достигает почти до левого конца кокиля. На левом конце машины установлено захватное приспособление 11 для вытаскивания трубы. На рисунке это приспособление показано в момент извлечения отлитой трубы из кокиля. После отливки в раструбный конец трубы вставляют захват и при передвижении кожуха вправо удерживают ее и таким образом освобождают из кокиля.

¹ Впрочем согласно анонимной статье в The Iron Age от 8/II 1934 г. в США уже удалось получить трубы де Лава, не нуждающиеся в отжиге, путем вдувания порошка неизвестного состава между струей металла и формой. Повидимому здесь имеется в виду вдувание неметаллического порошка с уд. весом большим чем уд. вес чугуна (свинцовые окислы — см. герм. патент № 597602 в котором содержится и анализ неудач с вдуванием содержащих кремний веществ.

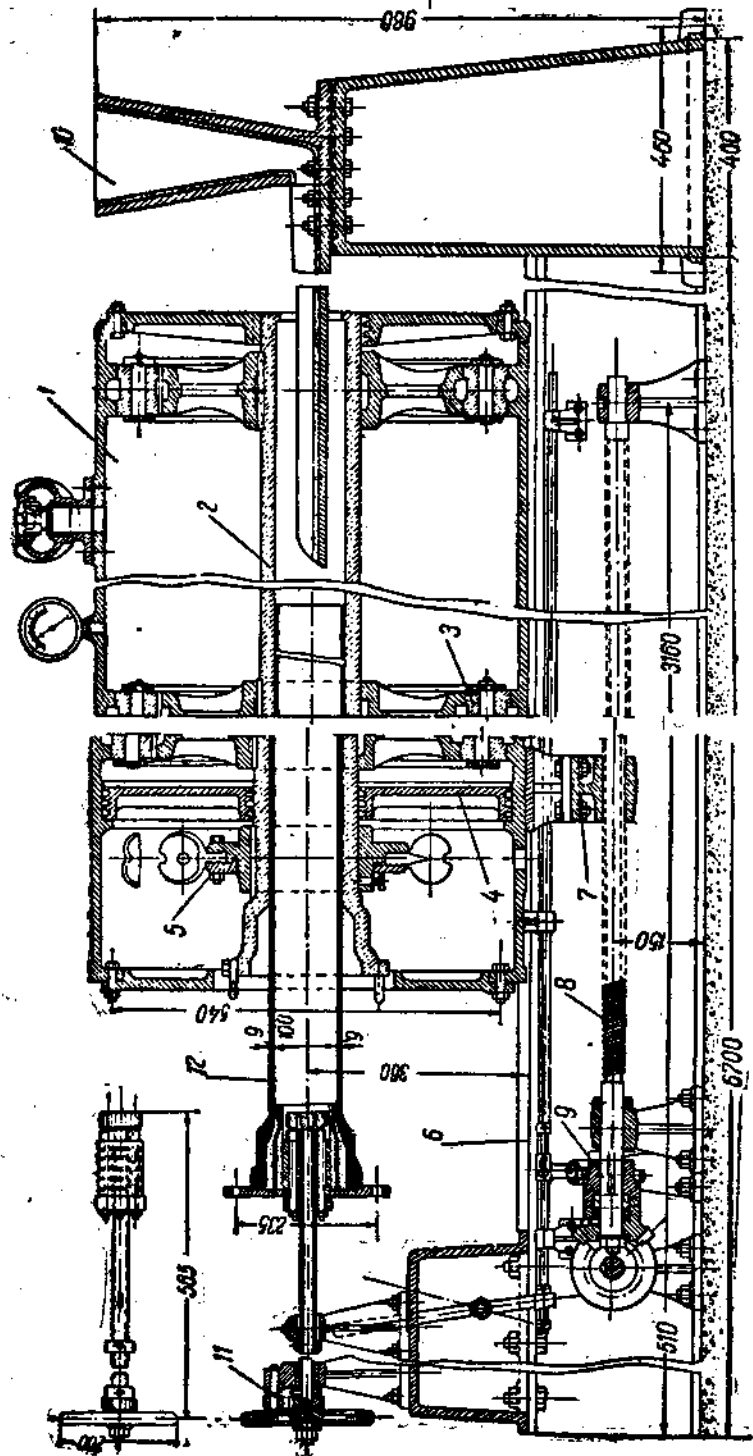


Рис. 31. Первая машина де Лаво промышленного типа.

Описанная машина в настоящее время нигде не применяется. Основным ее недостатком был тип привода, выбранный для вращения кокиля. Колесо Пельтона было неудобно в смысле регулирования скорости. Кроме того водяная энергия стоила слишком дорого. Только основные черты этой машины перешли по наследству и сохранились в современных машинах.

С. Устройство машины несколько устаревшего типа

Машина схематически показана на рис. 32. Цифрой 1 обозначен полый чугунный кожух, передвигающийся на катках 2 по массивной литой раме 3, возвышающейся над уровнем пола дша. Рама примерно в два раза длиннее кожуха. Внутри рамы установлен гидравлический цилиндр, шток которого соединен шарнирно с кожухом. На чертеже этот механизм отсутствует. Цифрой 4 отмечен другой гидравлический цилиндр меньшего размера, предназначенный для приведения в действие механизма, опрокидывающего заливочный или дозирочный ковш 5 своеобразной формы, задняя стенка или дно которого очерчено по дуге круга из центра посика. На рисунке ковш изображен в опрокинутом положении. Перед заливкой плоская сторона его направлена вертикально.

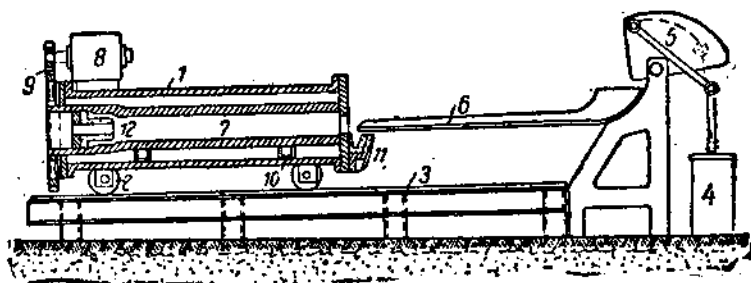


Рис. 32. Несколько устаревшая машина де Лаво.

Особая форма ковша является не случайной, а приложена ему с той целью, чтобы достигнуть равномерной подачи металла. При любом положении ковша площадь поверхности расплавленного металла остается одной и той же. Следовательно, если вести опрокидывание ковша равномерно, то в каждый данный момент из ковша будет выливаться одинаковое количество металла. Опрокидывающий механизм так и регулируется, чтобы удовлетворять этому условию.

Дозирочный ковш укреплен на массивной стойке, установленной на раме. На этой же стойке укреплен заливочный желоб 6. Приемная часть, находящаяся под ковшом, имеет вид воронки со срезанной передней половиной, а остальная часть желоба представляет собой как бы корыто, суживающееся к концу. Длина желоба примерно равна длине кожуха. Конец желоба отогнут в сторону так, чтобы струя металла вытекала из рылда перпендикулярно оси вращения и падала на стенку кокиля 7, находящегося внутри кожуха, насколько возможно ближе к касательной. Тогда металл будет без разбрызгивания ложиться на стенку кокиля.

Для предохранения желоба от разрушающего действия расплавленного

металла рабочую его поверхность выкладывают чугунными кирпичиками, которые перед каждой заливкой покрывают густой краской. И жолоб и рама расположены наклонно к горизонтальной плоскости, причем концы рамы, противоположный ковшу — на наименьшем уровне. Угол наклона приблизительно равен $3-5^\circ$. Чугунный кожух 1 состоит из двух половин. Нижняя половина имеет по четырем углам приливы для укрепления катков, на которых кожух перемещается вдоль рамы, посредством вышеупомянутого штока гидравлического цилиндра, шарнирно с ним соединенного в месте, где для этой цели расположен соответствующий прилив. Еще один прилив служит для установки патрубка, подводящего воду для охлаждения кокиля.

На верхней части кожуха устроена площадка, где установлен мотор 8 постоянного тока с регулировкой числа оборотов, для вращения кокиля. Мотор соединен с кокилем посредством зубчатой передачи 9. Помимо мотора на верхней половине кожуха имеются приливы для термометра, манометра, предохранительного клапана и патрубка, отводящего воду. Обе половины кожуха снабжены фланцами с прорезными дырами. Для соединения обеих половин кожуха служат болты с ушкообразными головками. Эти болты жестко посажены на стержни, проходящие по одному на боковых сторонах кожуха. Одним поворотом стержня все болты можно ввести в соответствующие прорезы и таким образом соединить обе половины кожуха. Такое устройство кожуха позволяет в случае необходимости довольно быстро сменить кокиль.

Внутри кожуха по обоим его концам установлены роликовые подшипники 10, на которых вращается кокиль. Цифрой 11 обозначен короткий желобок, служащий для стока излишнего металла из кокиля. Кокиль обычно изготавливается из специальной стали. Внутренняя его поверхность в точности соответствует наружным очертаниям отливаемых труб и тщательно обработана. Внутренней поверхности кокиля придается незначительная конусность, способствующая легкому извлечению из него отливной трубы. Наружная поверхность обработана только в местах, где насажены роликовые упорные кольца, сальниковые кольца, имеющиеся на обоих концах кокиля, и шестерня для вращения последнего. Для образования внутренней поверхности раструба трубы служит песчаномастный стержень 12 с металлическим поддоном, закрепляемый в кокиле специальным концевым кольцом. На нижнем конце рамы против раструбной части кокиля установлено не показанное на рисунке приспособление для вытаскивания трубы.

С одной стороны машины у нижней части рамы расположены перпендикулярно к ней 2—3 балки или рельса, служащие стелюгами, по которым скатываются отлитые трубы после их извлечения из кокиля. В кольцевом пространстве между кожухом и кокилем циркулирует вода для охлаждения последнего, имеющая при входе температуру $25-30^\circ$, а при выходе $75-85^\circ\text{C}$. Вода поступает к машине под нормальным заводским давлением. Зимой и во время перерыва в работе воду предварительно подогревают паром, для чего к машине подведен паропровод. Вода к гидравлическим цилиндрам подается насосами под давлением 10—12 ат. Моторы, вращающие кокили машины, служащие для отливки труб диаметром 100—150 мм, имеют мощность 10 л. с. На машины, отливающие трубы диаметром 200—300 мм, ставятся моторы мощностью 12—15 л. с.

Управление машиной производится из одного пункта, находящегося около заливочного ковша. Здесь сосредоточены как органы, регулирующие вращение мотора, так и все рычаги и вентили, приводящие в действие гидравлические цилиндры.

В. Процессе отливки

Перед началом работы передвижной кожух машины находится в крайнем левом или нижнем положении, показанном на рис. 32. При этом положении рабочий, находящийся у нижнего конца рамы, закладывает в кокиль стержень раструба и закрепляет его концевым подпорным кольцом и двумя чеками. Одновременно на противоположном конце машины в дозирочный ковш, поставленный так, что его плоская сторона приблизительно перпендикулярна раме, заливают жидкий чугун из обыкновенного литейного ковша, подвешенного краном от вагранки. Количество чугуна, помещающегося в дозирочный ковш, немного больше необходимого для отливки одной трубы. Когда установка стержня и заливка металла закончены, механик перемещает кожух с кокилем в крайнее правое или верхнее положение. При этом кожух надвинется на желоб так, что выпускное рыльце последнего будет немного не доходить до стержня раструба. В этом крайнем правом положении механик включает мотор, и кокиль начинает вращаться.

Когда мотор достигнет полного числа оборотов и вращение станет равномерным, пускают в цилиндр опрокидывающего механизма воду, находящуюся под давлением, и дозирочный ковш начинает наклоняться. Выливающийся из ковша жидкий чугун поступает в желоб и из последнего во вращающийся кокиль. Когда металл заполнит полость раструба, приводят в действие большой гидравлический цилиндр, служащий для передвижения кожуха машины. Кожух начинает равномерно передвигаться и в крайнем левом положении останавливается. В этот момент весь металл попадает в кокиль, а желоб полностью вылетает из отлитой трубы. Излишнее количество металла с заливочного желоба по короткому желобку стекает в сторону. Кокилю дают еще некоторое время вращаться, пока металл окончательно не затвердеет. На весь процесс отливки тратится 1—1,5 минуты.

Следует подчеркнуть, что при отливке по способу де Лаво и другим, ему аналогичным, скорость вращения кокиля, скорость продольной подачи и скорость (время) заливки должны быть строго координированы. В противном случае может получиться, что между отдельными витками металла останутся незаполненные щели или, наоборот, витки налягут друг на друга и будет отлита труба-недомерок.

После остановки мотора тот же рабочий, который устанавливал стержень раструба, расчековывает его и, удалив металлическое кольцо, закладывает внутрь раструба трубы механические распорные клинцы. Механик дает второй раз продольное движение машине в сторону дозирочного ковша, во время которого труба вследствие усадки легко выходит из слегка конусного кокиля на наклонные подпорки из листового железа. После высвобождения клинцев труба легко скатывается на стеллажи. Во время расчековки стержня второй рабочий очищает желоб от дорожек, если последние образовались, и окрашивает его посредством кисточки. Остается только отвести кожух опять в крайнее левое (нижнее) положение

и начать работу по отливке следующей трубы. Готовая труба подхватывается мостовым краном посредством двух больших крюков, укрепленных на траверсе, и отвозится к отжигательной печи.

Е. Машина современного типа

Рис. 33 дает представление о внешнем виде одной из новейших машин, установленных на заводах американской фирмы The United States Cast Iron Pipe and Foundry Co, Birmingham and Burlington. Машина предназначена для отливки труб длиной 18 футов и имеет чрезвычайно массивный вид. Массивность способствует уничтожению всяких вибраций при вращении кокиля и передвижении его вдоль рамы. На переднем плане видны стелюги, на которые скатываются отлитые трубы.

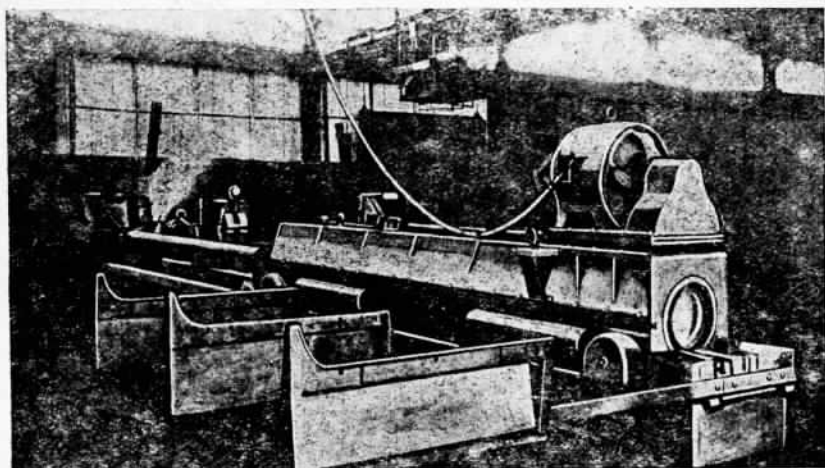


Рис. 33. Современная машина де Лаво.

К мотору, установленному на кожухе, протянут кабель, питающий его электрическим током. На заднем плане видны жолоб с приемной частью и дозировочный ковш. С правой стороны ковша сосредоточено управление машиной. Как уже указывалось выше, в машинах старого типа опрокидывание дозировочного ковша осуществлялось посредством гидравлического привода. Скорость опрокидывания регулировалась посредством небольшого игольчатого клапана, контролирующего впуск воды в цилиндр. Этот клапан часто забивался песком, сажей, а в некоторых случаях даже живыми рыбами, которые случайно попадали сквозь сетку водозаборной трубы.¹ Износ цилиндра, поршневых колец и небольшие всегда возможные изменения давления воды давали в результате плохое регулирование скорости опрокидывания.

В новейших машинах гидравлический привод дозировочного ковша заменен небольшим компактным электромотором, что устраняет все эти неприятности и обеспечивает равномерность опрокидывания.

¹ S. B. Clark, The Iron Age, 30/IV 1931.

Делались попытки применить электрический мотор также и для передвижения кожуха, но оказалось, что в данном случае гидравлический привод является более пригодным. Для передвижения кожуха надо приложить гораздо больше усилия, чем для опрокидывания ковша. Гидравлический привод при преодолении большой нагрузки оказался более прочным и надежным, чем электрический.

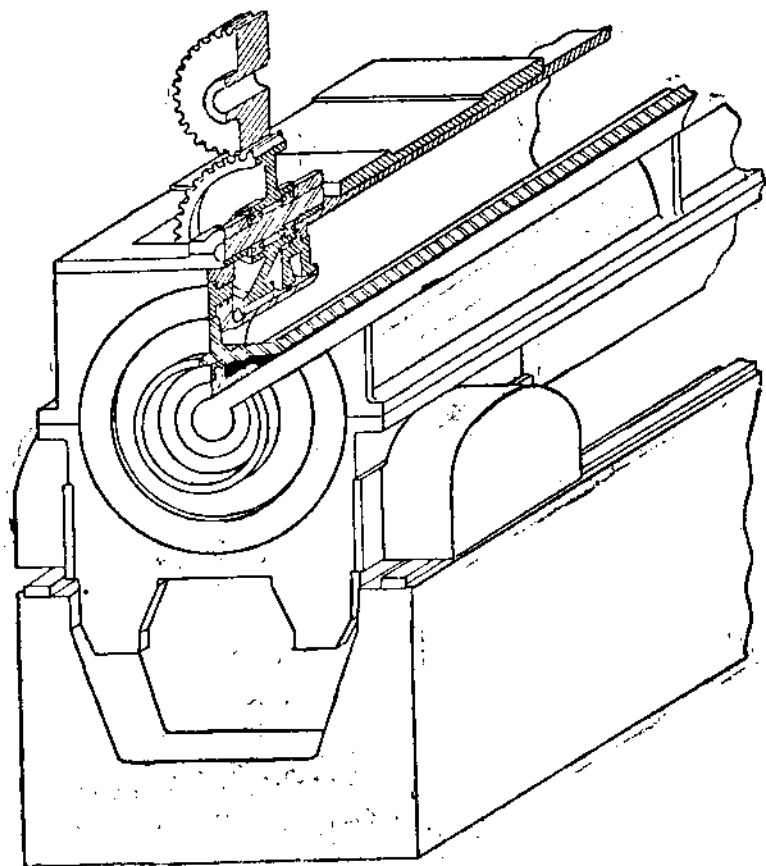


Рис. 34. Привод ковши.

Следует отметить также, что клапан, регулирующий впуск воды в большой цилиндр, довольно велик и поэтому колебания в давлении воды или износ рабочих поверхностей цилиндра и поршня оказывают сравнительно малое влияние на скорость продольного хода.

Рис. 34 дает представление об устройстве передачи от мотора к ковшу. Передача имеет очень простую конструкцию. Ведущим ее звеном является шестерня из кованой стали, сидящая на валу мотора. С ней сцепляется промежуточная шестерня, изготовленная из особого материала «micarta», в состав которого входит слюда. Промежуточная шестерня передает вращательное движение ковшу посредством укрепленного на нем болтами зубчатого венца из кованой стали. Передача хорошо рабо-

тает при скоростях, достигающих до 18 м в секунду, и отличается долговечностью. Вытаскиватель представляет собой железный стержень с Т-образным концом. Процесс отливки трубы на этой машине идет так же, как и на предыдущей.

Г. Кокли

Изложницы или кокли, в которых отливаются трубы по способу Лано, являются наиболее ответственной и дорогой частью центробежной машины. В процессе отливки кокли подвергаются с внутренней стороны действию высоких температур расплавленного металла, а с внешней — сильному охлаждению водой. Поэтому в материале кокля возникают значительные поперечные напряжения. Помимо поперечных создаются еще продольные напряжения, так как заливка производится по всей длине кокля не одновременно, а в течение примерно 25 сек. В результате совместного действия этих напряжений появляются трещины и другие разрушения на рабочей поверхности, и кокль приходит в негодность. Кокли изготавливаются из стальных поковок, которые подвергаются тщательной тепловой и механической обработке вплоть до шлифовки и це-

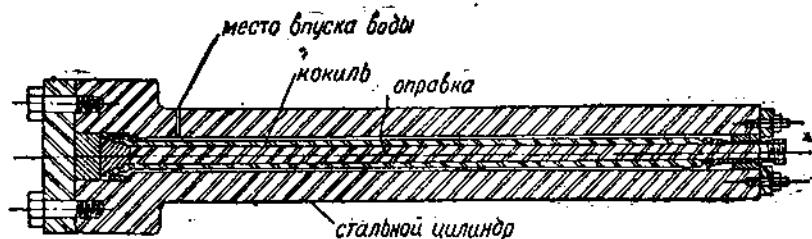


Рис. 35. Приспособление для исправления коклей.

лировки изнутри. Поэтому они отличаются высокой стоимостью и их сравнительно частая смена ложится значительным расходом на производство.

Естественное стремление увеличить срок службы коклей вызвало, с одной стороны, способы их исправления и, с другой, различного рода усовершенствования, в том числе и конструктивного порядка.

Способ исправления коклей с разрушенной внутренней поверхностью, введенный на заводах The U. S. Cast Iron Pipe and Foundry Co инженером экспериментального отдела этой фирмы Ф. К. Лангенбергом (F. C. Langenberg), довольно любопытен. Кокль свободно надевают на цилиндрическую оправку и вместе с ней помещают в тяжелый стальной цилиндр (рис. 35). Вода под давлением до 4000 ат. впускается в кольцевое пространство между коклем и охватывающим его цилиндром. Под влиянием такого высокого давления кокль плотно садится на оправку, благодаря чему его поврежденная внутренняя поверхность запрессовывается. Затем кокль вытаскивают из стального цилиндра и растачивают до стандартного внутреннего диаметра, после чего он пригоден для дальнейшей службы. Эту операцию можно повторить несколько раз, пока стенки кокля не станут слишком тонкими. Исправленные кокли работают до нового разрушения во многих случаях столько же или даже дольше, чем новые.

Иногда возможно из нескольких сильно разрушенных и не поддающихся исправлению кокилей сделать один новый. Для этого из негодных кокилей вырезают годные части и сваривают их по стыкам *В* (рис. 36). Далее работа идет как в предыдущем случае. Сварной кокиль сажают на оправку *Г* и вместе с ней помещают в гидравлический цилиндр *С*. Затем впускают воду через отверстие *Е*, оказывающую необходимое давление на кокиль. Опорная прокладка *Д* допускает продольное расширение кокиля.

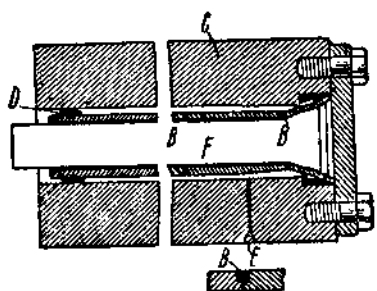


Рис. 36. Сварной кокиль, установленный для исправления.

Первоначально кокили изготовлялись из чугуна, затем из обыкновенной и хромоникелевой стали. Такой переход от низкосортных материалов к лучшим увеличивал долговечность кокилей. Еще некоторое увеличение срока службы кокилей дал переход на хромоникелемоденовую сталь.

Большое влияние на долговечность кокилей оказывает их конструкция. В первых машинах де Ла во применялись кокили с толстыми стенками (рис. 37). Понятно, что в таких кокилях существует большая разница между температурой внутренней и внешней поверхности, и вследствие

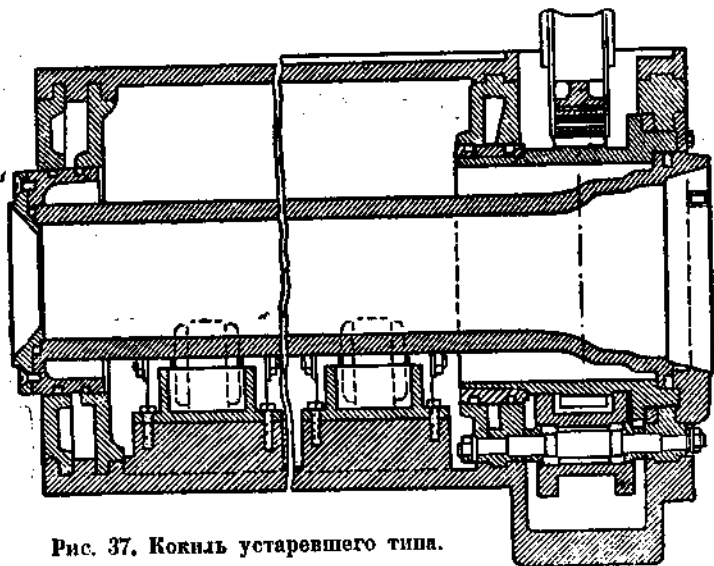


Рис. 37. Кокиль устаревшего типа.

этого возникают особо высокие и разрушительные напряжения. Такие кокили, начиная примерно с 1928 г., совершенно вышли из употребления и заменены тонкостенными с толщиной стенок около 25 мм.

Наиболее совершенным и вполне современным является кокиль американских заводов, изображенный на рис. 38.¹ Он представляет собой

¹ Schwarz und Vöth, Die Giesserei, 21/II 1930, № 8.

тонкую трубу 1, заключенную в другую толстостенную трубу 2, непосредственно омываемую водой. Тонкостенная труба тщательно центрирована по отношению к местам *a* и *b*. Между внешней и внутренней трубами, как видно из рисунка, имеется небольшой зазор, заполненный воздухом. Такая конструкция кокиля оказывает благоприятное влияние на работу тонкостенной трубы, так как уменьшаются вредные напряжения благодаря тому, что тонкая труба может расширяться независимо от толстой до тех пор, пока не нагреется настолько, что прижмется к ней вплотную.

Кокили, изготовлявшиеся до 1928 г., выдерживали ничтожное количество отливок. Так например в кокиле на заводе бельгийской фирмы *Compagnie Générale des Conduites d'Eau* можно было отлить около 500 труб. Эти кокили покупались в Америке по 425 долларов за штуку с доставкой в Льеж, что составляет расход в 85 центов на каждую отлитую трубу. Эти данные относятся к трубам диаметром 200 мм, соответственно чему стоимость кокилей на одну тонну труб составляет около 4,25 доллара. В 1929 г. кокили выдерживали уже в отдельных случаях до 2500—3000 отливок и после исправления и расточки до другого диаметра еще около 1000 отливок. Стоимость таких кокилей несколько выше и составляет в Америке 800 долларов для труб диаметром 100 мм, 1000 долларов для труб диаметром до 150 мм и 2250 долларов для труб диаметром 200 мм.

Кокили, выдерживающие 2500—3000 отливок, следует отнести к категории выше среднего качества. О качестве и стоимости нормальных кокилей, предлагавшихся фирмой *Titusville Forge Co*, можно судить по табл. 2. Германские кокили имеют стойкость и стоимость, показанные в табл. 3.

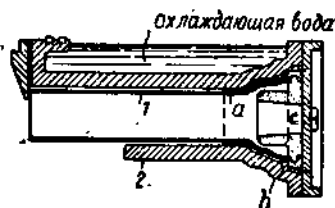


Рис. 38. Современный американский кокиль.

Таблица 2

Диаметр труб в мм	Длина труб			
	12 футов		18 футов	
	Цена кокиля в долларах	Число гарантиро- ванных отливок	Цена кокиля в долларах	Число гарантиро- ванных отливок
100	560	1550	860	1 550
150	693	2000	941	2 000
200	932	2000	1188	2 000
250	1223	2000	1488	2 000
300	1462	2000	1856	2 000

Таблица 3

Диаметр труб в мм	Цена кокиля в марках	Число гаранти- рованных отлив- ков
100	1200	2500
200	2700	2000
300	2700	1500
400	—	1000
500	8150	600

Центробежным способом можно отливать не только прямые, но и фасонные трубы. Для отливки труб с ответвлениями применяют кокиль, снабженный по периферии соответствующим числом неразъемных камер. В каждую камеру вставляют стержень, не выступающий внутрь кокиля. Сам кокиль состоит из двух половин 1 и 2 (рис. 39), скрепляемых болтами 3. Одна из половинок имеет по концам штыри 4, облегчающие точную сборку кокиля, и установочные винты 5. Половина 1 снабжена камерой 6, а половина 2 камерой 7. Геометрическая форма каждой камеры соответствует наружному контуру ответвления трубы. Каждая ка-

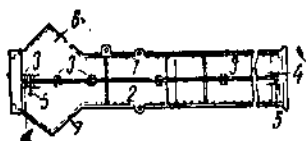


Рис. 39. Кокиль для фасонных труб.

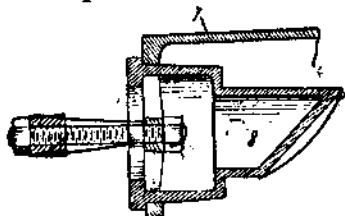


Рис. 40. Стержень для фасонной трубы.

мера имеет диаметр отверстия, соответствующий внешнему диаметру ответвления.

Стержень 8 (рис. 40) имеет вид полого тела. При изготовлении трубы всего с одним ответвлением ненужную камеру заполняют формовочной массой, чтобы уравновесить центробежные силы, достигающие большой величины при высоком числе оборотов.

Г. Производительность, стоимость и штат машины

В 1921 г. по сообщению С. Кларка (S. B. Clark), инженера-исследователя на заводе в Бермингтоне, машина, отливавшая в час 10—15 труб диаметром 6 дюймов (150 мм) и длиной 12 фут (3,66 м), считалась работающей удовлетворительно.

В 1926 г. машина, предназначенная для отливки таких же труб, была способна дать 400 труб за 10-часовой рабочий день. Этот выпуск эквивалентен или даже больше выпуска самой большой установки для работы ямным способом.

В табл. 4 собраны данные, полученные советскими инженерами в Америке, которые можно считать более или менее достоверными.

Таблица 4

Диаметр отливаемых труб в мм	Производительность машины в шт. в час
100—150	25—35
200—250	20—25
300	18—20

Таблица 5

Диаметр отливаемых труб в мм	Стоимость в долларах
50—75	9000
100—150	12000
200—300	17000
350—500	30000

Стоимость машины де Лаво весьма высока по причине их сложности и тщательности обработки которой подвергаются все их детали. Данные о стоимости сведены в табл. 5.

Количество рабочих, необходимое для непосредственного обслуживания литейной машины, не велико. Достаточно всего 4 человек. Кроме того нужен один мастер на батарею из 4—5 работающих машин.

Н. Область применения способа

В первое время способом де Лаво отливались трубы диаметром от 100 до 300 мм при длине 12 фут (3,67 м). В дальнейшем область применения этого способа расширяется. Уже в 1925 г. была установлена на заводе фирмы The U. S. Cast Iron Pipe and Foundry Co в Бирмингэме литейная машина для отливки труб диаметром от 14 до 20 дюймов при длине 18 фут.

В 1928 г. на том же заводе была установлена делая батарея машин для отливки труб диаметром до 12 дюймов при длине 18 фут. В 1930 г. начинаются попытки перехода на более крупные диаметры. Отливают первые трубы диаметром 600 мм при длине 12 фут. В 1931 г. уже считалось вполне безопасным делом отливка труб такого диаметра. В настоящее время на заводе в Бермингтоне вышеупомянутой американской фирмы уже находится в эксплуатации агрегат для отливки труб диаметром от 14 дюймов (350 мм) до 24 дюймов (600 мм) и длиной 18 фут. Повидимому в ближайшее время надо ожидать получения способом де Лаво труб всех применяемых диаметров и длин. Наименьший диаметр труб, отливаемых на американских заводах, равен 50 мм. На германском заводе в Гельзенкирхене нижним пределом диаметров отливаемых труб является 80 мм. Этот завод работает по способу, близкому к де Лаво, но имеет машины несколько другого типа.

Следует отметить, что способом де Лаво и вообще всеми способами, по которым отливка происходит в металлических формах, можно получать только трубы без буртика на конце противоположном раструбу. Это вполне понятно, так как трубу с буртиком вытащить из металлической формы невозможно. Однако, как показали специальные исследования, произведенные в 1926 г. в США, соединение труб, не имеющих буртика, не менее надежно, чем соединение обыкновенных труб с буртиком. Исследования даже установили, что прочность места соединения труб без буртика не ниже прочности самой трубы.

§ 16. ОТЛИВКА ПО СПОСОБУ АРЕНСА

Способ Аренса не имеет принципиальных отличий от способа де Лаво. Разница заключается лишь в деталях и главным образом в конструкции машин.

Машина Аренса показана на рис. 41. Механический опрокидывающийся дозировочный ковш отсутствует и заменен ковшом опоражниваемым вручную. Вращение кокиля производится так же, как и в современных машинах де Лаво, электрическим мотором. Следует однако отметить, что к мотору Аренс пришел, минуя колесо Пельтона.

Еще одно отличие заключается в том, что вращение кокиля происходит не только во время заливки и остывания, как у де Лаво, но и во время вытаскивания трубы.

Кокили применяются не кованые, как у де Лаво, а литые.

Из них следует отметить кокиль, изображенный на рис. 42. Этот ко-

киль имеет некоторое сходство с усовершенствованным кокилем де Лаво. Он также состоит из внутренней рабочей трубы *a* и внешней ведущей *b*, но воздушная прослойка между ними заменена ртутной или свинцовой, отмеченной на рисунке буквой *c*.

Отжиг труб, поскольку кокили охлаждаются водой так же интенсивно, как у де Лаво, необходим.

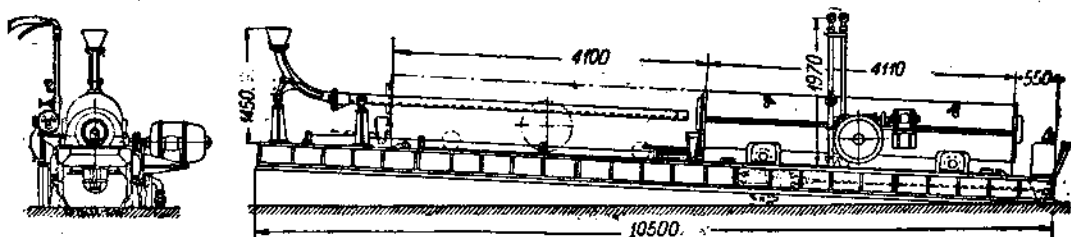


Рис. 41. Машина Аренса.

По способу Аренса работают некоторые заводы в Аргентине, Бразилии, завод фон-Ролль (Швейцария), завод Ильва в Коголетто (Италия) и фирма *Arensröhrren A. G.*

Последняя фирма запатентовала не типичную для способа Аренса, но весьма оригинальную машину (рис. 43), предназначенную для отливки труб любой длины в коротком кокиле. Буквой *a* обозначен жолоб, че-

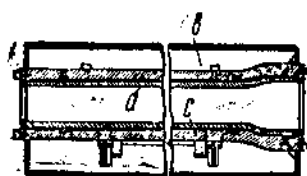


Рис. 42. Кокиль Аренса.

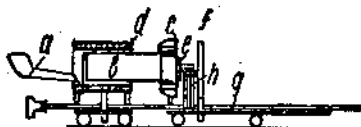


Рис. 43. Машина для отливки длинных труб в коротком кокиле.

рез который в охлаждаемую водой вращающуюся форму заливается жидкий металл, обвивающий узкой лентой внутреннюю поверхность последней. В процессе заливки раструбная часть *e* трубы с плитой *e* и *f* и подшипником *h* равномерно отодвигается тележкой *g* в правую сторону. Следовательно готовая труба непрерывно вытягивается направо в то время как на левом ее конце парастают все новые и новые витки.

§ 17. РАЗЛИЧНЫЕ УСТРОЙСТВА ГОЛЬТГАУЗА И БУРХАРТЦА

А. Заливные устройства

Германские инженеры Гольтгауз (*I. Holthaus*) и Бурхардт (*Heinrich Burchardt*) дали значительное количество приспособлений для заливки металла, исходя в основном из способа де Лаво.

В машинах де Лаво металл подается в кокиль посредством длинного заливочного жолоба. Так как жидкий металл, попавший в металлическую литейную форму, уже через несколько секунд остывает и затвердевает,

¹ Geiger, Handbuch der Eisen-und Stahlgiesserei.

то очень важно, чтобы он был равномерно распределен по всей длине. Поэтому заливают избыточное количество жидкого металла, благодаря чему часть его, остающаяся после полного опрокидывания дозирочного ковша в заливочном жолобе, не используется.

Чтобы устранить этот недостаток, Гольтгауз предложил особое приспособление. Сущность его заключается в том, что жидкий металл в конце заливки не направляется длинным жолобом, а течет лишь через короткий крутой жолоб и поэтому проходит короткий путь и без остатка подается во вращающийся кокиль. Для этого применяются два лежащих друг над другом литейных жолоба: неподвижный распределительный и подвижной (вместе с формой) короткий питательный. При отливке жидкий металл подается через питательный жолоб в распределительный, из которого он течет в заднюю часть литейной формы. По мере заполнения формы металлом она вместе с питательным жолобом перемещается относительно неподвижного распределительного жолоба так, что в конце отливки выпускной конец последнего доходит до ее переднего конца. При этом вытекающий из питательного жолоба жидкий металл или вы-

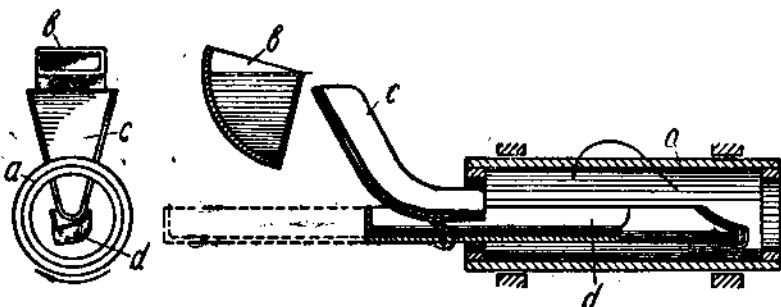


Рис. 44. Заливочное приспособление Гольтгауза с одним распределительным жолобом.

ливается только на конец распределительного жолоба, или попадает непосредственно в форму.

Заливочное приспособление (продольный и поперечный разрез) Гольтгауза изображено на рис. 44. Жидкий металл из дозирочного ковша *b* равномерной струей вливается в верхний питательный жолоб *c*, который своим выпускным концом входит во вращающуюся литейную форму *a*. Под этим жолобом расположен второй горизонтальный или наклонный распределительный жолоб *d*, который подает металл к концу литейной формы. При опрокидывании дозирочного ковша литейная форма по мере ее заполнения вместе с ним и питательным жолобом движется вправо до тех пор, пока распределительный жолоб не окажется, относительно формы, в положении, обозначенном пунктиром. Последняя порция металла попадает в кокиль непосредственно из питательного жолоба. Тот же результат получится, если распределительный жолоб будет передвигаться в продольном направлении, а кокиль будет вращаться стоя на одном месте.

Другое приспособление предложено Гольтгаузом с целью увеличения производительности центробежных машин. Считая, что пользование одним заливочным приспособлением невыгодно в том отношении, что работа после каждой отливки должна быть прервана на более или

менее продолжительный срок для очистки, окраски и в некоторых случаях для исправления жолоба, Гольтгауз снабжает центробежную машину несколькими соединенными в одно целое распределительными жолобами, из которых во время отливки используется один, а остальные подготавливаются для следующих отливок.¹

Приспособление изображено на рис. 45 в нескольких вариантах. По варианту А форма может перемещаться в направлениях 1 и 2. Приспособление для заливки состоит из ковша *b*, из поворотного (откидного) питательного жолоба *c*, из двух распределительных жолобов *d* и из салазок (тележки) *e*, которые могут передвигаться в направлениях 3 и 4.

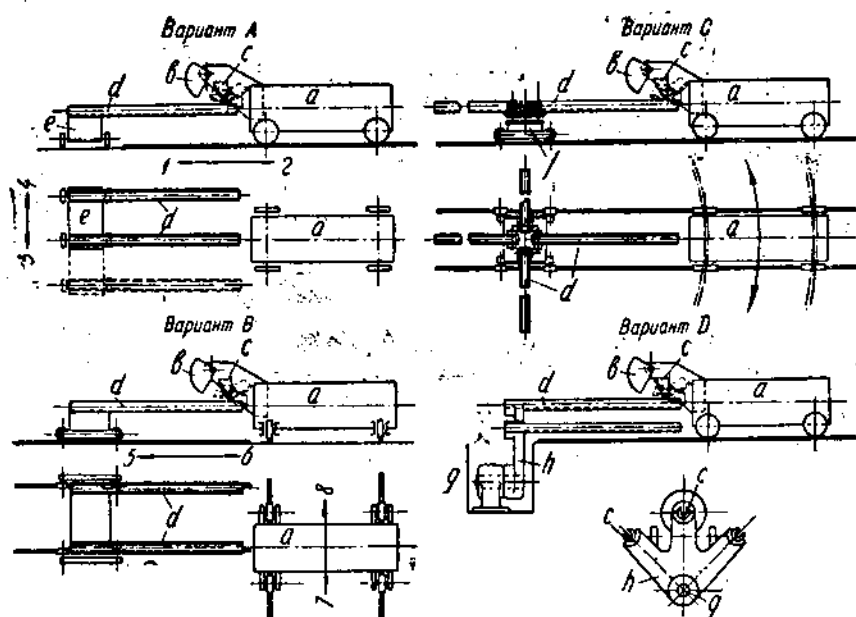


Рис. 45. Центробежные машины Гольтгауза с несколькими распределительными жолобами.

Приспособление вместо двух может быть снабжено тремя или большим числом распределительных жолобов.

При отливке форма надвигается на один из жолобов. Остальные в это время могут быть подготовлены к работе. Перед сдвигом салазок с жолобами необходимо повернуть питательный жолоб *c* в положение, обозначенное на рисунке пунктиром.

Вариант В отличается от предыдущего тем, что несколько распределительных жолобов *d* могут передвигаться в направлениях 5 и 6, а форма *a* может двигаться в направлениях 7 и 8.

Согласно варианту С заливка осуществляется жолобами, расположенными на подвижной колонке *f*. Желоба могут вращаться в горизонтальной плоскости. Это устройство напоминает револьверную головку. Другая возможность состоит в том, что желоба и колонка устанавливаются

¹ Герм. патент 402803 кл. 31с, 18 от 1924 года — есть и соотв. патент СССР.

неподвижно, а форма ходит по рельсам вокруг колонки, подходя попеременно к желобам.

Сущность последнего варианта *D* заключается в том, что распределительные желоба закреплены на радиально направленных отростках держателя *h*, который может вращаться около оси *g*. При повороте на определенный угол тот или иной желоб устанавливается в положении, совпадающем с осью формы.

Как видно из рисунков, предлагаемые Гольтгаузом приспособления довольно громоздки и в некоторых случаях требуют дополнительной площади. Едва ли они могут быть с успехом использованы, тем более, что вопреки соображениям Гольтгауза подготовка к работе желоба нормальных машин де Лаво не вызывает никаких затруднений и задержек, и вполне может быть закончена, как уже отмечалось выше, во время расчистки стержня раструба.

Гольтгауз обратил также внимание на недостатки дозировочных ковшей и гидравлического привода для их опрокидывания. Дозировочные ковши типа де Лаво имеют тот недостаток, что нечистоты, плавающие на поверхности металла, очень легко попадают в форму и вагубно влияют

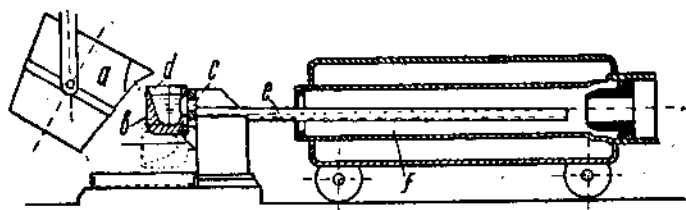


Рис. 46. Машина Гольтгауза с литейным резервуаром.

на доброкачественность отливаемого предмета. Недостаток гидравлического привода возмаш, заключающийся в неравномерном опрокидывании последнего, уже отмечался ранее.

Изобретение Гольтгауза имеет целью устранить указанные недостатки тем, что металл, предназначенный для отливки трубы, выпускается в заливочный желоб из отверстия в боковой стенке литейного резервуара, устроенного ниже уровня находящегося в резервуаре металла. При этом высота уровня над отверстием с целью достижения неизменного давления на это отверстие поддерживается путем дополнения резервуара.

Приспособление представлено на рис. 46. Оно состоит из вертикально стоящего подъемного литейного резервуара *b*, снабженного для регулирования давления металла переливом *d* и отметочной шкалой. Металл подается крановым литейным ковшом *a* в резервуар *b*, откуда через выпускное отверстие *c* и распределительный желоб *e* течет в кокиль *f*. Выпускное отверстие *c* в стенке резервуара находится ниже наинизшего допустимого уровня металла и его площадь может быть изменена при помощи задвижки (шибера) или вставных колец различного диаметра. Резервуар и регулировочное приспособление футеруются огнеупорным материалом. На скорость течения металла по заливочному желобу помимо его наклона влияет высота выпускного отверстия *c* над ним. Регулирование этой высоты производится подъемом и опусканием резервуара.

Заливку металла можно производить и непосредственно в заливочный жолоб из крановых литейных ковшей особого типа. Эти ковши, представленные на рис. 47, так же, как и описанный выше резервуар, снабжены выпускными отверстиями ниже уровня металла. Постоянство давления достигается путем наклона ковшей в соответствии с уткой металла, так что столб металла над выпускным отверстием поддерживается примерно на одинаковой высоте.

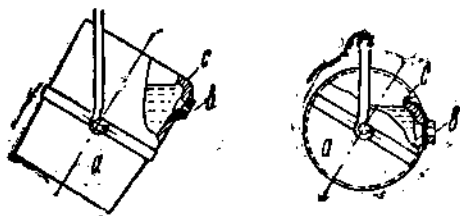


Рис. 47. Литейные ковши.

Некоторый интерес представляет также приспособление Гольтгауза для отливки длинных труб (рис. 48). В данном случае применены два жолоба, через которые заливка начинается с середины, а затем желоба отодвигаются к концам формы.

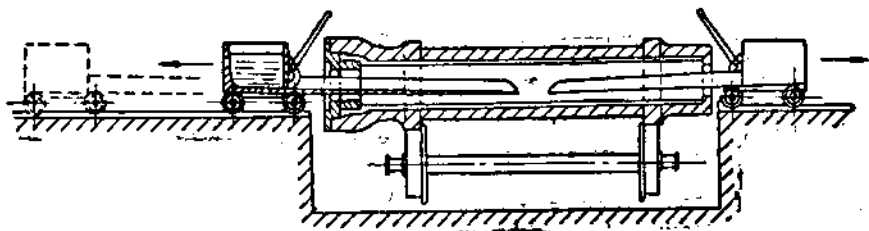


Рис. 48. Машина для отливки длинных труб.

В. Приспособление для установки стержня и вытаскивания трубы

Приспособление Бурхартца изображено на рис. 49. Оно снабжено шпинделем *a*, могущим передвигаться в подшипнике *b* и устанавливаться в вертикальном положении путем поворота упомянутого подшипника около горизонтальной оси *c*. При вертикальном положении шпинделя на прикрепленную к его верхнему концу державку *e* пасаживается ручную или посредством подъемного приспособления стержень раструба *d*. После насадки подшипник *b* устанавливается опять в горизонтальное положение и стержень вставляется в кокиль.

Приспособление снабжено откидными частями, расположенными радиально, которые прикреплены шарнирно к шпинделю и приводятся в действие тягой, проходящей внутри шпинделя, посредством рычага. Откидные части показаны в увеличенном масштабе на рис. 50; эти части состоят из башмаков *k*, шарнирно скрепленных посредством серег *i* и *m* со шпинделем *a*. Когда приведена в действие тяга *l*, башмаки прижимаются к внутренней поверхности трубы в трех местах с силой, достаточной для удержания трубы во время ее вытаскивания.

С. Кокили

Кокиль *a* Бурхартца (рис. 51) предназначен для отливки двух раструбных труб в один прием. В кокиль вставлено разделительное кольцо *b*, что позволяет отлить две трубы одинаковой длины, если кольцо постав-

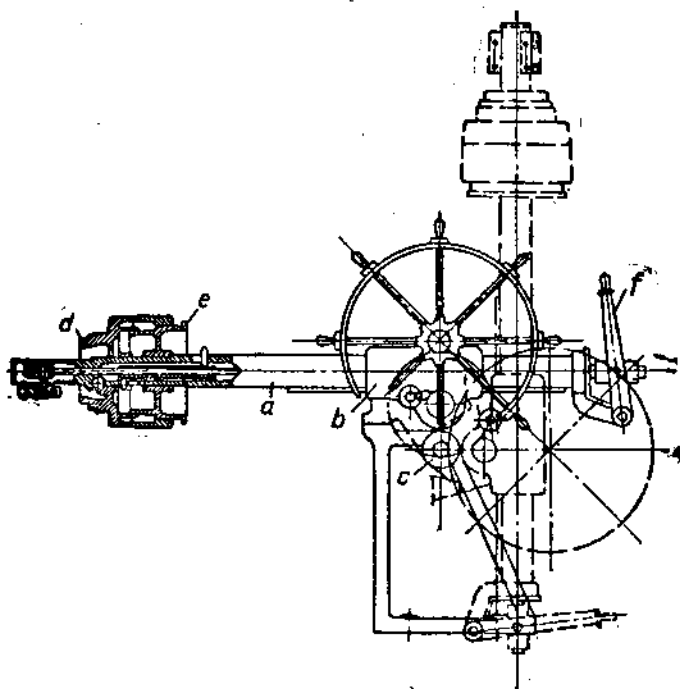


Рис. 49. Приспособление Бурхардт

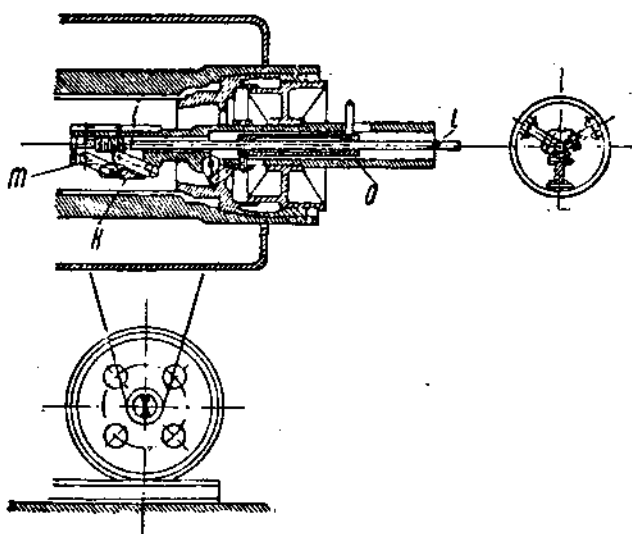


Рис. 50. Откидные части приспособления Бурхардта.

лено посредине, или различной, если кольцо отодвинуто к одному из концов.

Некоторое затруднение представляется при отливке второго раструба, находящегося ближе к дозировочному ковшу. Обычный раструбный стержень препятствует попаданию расплавленного металла в полость раструба. Для того чтобы обеспечить наполнение раструбной полости, в данном случае применен песчаный стержень *d*, стенка которого имеет корытообразное сечение и снабжена литниковыми каналами или прорезами *c*, через которые проходит металл. Для удержания стержня сзади его вставлено пружинное кольцо *f*.

Владельцем патента на этот кокиль, а также и на большинство других патентов Гольтгауза и Бурхартта является германская фирма

Gelsenkirchener Bergwerks Aktiengesellschaft. Ей принадлежит также патент на вполне современный кокиль¹ для отливки нормальных труб, изображен-

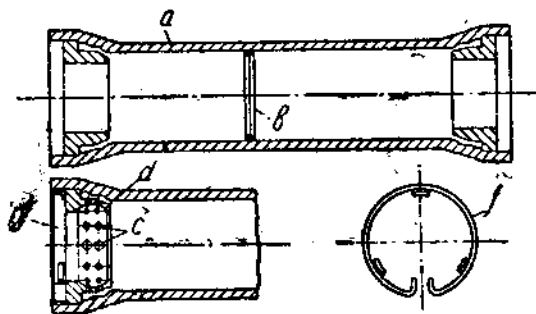


Рис. 51. Кокиль для одновременной отливки двух раструбных труб.

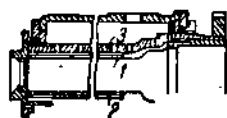


Рис. 52. Усовершенствованный германский кокиль.

ный на рис. 52. Конструкция этого кокиля, охлаждаемого периодически водой, похожа на ранее рассмотренные кокили де Лаво и Аренса. Германский кокиль отличается от кокиля де Лаво лишь в деталях. В американском кокиле устроена одна воздушная прослойка. В германском их две, для чего между тонкой рабочей трубой 1 и ведущей толстой 3 уложена еще одна труба 2.

§ 18. МАШИНА ЗАВОДА «ЛЕНТРУБЛИТ»

А. Назначение и основные узлы

В области центробежной отливки труб СССР делает только первые шаги. Попытки привлечь иностранную техническую помощь не увенчались успехом. Германская фирма Gelsenkirchener Bergwerks A. G. предложила настолько кабальные условия, что переговоры с ней были прерваны. Вместо покупки проекта завода и оборудования пришлось начать с конструирования экспериментальных машин.

В настоящее время построены, установлены и испытываются две машины. И та и другая работают по способу де Лаво. Первая установлена в ЦНИИМАШе (Москва). Другая, сконструированная московскими

¹ Schwarz und Vöth, Die Giesserei, 1930, № 8.

инженерами Гореловым и Никитиным, принадлежит Ленинградскому труболитейному заводу («Лентрублит») и предназначена для отливки чугунных водопроводных труб диаметром 300 мм. При замене кокиля другим можно отливать трубы и меньших диаметров.

Машина, внешний вид которой представлен на рис. 53, состоит из пяти групп (узлов): *A* — передвигной части (собственно машины), *B* — коробки скоростей, *C* — дозирочного ковши, *D* — вытаскивателя и *E* — станины.

Об устройстве и взаимодействии входящих в ее состав группы можно получить представление, рассматривая ее кинематическую схему (рис. 54), где одни детали и механизмы изображены довольно подробно, а другие условно.

В. Передвигная часть

Передвигная часть показана в левой верхней четверти рисунка 54. Она состоит из стального ковального кокиля, вращающегося на трех роликоподшипниках в чугунном кожухе. Кожух разборный и состоит из левой части, несущей мотор и привод кокиля, средней, цилиндрической части и правой части. В полости между стенками кокиля и кожуха циркулирует вода, поступающая под давлением в 4 ат. через гибкий шланг в правую часть кожуха и выходящая через трубное колено, присоединенное к левой части кожуха.

Мотор трехфазного тока для вращения кокиля дает 1450 об./мин. и имеет мощность 29 кВт (39,4 л.с.). Конец вала мотора соединен эластичной муфтой с ведущим валком *a*, на котором посажена ведущая шестерня с 49 зубцами. Эта шестерня сменная и вместо нее могут быть посажены шестерни с числом зубцов 47, 45 и 43. На конце валика *b* сидит ведомая шестерня с 31 зубцом. Она также сменная и может быть заменена шестернями с 33, 35 и 37 зубцами. Шестерни с 49 и 31 зубцами взаимно заменяемы. Точно также взаимно заменяемы и шестерни с 47 и 35, с 45 и 35, а также с 43 и 37 зубцами. На валике *b* кроме сменной сидит еще постоянная ведущая шестерня с числом зубцов $z = 50$. Она передает движение передаточной постоянной шестерне с 60 зубцами, которая сидит на консольном валике *c* и сцеплена с зубчатым венцом кокиля, имеющим 140 зубцов.

Благодаря наличию четырех пар сменных шестерен кокиль может иметь число оборотов в минуту:

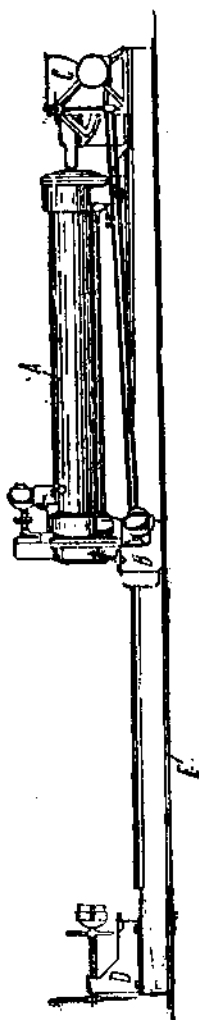
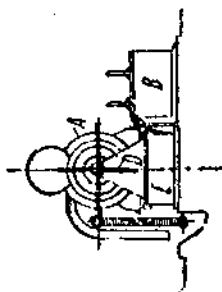


Рис. 53. Машина Горелова и Никитина.

$$1) \frac{1450 \cdot 49 \cdot 50 \cdot 60}{31 \cdot 60 \cdot 140} = 820$$

$$2) \frac{1450 \cdot 31 \cdot 50 \cdot 60}{49 \cdot 60 \cdot 140} = 328$$

$$3) \frac{1450 \cdot 47 \cdot 50 \cdot 60}{33 \cdot 60 \cdot 140} = 735$$

$$4) \frac{1450 \cdot 33 \cdot 50 \cdot 60}{47 \cdot 60 \cdot 140} = 360$$

$$5) \frac{1450 \cdot 45 \cdot 30 \cdot 60}{35 \cdot 60 \cdot 140} = 670$$

$$6) \frac{1450 \cdot 35 \cdot 50 \cdot 60}{45 \cdot 60 \cdot 140} = 405$$

$$7) \frac{1450 \cdot 43 \cdot 50 \cdot 60}{37 \cdot 60 \cdot 140} = 600$$

$$8) \frac{1450 \cdot 37 \cdot 50 \cdot 60}{43 \cdot 60 \cdot 140} = 445$$

Кожух вместе с кокилем и механизмом для вращения последнего покоится на двух тележках, обнимающих его левую и правую части. Каждая тележка имеет два катка, которые при продольном перемещении передвигной части машины катятся по направляющим (рельсам), прикрепленным к станине. Во избежание боковых смещений передвигной части машины при продольном ходе установлены горизонтальные катки, катящиеся по внутренним боковым граням рельс. Эти катки на кинематической схеме не показаны.

Продольное перемещение собственно машины осуществляется специальным механизмом, одна часть которого входит в состав коробки скоростей, а другая в состав собственно машины.

Последняя часть состоит из зубчатой рейки (кремальеры), сцепленной с шестерней, сидящей на конце ведущего вала *VI* коробки скоростей (о коробке будет сказано ниже) и имеющей 32 зубца.

Правый конец кремальеры проходит сквозь отверстие в хвосте правой тележки и сквозь фланец, сидящий на этом хвосте. На конце кремальеры имеется парезка с упорной гайкой, фиксируемой контргайкой таким образом, чтобы между упорной гайкой и фланцем было некоторое расстояние, что необходимо, как видно будет далее, для отливки раструба трубы.

Левый конец рейки также имеет резьбу под упорную гайку, которая берет передвигную часть машины при ее движении вправо постепенно через буфер. Сделано это с той целью, чтобы избежать при вытаскивании трубы возникновения в деталях механизма для передвижения собственно машины и в частности в кремальере мгновенных больших напряжений. На рисунке видна траверза и пружина буферного приспособления.

С. Коробка скоростей

Коробка скоростей изображена на нижней половине рис. 54. Она заключена в литой корпус, частью которого является плита для мотора мощностью 5 kW (6,8 л. с.), дающего 940 об./мин. На валу мотора сидит шестерня с 33 зубцами, сцепленная с шестерней приводного вала *I*, имеющей 27 зубцов. Следовательно число оборотов вала *I* равно:

$$n = \frac{940 \cdot 33}{27} = 1150.$$

На валу *I* посажена еще одна шестерня с 20 зубцами, сцепленная с шестерней вала *II*, имеющей 70 зубцов. На левом конце вала *II* сидит также ведущая шестерня гитары № 1. Благодаря наличию гитары пере-

движная часть машины может перемещаться влево с 90 различными скоростями от 30 до 300 мм в секунду.

Гитара № 1 вращает левую чашку фрикциона с сидящей на ней шестерней с 59 зубцами. Чашка свободно вращается на валу III. По шпонке посредством поводка (вилки) продольно перемещается переключающая муфта, помощью поворотного рычага и пальца расширяющая сцепное кольцо фрикциона и таким образом через диск, сидящий на валу III на шпонке, включающая фрикцион и вал.

Сидящий на том же валу правый двухходовой червяк вращает червячное колесо, сидящее на валу VI. Через эластичную муфту этот вал вращает зубчатку, передвигающую рейку, описанную ранее.

Перевод переключающей муфты влево дает включение левого фрикциона и следовательно левое вращение червячного вала VI (обозначенное на кинематической схеме знаком —), что сообщает передвижной части машины левый ход.

Правый фрикцион с сидящей на нем шестерней с 48 зубцами вращается мотором через шестерни с числом зубцов — 33, 27, 20 и 70 и дает валу VI, а следовательно и сидящей на нем зубчатке с 32 зубцами, число оборотов, равное

$$n = \frac{940 \cdot 33 \cdot 20 \cdot 70 \cdot 2}{27 \cdot 70 \cdot 48 \cdot 35} = 28,$$

что вызывает обратное (правое) движение собственно машины со скоростью приблизительно 4,5 мм в секунду. Другой обратной скорости собственно машина, как видно, не имеет.

Сидящая на левом фрикционе шестерня с 59 зубцами, получающая вращение от гитары № 1, сцеплена с шестерней с 62 зубцами, сидящей на валу IV. На правом конце того же вала сидит шестерня с 66 зубцами, сцепленная с шестерней с 38 зубцами, помещенной на чашке правого фрикциона механизма для наклона дозирочного ковша. Таким образом механизм, движущий ковш, может быть приведен в действие только последовательно через гитару № 1, входящую в состав механизма для продольного перемещения собственно машины.

На левом внешнем конце вала IV сидит ведущая шестерня гитары № 2. Гитара меняет скорость рабочего (опрокидывающего) движения ковша. Конструкция фрикционов, смонтированных на валу V, аналогична конструкции фрикционов механизма для продольного перемещения собственно машины.

При включении правого фрикциона шестерня с 38 зубцами через вал V сообщает левое вращение передаточному валу VII, что вызывает обратное (холостое) движение дозирочного ковша. Как видно, это движение может совершаться только с одной скоростью. В этом случае гитара № 2 будет работать холостую. Наоборот, при включении левого фрикциона вала V правый фрикцион будет работать холостую, а вал VII через гитару будет вращаться уже вправо, что вызовет рабочее (опрокидывающее) движение ковша.

Вал V соединен с валом VII шарниром Гука. Вал VII передает вращение валу VIII дозирочного ковша. Включение и выключение прямого и обратного ходов механизмов передвижной части машины и ковша может осуществляться как вручную, так и автоматически посредством специальных переключателей.

Для переключения фрикционов служат цельный вал X и полый вал XI. Первый вал входит во второй. Эти валы лежат вдоль корпуса коробки скоростей над валами фрикционов и перпендикулярно к ним. Каждый вал имеет по одной вилке (поводку), которые лежат над валами фрикционов и своими сухарями входят в кольцевые пазы переключающих муфт фрикционов.

На крышке коробки скоростей над каждым поводком находится по рукоятке, которые закреплены на осях в соответствующих фланцах. Каждая рукоятка может так воздействовать на свой поводок, что при ее отклонении вправо или влево поводок также будет отклоняться на определенный угол. Это отклонение вызывает вращение вала, на котором поводок сидит, и далее продольное перемещение муфты, включающей тот или иной фрикцион.

На концах валов насажены особой формы переключатели 1 и 2, имеющие каждый по три впадины. Во впадины эти поочередно входит два шарика, прижимаемые к ним пружинками. Входя поочередно в ту или иную впадину своего переключателя, шарик фиксирует его или в нейтральном положении (если находится в средней впадине), или в одно из двух крайних положений, соответствующих включению фрикционов на прямой или обратный ход. Переключатели 1 и 2 переключаются автоматически посредством упоров R, S и T, смонтированных на тележках передвижной части машины, и рычажков, связанных с дозировочным ковшом.

Так как упоры смонтированы на тележках, то следовательно перемещаются вместе с собственно машиной.

Д. Дозировочный ковш

При описании работы коробки скоростей указывалось, что вал V заканчивается шарниром Гука, соединенным с валом VII, передающим вращение валу VIII дозировочного ковша, который является червячным валом. Червяк вращает червячное колесо, сидящее на валу IX. На этом же валу посажена шестерня с 20 зубцами, которая передает вращение зубчатому сектору дозировочного ковша. Сектор сидит на валу O, являющимся также валом, около которого поворачивается дозировочный ковш, имеющий емкость 69 л (518 кг), что дает возможность доводить толщину стенок отливки до 18 мм. Ковш вращается в подшипниках между двумя стойками, прикрепленными к станине. Одна из стоек имеет прилив в виде втулки. В этой втулке лежит валик e, на одном конце которого посажен одноплечий рычажок, направленный вверх. На другом конце того же валика посажен рычажок в виде вилки, направленный вниз и соединенный шарнирно с тягой для переключения ковша. При горизонтальном положении верха ковша одноплечий рычажок касается шпильки, ввернутой в зубчатый сектор и отклоняющей его влево. Поворачиваясь около оси e, одноплечий рычажок отклоняет вилообразный рычажок вправо. Последний посредством тяги отклоняет нижнюю часть рычага 3 также вправо. Верхняя часть рычага 3 упирается в нижний выступ переключателя 2 и отклоняет его на определенный угол.

Когда ковш поворачивается против часовой стрелки, расплавленный чугун через горловину выливается в металлический футерованный заливочный желоб. Желоб консольно закреплен на чугунной стойке, которая

в свою очередь закреплена на станине. Заливочный жолоб при крайнем правом положении подвижной части машины (начало заливки) проходит через всю полость кокиля, почти упираясь в стержень. Отогнутый в сторону его носик находится в таком положении, что угол, образуемый сливающейся с него струей металла и вращающейся стенкой кокиля, сведен до минимума.

Е. Вытаскиватель

На кинематической схеме вытаскиватель не изображен. О внешнем его виде можно судить по рис. 53. Он имеет чугунную стойку, закрепленную на станине. Верхняя часть стойки снабжена отверстием, в котором лежит стержень (ось) вытаскивателя. Ось на обоих концах имеет квадратную резьбу, на которую накручены два ворота с четырьмя рукоятками каждый. На правом конце оси правее малого ворота надета нажимная чашка, могущая свободно перемещаться вдоль оси. Еще правее на самом конце оси посажен разжимной конус, а на него надет патрон.

Когда отливка трубы закончена, подвижная часть машины находится в крайнем левом положении. Вынув из кокиля стержень, вставляют в раструб трубы конус вытаскивателя с его патроном, отвернув предварительно левый ворот на потребную длину. Вставив конус, начинают заворачивать правый ворот, отчего чашка, перемещаясь вправо, начинает нажимать на патрон, а конус будет вытягиваться влево и тем самым разжимать стальной патрон. Разжимаясь в раструбе, патрон схватит изнутри трубу. Вращая теперь вправо левый ворот, натягивают ось вытаскивателя до тех пор, пока отлитая труба не тронется с места. Сдвинув с места отливку, пускают посредством ручной рукоятки на коробке скоростей машину, которая отойдет вправо, а под готовую трубу, оставшуюся на месте, подкладывают подставки и, освободив от вытаскивателя, скатывают в сторону на стелюги.

Ф. Станина

Станина состоит из двух параллельных швеллеров № 30 длиной по 10 935 м.м. Нижними полками швеллеров станина прикреплена к фундаменту. Между собой швеллеры связаны распорными болтами, расположенными в шахматном порядке, и еще тремя перемычками из швеллеров № 20.

На верхних полках станины лежат две направляющие (рельсы) для катков подвижной части машины. Приблизительно на половине длины станины между основными швеллерами закреплен чугунный кронштейн, служащий одновременно и распоркой для жесткости, и кронштейном для опорного подшипника зубчатки, ведущей кремальеры.

Также приблизительно на половине длины станины с наружной ее стороны прикреплены два кронштейна, на которых в свою очередь закреплена торцевая стенка корпуса коробки скоростей. Днище корпуса закреплено на фундаменте. На правом конце станины закреплены стойки дозирочного ковша.

Г. Работа машины

1. Отливка. В начале процесса отливки, когда идет заливка раструба будущей трубы, кокиль вращается, но не движется в продольном направ-

лении. Расплавленный металл центробежной силой отбрасывается в полость раструба и, вследствие наклона кокиля (5°) и наличия стержня, плотно ее заполняет.

В это время механизмы как продольной подачи, так и ковша включены на прямой ход и работают. Ковш, поворачиваясь, выливает металл в заливочный жолоб, а кремальера продольной подачи движется влево. Собственно машина будет неподвижна до тех пор, пока упорная гайка кремальеры не упрется в нее.

В момент окончания заливки упор *S* подойдет к зубу *г* переключателя *2* и поставит его в крайнее положение, тем самым переключив механизм поворота ковша на обратный ход.

В момент переключения переключающий рычаг *3* отклонится переключателем *2* вправо, а ковш начнет обратный ход. Передвижная часть машины, продолжая прямой ход, упором *R* подойдет к зубу *г* переключателя *1* (этот зуб сидит ниже зуба переключателя *2*) и поставит последний в нейтральное (среднее) положение, тем самым выключит фрикцион продольной подачи.

В этот момент передвижная часть машины остановится, ковш будет продолжать перемещаться в начальное положение, а кокиль вращаться.

2. Подготовка ковша и извлечение трубы. Опускаясь, ковш упрется в одноплечий рычажок, отклонит его влево и через тягу поставит переключатель *2* в нейтральное (среднее) положение, вследствие чего остановится в начальном положении и сам.

Затем приступают к новой заливке ковша. Останавливают вращение кокиля, вынимают стержень и, вставив в раструб винтовые клещи, поворотом винта сдвигают отлитую трубу с места.

3. Подготовка передвижной части. При помощи рукоятки включается обратный ход собственно машины.

Нагрузка при вытаскивании поглощается буферным приспособлением кремальеры.

При подходе к исходному положению передвижная часть машины упором *T* упрется в зуб *г* переключателя *1* и, поставив последний в нейтральное положение, выключится сама.

В этот момент все механизмы бездействуют, идет подготовка к отливке следующей трубы; ставят новый стержень; разливной ковш уже наполнен металлом.

§ 19. ОТЛИВКА ПО СПОСОБУ БИЛЛАНДА

Задача отливки длинных труб в вертикально установленном вращающемся кокиле без применения стержней долгое время считалась неразрешимой, и центробежные машины с вертикальной осью использовались только для отливки коротких предметов, имеющих диаметр значительно больший, чем высота.

Эта задача была разрешена в 1927 г. путем отказа от непосредственной заливки металла из литейного ковша (см. § 2 и § 8) и использования принципов де Лаво: винтового навивания металла и интенсивного охлаждения формы.

Экспериментальная машина Билланда представлена на рис. 55 в несколько упрощенном виде. На вертикальном валу электромотора *1* сидит муфта *2*. Она устроена так, что при разгоне мотора автоматически

сцепляет его с кокилем 3. Кокиль прочно сидит в подшипниках 4 и 4а, так что при вращении не могут возникнуть какие-либо вредные вибрации. На рисунке не показан кожух, окружающий этот кокиль и устроенный для того, чтобы между ним и кокилем могло циркулировать масло, служащее охладителем.

Когда муфта 2 расцеплена, вся нагрузка от кокиля 3 ложится на подшипник 4. Цифрой 5 обозначен трубчатый литейный жолоб, ось которого совпадает с осью кокиля. Внутри он футерован огнеупорным

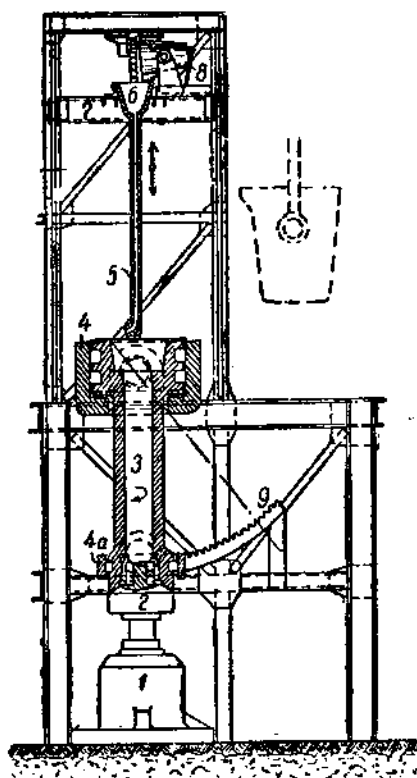


Рис. 55. Машина Биланда.

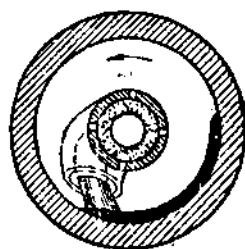


Рис. 56. Поперечный разрез кокиля машины Биланда.

материалом. На нижнем своем конце он снабжен выпускным рыльцем, отогнутым в сторону так, чтобы металл попадал на стенку кокиля по возможности тангенциально. На верхнем конце жолоба устроена приемная воронка 6. Жолоб может перемещаться вертикально вверх и

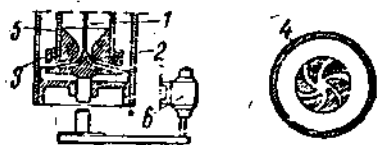


Рис. 57. Схема французской машины с дефлектором.

вниз, для чего он установлен на подъемной платформе 7. На этой же платформе укреплен дозировочный ковш 8, опрокидываемый механизмом, напоминающим соответствующий механизм машины Мура и Вуда (§ 21). Металл к дозировочному ковшу подносится в сбывковенном крановом литейном ковше, изображенном справа пунктиром.

Кокиль может поворачиваться в вертикальной плоскости (плоскость рисунка) вместе с главным подшипником 4, для чего на нижнем подшипнике 4а имеется зубчатое колесо, сцепленное с зубчатым сектором 9. Перед заливкой в нижний конец кокиля, отодвинутого в сторону при помощи упомянутых зубчатого колеса и сектора, вставляют стержень раструба. Затем ставят кокиль в вертикальное положение и опускают

литейный жолоб так, чтобы его рыльце немного не доходило до стержня. При пуске мотора муфта автоматически сцепляет его с кокилем и последний начинает вращаться. Когда достигнуто необходимое число оборотов, постепенно наклоняют дозировочный ковш, и металл по жолобу начинает поступать в кокиль (рис. 56.) Когда залит раструб, жолоб начинает равномерно двигаться вертикально вверх. Металл совершенно так же, как в машине де Лаво, навивается узкой спиральной лентой на внутреннюю поверхность кокиля и почти мгновенно застывает благодаря интенсивному охлаждению. По этой же причине он не успевает под влиянием силы тяжести слиться вниз, и отлитая труба получается совершенно равностенной, без всякого утолщения внизу. Здесь имеет место как бы отливка отдельных небольших колец.

Аналогичные машины запатентованы французским обществом технических усовершенствований. Принципиальная схема одной из них представлена на рис. 57. Расплавленный металл 1 поступает в вертикальную форму 2 через дефлектор (разбрасыватель) 3 в виде вертушки, снабженной рядом каналов 4, изогнутых так, чтобы металл попадал на стенки формы по касательной. Дефлектор может быть установлен на трубке 5, перемещающейся в осевом направлении относительно формы. Вращение разбрасывателя может осуществляться либо за счет реактивного действия металла, либо от мотора 6.

§ 20. ОТЛИВКА ПО СПОСОБУ ФРАНКИ-ГРЕГОРИНИ

Отличительной чертой способа Франки-Грегорины является менее интенсивное чем в способе де Лаво охлаждение кокиля. В машинах де Лаво охлаждающая вода циркулирует в кольцевом пространстве между кожухом и кокилем, окружая последний со всех сторон. В машинах Франки-Грегорины кокиль только обрызгивается водой из специальных трубок. При таком способе охлаждения в кокиле остается такое количество тепла, которое способствует получению трубы без закаленной корки на поверхности. Необходимость в отжиге благодаря этому отпадает.

Машины в конструктивном отношении несколько отличаются от машин де Лаво. Вращение кокилю сообщают валы, на которых он лежит и которые в свою очередь приводятся во вращение электромотором.

Для передвижения кожуха машин, предназначенных для отливки труб малого диаметра, применен электромотор. Машина для отливки крупных труб имеет неподвижный кожух. В машинах де Лаво, как уже отмечалось выше, передвижение кожуха совершается посредством гидравлического привода как наиболее надежного. Очевидно и в данном случае, имея в виду большой вес кожуха с крупным кокилем и трубой, отказались от электрического привода, но, не желая устраивать также и довольно громоздкого гидравлического устройства с большим цилиндром и системой трубопроводов, разрешили вопрос своеобразно, заставив передвигаться значительно более легкий жолоб.

Механизм для опрокидывания ковша не отличается от соответствующего устройства в новейших машинах де Лаво и приводится в движение электромотором. Извлечение отлитой трубы из кокиля производится посредством крюка (рис. 58).

Изготовление кокилей производится из чугуна, содержащего примерно: 1,7% Si, 0,4% Mn и 0,04% P.

Кокли изнутри подвергаются только грубой обточке на токарных станках. Шлифовки и полировки внутренней поверхности не делают. Чугунные кокли выдерживают от

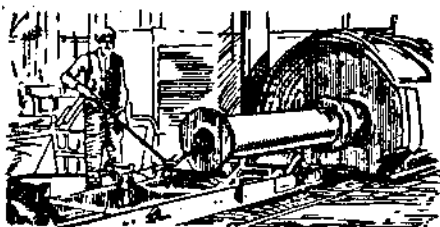


Рис. 58. Вытаскивание трубы из машины Франки-Грегорины.

300 до 500 отливок, но так как они сравнительно дешевы, то расход на них отражается на себестоимости труб не в большей или даже в меньшей степени, чем расход на стальные кокли в способе де Лаво. По имеющимся сведениям стоимость кокилей Франки-Грегорины составляет приблизительно 5% стоимости труб, а стоимость изложниц де Лаво в США от 5 до 7%.

По способу Франки-Грегорины отливаются трубы диаметром от 80 до 1000 мм. Нормальная длина отливаемых труб 3—4 м. Однако трубы диаметром выше 400 мм отливаются также длиной до 7,5 м. Производительность машин Франки-Грегорины значительно меньше производительности машин де Лаво. Способ Франки-Грегорины осуществлен на итальянском заводе в Брешиа (Brescia), принадлежащем авторам способа.

§ 21. ОТЛИВКА ПО СПОСОБАМ МУРА, ВУДА И АРДЕЛЬТА

А. Характеристика способов

Способ Мура (William Davis Moore), созданный на основании ряда опытов, начатых еще в 1917 г., осуществлен в настоящее время на многих заводах и по распространенности стоит на втором месте после способа де Лаво. Причиной, вызвавшей его появление, было желание получать из литейной машины незакаленные трубы, а также обойти существовавшие патенты, так как держатели их назначали настолько высокие суммы за право пользования ими, что сам по себе выгодный способ центробежной отливки давал в результате продукт, мало отличающийся по цене от отлитого обычными способами.

В основном способ Мура заключается в центробежной отливке труб в опоках, снабженных огнеупорной футеровкой, в подавляющем большинстве случаев служащей только один раз. Опоки набивают при помощи особых приспособлений и после окраски и сушки их футеровки передают краном к литейным машинам.

Центробежные машины имеют короткий заливочный жолоб, так как песчаная футеровка не дает металлу быстро охлаждаться, благодаря чему он может распространиться и по всей длине, и по поверхности формы, навиваясь не винтовой лентой, а спиральными тонкими слоями, сливающимися друг с другом (рис. 59). (Совершенно также навивается ме-

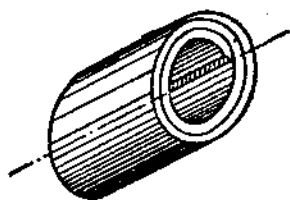


Рис. 59. Образование тела трубы при отливке по способу Мура.

тали и при всех других способах, где применяется короткий жолоб.) Число оборотов при отливке по способу Мура может быть определено по формуле $n = \frac{K}{\sqrt{r}}$, где при r , взятом в сантиметрах, K берется равным 2470—3000.

После отливки опоки с заключенными в них трубами вынимают из центробежных машин, опоражнивают, футеруют и снова отправляют к последним. Отлитые трубы конечно не нуждаются в отжиге и идут в специальную неотопляемую «печь», где медленно охлаждаются в течение 30—40 минут до наружной температуры или до 250—260° С. Затем они идут на очистку, асфальтировку и гидравлическое испытание.

Способ Мура безусловно имеет ряд преимуществ перед обычными способами отливки в песчаные формы, так как помимо экономии на стержнях применение его дает большую равномерность толщины стенки трубы, большую плотность и лучшее качество металла.

Главное преимущество способа Мура перед способом де Лаво, заключающееся в отмеченном уже отсутствии отжига, уравнивается его недостатками, которые сводятся к необходимости иметь большое земле-пригодительное хозяйство, набивать, сушить и выбивать формы.

Способ Вуда (Wood) отличается от способа Мура второстепенными подробностями, так что очень часто эти оба способа объединяют под одним общим названием: способ Мура-Вуда или «сэнд спон» (sand spun), или монопроцесс (monocast).

Более самостоятельным является карусельно-центробежный способ известной германской фирмы Ардальт. Литейные машины, применяемые этой фирмой, в общем не отличаются от машин Мура и Вуда. Разница заключается в том, что фирма Ардальт применяет для набивки и выбивки форм свою испытанную карусель и формовочную машину.

Наиболее известными из заводов, где отливка ведется в футерованных опоках, являются американские заводы: American Cast Iron Pipe Co, Birmingham, Florence Pipe Foundry and Machine Co (Флоренция) и английский завод The Slaveley Coal and Iron Company в Голлингвуде (Gollingwood). Менее известны установки Glamorgan Pipe and Foundry Co, Lynchburgh Foundry Co, Warren Foundry and Pipe Co, а также отмеченный выше цех фирмы Ардальт.

В. Устройство машины с откидным кожухом для отливки труб малого диаметра

Машина, изображенная на рис. 60, имеет довольно сложную конструкцию. В ее состав входит опорная рама 1 (А и В), снабженная у одного конца выступающими в поперечном направлении цапфами или осями 2, поддерживающими ее так, что она может около них поворачиваться. Цапфы покоятся в подшипниках 3, установленных на фундаментных плитах 4.

Противоположный конец рамы может двигаться между направляющими упорами 5 (А) тогда, когда рама приводится во вращательное движение около цапф 2 при помощи поршня 6. Последний движется в гидравлическом цилиндре 7, который имеет сообщение с резервуаром, наполненным жидкостью, находящейся под давлением.

Верхний конец поршня снабжен трением роликком 8, подпирая-

щим раму снизу. Когда поршень выдвигается из цилиндра давлением жидкости, концы рамы, противоположные цапфам, приподнимаются ими, вследствие чего рама наклоняется.

Следует подчеркнуть то, видно из рисунка, обстоятельство, что рама литейной машины вращается около точки несколько удаленной от ее конца. Это дает возможность уменьшить усилие, необходимое для при-

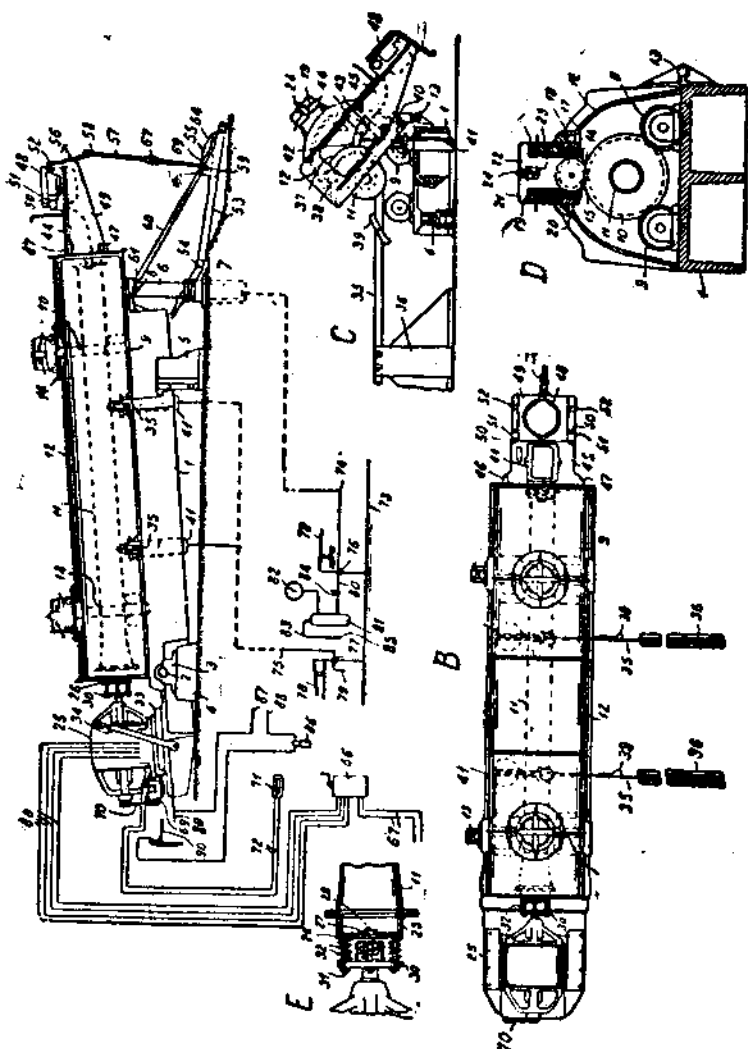


Рис. 60. Машина Мура с огнидным колесом для малых труб.

ведения ее из горизонтального в отклоненное положение. В то же время точка вращения выбрана с таким расчетом, чтобы уравновешенность машины несколько не нарушалась. Для перевода рамы из отклоненного в горизонтальное положение вовсе не требуется никакой силы, так как опускание производится исключительно действием ее собственного веса.

На раме установлено несколько пар роликов 9 (D), причем ролики каждой пары насажены в плоскости, идущей поперек рамы, в некотором

отдалении друг от друга на осях, расположенных на раме, а оси роликов одной пары лежат на одной линии с роликами другой пары. Парные ролики в продольном направлении удалены друг от друга и упираются в направляющие кольца 10, надетые на опоку 11, в которую заключена огнеупорная форма.

Одно из этих направляющих колец снабжено скошенной круговой канавкой, в которую входят соответствующим образом скошенные края прилегающей к нему пары роликов 9.

Сводчатый в поперечном сечении кожух 12 (D) совместно с рамой 1 закрывает опоку 11. Кожух укреплен одним краем на шарнире 13 к раме и на нем помещены ролики 14, упирающиеся в направляющие кольца и удерживающие опоку в раме.

Каждый подвижной ролик 14 (D) сидит на оси 15, расположенной в трубчатой втулке, могущей скользить внутри муфты 17, укрепленной в вырезе кожуха. Муфта имеет в верхней части нарезку, а втулка снабжена у внешнего конца кольцевой заточкой, на которую надевается регулирующая гайка 18, ввинченная в нарезку муфты. На верхний конец втулки надето стопорное кольцо 19, расстояние которого до запятика 20, образованного заточкой верхнего конца втулки, больше чем длина регулирующей гайки, так что возможна некоторая небольшая вертикальная игра втулки. На регулирующую гайку надета скоба 21, и в середине скобы и втулки помещается пружина 22, которая входит в стакан 23, расположенный по оси втулки, и натяжение которой регулируется винтом 24, проходящим через хомутик. Обод ролика 14 имеет двусторонний скос, которым он входит в канавку направляющего кольца, так что при помощи регулирующей гайки надавливание ролика может быть изменено.

Опока (A, B и E) приводится во вращательное движение мотором 25, ось которого совпадает с осью опоки и который связан с опоккой гибким соединением (E). Последнее состоит из соединительной шайбы или диска 26, снабженного шином 27, сцепляющимся с диаметрально противоположными вырезами 28 на срезах концевой части 29 опоки и с выступающей частью, входящей в концевую часть для центрирования диска.

Соединительная шайба 26 связана подвижным образом с закрепленным на оси диском 30 при помощи болтов 31, на которые между дисками надеты пружины 32. Задние стенки вырезов 28 скошены для облегчения сцепления.

Мотор 25 установлен на фундаменте 33 (A), скользящем в пазах по раме 1 в сторону формы и от нее, для сцепления и расцепления мотора и опоки. Фундамент мотора передвигается по пазам при помощи рычага 34. Когда мотор отодвигается от опоки, то шип 27 выходит из выреза 28, а для сцепления мотора с опоккой достаточно одного движения мотора в направлении кожуха.

Опока, содержащая в себе огнеупорную форму (B и C), устанавливается на раме и снимается с нее при помощи особого механизма. Этот механизм состоит из расположенных параллельно и идущих на некотором расстоянии друг от друга двух путей или рельсов 35. Каждый из этих рельсов имеет точку вращения на стелюгах 36, на которых опоки походятся перед загрузкой их в машину и после извлечения из нее.

Рельсы имеют такую длину, что заходят дальше опоки, когда она

покоится на роликах. Концы этих рельсов снабжены загнутой полукругом частью 37 (С). Свободный конец этой части снабжен роликом 38, который прилегает к внутренней поверхности кожуха, приподнимая его, когда рельс поднимается. Полукруглые части 37 рельсов снабжены стопорами, ограничивающими движение опоки внутрь, и эти части устроены так, что движение опоки по рельсам прекращается приблизительно в том положении, которое опока займет, когда сядет на ролики 9.

На рельсах имеются вращающиеся защелки 39, устроенные так, что, не препятствуя скатыванию опоки внутрь литейной машины они не позволяют ей выкатываться назад, если защелка не будет отклонена вручную. Это предохранительное средство устраняет выкатывание опоки из машины во время опускания кожуха перед началом операции отливки.

Рельсы приподнимаются поршнями 40, движущимися в направляющих 41, установленных на раме 1, к которым жидкость под давлением доставляется способом, описанным далее. Каждый рельс снабжен выступающим поперек него ухом 42, расположенным приблизительно посередине полукруглой части 37 и находящимся как раз над поршнем. Для каждого рельса имеется свой поршень, снабженный фрикционным роликом 43, упирающимся в ухо.

На том конце рамы, который занимает наивысшее положение, когда рама повернута, расположен заливочный жолоб 44. Последний установлен на кронштейне 45, шарнирно подвешенном к концу кожуха для поворачивания заливочного жолоба и установки его на одной оси с опокой к началу работы (А) или приблизительно под прямым углом к ней до начала работы (С). Со стороны противоположной шарниру имеются приспособления 47 для удержания кронштейна при отливке (А и В). Приспособления, препятствующие самопроизвольному откидыванию кронштейна, заключаются в пробоях с отверстиями на кронштейне и на кожухе, которые заходят друг за друга и соединяются шпильками.

Ковш 48 установлен на кронштейне 45 так, что он может наклоняться. Ковш расположен в отверстии рамки 49, снабженной в переднем конце цапфами 50, которые лежат в подшипниках, установленных на кронштейне. На цапфах имеются рукоятки 51, а около заднего конца рамы расположена другая пара рукояток 52, которые опираются на кронштейн и вместе с цапфами поддерживают рамку и ковш на кронштейне перед заливкой формы.

Соотношение между временем опускания формы и продолжительностью заливки формы имеет чрезвычайно важное значение. Оно должно быть таково, чтобы металл по мере протекания в форму достигал в продольном направлении тех точек, в которых он должен находиться в отливке возможно меньше расширяясь в продольном направлении.

В этой машине для управления операцией отливки использовано опускание рамы. Ковш и рама связаны так, что расплавленный металл выливается в форму как только начинается передвижение последней вместе с рамой к горизонтальному положению, и выливание продолжается в зависимости от дальнейшего движения рамы. Координацией движений отливающего и опускающего механизмов достигается совпадение по времени и продолжительности обеих операций и получается такой же эффект, как при наливке однообразного слоя металла вдоль горизонтальной неподвижной формы.

Координирующий механизм состоит из рычага 53, надетого на ось 54, покоящуюся на неподвижном основании. Один конец рычага (А) находится в положении сцепления с рамой 1 у конца, смежного с заливочным желобом.

При отливке труб размером в 4 дюйма и ниже металл должен вливаться в форму так, чтобы не могло произойти закрывания входного отверстия, что воспрепятствовало бы свободному выходу газов. В то же время весь металл должен быть вылит быстро. Для отливки труб указанного размера к наружному концу рычага 53 прикреплена кулачковая доска 55. Рамка ковша со стороны противоположной заливочному желобу снабжена у внешнего края опускающейся книзу оттяжкой 56 с поперечной шпилькой 58.

Между свободными концами рычагов 56 и 53 расположена серьга 57. Эта серьга имеет по концам ушки, которыми она соединяется с одной стороны при помощи шпильки 58 с оттяжкой 56, а с другой со шпилькой 59 тяги 60, имеющей ось вращения 61 на раме. Шпилька 59 движется в прорези кулачковой доски 55, назначение которой будет указано ниже. Серьга, как видно, состоит из двух частей, соединенных стяжкой 67, служащей для изменения длины серьги.

Из дальнейшего описания будет видно, что когда рама 1, несущая на себе форму, опускается для приведения ее в горизонтальное положение, то рычаг 53 поворачивается, причем внешний его конец продвигается вверх.

Движение это передается рычагом рамке ковша и последний будет повернут на своих цапфах и наклонится, выливая свое содержимое в заливочный желоб.

Прорезь в кулачковой доске состоит из двух прямых частей 69 и 64, расположенных одна над другой и соединенных наклонным участком. При начале передвижения формы в горизонтальное положение шпилька 59 движется в участке 69 прорези, тогда как в последнем периоде движения формы эта шпилька движется в участке 64 указанной прорези. При таком соединении ковша с рамой заливка начинается с момента, когда рама с формой начнут свой переход к горизонтальному положению и будет продолжаться во все время этого движения. Благодаря конфигурации прорези в кулачковой доске между начальной и конечной скоростью наклона ковша будет известная разница. Пока шпилька движется в части 69 прорези, наклонение ковша идет сравнительно медленно, но при этом выливается большое количество металла вследствие конусной формы ковша. Когда шпилька движется в соединительной части прорези, то наклонение ковша идет еще медленнее, но объем выливаемой струи остается тот же, потому что в это время площадь поверхности расплавленного металла наибольшая. Если бы скорость наклона не понижалась, то объем струи увеличивался бы. Когда шпилька движется в части 64 прорези, наклонение ковша ускоряется, но объем струи остается более или менее постоянным.

Благодаря вышеописанному особому устройству количество металла, выливаемое в любой данный момент, практически одно и то же, и металл выливается в форму непрерывной струей, вообще говоря, однообразного объема. Это устройство обеспечивает выливание всего расплавленного металла, давая в то же время свободный выход газам из формы.

Для управления работой устроена центральная станция (А) около мотора. В этом пункте установлен контроллер 66, к которому от внешнего

ести подходят провода 67 и от которого к мотору идут провода 68. На фундаменте мотора установлен индикатор скорости 69, который приводится в движение мотором посредством ременной передачи 70, соединяющей шкивы валов мотора и генератора.

В удобном для наблюдения месте установлен указатель скорости 71, который соединен с генератором проводами 72.

Механик может при помощи контроллера регулировать скорость мотора. На станции имеются также приспособления для контролирования подачи жидкости, находящейся под давлением, к цилиндрам 7 и 44 через трубопровод 73. Главный трубопровод сообщается с цилиндрами 7 и 44 трубками 74 и 75. На каждой трубке имеются клапаны 76 и 77 обыкновенного устройства, которые приводятся в действие ручными рычагами 78. Трубка 75 имеет выходную трубку, выводящую жидкость наружу, а клапан 76 соединен посредством трубки 80 с резервуаром 81, в котором находится жидкость под давлением, снабженным манометром 82 и выпускной трубкой 83. На соединительной трубке 80 установлен клапан 84, уменьшающий площадь потока, а выпускная трубка 83 имеет калиброванное отверстие 85. Если клапан 76 повернуть так, чтобы находящаяся под давлением жидкость вошла в цилиндр 7, то форма отклонится. Когда желают опустить форму, клапан поворачивают так, чтобы трубка 74 сообщалась с выпускной трубкой 80. Жидкость, находящаяся под давлением, выливается теперь в резервуар, а при помощи клапана 84, уменьшающего площадь струи, можно хорошо регулировать время, потребное для опорожнения цилиндра 7, так, чтобы форма была приведена в горизонтальное положение через заданный промежуток времени. При нормальных условиях продолжительность движения должна быть от 20 до 30 секунд.

При помощи клапана, изменяющего площадь живого сечения трубки, время, потребное для опорожнения цилиндра, может быть изменяемо. Мертвый вес рамы 4 и прочих частей оказывает постоянное давление на поршень 6 и на жидкость в цилиндре. Это давление выгоняет жидкость (воду) в определенный период времени, если нет сопротивления вытеканию ее. Поворотом клапана с переменным отверстием можно ввести любое сопротивление, и время, в течение которого должно быть произведено опускание рамы, может быть точно определено и точно выдержано при помощи манометра 82 и калиброванного отверстия 85.

Клапан 77 контролирует приток и выход жидкости, находящейся под давлением к цилиндрам 44, в которых находятся поршни 40, поднимающие и опускающие кожух 42. Когда клапан повернут в одном направлении, то жидкость течет через подводящий трубопровод к цилиндрам, и кожух поднимается, когда клапан поворачивается в другом направлении, трубка 75 сообщается с выпускной трубкой 79, и вес кожуха и связанных с ним частей выгоняет жидкость из цилиндра.

Для того чтобы механик мог знать точно момент достижения формой горизонтального положения, имеется сигнализирующее устройство, приводимое в действие рамой 4 и устроенное так, что оно начинает действовать либо в момент, когда рама придет в горизонтальное положение, либо непосредственно перед достижением этого положения.

Сигнализирующее устройство состоит из электрической лампочки 86, включенной проводами 87 и 88 в цепь источника электрического тока с выключателем. Провод 87 соединяется с источником тока и с контак-

тами 89 и 90 на раме 1. Провод 88 соединен с источником тока и с пружинным контактом 90, прикрепленным к неподвижному основанию. Этот контакт расположен так, что он соприкасается с контактом 89 и замыкает цепь, когда рама приходит в горизонтальное положение или непосредственно перед этим моментом. Вспыхивание лампочки предупреждает механика, что пора увеличить скорость вращения формы до отливочной величины.

Описанная машина хотя и может быть применена для центробежной отливки труб всяких размеров, но более всего подходит для труб диаметром 4 дюйма и ниже.

С. Устройство машины с откидным кожухом для отливки труб большого диаметра

Машина (рис. 61) предназначена для отливки труб диаметром выше 4 дюймов. В общем она подобна описанной выше, но отличается от нее некоторыми деталями. Рама 91 (А) этой машины также может поворачи-

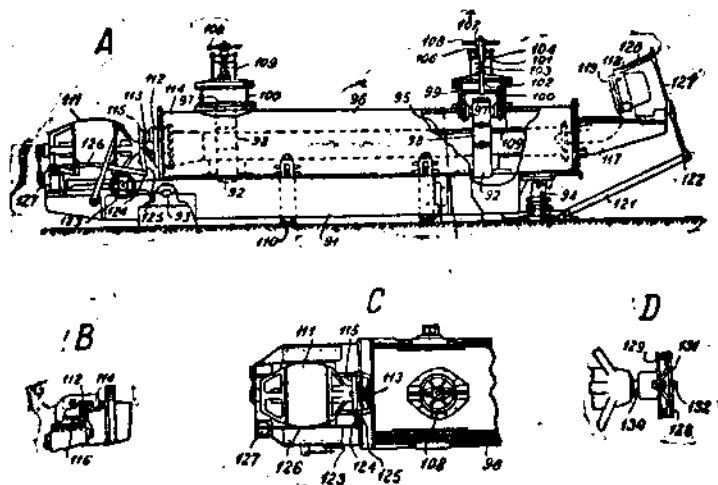


Рис. 61. Машина Мура с откидным кожухом для больших труб.

ваться около цапф 93, установленных на основаниях, для чего имеется поршень с цилиндром 94. Ролики 92, поддерживающие опоку, в отличие от роликов первой машины плоские.

Опока 95, покоящаяся на роликах 92, удерживается на месте кожухом 96 посредством прижимных роликов 97. [Опока снабжена направляющими кольцами 98 подобными кольцам 10 (рис. 60, А и D)]. Прижимные ролики сидят на осях, проходящих через ветви хомутиков 99, которые могут скользить во втулках 100, расположенных в отверстиях кожуха.

Хомутики связаны с навинтованными стержнями 101, которые могут в них вращаться; каждый из этих стержней проходит через гайку 102, поддерживаемую поперечиной на внешнем конце втулки. Между поперечиной и особым стопором 104, поддерживаемым в некотором удалении от поперечины при помощи прикрепленных к ней тяг, на стержни

101 надеты пружины 103. Тяги также поддерживают гайки 106 с винченными втулками 107, через которые проходят стержни. Втулки упираются в стопора 104, которые могут скользить вдоль тяг и служат для регулирования натяжения пружин. Внешние концы стержней имеют головки, приспособленные для надевания на них какой-нибудь части, могущей служить для поворачивания стержней и навинчивания вышеупомянутой гайки 102, которая скользит в поперечине.

Для удобства поворачивания втулки 107 на нее надет ручной маховичок 108, и это позволяет точно регулировать давление на опоку прижимных роликов. Последние, с какой бы силой ни были прижаты к опоке, всегда остаются подвижными. Для предотвращения поворачивания хомутка относительно втулки 100, что вывело бы ролики из плоскости роликов 92, хомутки ходят во втулках на шпонках 109. Кожух и соединенные с ним части поднимаются при помощи механизма 110, приводимого в действие гидравлическим путем, который аналогичен соответствующему механизму ранее описанной машины и управляется подобным же образом. Мотор 111 может скользить в сторону формы и от нее совершенно так же, как мотор предыдущей машины. Большинство связанных с ним частей в общем такого же устройства, как соответствующие им части, ранее описанные.

Соединение мотора с опоккой однако имеет некоторые особенности. В этом устройстве (А и В) имеется головка 112, надетая на вал мотора, на которой могут вращаться защелки 113 в виде угольников. Каждая из этих защепок состоит из части продольной по отношению к валу и части радиальной. Продольные части снабжены пазами внутри зацепами 114, входящими в вырезы в опоке для соединения головки с опокой. Радиальные части защепок выступают за головку так, что могут сцепляться с хомутиком 115 (А), скользящим по валу мотора. Когда хомутик движется в направлении к опоке, все защелки поворачиваются на своих осях и разобдаются с опокой. Нормально защелки нажимаются в положении сцепления пружинами 116. Защелки не имеют стремления расцепляться, так как центробежная сила, действуя на более тяжелые части, прижимает защелки, увеличивая их сцепление с опокой.

Полезно иметь механизм для закрепления подвижного фундамента мотора, когда последний сцеплен с опокой. Такой замыкающий механизм может быть любого подходящего устройства. В данном случае он приводится в действие маховиком 123. Для освобождения защепок 113 имеется особое приспособление, служащее для передвижения хомутка 115. Приспособление это состоит из оси 124 (С), вращающейся в подшипниках на тележке мотора и имеющей радиальные части 125, могущие вращаться и скользить по хомутику. Ось поворачивается при помощи рычага 126, соединенного с поршнем цилиндра 127, сообщающегося с источником жидкости, находящейся под давлением, которая двигает поршень.

Желательно, чтобы сцепление между валом мотора и опокой было гибким. Этому условию удовлетворяют многие разновидности сцепляющих устройств. В одном из таких устройств (D) соединительная головка или диск 128 соединена с другим диском 129, сидящим неподвижно на валу мотора 130, посредством пружин 131. На диске 128 находится соединительный крестообразный замок 132 для сцепления вырезов с опокой.

Кронштейн 117, поддерживающий ковш и заливочный жолоб, рамка ковша 118 и ковш 119 в общем схожи с соответствующими частями предыдущей машины и расположены аналогично им. Рамка ковша снабжена оттяжкой 120 и рычагом 121, подобными ранее описанным соответствующим деталям. Один конец рычага оттягивается рамой, когда она поворачивается, переходя в горизонтальное положение. На другом конце имеется шпилька 122.

В устройстве для опрокидывания ковша (А) оттяжка 120 соединяется непосредственно с рычагом 122 серьгой 127¹ совершенно такого же вида, как серьга соответствующего механизма предыдущей машины. Упki на концах серьги соединяются шпилькой 122 с рычагом 121. Такая же шпилька служит для соединения оттяжки 120 с серьгой. При отливке труб размером выше 4 дюймов особенно точное регулирование объема струи не так важно, так как здесь нечего опасаться возможности закупорки формы расплавленным металлом.

Вследствие этого в механизме, регулирующем объем струи в зависимости от площади поверхности расплавленного металла в ковше, нет необходимости.

Действие опрокидывающего механизма в общем аналогично ранее описанному. Когда форма приближается к горизонтальному положению, ковш начинает наклоняться, и как то, так и другое движение совместны по времени и продолжительности.

Д. Устройство машины с подъемным кожухом

Конструкция машины (рис. 62), описанной Эйви (Avey),¹ подобна конструкции ранее разобранных машин. Рама ее а совершенно также

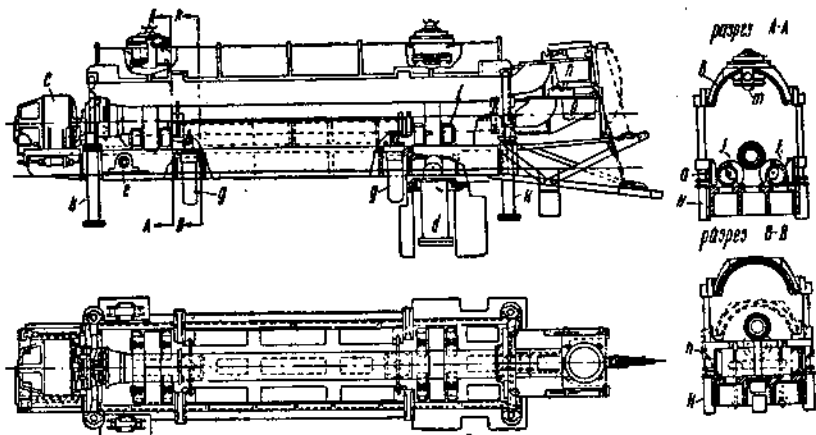


Рис. 62. Машина Мура с подъемным кожухом.

поворачивается около цапфы е, как рама 1 и 91 (рис. 60 и 61) поворачиваются около своих цапф 2 и 93. Поворот рамы осуществляется поршнем d, совершенно аналогичным поршням 6 и 94. Ролики f исполняют ту же функцию поддерживания опоки, как и ролики 9 и 92.

¹ The Foundry, 15/XII 1926; 1/1 1927.

Сцепление мотора с опоккой и опрокидывание ковша осуществляется устройствами, ничем в общем не отличающимися от ранее подробно разобранных.

Для укладывания опоки на ролики и снятия с них применен механизм, аналогичный соответствующим механизмам предыдущих машин. Он также состоит из двух гидравлических цилиндров *g*, поршни которых поднимают или опускают рельсы или поперечины *h*.

Отличительной чертой машины является другое более удобное и более распространенное устройство кожуха. Он не откидывается в сторону, а поднимается в строго вертикальном направлении посредством четырех поршней, установленных по его углам. Такое устройство кожуха позволяет прокатывать опоку с отливной трубой через машину. Поршни приводятся в действие гидравлическими цилиндрами *k*. Кожух *b* снабжен снизу прижимными роликами *m*, играющими ту же роль, что и ролики 44 и 97 (рис. 60 и 61).

Для принятия опоки крышку поднимают и опоку вкатывают сбоку на поперечины *h*. Когда поперечины опустят, опока ляжет на ролики *f*. Кожух опускают, и ролики *m* прижимают опоку сверху.

Е. Процесс отливки

Все три машины работают совершенно одинаковым образом, чему не препятствует различие в деталях. Поэтому достаточно рассмотреть процесс отливки на одной из машин хотя бы для отливки труб диаметром до 4 дюймов с откидным кожухом.

Перед началом работы кожух (рис. 60, *C*) машины находится в откинутом состоянии (для третьей машины в поднятом). Кронштейн, на котором установлен ковш и заливочный желоб, также откинут приблизительно под прямым углом к оси рамы, и следовательно рычаг 56 отведен от механизма для опрокидывания ковша. Рама находится в горизонтальном положении, а поперечины или рельсы в опущенном.

Работа на машине начинается с подачи к ней при помощи крана опоки, футерованной огнеупорным материалом. Опока укладывается на стелюги. С одного конца опоки прикрепляется крышка со стержнем для раструба. Противоположный конец также закрывается крышкой с отверстием для выпуска металла.

Затем пускают воду в гидравлические цилиндры, приводящие в действие поперечины, и они поднимаются до уровня стелюг. Опока перекатывается на поперечины, после чего последние опускаются, и опока ложится на поддерживающие ролики рамы. Тогда одним передвижением мотора сцепляют его с раструбной частью опоки, после чего, поворачивая кожух около его шарнира, соединяют его с рамой. (Для третьей машины опускают кожух при помощи четырех поршней.) При этом опока оказывается зажатой между роликами рамы и прижимными роликами кожуха.

Затем поворачивают откинутый кронштейн, на котором установлены заливочный ковш и желоб, так, чтобы ось желоба совпадала с осью опоки, и прочно закрепляют его.

Точно отмеренное количество металла наливают в ковш, пускают воду в цилиндр, служащий для подъема рамы, и последняя начинает подниматься. В это время механизм для опрокидывания ковша и ковш еще

расцеплены. Когда заливочный конец рамы дойдет при подъеме до своего наивысшего положения, ковш сцепляют посредством уже не раз упомянутого рычага 56 с наклоняющим его механизмом, и машину начинают опускать. При опускании рама нажимает на конец рычага 53, чем приводит в действие опрокидывающий механизм, и металл начинает литься из ковша через жолоб в форму. Одновременно пускают в ход мотор, начинающий вращать опоку. Заливка кончается тогда, когда опока вместе с рамой придет в горизонтальное положение. В этот момент зажигается сигнальная лампа, и механик дает мотору полное отливочное число оборотов. В горизонтальном положении вращение продолжают до тех пор, пока металл не затвердеет. Тогда вращение прекращают, ковш расцепляют с опрокидывающим механизмом, кронштейн ковша откидывают в сторону, откидывают кожух (для третьей машины поднимают вверх) и удаляют опоку, после чего можно отливку начинать сначала.

Г. Производительность машины

Производительность центробежных машин для отливки труб в футерованных опоках значительно ниже, чем машин де Лава, вследствие добавления лишних операций по укладке опоки в машину и извлечению ее из машины, а также в виду более медленного охлаждения металла, вызывающего необходимость вращения опоки после того, как заливка уже окончилась.

По устаревшим данным Эйв и производительность машин, работающих на заводе American Cast Iron Pipe в Бирмингэме (США), в среднем составляла 6 штук в час для труб диаметром от 4 до 6 дюймов и 4—5 штук в час для труб более крупных диаметров (8—12 дюймов). Следовательно на машину приходилось не более 1 т в час или 20—22 т в сутки.

В 1930 г. машины отливали в час уже 10—12 труб диаметром 200 мм при длине 16 футов и 6—8 труб диаметром 300 мм. Следовательно производительность машин повысилась больше, чем вдвое.

Ниже в табл. 6 приведены данные о продолжительности операций заливки и вращения на заводе во Флоренции. Нетрудно видеть из правой графы, так как на установку и извлечение опоки затрачиваются доли минуты, что на отливку трубы диаметром 200 и 300 мм тратится примерно такое же время, как и на заводе в Бирмингэме. Указанные цифры можно считать верными для большинства дехов.

Таблица 6

Диаметр отливаемых труб в мм	Продолжительность заливки в сек.	Продолжительность вращения в мин.
100	20	8
150	25	4,5
200	30	7
250	35	8
300	40	10
350	50	12
400	58	16
450	65	18
500	75	20

Диаметр 500 мм не является крайним пределом. В настоящее время американские заводы включили в сферу своего производства также и трубы до 750 мм включительно при длине до 20 фут. По способу сэнд-спон возможно отливать трубы с буртиком.

§ 22. ОТЛИВКА ПО СПОСОБУ ГЕРСТА-БОЛЛА

По способу Герста-Болла заливка чугуна производится в так называемые «теплые» кокилы, имеющие температуру около 550—600° С на внутренней поверхности и обладающие определенной толщиной.

Нагрев кокилей, изготовляющихся из гематитового чугуна, происходит за счет теплоты самого заливаемого металла. При этом, если отливка труб производится быстро, одна за другой, во избежание перегрева кокилы приходится сменять. Так например для труб диаметром 100 мм с толщиной стенок в 10 мм заливка производится каждые 4 мин. При этом приходится сменять 2—3 кокилы. Способ Герста-Болла особенно пригоден для отливки труб большого диаметра, до 900 мм. Основным преимуществом этого способа является отсутствие необходимости в отжиге труб. На некоторых машинах Герста-Болла было отлито до 100 000 труб диаметром 825 мм и ни разу не пришлось прибегнуть к отжигу. Для заливки применяется жолоб Уайта, край которого срезан по винтовой линии, так что металл выливается струей, перемещающейся от одного конца кокилы к другому. Долговечность кокилей зависит от их диаметра и химического состава. Кокилы служат тем дольше, чем больше их диаметр. Кокилы с 2—2,5% Si имеют более продолжительный срок службы, чем с 1,5%.

Способ Герста-Болла впервые был применен заводом Centrifugal Casting Co, Limited, Kilmarnok. По этому же способу работает еще завод Newton Chambers and Co, Ltd — Thorncliffe Iron Works (Шеффилд). Оба завода — английские.

§ 23. ОТЛИВКА ПО СПОСОБУ УИТЛИНГА-ПИКА

А. Характеристика способа

При остывании чугунной отливки процесс разложения цементита и выделения графита происходит в температурном промежутке между затвердеванием металла и критической температурой равной приблизительно 700° С. Если охлаждение отливки в этом интервале идет очень быстро, то углерод в виде графита, обуславливающий получение мягкого серого чугуна, не успевает выделиться. Именно по этой причине при центробежной отливке труб по способу де Лаво, где для непрерывности работы интенсивно охлаждают форму водой, циркулирующей между формой и кожухом, получают трубы с закаленной поверхностью, которые после извлечения из литейной машины необходимо подвергать в специальных печах сложному и дорого стоящему процессу отжига.

Применение способа Мура, где отливка происходит в опоке, снабженной песчаной футеровкой, или способа Франки-Грегорины, где металл подвергается не столь интенсивному охлаждению водой, дает возможность получения труб из серого чугуна непосредственно в

форме, но за счет пониженной производительности машины. Оригинальный способ центробежной отливки Генри Уитлинга-Пика (Henry Weitling-Peak) имеет своей целью сохранить простоту и компактность установки де Лаво, приблизиться к ней по производительности и в то же время избежать необходимости отжигать трубы, что достигается путем регулирования теплопоглодательной способности форм при помощи паров ртути, наполняющих закрытую камеру вокруг этих форм.

При осуществлении способа Уитлинга-Пика используется определенное давление паров ртути в камере центробежной машины для того, чтобы в период заливки металла в форму поддерживать температуру последней на достаточной высоте. Поэтому металл имеет возможность распределиться в форме целиком и равномерно.

Затем давление понижается, вследствие чего температура формы падает, и металл затвердевает. Однако охлаждение от момента затвердевания до критической точки идет медленно, за счет чего получаемые трубы мягки, как отлитые в песок, и не требуют отжига.¹

Способ Уитлинга-Пика осуществлен на заводах Flockhardt Foundry Co и Union Mfg Co (США).

В. Конструкция машины

В состав машины (рис. 63) входит вращающееся устройство с наружным кожухом 1 (А), расположенным на опорах 2, снабженных самоу

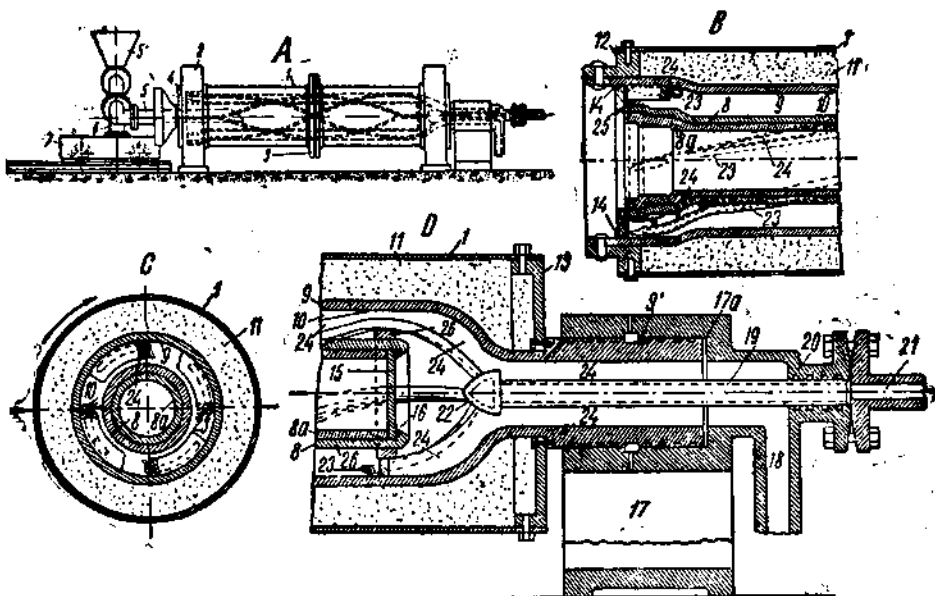


Рис. 63. Машина Уитлинга-Пика.

навливающимися роликовыми подшипниками, и несущим на себе приводной венец 3, соединенный с мотором бесшумной дежью. Мотор и дежью

¹ The Iron Age, 25/XII 1924.

на рисунке не показаны. Поддон для песочного стержня 4 сидит на коротком приемнике 5 (трубчатом жолобе) для расплавленного металла и может около него поворачиваться. Металл подводится через воронку 5', опирающуюся на вертикальную поворотную стойку 6, установленную на тележке 7.

Вращающаяся часть включает в себе форму (B, C и D), состоящую из металлических труб 8 и 8а, наружной металлической трубы 9, образующей камеру 10 для паров ртути и окруженной теплоизолирующим материалом 11, заполняющим пространство между трубой 9, кожухом 1 и кольцами 12 и 13. Изолирующий слой делают из кальцинированной инфузорной земли или патентованного «сплосела», стойкого при температурах до 1100°С. Помимо своего прямого назначения он предохраняет подшипники опор 2 от чрезмерного нагревания. Камера 10 герметически закрыта. Труба 8 формы снабжена фланцем, который у краев 14 сварен с трубой 9. Противоположный конец формы замкнут круглой крышкой 15, которая у краев 16 сварена с частью трубы 8, образующей закраину.

Трубе 9 за концом цилиндрической части формы придано коническое суживающееся очертание. За местом же скрепления с кольцом 13 труба эта продолжается в виде цилиндрической части 9', опирающейся на подшипники рамы 17 с зазором 17а.

Камера для паров 10 соединена с каналом 18 в раме 17, служащим для впуска и выпуска и запираемым при помощи клапана.

Главная подводящая труба 19 расположена в подшипнике 20 и на одном своем конце соединена с каналом 21, на другом же конце с распределительной частью 22, от которой отходит несколько спиральных впрыскивающих труб 23 для подвода жидкой ртути.

Каждая труба 23 поддерживается передней стороной спирального ребра 24 (С). Ребра эти скрепляются путем сваривания с трубой 9 и устроены на всем протяжении от кольца 25 (В) до наружного конца продолжения 9' трубы 9 (D).

Ребрам придана форма, соответствующая конической части трубы 9 и распределительной части 22, в которых эти ребра приварены так же, как к трубе 19.

У гладкого конца труб 8 и 8а форма поддерживается и центрируется кольцом 26, снабженным вырезами для прохода впрыскивающих труб и ребер и отверстиями для пропуска паров.

С. Устройство ртутной системы

Установка представлена на рис. 64 в схематическом виде. Машина D приводится во вращение мотором F; тележка G с заливочной воронкой, снабженной жолобом, передвигается по рельсовому пути, не совпадающему с осью машины. Из описания машины известно, что воронка может вращаться вместе со своей стойкой, что позволяет совершенно выводить последний из заливочного конца машины перед извлечением отлитой трубы. Для подачи расплавленного металла в воронку применяется специальный ковш с регулируемым выпуском в днище. Ковш подвешен к подвижному блоку, снабженному весами так, что каждый раз в воронку может быть залито точно такое количество металла, которое необходимо для отливки одной трубы.

От ртутного котла *B* и конденсатора *C* идет трубопровод ртутных паров *K*, просоединенный к каналу 18 (рис. 63, *D*) центробежной машины. Трубопровод жидкой ртути *Q* присоединен к каналу 28 и имеет одно ответвление к охладителю и резервуару ртути *E* и другое через сборник к всасывающей части насоса *H*.

Вся эта система предназначена для температурного контроля металла отливаемой трубы во время перехода его в твердое состояние и дальнейшего остывания путем регулирования температуры самой формы. Благодаря регулированию устраняются резкие температурные изменения в течение процесса и связанные с ними вредные напряжения в металле. Система дает возможность подводить тепло в камеру машины посред-

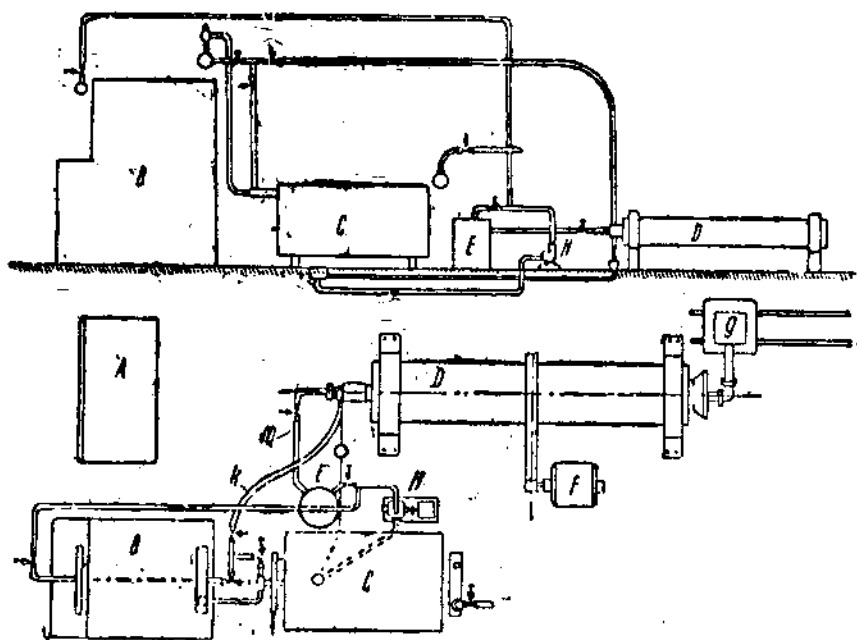


Рис. 64. Ртутная система.

ством ртутных паров, когда температура формы недостаточна, и отводить ртуть из камеры, предварительно ее конденсировав, когда температура формы высока.

Когда это необходимо, отвод тепла от формы ускоряется путем заливания жидкой ртути на горячие стенки формы. В этом случае ртуть моментально обращается в пар, поглощая скрытую теплоту парообразования и тем самым быстро охлаждая форму.

Управление всей системой сосредоточено на центральной станции *A*, где установлены манометры, пирометры и другие измерительные приборы. Отсюда же приводятся в движение все моторы, в том числе мотор ртутного насоса и мотор, вращающий центробежную машину.

Вследствие замкнутости системы и, как было видно из описания машины, тщательной заварки всех швов опасность отравления ядовитыми парами ртути исключается.

Д. Процесс отливки

Первой основной операцией является нагревание формы. Для этой цели открывают вентиль котла *B*, и ртутные пары при температуре 550—650° С из котла по трубопроводу *K* поступают в камеру центробежной машины. Вентиль конденсатора *C* в этот момент закрыт. Когда форма нагреется до необходимой температуры, в нее через жолоб вводят расплавленный металл, после чего пускают в ход мотор *F*.

По мере увеличения температуры формы увеличивается и скорость вращения. Когда металл равномерно распределится по стенкам формы, а на это тратится несколько секунд, трубопровод *K* отключают от ртутного котла и открывают вентиль конденсатора. Тогда пары из камеры машины переходят в ртутное пространство конденсатора с низким давлением, вследствие чего температура формы понижается. Средняя температура металла держится выше 650° С благодаря аккумуляции собственного тепла. До критической точки металл остывает около 30 секунд.

После того как критическая точка пройдена, нужно быстро охладить трубу, для чего по трубопроводу *Q*, не отключая конденсатора, подают из резервуара *E* посредством насоса *H* холодную жидкую ртуть в машину. Так как в паровой камере машины в этот момент давление такое же или почти такое же, как в конденсаторе, то жидкая ртуть частично обращается в пар, охлаждая при этом форму. Пар по трубе *K* поступает в конденсатор, где переходит в жидкое состояние и опять вступает в циркуляцию. Горячая ртуть, не обратившаяся в пар, собирается спиральными ребрами 24 (рис. 63, *C* и *D*) и перемещается ими к выходу, от которого уходит во внешнюю систему. Следует отметить, что при выделении жидкой ртути вращение идет уже настолько медленно, что сила тяжести берет верх над центробежной силой.

Остановка соответствует температуре трубы равной примерно 430° С. При выводе жолоба из машины одновременно удаляется насаженный на нем песочный стержень. Отлитая труба вытаскивается из формы посредством специальных вешей.

§ 24. БАЛАНСИРОВАНИЕ ОПОК И КОКИЛЕЙ¹

А. Причины, вызывающие необходимость балансирования

Каждое вращающееся тело, а следовательно и кокиль или опока даже при наиболее тщательном изготовлении не свободны от более или менее крупных неуравновешенностей, возникающих вследствие эксцентричного расположения центра тяжести. При вращении эти неуравновешенности стремятся переместить тело в подшипниках. В виду невозможности этого возникают сильные вибрации всей вращающейся системы. Неуравновешенности обычно нарушают не только функционирование системы, но значительно сокращают срок ее службы, выводят за сравнительно короткое время из строя подшипники по причине неравномерной их нагрузки и сверх того постоянно вызывают повышенный расход двигательной энергии. При центробежной отливке к сказанному присоединяется еще одно особенно неблагоприятное обстоятельство. Вибрации литейной

¹ Walther Saran, Die Gießerei, 28/X, 1932, 43/44; Engineering, 13/IV 1934, vol. CXXXVII, № 3561.

машины снижают ее производительность и пагубно отражаются на качестве продукции. В частности отлитые трубы получают неравноситенными в продольном и поперечном направлениях. Кроме того наружная поверхность отлитых труб принимает неприятный изрытый вид.

Особенно часто это бывает при отливке на машинах Мура вследствие местных нарушений целостности песочной футеровки, вызванных сотрясениями формы. Наконец могут серьезно снизиться также и высокие механические свойства центробежного литья, отличающие его от обычного, так как частые толчкообразные колебания давления жидкого металла на стенку формы, вызываемые вибрациями, с особенной силой сказываются на плотности металла. Все это приводит к выводу о необходимости тщательного устранения неуравновешенностей, вызывающих вибрацию кокиля или онок. Другими словами, для получения доброкачественной отливки необходимо тщательное статически-динамическое балансирование кокилей и онок.

В. Балансирование онок

Первая машина для балансирования футерованных онок для труб была сконструирована на основе патента Лавачека (Lawaczek) и

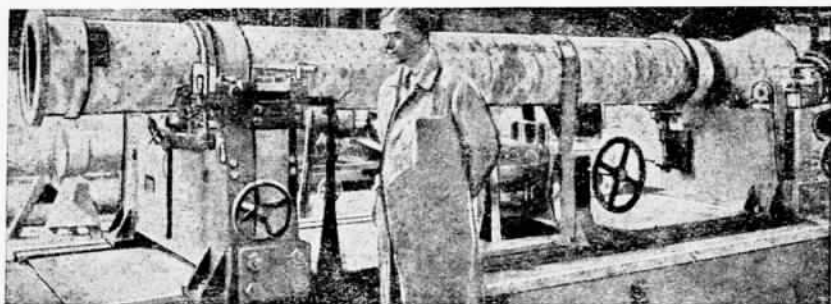


Рис. 65. Машина для балансирования кокилей и онок.

Гаймана (Heumann). Эта специальная машина испытывалась в течение года на одном литейном заводе в Саарской области. Машина применялась как для первичного балансирования новых, так и для последующего балансирования уже бывших в употреблении чугунных онок труболитейной машины системы Мура, целый ряд которых работал на заводе.

Машина Лавачека и Гаймана, представленная на рис. 65, состоит в основном из двух сваренных стоек, могущих перемещаться по фундаментной плите. На верхних подвижных частях этих стоек, называемых подвижными столами, расположены открытые роликовые подшипники. На последних устанавливаются онок так, чтобы они опирались на подшипники своими направляющими кольцами так же, как и в литейной машине.

По разъединении арретировочных устройств, скрытых внутри стоек, подвижные столы легко перемещаются взад и вперед по закрепленным стойкам на четырех специальных роликах. Один из этих роликов виден на рис. 66 (стойка балансировочной машины). Когда арретировочные

устройства разъединены, столы удерживаются только широкими листовыми пружинками, которые привинчены внизу к обеим узким сторонам стоек, а сверху соединены с подвижными столами специальными шарнирами. Пружинки легко сменяются на более толстые и более тонкие. Их подбирают соответственно весу балансируемой опоки.

Если посредством ременной передачи привести во вращение опоку, уложенную на роликовые подшипники подвижных столов, а потом по достижении необходимого числа оборотов открыть арретировочное устройство и выключить привод, то неуравновешенности, имеющиеся в опоке, вращающейся теперь по инерции, приводят в колебательное со-

стояние подвижные столы, опирающиеся после открытия только на пружинки.

Амплитуда колебаний этих столов весьма незначительна. Однако по мере замедления вращения опоки колебания медленно нарастают и достигают максимума в так называемой зоне резонанса машины, которая является производной веса опоки плюс вес движущихся столов, плюс усилия пружин. После прохождения зоны резонанса колебания подвижных столов быстро затухают. Явление резонанса дает возможность определить как самую наличность тех или иных неуравновешенностей в опоке, так и величину этих неуравновешенностей и их точные координаты. Этим самым открывается возможность устранения этих неуравновешенностей путем присоединения к

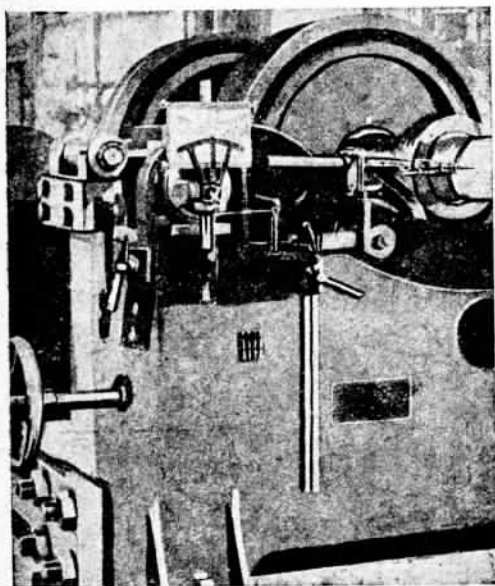


Рис. 66. Стойка балансировочной машины.

опоке соответствующего противовеса. Для достижения этой цели поступают описанным ниже путем.

Сначала пускается в ход арретировочные устройства обоих подвижных столов машины, затем опоке придается скорость вращения примерно 300—400 оборотов в минуту. После этого привод выключается посредством ослабления ремня. Вместе с тем разъединяется арретировочное устройство одного из подвижных столов, в то время как такое же устройство другого стола остается неподвижным. Вращаясь по инерции, испытываемое тело доводит до максимума все усиливающиеся колебания подвижного стола. Величина этого максимума регистрируется «механическим указателем колебаний», приводимым автоматически в действие подвижным столом, на особой диаграмме, видной на рис. 66. Длина дуги, записанной пишущим устройством, является масштабом, определяющим величину неуравновешенности опоки.

Одновременно другой аппарат, так называемый «индикатор», устанавливает координаты неуравновешенности. Этот инструмент прикреплен

к стойке посредством вращающегося штатива и его основной частью является регистрирующая игла, движения которой направляются шарниром. Сейчас же вслед за разъединением арретировочного устройства подвижного стола регистрирующая игла накладывается на покрытое отмученным мелом соответствующее место опоки.

Параллельно прохождению испытываемой опокой зоны резонанса машины вращением вправо и последующим вращением влево игла наносит кривые, по которым определяется местонахождение неуровновешенности. Тем самым указывается место, куда следует поместить противовес для устранения обнаруженной неуровновешенности.

После того как один из кондов испытываемой опоки уравновешен противовесом, описанная выше операция применяется к другому конду опоки. Подвижной стол, бывший в первом случае в свободном состоянии, теперь закрепляется и наоборот закрепленный стол теперь освобождается.

После того как второе балансирование позволит устранить противовесом соответствующую неуровновешенность, можно считать все испытываемое тело статически и динамически полностью уравновешенным. При любом количестве оборотов оно будет вращаться без всяких сотрясений, — разумеется, если не скажутся другие влияния.

С. Балансирование кокилей

Как уже было показано выше при отливке труб по способу де Ла во, в настоящее время применяются кокили, состоящие из внутренней тонкостенной и внешней толстостенной ведущей трубы. Тонкая труба требует тщательного центрирования по отношению к ведущей. Для достижения этой цели поступали следующим образом: вавигали в ведущую трубу тонкостенную и обе устанавливали совместно точно так же, как и в литейной машине, на специальное роликовое устройство, на котором их легко привести во вращательное движение. После установки их центрировали одну относительно другой при помощи индикаторов, подвертывая нажимные винты.

Эту хлопотливую работу можно упростить, одновременно избегнув необходимости изготовления роликового устройства, используя для центрирования балансировочную машину. Путем кратковременных включений привода можно легко установить, насколько успешно или неуспешно осуществлена центровка. Затем может быть произведена балансировка всей системы. Применение балансировочной машины существенно упрощает подготовку к процессу отливки, что в свою очередь ведет к повышению производительности.

Необходимость предварительного балансирования кокилей диктуется не только тем общим положением, что даже наиболее тщательно изготовленное и точно обточенное тело с самого начала не свободно от более или менее крупных неуровновешенностей. Необходимость предварительного балансирования кокилей вытекает из следующих соображений специального характера. Находящаяся под влиянием жара и подвергаемая охлаждению тонкостенная труба кокиля коробится. После каждой отливки ее форма меняется, и уже по одной этой причине создаются значительные смещения массы, требующие уравнивания.

Далее следует принять во внимание, что установочные винты в стенке ведущей трубы после отливки каждый раз несколько перемещаются в радиальном направлении. Это порождает дальнейшие неуравновешенности, величина которых постоянно меняется; эти неуравновешенности должны быть устранены путем установки соответствующих противовесов. Противовесы укрепляются таким образом, чтобы их можно было легко снимать при каждом новом балансировании литейной формы и переносить в другое место.

Глава пятая

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЦЕХОВ И ЗАВОДОВ ДЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОТЛИВКИ ЧУГУННЫХ ТРУБ

§ 25. ЦЕХИ И ЗАВОДЫ, РАБОТАЮЩИЕ ПО СПОСОБУ ДЕ ЛАВО

А. Первая американская установка

Завод фирмы United States Cast Iron Pipe and Foundry Co, находящийся в Бирмингэме, штат Алабама, является первым по времени, на ко-

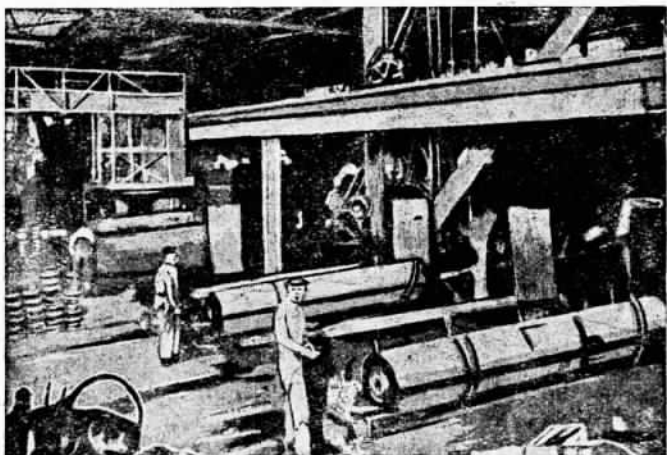


Рис. 67. Литейный цех завода в Бирмингэме, работающий по способу де Лаво.

тором в США было введено производство труб по чистому способу де Лаво. Центробежно-литейная установка на этом заводе была сооружена в 1923 г. и спустя немного времени начала выпускать продукцию.

На заводе установлено четырнадцать центробежных машин (рис. 67), из которых десять занято производством труб диаметром от 100 до 600 мм при длине 12 футов, а четыре выпускают трубы длиной 18 футов при диаметре до 300 мм. Одновременно работают не более одиннадцати машин.

Для отжига труб применяются печи методического типа. Наиболее совершенная из них представлена на рис. 68. Она была пущена в 1928 г.

Назначение ее — отжигать трубы диаметром до 600 м при длине до 18 фут.¹ Печь имеет две камеры: высокой температуры и охлаждения. Трубы поступают в печь непосредственно с машины. Они, передвигаясь по шести рельсам при помощи двух параллельных цепей, изготовленных из жароупорного сплава, нагреваются в первой камере до 950—980° и остывают во второй до 300—500° С. Время пребывания трубы в печи 20—40 мин. Чем больше труба, тем меньше время отжига. Нагрев осуществляется при помощи горелок, работающих на коксовом газе и расположенных с каждой продольной стороны камеры высоких температур. Камера охлаждения горелок не имеет. Производительность печи: 25 т 4—12-дюймовых труб в час.

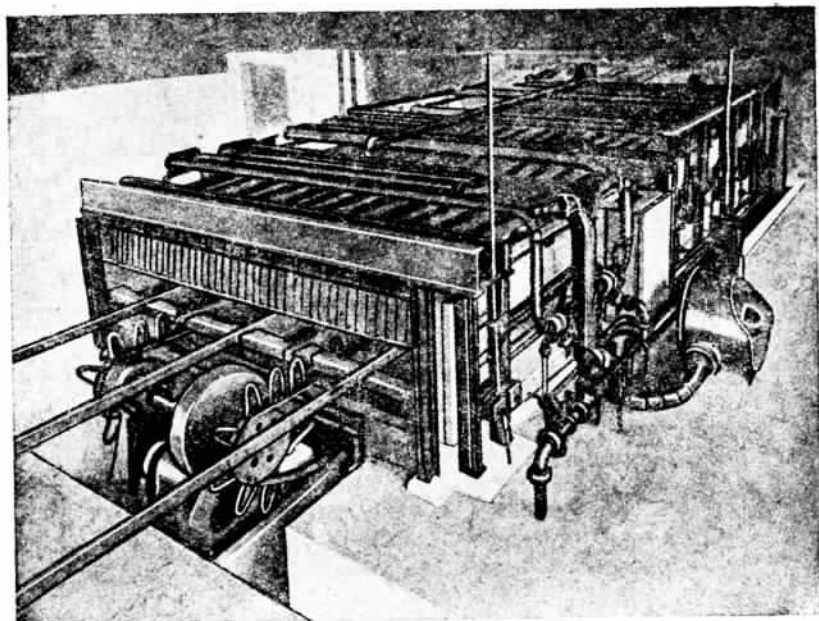


Рис. 68. Современная американская печь для отжига труб.

Батарею из 4—5 машин и все соответствующие вспомогательные устройства обслуживает штат в 120 человек.

В. Цех в Берлингтоне

Хотя установка в Бирмингэме вскоре после пуска достигла хороших результатов, ей были присущи значительные недостатки, частично устраненные впоследствии. Эти недостатки были учтены при постройке второй центробежной литейной на заводе в Берлингтоне в штате Нью-Джерсей, принадлежащем также фирме U. S. Cast Iron Pipe and Foundry Co. Цех в Берлингтоне, начатый постройкой в 1924 г. и сданный в эксплуатацию в 1927 г., находится на вершине молодой тех-

¹ S. B. Clark, The Iron Age, April 1931.

ники центробежного литья. Цех представляет собой чрезвычайно просторное и светлое здание (рис. 69), не похожее не только на обычные труболитейные, но даже на здание цеха в Бирмингеме.

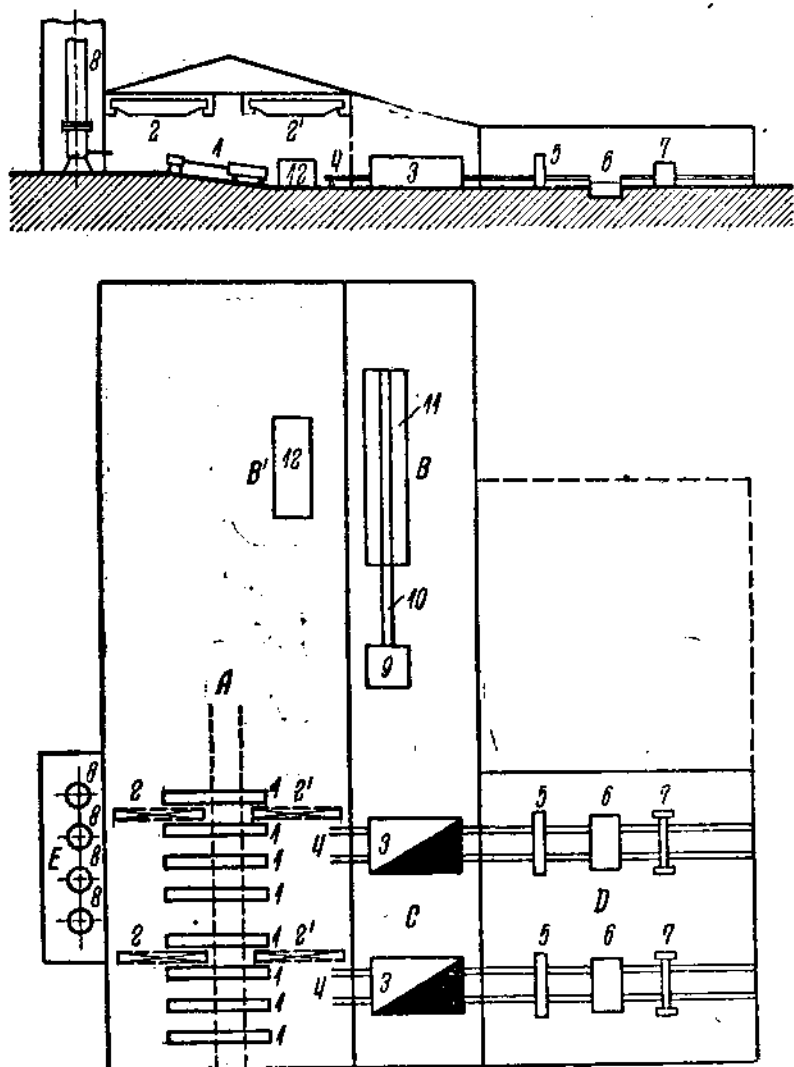


Рис. 69. План и разрез центробежного цеха завода в Берлингтоне.

К северу от литейной расположен обширный шихтовой двор, ограниченный рекой Делавар. Он оборудован семью путями нормальной колеи, многими линиями узкой колеи и тремя мостовыми кранами каждый грузоподъемностью 5 т. Пути этих кранов распространяются на 60 м от мест причала на реке до ваграночного отделения, так что можно производить загрузку непосредственно с судов. На рисунке шихтовой двор не показан.

Плавильный блок *Е*, размещенный в корпусе высотой 20 м и площадью $15,5 \times 31$ м, объединяет четыре вагранки 8 системы Уайтинга производительностью по 20 т в час, из которых ежедневно попеременно работают две. Каждые две вагранки обслуживает один вентилятор типа Рута. Шихта состоит из колоши чугуна 2,5 т (80% штыка и 20% скрана). За 10 часов проходит 76 завадок. Колоша кокса весит 200 кг. Кокс содержит не более 0,8% S и 10% золы. Температура выпуска чугуна 1400—1420° С. Выпуск производится примерно через каждые 15 минут.

Ядро цеха образует центробежнолитейный зал *А* длиной 112 м и шириною 36 м. В нем установлено восемь машин *1*, из которых пять находятся постоянно в работе. Конструкция центробежных машин по сравнению с первоначально установленными в Бирмингэме была значительно улучшена. Место колеса Пельтона для вращения кокиля сразу занял электрический мотор постоянного тока напряжением в 230 V. Литейный зал (рис. 70) имеет достаточно большие размеры для того,

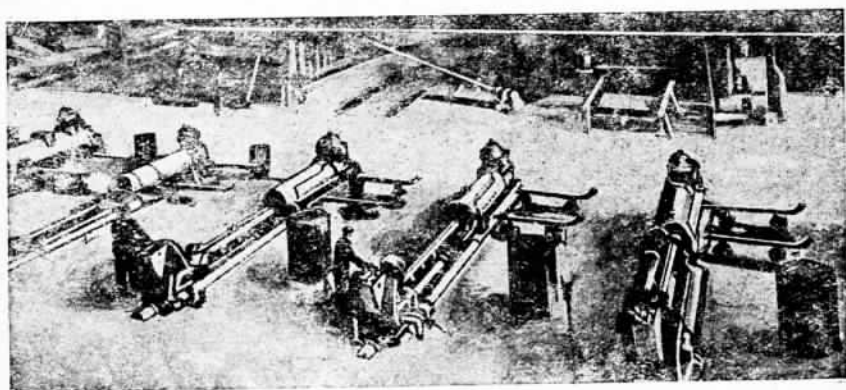


Рис. 70. Литейная установка на заводе в Берлингтоне.

чтобы во всякое время можно было удвоить выпуск труб, установив еще восемь машин второй очереди и соответствующие вспомогательные устройства.

Литейное отделение располагает пятью пятитонными мостовыми кранами 2 и 2', подвешенными к фермам крыши. Один кран пролетом 4,5 м занят сменой кокилей на центробежных машинах. На рисунке он не показан. Два других крана пролетом 15 м служат для подвоза расплавленного чугуна к центробежным машинам в ковшах емкостью 1 т.

Каждая центробежная машина имеет определенной емкости, в зависимости от диаметра отливаемой трубы, калиброванный разливной или дозировочный ковш, движение которого осуществляется посредством гидравлического привода. Дозировочный ковш, заполняемый каждый раз перед отливкой из большого ковша, вмещает такое количество металла, какое необходимо для получения одной трубы.

Перед началом отливки ходовая часть машины надвигается на длинный жолоб, который приблизительно равен длине трубы и имеет на конце загиб в сторону стенки кокиля. С конца, противоположного жолобу, вставляется стержень, служащий для образования раструба трубы-

Затем пускают мотор, и форма начинает вращаться. Когда вращение станет равномерным, дозировочный ковш наклоняют, и чугун, остывший до температуры 1265—1300° С, выливается из него, течет по жолобу в полость раструба. После заполнения последней машины дают продольный обратный ход при помощи гидравлического привода.

Продолжающийся поступать металл равномерно распределяется по стенке кокиля, начиная от раструбной части и до противоположного конца, и образует трубу.

После окончания отливки раструб захватывают механическими неподвижными клещами и, продвигая ходовую часть машины снова в сторону ковша, освобождают трубу, откатывают ее и отбивают поддон для стержня.

Докрасна раскаленная труба немедленно подхватывается одним из двух кранов 2', пролетом каждый 13,5 м, и передается на стелюги 4, с которых поступает в отжигательную печь 3.

В отжигательном отделении С всего две печи. Они постоянно находятся в работе. Отжигательное отделение, как видно из рисунка, непосредственно примыкает к центробежнолитейному залу. Длина его равна длине последнего, но ширина только 18 м. Между ними нет промежуточной стены и поэтому они образуют вместе солидный единый зал длиной 112 м и шириной 54 м, освещение которого осуществляется главным образом фонарями.

Из отжигательных печей трубы под действием собственного веса откатываются по слегка наклонному пути в отделочное или очистное отделение, где установлены приспособления для очистки труб 5. Внутренняя поверхность труб очищается трещотками, а наружная металлическими щетками. После очистки окалины пневматическими зубилами удаляют заусенцы. Затем производят испытание по Шору с обоих концов трубы (от 30 до 40).

Еще довольно горячие трубы далее идут в асфальтировочную ванну 6, после чего подвергаются гидравлическому испытанию на прессе 7 при давлении 35—40 ат. Средняя дилатра обнаруживаемого брака 1,9%.

Очистное, асфальтировочное и испытательное отделения расположены в помещении D с кровлей, уложенной на фермах пыльчатого типа. Это помещение состоит из четырех зал размерами 60 × 12 м каждый.

В том же зале, где установлены печи для отжига труб, находится главная часть отделения для изготовления стержней раструбов В. Кроме того это отделение занимает часть площадки литейного зала, обозначенной буквой В'. Оборудование его состоит из установки для приготовления стержневой земли 9, ленточного транспортера 10, подающего землю к месту изготовления стержней 11, и шестикамерной электрической печи для сушки стержней 12.

Стержни изготавливаются из 20% свежего кварцевого песка и 80% старого. В качестве связующего вещества применяется особый порошок «гулас», который разводится на воде до консистенции молока (11 мешков порошкообразного состава на 2000 л воды). Полученная жидкость при-
мешивается в количестве, зависящем от ее влажности.

Краску для стержней составляют из:

воды	675 л
графита и каменноугольной пыли . . .	150 кг
меласа	5 »

С. Английский завод в Стантоне

Завод, принадлежащий The Stanton Iron Works Co Ltd, называют крупнейшим из всех работающих по способу де Лаво.¹ Некоторое

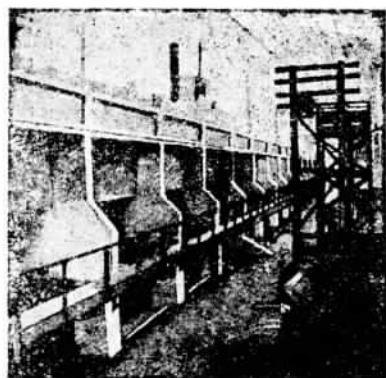


Рис. 71. Шихтовой двор английского завода в Стантоне.

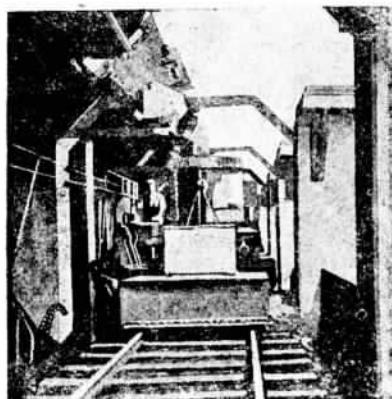


Рис. 72. Электрическая вагонетка для перевозки шихты.

представление о масштабе производства и характере оборудования может дать приводимое ниже краткое описание завода.

Сырье, чугун в чушках, стальной лом, кокс и известняк выгружаются с эстакад в бункера. Эти бункера (рис. 71), в количестве двадцати,

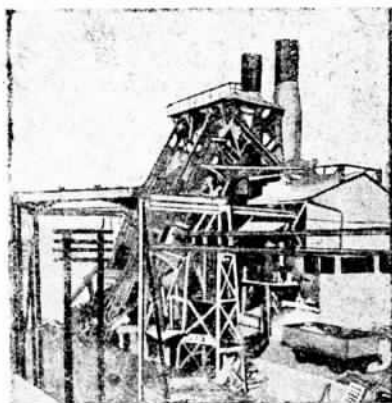


Рис. 73. Плавильный блок завода в Стантоне.



Рис. 74. Выпуск чугуна.

сооружены из железобетона и каждый из них вмещает 15 т кокса, 40 т угля, 100 т чугуна или 80 т известняка. До выгрузки в бункера все сырье систематически подвергается анализу в лабораториях завода. Раз-

¹ Fox and Wilson, The Foundry Trade Journal, 14/1 1926, № 491.

ные сорта чугуна помещаются в отдельных бункерах соответственно содержанию кремния.

Под бункерами проходят двухтонные вагонетки (рис. 72), приводимые в движение электричеством, на которых помещены весы. На эти вагонетки устанавливаются бады, которые могут быть подвезены на них под каждый отдельный бункер. Специальные выгружающие приспособления на дне бункеров позволяют обслуживающему персоналу регулировать подачу материалов из бункеров.

Затем бадья посредством электрической лебедки снимается с бункерной вагонетки и прицепляется к гидравлическому загрузочному подъемнику. Коромысло, к которому привешена бадья, поднимается до верхушки вагранки. Движение противоположного конца коромысла направляется посредством роликов, катящихся по рельсам, расположенным так, что бадья вводится в колошниковое окно вагранки, после чего ее содержимое автоматически разгружается опусканием днища. Затем пустая бадья опускается на вагонетку и отвозится обратно к бункерам.

Вагранки (рис. 73) новейшей конструкции с откидным дном, производительностью 10—15 т в час. Дутье производится посредством воздуходувки, дающих 230 м³ воздуха в минуту при давлении от 410 до 760 мм водяного столба.

Расплавленный металл выпускается в трехтонные литейные ковши (рис. 74), которые доставляются в литейный цех посредством крупного пятитонного тельфера, движущегося по подвесному пути и поступают к центробежной машине, изображенной на рис. 75. Процесс отливки, отжига и всех последующих операций ничем не отличается от принятых в американских цехах.

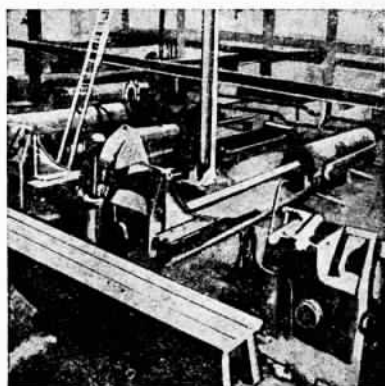


Рис. 75. Литейный зал завода в Стантоне.

В. Техничко-экономические показатели

С точки зрения технико-экономической цеха и заводы, работающие по способу де Лаво, лучше всего могут быть охарактеризованы табл. 7.

Из этой таблицы совершенно ясно видно, в какой высокой степени повышается производительность труда в центробежно-литейном цехе не только по сравнению с цехом, где отливка производится в стационарных вертикальных опоках, но и по сравнению с карусельным цехом. При этом следует подчеркнуть, что в то время как в двух последних центральной фигурой является формовщик, в первом преобладает персонал низкой квалификации.

В такой же примерно мере, как повышается производительность, улучшается использование производственных площадей и производственных помещений. Грузооборот в цехах де Лаво наоборот значительно падает (почти на 30%) за счет почти полного отсутствия операций с землей.

Таблица 7

Способ отливки	Годовой выпуск на 1 м ² производственной площади		Годовой выпуск на 1 м ³ производственного помещения		Годовой выпуск одного рабочего		Грузооборот на 1 т годового	
	в т	в %	в т	в %	в т	в %	в т	в %
Способ де Лаво	18	600	1,7	680	215	652	2,5	71
Карусельный способ	7	233	0,75	300	85	258	3,5	100
Способ отливки в вертикальных стационарных опоках	3	100	0,25	100	33	100	3,5	100

Весьма важно также, что отсутствие литников и малый процент брака доводит выход годного до 88%.

§ 26. ГЕРМАНСКИЙ ЦЕХ В ГЕЛЬЗЕНКИРХЕНЕ

В 1922 г. фирма Gelsenkirchener Bergwerks A. G. начала опыты по первоначальному патенту Бриде. Пришлось преодолеть много затруднений, пока эти опыты не привели в 1925 г. к постройке большой установки в Гельзенкирхене, находящейся в эксплуатации с весны 1926 г. и работающей в настоящее время по способу, близкому к способу де Лаво.

Центробежная литейная в Гельзенкирхене выполнена по групповой системе так же, как и другие цеха, где трубы подвергаются отжигу. Каждые четыре машины со всеми необходимыми вспомогательными установками, как например отжигательные печи, очистные рольганги, асфальтировочная ванна и несколько испытательных прессов, образуют замкнутую группу, работающую непрерывным потоком. Две таких группы имеют общую ваграночную установку. Машины в различных группах расположены по диаметрам и длинам выпускаемых труб.

Вся установка помещается в четырехпролетном здании и охватывает четыре таких группы. Каждый пролет имеет оборудование для определенного рабочего процесса. В первом находятся плавильное и стержневые отделения. К нему примыкает литейный зал с находящимися в нем шестнадцатью машинами. Затем следует отжигательное отделение и помещение для окончательной обработки с очистным, асфальтировочным и прессовым оборудованием.

С южной стороны здания на открытом воздухе расположен шихтовой двор (рис. 76). Вагранки собственной конструкции завода имеют производительность каждая 12—14 т в час. По двум путям нормальной колеи подвозится сырой материал и по третьему пути жидкий чугун от пламенных печей, расположенных вне цеха.

У северного конца сортировочной установки находится здание для воздуходувок, подающих воздух в вагранки, насосов, питающих цех технической водой, и компрессоров, снабжающих его сжатым воздухом.

На рис. 77 показана часть литейного зала с центробежными машинами, литейным мостовым краном и высоко расположенным отвальным путем для отлитых труб. Два рычага специального захватывающего при-

способления, приводимого в действие гидравлическим приводом, поднимают раскаленную трубу на роликовый путь, по которому они автоматически катятся к отжигательной печи. В камере перед отжигательной печью имеет место первая проверка труб взвешиванием, а также изме-

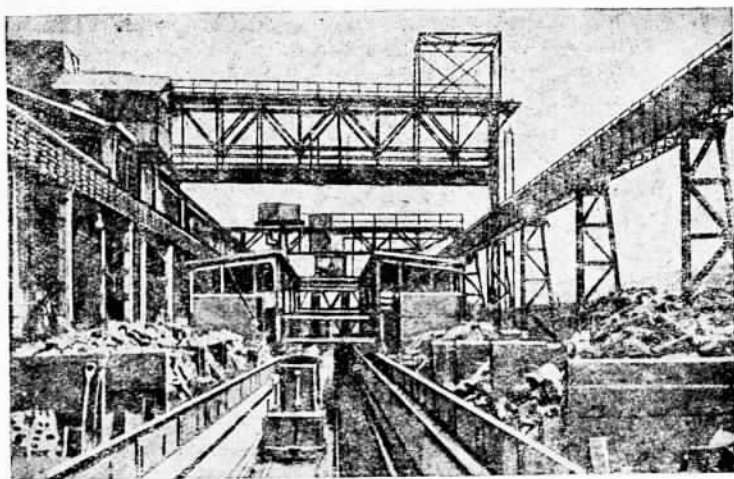


Рис. 76. Шихтовой двор завода в Гельзенкирхене.

рение толщин стенок. Вес трубы указывается персоналу, обслуживающему литейные машины при помощи хорошо видного циферблата весов, чтобы можно было немедленно устранить ошибки, результатом которых был брак.

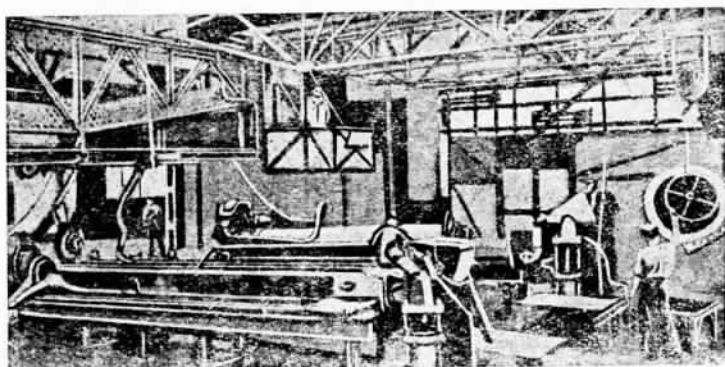


Рис. 77. Центробежный цех завода в Гельзенкирхене.

На рис. 78 показана отжигательная печь и расположенный перед ней поперечный транспортер для распределения труб по отделочным рольгангам. При помощи ряда самонивелирующих приборов, установленных в специальном помещении, можно наблюдать и устанавливать ход процесса отжига в каждой печи. Отжиг труб требует от обслуживающего персо-

нала большого опыта и ловкости. Трубы должны выходить из печи «мягкими», а не перегоревшими, искривленными или выпученными. Правильно проведенный процесс отжига содействует повышению качества труб.

По выходе из печи трубы еще горячими проходят через установки для окончательной обработки, помещающиеся в четвертом зале. Непосредственно после выхода из печи выбиваются стержни. Так как только

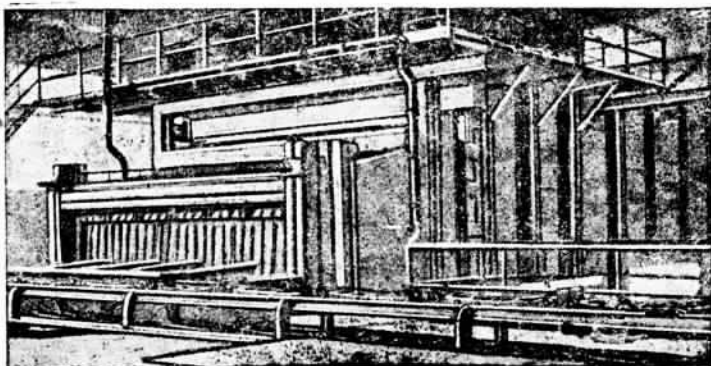


Рис. 78. Германская отжигательная печь.

внутренняя поверхность раструба во время отливки соприкасается с песком, то объем отделочной работы чрезвычайно ничтожен. Кроме удаления стержня нужно еще только произвести легкую зачистку внутренности раструба и проверку.

В конце отделочного рольганга стоят асфальтировочные резервуары, в которые автоматически вводятся еще теплые трубы, а затем вытаскиваются с противоположной стороны (рис. 79).

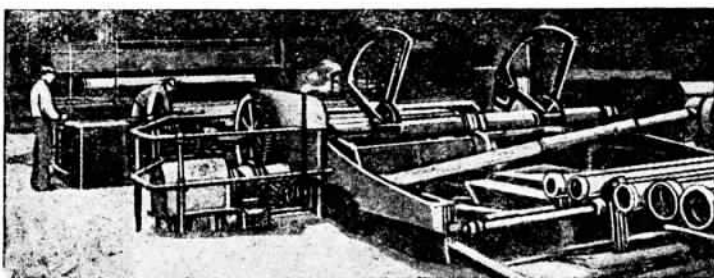


Рис. 79. Механическое асфальтирование труб.

Трубы, быстро-высохшие после асфальтирования, при помощи подъемной тележки или крана подаются к гидравлическому прессу, где испытываются при давлении 30—40 ат. За прессами у труб проверяют правильность размеров, определяют наличие и характер повреждений, а также вес. Как уже было упомянуто, трубы в первый раз подвергаются проверке непосредственно после отливки в камере перед отжигательной

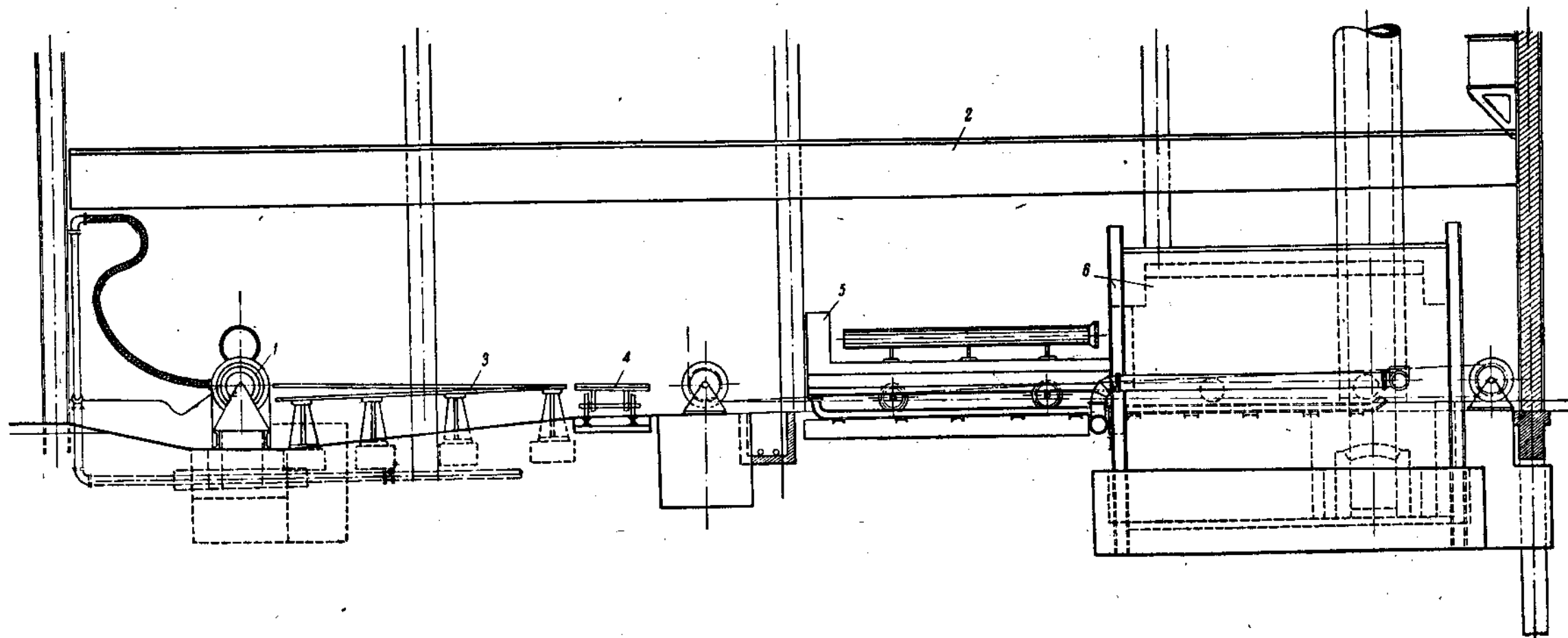


Рис. 80 Экспериментальный цех завода „Лентрубит“

печью и второй раз во время отделки, так что они проходят тройное испытание.

Большое количество персонала во время окончательной обработки занято определением твердости труб при помощи склероскопа и пины. Такие подробные испытания нужны были особенно в пусковой период, так как следовало ознакомить с новым способом весь штат, набранный исключительно из неквалифицированных людей, но необходимы они и теперь.

В четвертом зале установлено также несколько токарных станков, служащих для обточки труб особенно большой длины, главным образом труб для подогревателей. Для них же установлен отдельный пресс с мультипликатором для испытания на давление в 100 ат.

§ 27. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЦЕХ ЗАВОДА «ЛЕНТРУБЛИТ»

Экспериментальный цех занимает небольшой участок фасонолитейного цеха. В настоящее время его оборудование состоит только из центробежной машины, описанной в главе пятой. Последняя на рис. 80, представляющем собой продольный разрез цеха в окончателюм виде, обозначена цифрой 1. Своей плавильной аппаратуры цех не имеет. Металлы дают вагранки фасонолитейного цеха, находящиеся с левой стороны машины, за стеной. Отлитые трубы укладываются на полу. По окончании всех строительных и монтажных работ небольшой мостовой кран (на рисунке он не показан), перемещаясь по имеющимся уже теперь подкрановым балкам 2, будет передавать трубы с машины на стелюги 3. После просмотра брак будет вывозиться на находящийся неподалеку шихтовой двор посредством тележки 4. Эта же тележка должна увозить скрап.

Незабракованные трубы будут взвешиваться на весах (на рисунке не показаны) и затем укладываться на выдвигной под 5 отжигательной печи 6. В виду, того что подкрановые балки простираются на всю длину цеха, взвешивание и укладка труб, а также выкатывание и вкатывание люда могут быть обслужены упомянутым выше краном.

Отжигательная печь, постройка которой уже начата, будет одновременно отжигать пять труб. По проекту печь отапливается восемью форсунками Джонсона, установленными по обеим ее сторонам.

Дымовые газы отводятся шестнадцатью вертикальными каналами в общий боров и из него в дымовую трубу. Для регулирования тяги и следовательно нагрева печи служат поставленные в каналах шиберы. Около печи находится нефтехранилище на 15 т, откуда нефть подается ручным насосом Альвейлера в напорный бачок емкостью 150 л, расположенный на высоте 5 м от пола. Бачок оборудован указателем уровня и на всякий случай сливной трубой, по которой излишек нефти возвращается обратно в нефтехранилище. Из напорного бачка нефть поступает самоотсом в канал 1 форсунки (рис. 81).

По каналу 2 поступает под давлением воздух и идет вниз, омывая трубку, в которой внутри имеется канал для нефти, а в конце чашка. Против нее находится конус, входящий своей вершиной в чашку. Зазор между конусом и чашкой создает направление для воздуха, который притекает кругом к точке выхода нефтяной струйки по направлению стрелки 3. Воздух, смешиваясь с нефтью и распыляя ее, выходит из форсунки наружу, где смесь нефти с воздухом сгорает, превращаясь в пламя. Конус,

создающий направление для воздуха, имеет в середине отверстие для пламени. С другой стороны конуса имеется трубка, дающая направление пламени. Выходя из этой трубки, пламя встречает вторичное кольцо воздуха, идущее по направлению стрелки 4. Вторичный воздух, перемешиваясь с пламенем, дает полное сгорание и кроме того длинное пламя. Количество вторичного воздуха регулируется передвижением воронки 5 вправо или влево. При перемещении воронки уменьшается или увеличивается поперечное сечение потока воздуха. Передвижение воронки производится ручкой 6. В отростке 7 запрятан шибер для закрытия притока воздуха. На рисунке его не видно, так как он снят. Шибер сидит на оси, проходящей через отросток. Закрывание притока воздуха производится поворачиванием рукоятки, сидящей на оси шибера.

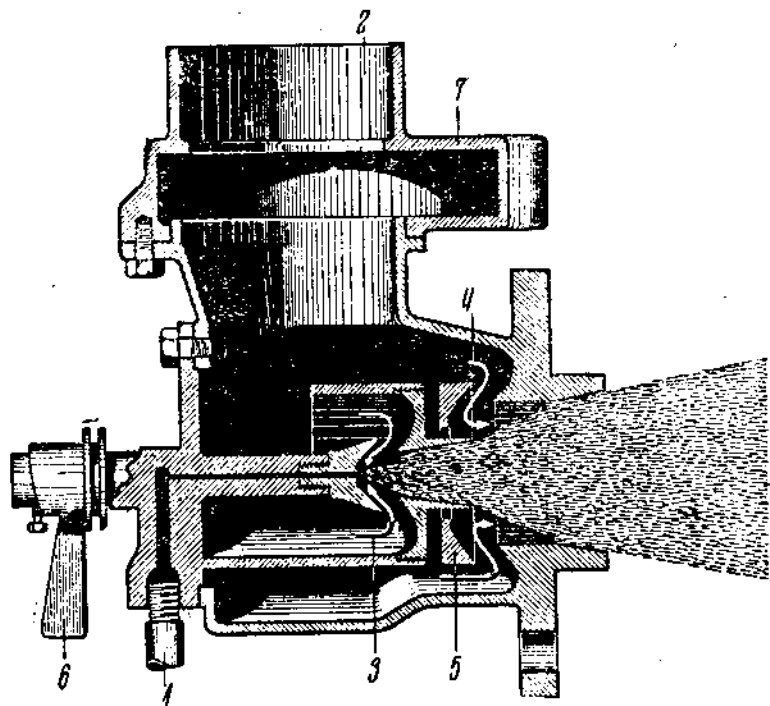


Рис. 81. Форсунка Джонсона.

Трубы предположено нагревать в печи до $950-980^{\circ}\text{C}$, выдерживать при этой температуре не больше 40 мин. и затем охлаждать в печи до 300° . Общая продолжительность процесса отжига для труб, загруженных в охлажденном состоянии, около 4 часов и для труб, поступивших непосредственно с машины, 3 часа.

После окончания отжига трубы будут проверять на твердость и недостаточно отожженные возвращать обратно в печь.

§ 28. ЗАВОД ФРАНКИ-ГРЕГОРИНИ

План завода Франки-Грегорины в Брешии (Италия) приведен на рис. 82. Литейные машины расположены в дехе большей частью

попарно. Три центробежных машины выпускают трубы диаметром от 80 до 350 мм, две машины дают трубы диаметром от 200 до 500 мм и одна отливает трубы диаметром от 400 до 1000 мм. Наибольшая длина выпускаемых труб 7500 мм. Асфальтировочные машины находятся около центробежных машин. Конструкция этих асфальтировочных машин чрезвычайно оригинальна. Машина представляет собой трубу полукруглого сечения из толстого листового железа, в которой находится жидкий асфальт. На этом корытообразном сосуде расположен горизонтальный вращающийся вал, снабженный рядом рычагов. Отлитая труба надвигается на рычаги и, захваченная ими, погружается в корыто, на короткое время остается в покое и наконец выталкивается. Трубы по выходе из корыта ставятся наклонно, чтобы мог стечь излишний асфальт.

После асфальтировки трубы идут, как и во всех цехах, на испытание к гидравлическим прессам и оттуда на склад, изображенный на рис. 83.

На заднем плане виден цех, выполненный из железобетона, с тремя дымовыми трубами вагранок. С правой стороны виднеются различные погрузочные устройства.

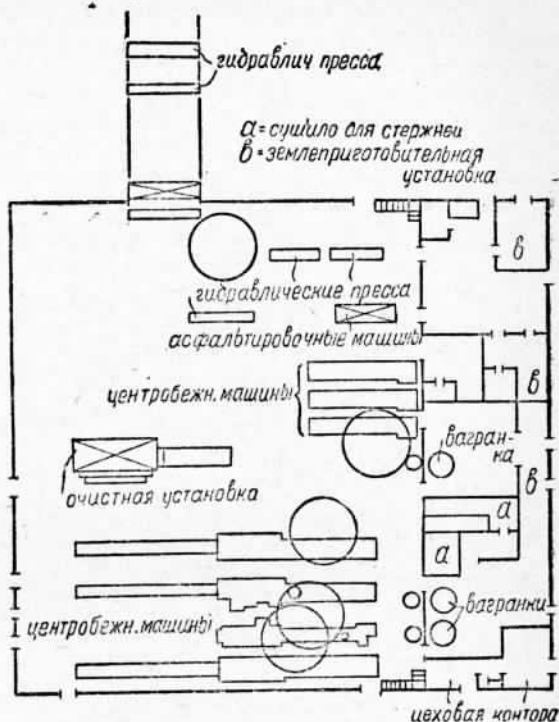


Рис. 82. План завода Франки-Грегори н.т.

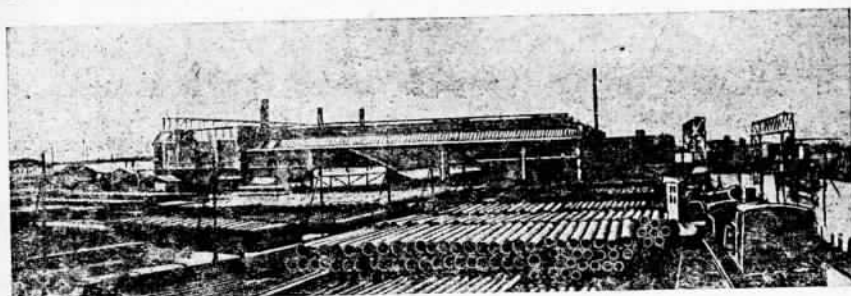


Рис. 83. Общий вид завода Франки-Грегори н.т.

Годовой выпуск на 1 м² производственной площади на заводе Франки-Грегори н.т. составляет примерно 8,5 т, на 1 м³ производственных помещений — 1,2 т.

§ 29. ЗАВОД В БИРМИНГЭМЕ, РАБОТАЮЩИЙ ПО СПОСОБУ МУРА

В Бирмингэме помимо заводов, работающих по методу де Лаво, имеется еще великолесный завод, применяющий способ Мура. Этот завод принадлежит фирме American Cast Iron Pipe Co.

На плане завода (рис. 84) нанесены как основные цеха и отделения, находящиеся под одной крышей, так и обширный шихтовый двор и склады кокса. Вид на одну половину двора дан на рис. 85. С левой стороны виден подвозной путь нормальной колеи, а с правой — несколько повышенный путь узкой колеи. К торцевой стороне двора примыкает планильное отделение, где установлено семь вагранок.

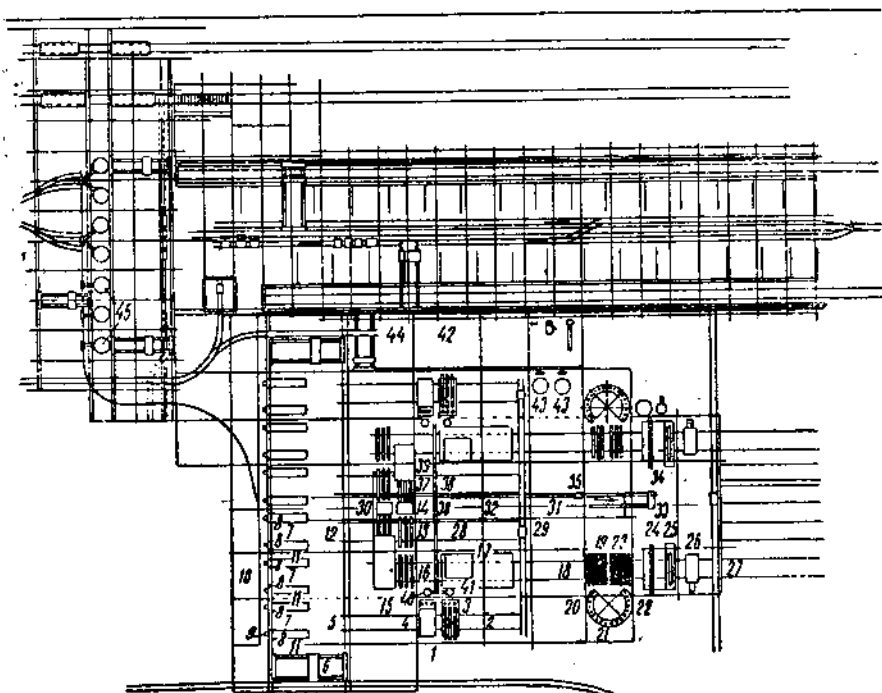


Рис. 84. План завода в Бирмингэме, работающего по способу Мура.

Необходимые для центробежного процесса Мура огнеупорные формы делаются из красного глинистого формовочного песка, к которому добавляют некоторое количество промытого кварцевого песка. Полученная формовочная смесь подвергается тщательной проверке в отношении размера зерен, вязкости и газопроницаемости.

Вязкость придается смеси главным образом красной глиной, которую заменяют иногда желтой или огнеупорной глиной или глиотрином.

Стержни, служащие для образования раструба, готовят из мелкого кварцевого песка, к которому в качестве связующего средства прибавляют льняное масло. Формовка производится в отдельной чугушной опоке, обработанной со всех сторон.

Пустые опоки поступают к месту набивки 1 по стелюгам 2 и попадают на поворотный стол 3, ставящий их в вертикальное положение на специальные поддоны. Поддонов всего три, и следовательно одновременно в работе могут быть три опоки. В последние опускают модели при помощи лебедки, расположенной наверху. Поддоны, на которых покоятся опоки, одновременно служат подставками для моделей. Набивка производится посредством двух трамбовочных машин, состоящих каждая из двух опрокидывающихся, уравновешенных противовесами полвешенных трамбовок, приводимых в действие сжатым воздухом. Во время набивки поддоны, на которых стоят опоки, медленно вращаются вокруг своих осей. Набивка небольших опок производится доли минуты, на набивку крупных требуется не более 1,5 мин.

Когда набивка закончена, вытаскивают сразу все три модели, опоки снимают посредством гидравлического

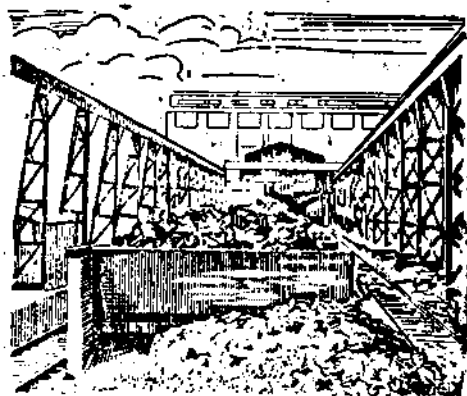


Рис. 85. Шихтовой двор завода в Бирмингеме.

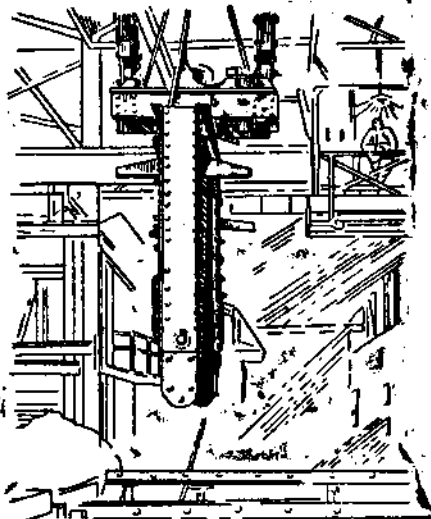


Рис. 86. Приспособление для подъема опок.

подъемника, и футеровку их покрывают слоем формовочных чернил. Окраска производится при вертикальном положении форм. Затем при помощи поворотного стола опоки приводятся в горизонтальное положение и направляются по стелюгам 4 к месту просушки 5. Когда операция просушки закончена, опоки подхватывает один из двух электрических кранов 6 посредством особого приспособления, изображенного на рис. 86.

Это приспособление устроено для подъема сразу двух опок. Кран передает опоки на стелюги 7 к центробежным машинам 8, которых в литейном цехе всего установлено двенадцать. Опoku вкатывают в машину сбоку, после чего последнюю закрывают. Соединение опоки с мотором осуществляется посредством быстро замыкающейся муфты.

Чугун от вагранок 45 подается в ковшах емкостью около 4 т по подвесной однорельсовой дороге 10. Три таких ковша постоянно находятся в обращении. Потребное количество чугуна отливается в дозирочный ковш 9 центробежной машины, после чего последнюю отклоняют надлежащим образом от горизонтальной плоскости и, опрокидывая дози-

ровочный ковш, подают металл в форму и сейчас же приводят ее во вращение. Постепенно машина переходит в горизонтальное положение, в котором вращение продолжается до тех пор, пока чугун, растекшийся по стенкам формы, не затвердеет.

Затем опоку с отлитой в ней трубой выкатывают из машины в пункт 11 и отсюда направляют в место 12, где удаляют стержень расгуба.

После этой операции опока поступает к выбивному устройству 15 (которых на заводе всего имеется два), установленному под крутым углом к поверхности пола. Эта машина принимает сразу по три опоки. Опоки устанавливаются на опрокидывающемся столе, сообщаящим им наклонное положение, в котором они остаются, пока из них выбивается песок. Затем опоки с трубами переходят посредством опрокидывающегося стола в горизонтальное положение. Трубы вытаскивают из онок специальной машиной, укладывают их в месте 16 на конвейер, который доставляет их еще в раскаленном докрасна виде в неотопляемую охлаждающую «печь» 17. Порожние опоки переходят в пункт 13.

Печь имеет медленно передвигающийся конвейерный под, постепенно перекатывающий трубы, в течение приблизительно 40 мин., к выходу. Из печи трубы выходят охлажденными приблизительно до наружной температуры. Такое постепенное охлаждение устраняет возможность коробления и закала труб. Всего охлаждающих печей на заводе две.

Затем трубы, поскольку они имеют неровности, переходят в обрубное отделение 18, где при помощи простого и быстрого действующего приспособления отшлифовываются изнутри, после чего попадают в пункт 19, откуда забираются небольшой лебедкой и передаются в асфальтировочное отделение 20. В последнем трубы попадают в подвешенном виде в большие асфальтировочные чаны, над которыми установлен контроль как химический, так и в отношении температуры. Асфальтировочная ванна поддерживается достаточно теплой, для того чтобы без специального нагрева дать трубам прочную обливку. Погружение и подъем производится механическим путем. Всего на заводе две асфальтировочных установки.

Из асфальтировочного отделения трубы переходят в пункт 21, где с них стекает излишек смолы, а отсюда в пункт 22 для окончательного остывания в вертикальном положении. В пункте 23 их снова переводят в горизонтальное положение и подают для гидравлического испытания к прессу 24. Газовые трубы не подвергают асфальтированию, но испытывают два раза, сначала на гидравлическом прессе, а затем на прессе 25 давлением воздуха в 1,7 ат.

После испытания трубы идут на весы 26. Вес каждой трубы проставляется как на внешней, так и на внутренней ее поверхности. Взвешенные и отмеченные трубы забирает тельфер однорельсовой дороги 27 (или тележки) и подает на погрузочную платформу как готовый товар.

Порожние опоки из пункта 13 движутся по стелюгам 28 к тележке 29, которая перевозит их к стелюгам 2, и они снова идут на формовочную машину. Опока проходит путь от литейной машины в набивное отделение и обратно за один час и за девять часов может быть залита девять раз.

Оставшаяся после выбивки опок горячая земля собирается в бункера 44 и 30, расположенные по центральной оси литейной. Под ними в тоннеле проходит конвейер, отводящий песок в пункт 31. Количество песка,

забираемого в единицу времени конвейером, регулируется скоростью последнего и шиберными задвижками у бункеров. Земля, попадающая из бункеров на конвейер, имеет температуру около 50°C и почти не содержит влаги. Во время движения земли от бункеров 44 и 50 к пункту 32 к ней добавляется вода.

В пункте 32 находится бункер для добавки свежего песка с автоматическим питающим аппаратом, приводимым в действие тем же конвейером с регулируемой подачей песка. Благодаря такому устройству достигается равномерное распределение свежего песка в горелой земле. Продолжая передвигаться от бункера 32 к пункту 34, песок основательно перемешивается. В случае необходимости его еще раз увлажняют.

В пункте 34 песок с конвейера передается на ленточный транспортер, наклоненный приблизительно под углом 30° . Последний поднимает песок из тоннеля и подает его в двойной смеситель 33-34, расположенный под полом цеха, в котором он тщательно перемалывается. Во время процесса перемалывания в случае необходимости в песок добавляют глину, воду или еще какие-нибудь материалы.

Выйдя из смесителя, песок поступает на другой ленточный транспортер, идущий так же под углом 30° к горизонту. Дойдя до ведущего барабана 35 этого транспортера, песок сыпается с него в механическое встряхивающее сито. В последнем песок перемешивается и разрыхляется, а затем переходит на ленточный транспортер, наклоненный так же, как и первые два, под углом 30° . Ведомый барабан этого транспортера возвышается приблизительно на 2 м над полом цеха. Транспортер доставляет песок на третий этаж здания в пункт 36. По дороге от песка берут пробы на предмет определения его вязкости, влажности и газопроницаемости. Кроме того песок время от времени просеивается для проверки его зернистости. Если при испытании обнаружится, что песок недостаточно влажен, к нему добавляют еще воды, для чего вдоль транспортера устроено особое приспособление.

Дойдя до пункта 36, песок попадает во второе встряхивающее сито, в котором еще раз перемешивается и разрыхляется. Если при поливке песка во время его передвижения по транспортеру влага в нем распределится неравномерно, то сито радикальным образом устранил этот дефект. Из сита песок попадает во вращающийся бункер 37, дно которого снабжено автоматическим питателем, позволяющим сыпать песок на два поперечных ленточных транспортера 38 и 39 одновременно и отдельно. Высыпавшийся из бункера 37 песок поднимается по наклонному транспортеру 38 (39) к воронке, из которой попадает в бункера 40 и 41. Транспортер имеет приспособление для поливки земли в случае, если обнаружится ее недостаточная влажность. Круглые вращающиеся бункера 40 и 41 расположены над формовочными машинами, и песок для набивки опок берут из них.

Все необходимые для завода материалы, как например песок, глина и солома, находятся в подвале 42. В месте 43 установлены два подъемника, поднимающие ковши с глиной или песком из подвального помещения во второй этаж и разгружающие их там в смеситель (бегуны) Симпсона.

Человек, обслуживающий смеситель, управляет подъемниками, доставляющими по мере необходимости материалы в смеситель, где они перемалываются и увлажняются. Песок готовится как для формовки, так и для стержней.

В подвале 44 установлен специальный смеситель для приготовления чернил, идущих на окраску внутренней поверхности форм. Там же хранятся необходимые материалы. Чернила из смесителя поступают в резервуар, откуда перекачиваются центробежным насосом по трубопроводу к месту формовки.

§ 30. ЗАВОДЫ, ПРИМЕНЯЮЩИЕ СПОСОБ ВУДА

А. Американский завод во Флоренции

Центробежная литейная фирмы Florence Pipe Foundry and Machine Co занимает площадь 120×45 м и освещается через окна в стенах, а также

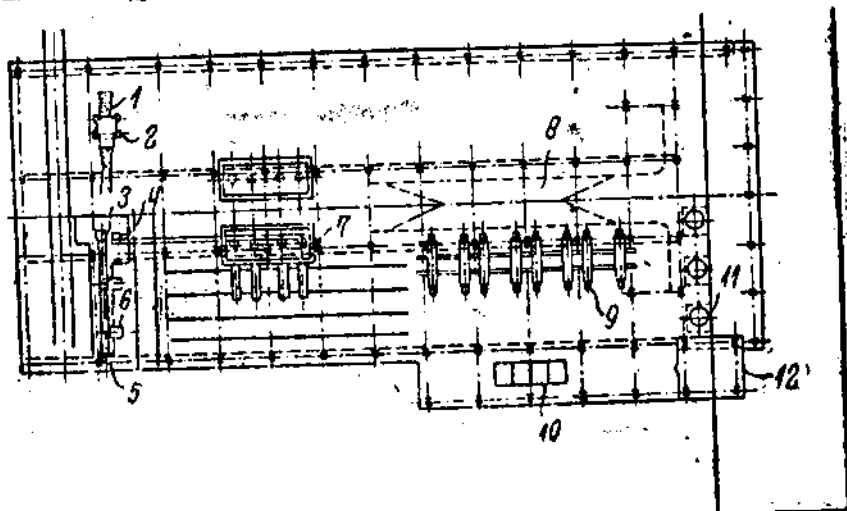


Рис. 87. План завода во Флоренции.

1 — песок; 2 — землекриготовительная установка; 3 — элеватор; 4 — транспортер для готовой формовочной земли; 5 — точечный конвейер; 6 — выбивная встриживающая машина; 7 — встриживающие машины для набивки опок; 8 — подвесной путь для чугуна; 9 — центробежные машины; 10 — сушильные шкафы; 11 — вагранки; 12 — вентиляторы.

через длинные световые фонари. Она при полной нагрузке способна дать ежедневно 400 т труб диаметром от 100 до 300 м.м. Максимальный диаметр и длина выпускаемых труб соответственно равны 750 м.м и 20 фут.

Литейная работает по способу Вуда и отличается от ранее описанной установки Мура в Бирмингеме как общим расположением оборудования, так и в деталях. Взгляд на план (рис. 87) делает все ясным. Обе установки имеют свои преимущества. В то время как в установке Мура асфальтировочное и испытательное отделения находятся в главном здании и ваграночный корпус расположен несколько в стороне, здесь плавильный блок, состоящий из трех вагранок, находится в главном здании и, наоборот, асфальтировочная установка расположена отдельно.

Отличие в деталях заключается в дополнительной обработке отлитых труб. Мур в особых охлаждающих печах доводит их до нормальной температуры, в то время как Вуд трубы после литья вместе с опоклой вынимает из машины и катит их дальше в течение часа по наклонной

плоскости, причем они без какого-либо промежуточного охлаждения доводятся до наружной температуры. Такой принцип требует солидной площади, по которой формы с трубами катятся, до их охлаждения. От этого зависит положение устройств для футеровки и опораживания опоки. По способу Мура футеровка опоки производится путем трамбования. Вуд и для набивки и для выбивки песчаных форм применяет пневматические встряхивающие приспособления.

На рис. 88 изображен литейный зал с установленными центробежными машинами. Всего их восемь. Каждая две машины обслуживаются одним общим подъемным приспособлением, которое сразу снимает с машин две опоки и ставит их на охлаждающие наклонные плоскости.

На рис. 89 можно видеть встряхивающую машину, которая опораживает опоки. Машины для футеровки и выбивки работают совершенно одинаково, только первые машины имеют поддон, на котором центрируется модель, в то время как вторые снизу открыты, чтобы мог высыпаться песок.

Чугун из вагранок передается на однорельсовый путь и далее из ковша раздается в калиброванные ковши, установленные на каждой литейной машине.

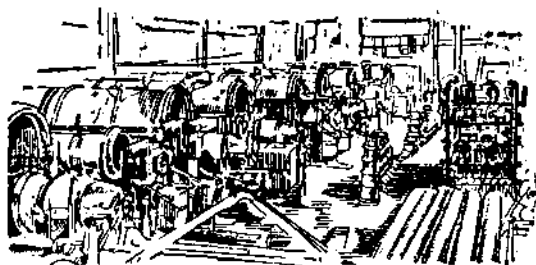


Рис. 88. Литейный зал завода во Флоренции.

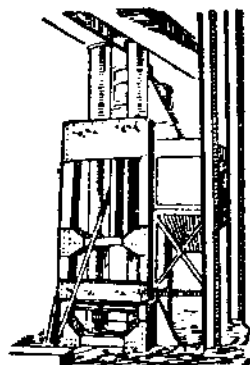


Рис. 89. Встряхивающая машина.

Отливка труб на машинах происходит тем же порядком, как и в литейной American Cast Iron Pipe Co. После отливки опока с заключенной в ней трубой снимается и ставится на наклонную плоскость для передвигания по последней. Отлитая труба вытаскивается из опоки при помощидвигаемого железного стержня и мостового крана. Очистка трубы производится быстро проходящим по всей ее длине шлифовальным диском, после чего она испытывается и асфальтируется.

Землеприготовительная установка Вуда, изображенная схематически на рис. 90, не менее сложна, чем установка Мура. Процесс переработки земли начинается с того, что выбитая встряхивающей машиной земля сыпается с уровня пола литейной в бункера, находящиеся в подвальном помещении. Под бункерами $p-p$ для горелой земли, имеющими специальные затворы, движется по длинной оси здания платформа a . На эту платформу высыпается сразу приблизительно 15 т горелой земли, к которой сейчас же добавляется свежая земля и вода.

Между бункерами находятся два сандкоттера $q-q$, подвешенные на балансирах и работающие попеременно. Когда платформа движется в одном направлении, опускается один сандкоттер и разрыхляет землю. При пере-

движении платформы в обратную сторону балансир опускается плечом, вводя в действие второй сэнкоттер и выводя первый. Это необходимо потому, что сэнкоттер работает только в одном направлении и нежелателен холостой ход платформы. Достаточно прогнать платформу под сэнкоттерами в обоих направлениях по два раза, чтобы получить удовлетворительно подготовленную землю.

После окончания работы по подготовке земли устанавливают балансир с сэнкоттерами горизонтально, выводя их оба из действия, и опускают шнек s . Вращаясь, последний перемещает всю землю с платформы a на ленточный транспортер L_3 , с которого земля переходит на поперечный

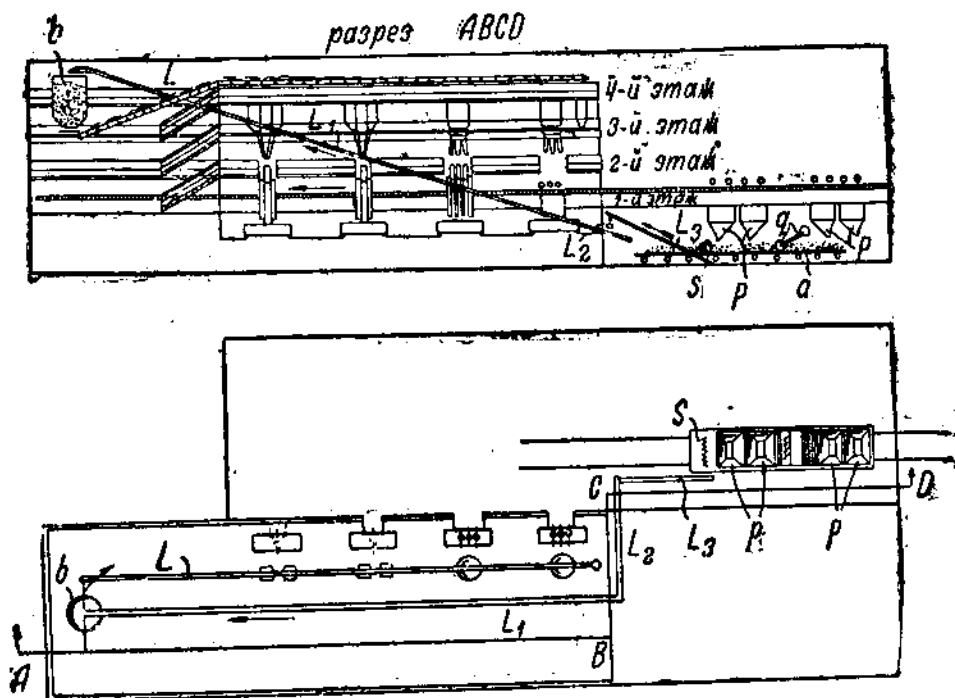


Рис. 90. Схема землеприготовительной установки Вуда.

транспортер L_3 и далее на транспортер L_1 . Последний поднимает землю из подвального помещения под самую крышу деха и сбрасывает ее в промежуточный бункер b . Проходя через бункер, земля опускается во второй этаж, попадает на транспортер L , поднимается снова на четвертый этаж и сбрасывается с ленты L в круглые бункера над каждой формовочной встряхивающей машиной. Снабжение машины землей из бункеров производится посредством особых горизонтальных вращающихся столов-питателей.

В. Английский завод в Голлингвуде

1. Общая характеристика. В сентябре 1931 г. был официально открыт новый завод для производства труб по способу Вуда, соору-

женный в Голлингвуде фирмой The Staveley Coal and Iron Company. Проектная мощность установки 80 000 т чугунных труб в год, диаметром от 4 до 24 дюймов и длиной 16 футов. При постройке предусмотрена возможность расширения литейной без нарушения работы существующего устройства.

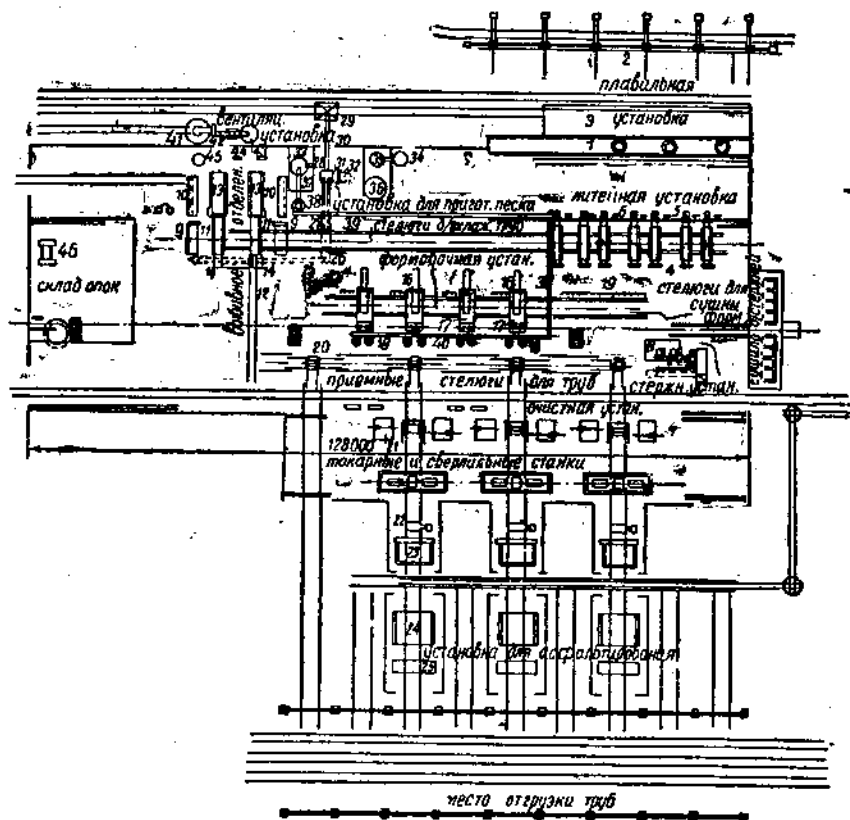


Рис. 91. План завода в Голлингвуде.

1 — вагранки, 2 — закрома для сырых материалов; 3 — колошниковая площадка; 4 — тенстеры; 5 — дешировочный ковш; 6 — весы; 7 — место для футеровки и сушки литейных ковшей; 8 — встраивающие машины для изготовления стержней; 9 — «выдувная» камера; 10 — тележка для «выдувных» труб; 11 — выбывной опрокидывающийся стол; 12 — тележка для передачи труб; 13 — та-пан двойного действия; 14 — приемная воронка для горячего песка; 15 — толчковый конвейер; 16 — опрокидывающиеся столы; 17 — встраивающие машины; 18 — песчаные сита (питатели); 19 — торелки для сушки форм; 20 — поворотные столы; 21 — плавователи; 22 — весы; 23 — испытательный стан; 24 — нагревательная печь; 25 — резервуар для асфальтирования; 26 — барабан для охлаждения песка; 27 — цепные элеваторы; 28 — бункер; 29 — бункер; 30 — ленточный транспортер; 31 — миксер для песка системы Снута; 32 — песчаный питатель; 33 — миксер (бегуны) Симпсона; 34 — мельница для глины; 35 — миксер для глины; 36 — склад промывной глины; 37 — ленточный элеватор; 38 — песчаный питатель; 39 — ленточные транспортеры; 40 — распределительный транспортер; 41 — циклон; 42 — вентилятор; 43 — скруббер; 44 — грязевые насосы; 45 — грязеотделитель (отстойник); 46 — балансирующая машина.

Общее расположение установки показано на рис. 91, из которого видно, что большая часть оборудования находится в главном здании и в одном из трех второстепенных зданий, граничащих с главным. Основой зданий служат железные рамы, покрытые гофрированным листовым железом и кроме того асбестом. Они обширны и хорошо освещены.

2. Склады сырых материалов. Обширные склады сырых материалов расположены между двумя линиями железнодорожного пути. Путь, более низко расположенный, проходит между закромами и плавильной установкой, а путь более высокого уровня — с противоположной стороны закрсов. Чушки доставляются обычно по пути низкого уровня.

Чугун с платформ выгружается или непосредственно на колошниковую площадку вагранок, или в закрома при помощи двух мостовых кранов (рис. 92) грузоподъемностью каждый 5 т. Краны снабжены подъемными магнитами диаметром 1400 мм и грузоподъемностью 1350 кг. Кокс доставляется по пути высокого уровня и разгружается в бункера. В случае необходимости можно хранить большие запасы металла и кокса на колошниковой площадке, так как она рассчитана на нагрузку 1100 кг. на квадратный метр.

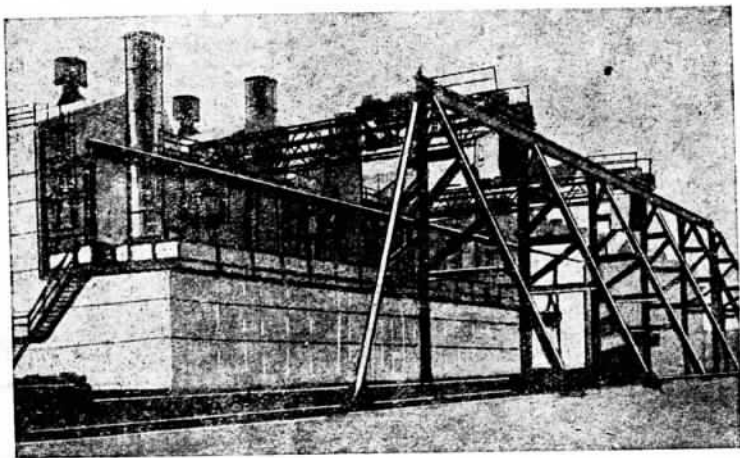


Рис. 92. Блок вагранок завода в Голлингвуде.

3. Плавильная установка. Плавильная установка состоит из трех современных вагранок, производительностью каждая 12—15 т в час. Вагранки снабжены пятью главными и пятью вспомогательными фурмами и загружаются при помощи пневматических опрокидывающихся «подносов» (рис. 93). Колошни взвешиваются на взвешивающей машине Пулей (Pooley) циферблатного типа.

Воздуходувная установка состоит из вентиляторов с моторным приводом типа Кэйт-Блэкман (Keith-Blackman), которые установлены друг подле друга на колошниковой площадке. Каждый из этих вентиляторов обладает производительностью в 170 м³ воздуха в минуту при давлении 900 мм водяного столба и при скорости 1470 оборотов в минуту.

Шлак выпускается в самоопрокидывающиеся шлаковые бадьи, установленные на тележках, снабженных шариковыми подшипниками, и передается в железные опрокидывающиеся вагоны для выгрузки на отвалы.

Рабочий период равен 24 часам; установка работает непрерывно. В то время как одна вагранка задута, другая уже подготовлена на смену, а на третьей производится необходимый ремонт.

4. Литейная установка. В литейном зале установлено семь дежурных машин (рис. 94) или твистеров,¹ как их называют на этом заводе. Один твистер резервный. Производительность каждой машины от 60 до 72 диаметральных дюймов в час независимо от диаметра изго-

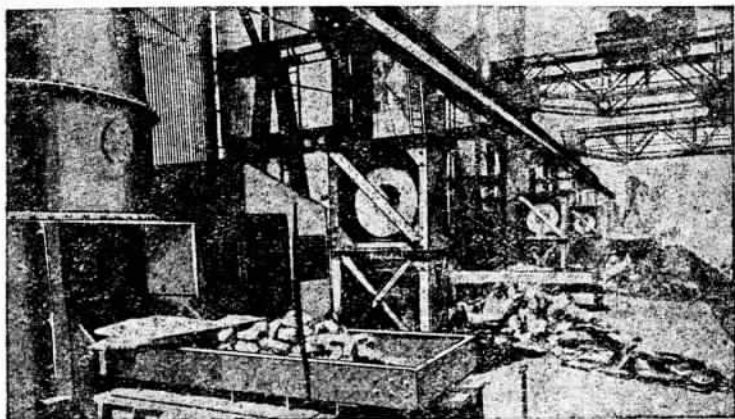


Рис. 93. Колошниковая площадка.

товляемой трубы. Требуется весьма небольшая наладка машины для перехода на отливку труб другого диаметра.

Твистер несколько отличается от описанных в главе пятой. Его рама несет на себе два холостых и два рабочих (ведущих) ролика, которые

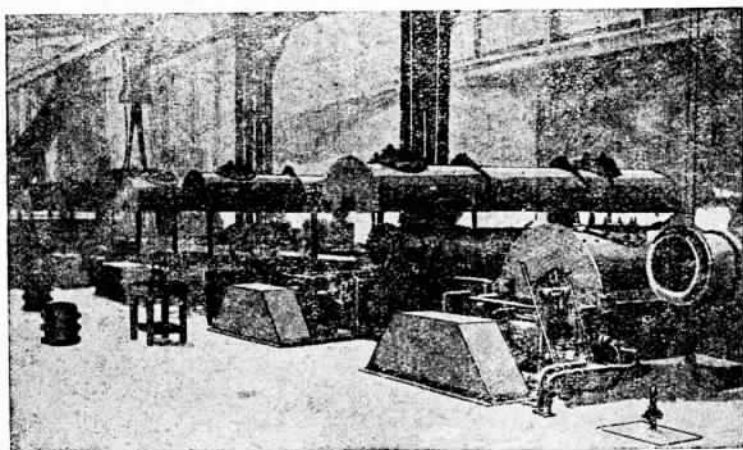


Рис. 94. Батарея твистеров.

вращаются в подшипниках с кольцевой смазкой. На удлинении вала роликов находятся ручные тормоза, выложенные лентой «Феродо», и ве-

¹ The twister — вращатель.

лучшие (приводные) шкивы. Рама твистера связана болтами с железобетонным фундаментом, в котором расположена также гидравлическая передача для управления механизмом, служащим для смены опок, который обычно при подъеме кожуха (крышки) защищает механика от возможного выбрасывания песка или частиц металла.

Каждый твистер приводится в действие при помощи ременной передачи двумя моторами с контактными кольцами. Эти моторы расположены в подвале и каждый из них развивает от 12,5 до 15 л. с. при 860 оборотах в минуту, 30 перподах в секунду и напряжении 440 V переменного тока.

Каждый твистер снабжен опрокидывающимся дозирочным ковшом. Тележка, несущая этот ковш, поставлена на рельсы и обычно стоит на платформе дифферентных весов Пулей.

Опоки с песчаными формами приносятся к литейным машинам мостовым электрическим краном грузоподъемностью 10 т.

Гидравлическая передача, упомянутая ранее, автоматически выгружает залитую форму и допускает возможность установки новой опоки, поднимая и опуская крышку в начале и конце рабочего цикла.

От вагранки металл поступает в двух ковшах емкостью 3,5 т каждый. Эти ковши транспортируются на тележке, монтированной на шариковых подшипниках.

С тележки ковш захватывается краном грузоподъемностью 7,5 т. Крановожатый распределяет жидкий металл по дозирочным ковшам твистеров соответственно диаметру отливаемой трубы. Поданное количество металла регистрируется на большой разборчивой шкале весов.

Затем тележка с ковшом подвигается от руки вперед на 600 мм, что приводит ее в сцепление с гидравлическим тараном, проходящим через центр платформы весов.

Тогда сигнал ставит механика в известность, что ковш находится в готовности к заливке. Следует отметить, что непосредственно после наполнения дозирочного ковша в расплавленный металл присаживают небольшое количество соды, в результате чего образуется жидкий шлак, удаляемый после ступенной счищающим приспособлением.

Вся работа литейной машины контролируется механиком из пункта, находящегося в некотором отдалении от места заливки.

Когда машина пущена в ход, зажигается сигнальная красная лампа, а когда опока достигнет надлежащего числа оборотов, зажигается сигнальная желтая лампа, начинает действовать гидравлический таран, и металл при температуре 1350° С выливается в форму. Время заливки равно 1 сек. на каждый диаметральный дюйм. Опоку вращают с полной скоростью, пока металл не затвердеет, после чего мотор выключают, число оборотов постепенно уменьшается, и наконец твистер останавливается под действием тормозов.

Опока, содержащая отлитую трубу, выгружается на стелюги сбоку литейной машины.

5. Охлаждение труб. Поступившая на стелюги опока захватывается краном и передается на охлаждающие стелюги (рельсы), имеющие длину около 50 м. По этим рельсам опоки медленно перекатываются к выбивной установке, которой достигают через час, считая от момента отливки. Трубы, заключенные в опоках, к этому времени уже успевают потемнеть. По пути к выбивной установке с опок снимают крышки с стерж-

ными раструба и крышки, через которые заливается металл. Остаток песка в раструбе трубы выскребывают.

6. Выбивка. Выбивка в Голлингвуде идет несколько иначе, чем во Флюренции. Слагается она из двух операций. Первая из них производится в закрытой камере (рис. 95), находящейся в конце охлаждающих стелюг. В эту камеру опоки вталкиваются по две сразу посредством гидравлического тарана и подвергаются там «выдувке». Эта операция состоит в том, что посредством гибкого шланга диаметром около 1 дюйма, нагнетается сжатый воздух давлением около 14,5 ат. в песок между опокой и отлитой трубой. Таким путем удаляется узкий продольный слой песка, непосредственно прилегающего к трубе. «Выдувная» камера держится все время под легким вакуумом, так как к ней присоединено ответвление от главного пылесобирающего трубопровода, о котором

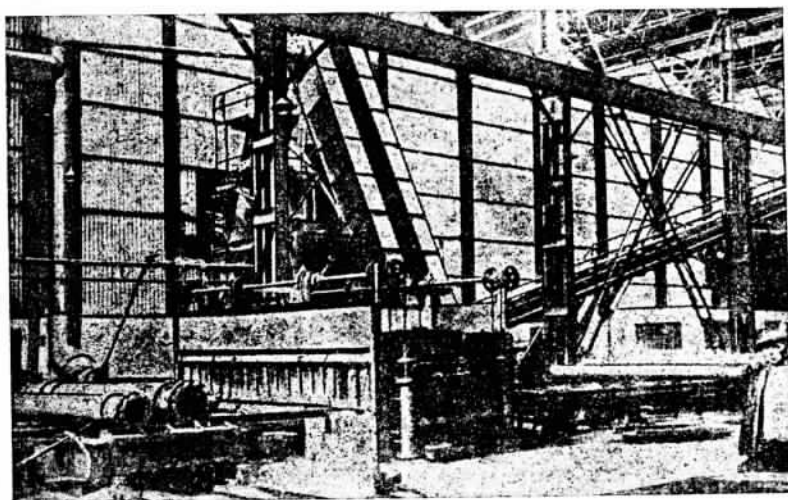


Рис. 95. «Выдувная» камера.

будет сказано ниже. Выдутый песок падает в приемную воронку и от туда на толчковый конвейер, передающий его для освежения на земле-приготовительную установку.

По окончании выдувки опоки автоматически выходят из камеры с противоположной стороны, и трубы клеятся сейчас же с одного конца. Затем гидравлический двойной таран вталкивает опоки на передвижную тележку, приводимую в действие серпес-мотором. Тележка способна развивать скорость до 18 м в минуту и перевозит опоки в место, предназначенное для второй операции. С тележки опоки попадают на опрокидывающийся стол (рис. 96). Этот стол принимает две опоки сразу. Когда опоки установлены, начинает работать таран двойного действия. Трубы выталкиваются из онок и передаются на одну из передаточных электрических тележек. Таран получает обратный ход и при этом, увлекая за собой особое скребущее приспособление, совершенно очищает опоки от песка. Тогда стол наклоняется приблизительно на 70° к горизонту, и выбитый песок падает в приемную воронку, под

которой тоже проходит вышеупомянутый толчковый конвейер, направляющий его в землереготовительное отделение.

Пустые опоки откатываются на стелюги, откуда их забирает подъемный кран и относит на стелюги около встряхивающих формовочных машин.

7. Очистка, испытание и асфальтировка. Передаточные тележки прибывают к приемным стелюгам, где разгружаются от труб. Приемные стелюги снабжены четырьмя поворотными столами, которые распределяют трубы по четырем стелюгам, расположенным перпендикулярно к приемным соответственно качеству и диаметрам. На одном поворотном столе собираются все поврежденные и дефективные трубы и передаются на стелюги для слемки. Через остальные три проходят нормальные трубы и попадают на стелаж, обслуживающие идентичные агрегаты,

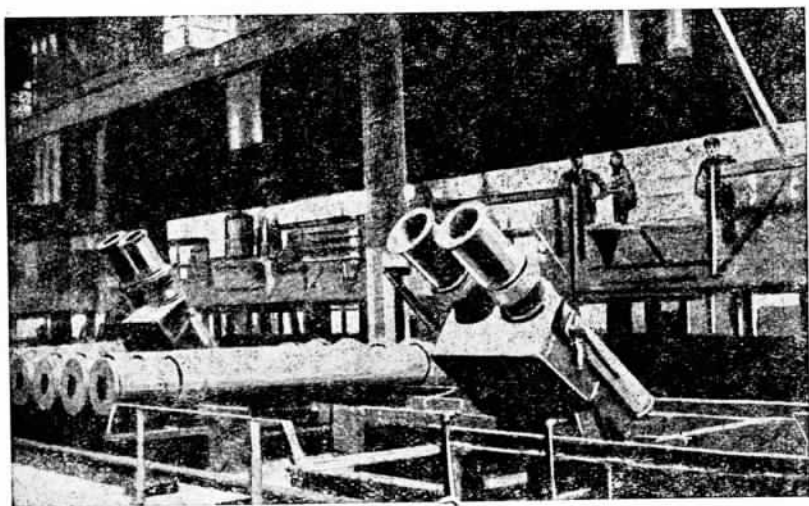


Рис. 16. Приспособление для выталкивания труб из опок.

состоящие из очистной установки, токарных и сверлильных станков, испытательных насосов и асфальтирующей установки.

Леншки или другие наружные наросты удаляются посредством турбошлифователя, действующего сжатым воздухом. Внутренняя поверхность очищается при помощи электрического шлифователя (рис. 97), вводимого на валу, длина которого достаточна для того, чтобы войти до середины трубы. Очистка одновременно производится с двух концов, причем труба в это время сама вращается на роликах в направлении, противоположном вращению шлифующих кругов. Для удаления пыли, получающейся при очистке, имеется мощная пылесобирающая установка.

Все трубы, подлежащие обработке на станках, подвергаются последней, а затем вместе с необрабатываемыми трубами взвешиваются и с весов идут к испытательной установке. Здесь каждая труба подвергается испытанию на удар и гидравлическому испытанию (рис. 98), а затем направляется на асфальтировочную установку. Там их нагревают в печи,

отопляемой коксом, работающей при строгом температурном контроле, и затем опускают в резервуар со смолой (рис. 99), который обслуживается подъемным приспособлением. Трубы уложенные в люльку, вме-

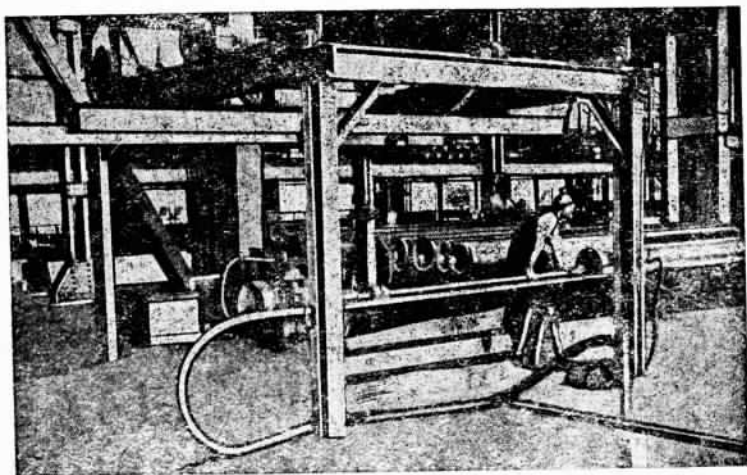


Рис. 97. Очистка

щающей их от 6 до 12 штук в зависимости от диаметра, остаются в резервуаре в течение времени, необходимого для равномерного покрытия смолой или асфальтом. Трубы затем маркируются и погружаются для

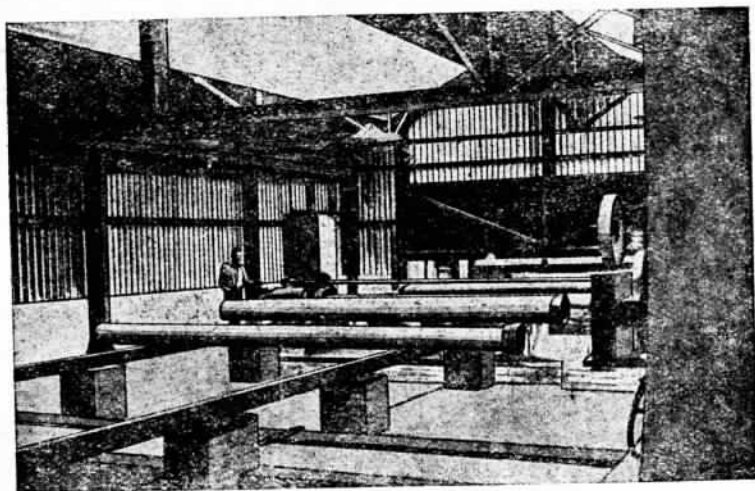


Рис. 98. Испытательная установка.

перевозки по шоссе или железной дороге или доставляются на склад в зависимости от обстоятельств. Погрузочные запасные пути обслуживаются 3-тонным краном. Склад обслуживается железнодорожным паровым краном.

8. Набивка форм. Пустые опоки, уложенные на стелюги, обслуживающие четыре встряхивающие формовочные машины, перекачиваются к опрокидывающимся столам этих машин. На каждом столе устанавливаются три опоки. При опрокидывании столов опоки из горизонтального переходят в вертикальное положение, удерживаясь в нем при помощи начинающего действовать при повороте автоматического затвора. Когда достигнуто вертикальное положение, опоки начинают двигаться вниз, пока не сядут на модели раструбов, установленные на встряхивающих столах, находящихся в подвале. Затем 2—3 модели цилиндрических частей труб лебедкой, грузоподъемностью 60 т, опускаются в опоку и центрируются посредством конуса, входящего в соответствующее коническое углубление в модели раструба.

Тогда на верхнюю часть опоки ставится железная воронка, состоящая из двух главных частей: кольца со втулкой, входящей в полость опоки,

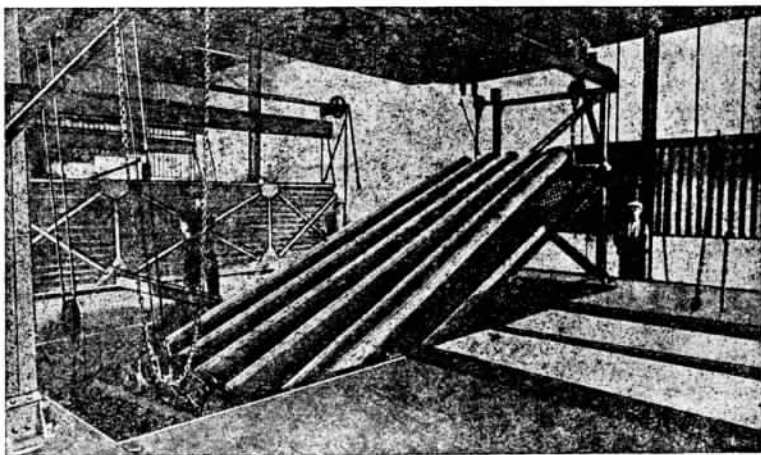


Рис. 99. Асфальтировка.

и центральной части с тщательно обработанным коническим раструбом, сающимся на также тщательно обточенный конус на верхней части модели. Это приспособление выполняет двойную роль. Через него засыпается песок в опоку и в то же время оно центрирует сверху модель.

Две главных питательных воронки подают песок по трубе одновременно к двум опокам. Каждая опока получает приблизительно 80—100 ударов. Формовка буртика производится, когда работа уже приближается к концу. После остановки встряхивающих машин песчаные воронки снимают с конусов моделей. Сами модели удаляются той же лебедкой, которая служит для их установки. Краска размешивается в подвале и накачивается в бак, находящийся над опокой, а оттуда, когда модели вытаснены, в форму через специально устанавливаемую воронку. Излишняя краска стекает в стоящий под опокой бак.

Следует отметить, что каждая из встряхивающих машин, установленных в формовочном отделении, в состоянии справиться с нагрузкой в 12 000 кг при 80 ходах в минуту и при давлении воздуха около 14,5 ат.

Машины установлены на бетонных фундаментах, снабженных сильной железной арматурой, которые с целью уменьшения вибраций изолированы и таким образом являются совершенно независимыми от фундаментов главного здания.

Все операции с опрокидывающим столом, лебедкой для моделей, песчаными питателями и само встряхивание контролируются с платформы встряхивающих машин. Время для изготовления формы снизу доверху равняется приблизительно 10 мин. На рис. 100 представлен внешний вид землеприготовительной установки.

9. Сушка форм. Когда изготовление формы закончено, опрокидывающийся стол вместе с опоками снова переводят в горизонтальное положение.

Опоки передаются краном на сушильные козлы, где формы высушиваются с внутренней поверхности при помощи горелок (рис. 101), ра-

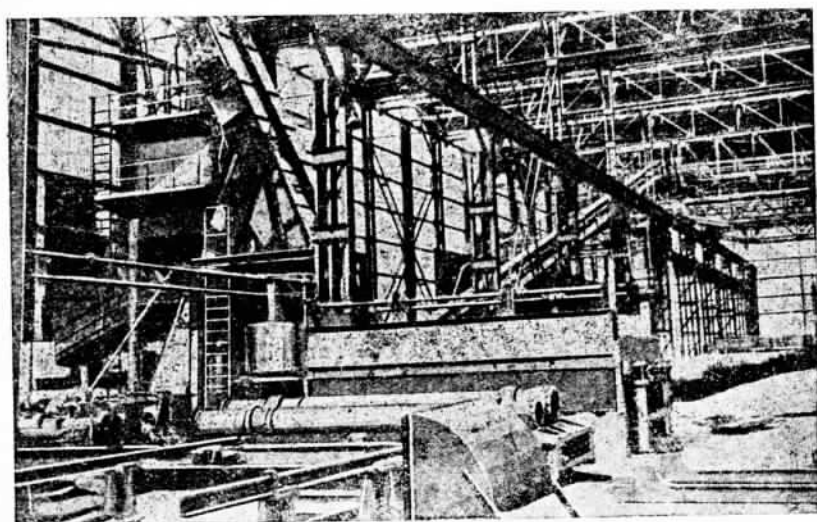


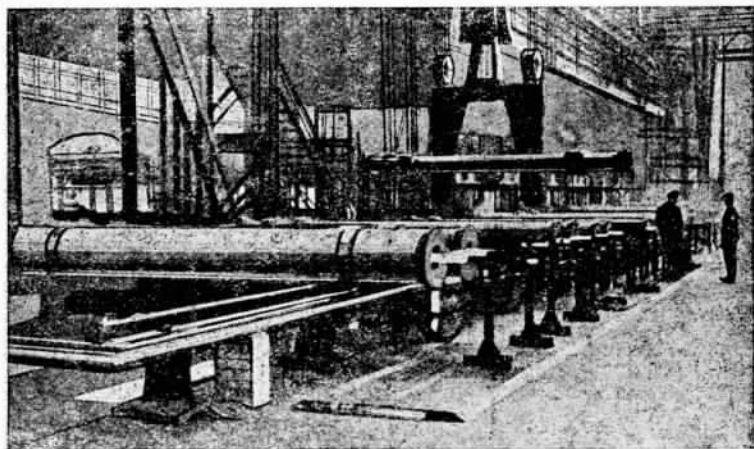
Рис. 100. Землеприготовительная установка.

ботающих на коксовом газе, которые снабжены соплами для воздуха, чтобы получить низкую температуру и интенсивное пламя, способное прогнать через форму большое количество наружного воздуха, что дает в результате быстрое высушивание без обгорания песка.

Горелки расположены с прямого конца трубы. Раструбный конец снабжают отъемной отражательной переборкой, что обеспечивает равномерность сушки.

10. Приготовление формовочной смеси. В землеприготовительном отделении находится установка для промывки глины с резервуаром для ее хранения, миксеры для песка и прочее оборудование. Используется не менее 95% старого песка. Песок из «выдувной» камеры, как уже ранее было упомянуто, подается на толчковый конвейер через звездообразный клапан. Воронка, принимающая песок с установки, выбивающей трубу и футеровку, разгружается при помощи шнека, регулирующего питание толчкового конвейера. Мотор конвейера имеет мощность 10 л. с.

Горелый песок далее выгружается в большой охлаждающий и пылеотделительный барабан, снабженный приспособлением для внутреннего вырыскивания воды и ответвлением к главному трубопроводу, отсасывающему воздух, насыщенный пылью и парами воды. Охлаждающий барабан приводится в действие мотором в 15 л. с. Выброшенный из барабана песок собирают два ковшевых элеватора, из которых один основной. Элеватор подает песок в вибрационное сито «Гэммор» (Hammer), где отделяются и выбрасываются различного рода инородные тела, комки и куски металла. Из вибрационного сита песок падает в запасный бункер. Свежий песок подается со складов сырых материалов на тележках в особый бункер, откуда забирается проходящим под последним ленточным транспортером в воронку. В этой воронке разгружается также горелая земля из запасного бункера. Смесь содержит 5% свежего и 95% старого песка. Эта смесь сыпается в первый песчаный миксер, дейст-



Гиг. 101. Сушка форм.

вующий как бетономешалка, в который также вводится известный процент промытой глины определенного удельного веса. В этом миксере старый и новый песок, промытая глина и влага тесно смешиваются, но этого недостаточно. Смесь переходит посредством короткого ленточного транспортера в миксер Симпсона интенсивного типа, работающий непрерывно. Работа этого миксера сообщает песку максимальную вязкость возможную при его составе.

Промытая глина готовится на особой мельнице, которая приводится в действие мотором мощностью в 15 л. с. Мельница разгружается в смешивающий резервуар, который питает главный питательный бак. Вибрационные приспособления (агитаторы) резервуара и бака приводятся в движение через редуктор мотором в 10 л. с.

Резервуар и бак установлены выше уровня пола. Глина из них подается посредством центробежных насосов, каждый из которых вращается мотором в 5 л. с. Насосы питают песчаный миксер или установку для приготовления краски смотря по надобности.

Миксер Симпсона подает песок на элеватор, а последний сыпает его

в бункер с вращающимся дном. Из бункера песок разгружается на корытообразный ленточный транспортер, который поднимает песок вверх и подает его на второй такой же транспортер, в свою очередь разгружающийся на распределительный и тоже корытообразный транспортер, проходящий над всеми бункерами, обслуживающими встряхивающие машины. При помощи трипперной тележки он может подавать песок по желанию в любой бункер.

11. Изготовление стержней. Стержни для раструбов из масляного песка изготавливаются в особом стержневом отделении. Для изготовления стержней служат две специальные машины встряхивающего типа системы Джэкмана (Jackman). Песок для них изготавливается в миксерах, расположенных над машинами, и подается из находящихся сверху воронок по гибкому трубопроводу. Стержни сушатся в сушилках, расположенных около машины, окрашиваются и подаются к твистерам, где их устанавливают в опоки.

12. Очистка воздуха. Главным оборудованием воздухоочистительной установки является вентилятор, к которому присоединен циклон. Вентилятор имеет электрический привод. Тяжелые частицы пыли оседают в циклоне. Мелкая пыль извлекается из воздуха в скруббере при помощи сеток, поливаемых водой.

Образующаяся грязь удаляется двумя насосами с электрическим приводом. Один из насосов резервный. Грязь течет в большие железобетонные резервуары и там оседает на дно, откуда ее периодически удаляют. Сухую пыль, собирающуюся в циклоне, выгружают непосредственно в вагон, стоящий поблизости на запасном пути.

Пылесобирательная установка соединена с выдувной камерой, выбивной машиной, песчаным барабаном, песчаными бункерами и очистительной установкой при помощи вытяжных трубопроводов большого диаметра, так что в воздухе остается лишь незначительное количество пыли.

§ 31. КАРУСЕЛЬНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ЦЕХ ФИРМЫ АРДЕЛЬТ

Фирма Арделът удачно использовала свой громадный опыт в области отливки труб карусельным способом при сооружении своей новой литейной для центробежной отливки раструбных труб в песчаных формах.¹

Опоки в этом цехе подвешены на карусели таким образом, что могут вращаться вокруг своей оси. Набивание опоки формовочным песком происходит после установки модели посредством видоизмененной (упрощенной) трамбовочной машины системы Арделът, подробно описанной в главе третьей. Вращаются не трамбовочные машины, а наоборот опоки.

Приспособление, вращающее опоки, находится под ними и приводится в действие электромотором. После набивки модель при помощи крана вытаскивается, а форма окрашивается и затем высушивается.

С карусели опока снимается при помощи «перекладного» механизма и устанавливается на центробежной литейной машине в горизонтальном положении. После отливки труба на специальном участке удалится из опоки при помощи выталкивающего механизма. Труба проходит операцию охлаждения, а опока снова возвращается к перекладному механизму, ставится в вертикальное положение и снова закрепляется на карусели. При

¹ R. Ardelt, Giesserei, 1933, № 5, 6.

Этом окопа освобождается от песка, очищается, и набивку можно начинать снова.

Для приготовления песка и его подъема имеется землеприготовительное устройство с ковшевым элеватором и бункером. Для изготовления

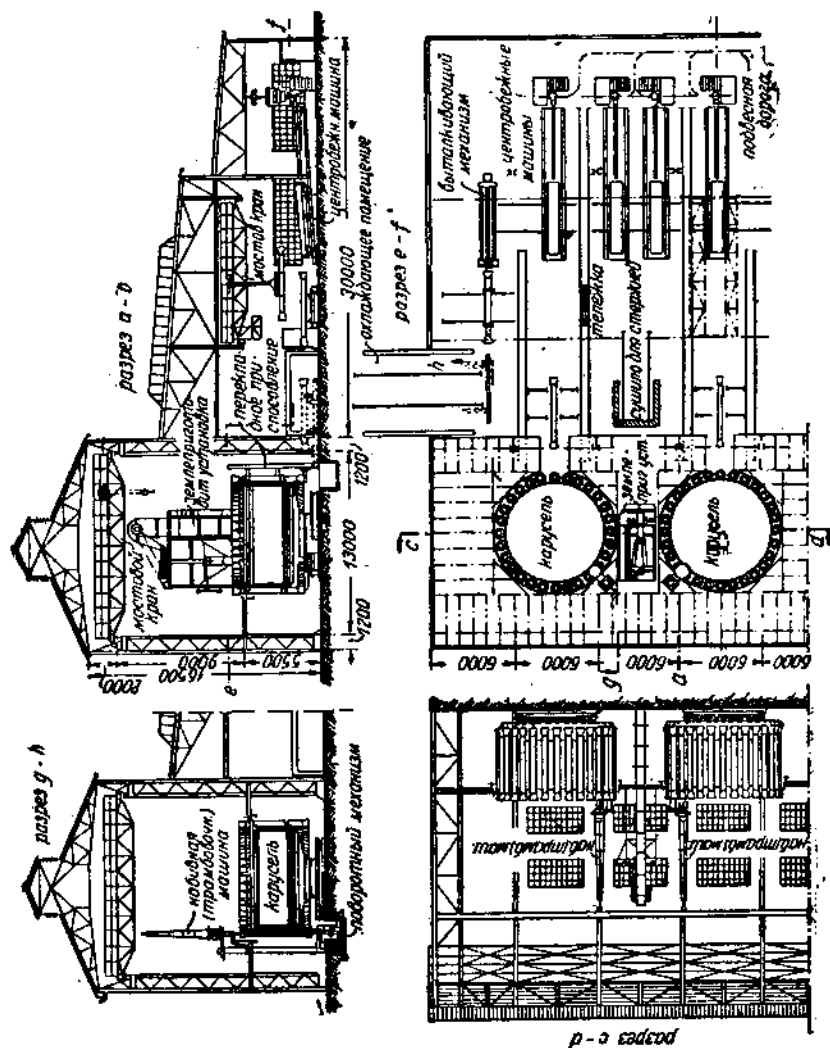


Рис. 102. Центробежно-кассетный мех.

стержней раструбов в нижнем помещении литейной находятся необходимые приспособления. Там же находятся и сушилка для стержней. Вся установка показана на рис. 102.

Глава шестая

ОТЛИВКА СТАЛЬНЫХ ТРУБ И БОЛВАНОК

§ 32. ОТЛИВКА ТРУБ ПО СПОСОБУ КЭММЕНА

А. Сущность способа

Предложенный американским инженером Кэмменом способ появился в результате продолжительных лабораторных исследований. Его отличительной чертой является отливка труб в высоко нагретых или, как иначе говорят, горячих кокилях. Опытная форма Кэммена для труб диаметром до 150 мм представляла собой одновременно и нагревательный прибор. Она была окружена спиралью, через которую пропускался ток в 6000 V при частоте 11 000 периодов в секунду. В более крупных формах применялся нагрев сопротивлением. В заводских условиях кокиль нагревается в особой печи и горячий вставляется в центробежную машину.

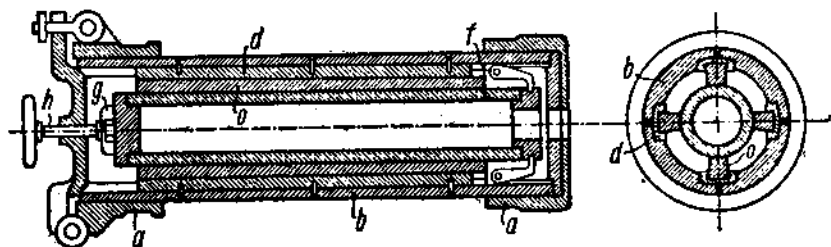


Рис. 103. Кокиль Кэммена.

Машина Кэммена снабжена коротким заливочным желобом и следовательно имеет только вращательное движение. Металл образует сначала тонкую пленку на поверхности кокиля и, навиваясь спиральными слоями, понемногу увеличивает свою толщину. Если таким путем заливать сталь в холодный кокиль (150—200° C), то ближайшие к стенке слои застынут и образуют твердую корку, которая будет сжиматься, в то время как кокиль, наоборот, будет расширяться. В результате между стенкой кокиля и стальной коркой получится зазор. На корку будет со значительной силой давить еще не застывший металл, вследствие чего в ней появятся продольные трещины. Чтобы избежать этого явления, Кэммен и применял горячие формы, доводя их температуру до 930°.

Способ отливки в горячие формы ценен главным образом тем, что, применяя его, можно отливать чрезвычайно тонкие стальные трубы с

толщиной стенки 4—5 мм. Этим же способом можно также отливать медные, алюминиевые и дюралюминиевые трубы. При отливке медных труб кокиль нагревают до 800°, при отливке алюминиевых и дюралюминиевых — до 650° С.

В. Устройство кокиля и центробежной машины

Применяемые кокили делают из стали или чугуна. Кокиль заключен в тяжелый вращающийся стальной барабан *b* (рис. 103). Барабан снаб-

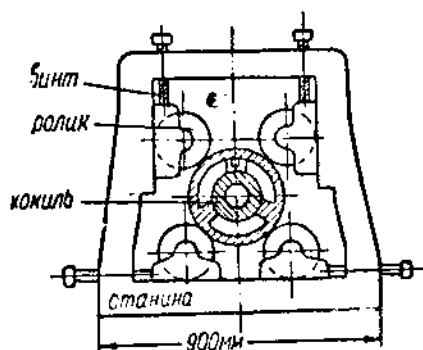


Рис. 104. Центробежная машина Кэмена.

жен направляющими желобками *d*, в которых могут передвигаться клинья *o*. При вдвигании формы и при нажатии на ее вставное дно *g* влитом *h*, проходящим сквозь откидную крышку барабана, форма желобком в кольце на конце формы захватывает крючки *f*, приделанные к клиньям так, что они передвигаются вместе с формой и плотно ее зажимают внутри барабана. Части *a* являются как бы цапфами, которыми барабан опирается на ролики. Последние можно видеть на рис. 104, изображающем схематически центробежную машину.

Ролики укреплены на станине машины. Степень нажатия роликов на ведущий стальной барабан регулируется винтами. Для устойчивости машина установлена на солидном железобетонном фундаменте толщиной 1—2 м.

§ 33. ОТЛИВКА ОРУДИЙНЫХ ЗАГОТОВОК

А. Общие замечания

Стальные трубы отливают не только в кокилях, нагретых каким-либо внешним источником тепла. Для того чтобы получить трубу без крупных трещин на внешней поверхности можно вместо нагревания кокиля перегревать самый металл. Правда, получение достаточно перегретой стали связано с известными трудностями. Дуговые печи оказались для этой цели непригодными. Вопрос был разрешен применением индукционных высокочастотных печей,¹ сконструированных таким образом, что после плавки печь вместе с ее содержимым можно перенести краном к центробежной машине и производить заливку непосредственно из нее. Таким образом устраняется потеря тепла во время переливки металла в ковши и переноски последних к машине. Для получения чистой поверхности отливки однако недостаточно только одного перегрева стали. Необходимо также сообщать металлу вращательную скорость более высокую, чем при отливке в нагретых кокилях.

Повышенная скорость вращения заставляет первичную твердую корку

¹ Dickson, The Iron Age, 4/VI 1931, p. 184.

более плотно прижиматься к стенкам кокиля и выгоняет из перегретой стали газы, препятствуя образованию пузырей. Отрицательной стороной применения перегретой стали является усиленное разделение и сжигание кокшей. Для того чтобы продлить срок службы кокилей, внутреннюю их поверхность покрывают тонким слоем огнеупорного материала. Применяют также касторовое масло как в чистом виде, так и смешанное с сажей.

Описанный способ принят в США как стандартный для производства оружейных заготовок.

В. Центробежные машины

В США применяются как машины, специализированные для отливки заготовок определенных диаметров, так и машины универсального типа. Специализированные машины разбиваются на три группы. Первая группа машин предназначена для отливки малых гаубичных заготовок (вплоть до 75-мм). Вторая группа служит для отливки заготовок 75-мм пушек и 105-мм гаубиц. Наконец третья группа машин приспособлена для производства длинных заготовок, 75-мм зенитных пушек и 155-мм

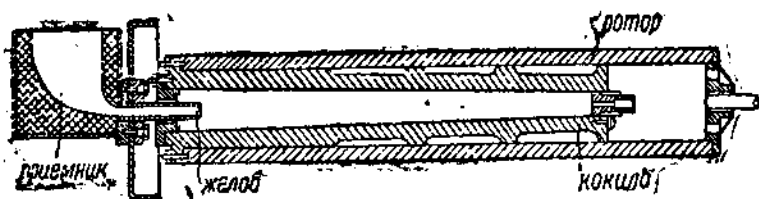


Рис. 105. Машина для отливки оружейных труб.

гаубиц. На очереди стоит постройка машин, способных отливать заготовки крупнейшей артиллерии вплоть до 16-дюймовых, весящих 100 т.

Машины универсального типа предназначены для отливки заготовок самого различного диаметра. Для перехода с одного калибра на другой необходимо лишь произвести смену кокиля, что нетрудно благодаря простоте конструкции машины.

Машина универсального типа представлена на рис. 105. В основном она не отличается от машины Кэммана. Ведущий барабан (ротор) представляет собой стальную тонкостенную трубу, поддерживаемую четырьмя роликами, укрепленными на раме по два с каждого конца рамы. Кроме поддерживающих роликов имеются еще ролики, прижимающие ротор сверху и допускающие в виду наличия пружин некоторое перемещение ротора в вертикальном направлении. Ролики вращаются в шариковых подшипниках, в которые подается смазка под давлением. Один конец ротора соединен с вращающим его двигателем.

Чугунный кокиль, вставленный в ротор, снабжен фланцем на конце, в который заливается металл. Этим фланцем он приболчен к ротору для совместного вращения с ним. Внутренняя поверхность кокиля имеет коническую форму, соответствующую внешним очертаниям отливки, а внешняя поверхность точно пригнана к внутренней поверхности ротора.

Тот конец кокиля, в который заливается металл, закрыт металлической пластинкой с отверстием для трубчатого желоба, составляющего

продолжение приемника для металла. И жолоб и приемник футерованы огнеупорным материалом. Концы кокиля, противоположный заливочному, закрыт пробкой с осевым отверстием для выхода газов.

Машина располагается под углом 5—7° к горизонту.

С. Процесс отливки

Металл заливается из вышеупомянутой электропечи. Для заготовок малого размера скорость вращения поддерживается постоянной вплоть до момента затвердевания металла. При изготовлении прочих заготовок заливка начинается при наименьшем числе оборотов. Затем скорость увеличивается. Например при отливке заготовок 75-мм зенитных пушек заливка начинается при 500 об./мин. Максимальная скорость вращения 1200—1300 об./мин.

При правильном ведении отливки (належащая скорость вращения, должная температура стали, равномерная подача стали в кокиль) усадочных раковин в заготовке не должно быть. В час могут быть получены 2—3 заготовки. Следовательно производительность центробежного способа выше любого другого.

После затвердевания отливка удаляется из машины и подвергается термической обработке. Шлаки, газовые пузырьки и прочие включения собираются на внутренней поверхности заготовки и легко удаляются расточкой от 15 до 20 мм на сторону. Внешнюю поверхность достаточно обдурить от 7 до 15 мм на сторону, чтобы удалить слой с мелкими трещинами и другими пороками.

§ 34. ОТЛИВКА ТРУБ В ФУТЕРОВАННЫХ ФОРМАХ

А. Общие замечания

Вопрос об отливке стальных труб способом «sand spun» весьма слабо освещен в иностранной литературе. Чуть ли не единственным материалом по этому вопросу является статья военного инженера Нью-Йоркской морской верфи (New York Navy Yard) Джозефа Ф. Кроуэлла (Joseph F. Crowell).¹ Опыты с центробежными машинами, как указывает Кроуэлл, начались на верфи еще в 1915 г. К 1930 г. верфь располагала целым центробежным цехом для обслуживания своих нужд. Из семи установленных машин четыре вертикального типа и три горизонтального.

Для отливки длинных трубообразных предметов может служить только одна машина (№ 7), построенная в самое последнее время. Она предназначена для отливки цилиндров дизелей, насосов и других машин, кожухов для валов морских судовых машин и труб всевозможного назначения. Машина вероятно может быть использована и для отливки орудийных заготовок, хотя в статье упомянутого автора на этот счет нет никаких указаний. Однако по некоторым другим данным способ сэнд спун был испытан американским военным ведомством и признан пригодным для отливки орудийных заготовок.

Испытания производились над машинами, применяемыми для отливки чугунных труб, и так как способ сэнд спун дал в отношении орудийных заготовок почти ту же производительность, что и описанный ранее стан-

¹ The Iron Age, 9/X, 1930.

дартный, то следует отметить крупное оборонное значение этого способа Страны, развившие к настоящему времени промышленность по отливке чугунных труб в футерованных формах, будут иметь в будущей войне большие возможности для массового производства орудий.

В. Устройство машины

Машина № 7, схема которой представлена на рис. 106, а внешний вид на рис. 107, установлена в забетонированной прямоугольной яме глубиной около 3 фута (914 мм), имеющей с одной стороны расширение для установки двигателя. Тяжелая фундаментная плита, на которую опирается машина, изготовлена из старой броневой плиты и заделана в бетонный пол ямы. На каждом конце плиты установлено по одной раме из

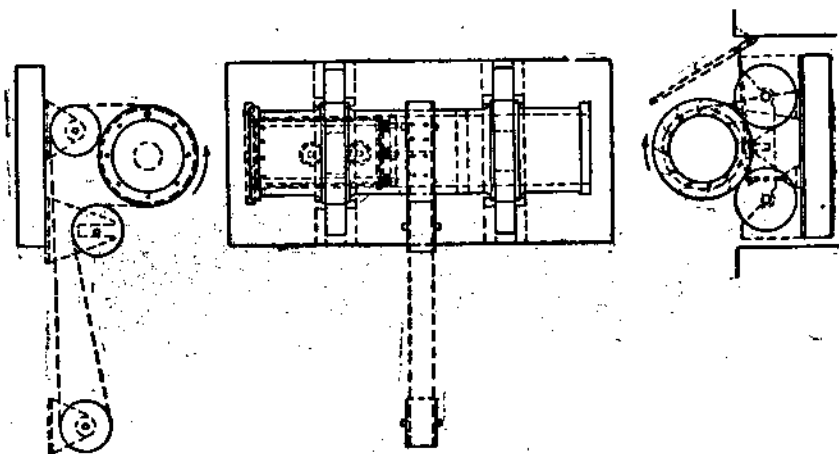


Рис. 106. Схема машины с футерованной формой для отливки стальных труб.

литой стали. Рамы имеют совершенно идентичную конструкцию и на каждой из них укреплены два тяжелых ролика, поддерживающих цилиндрический кожух машины. Кожух опирается на ролики не непосредственно, а насаженным на него стальными опорными кольцами. Оси роликов вращаются в больших роликовых подшипниках. Ниже цилиндра около левого его конца имеются два удерживающих ролика, расположенных по одному с каждой стороны опорного кольца.

Вертикальные валы этих роликов вращаются в шариковых подшипниках, установленных на кронштейнах, прикрепленных к левой раме. Боковые поверхности роликов скошены и прижимаются к опорному кольцу, благодаря чему исключена возможность продольного перемещения кожуха во время работы машины.

Кожух весит около 11 т. Он был выточен в механических мастерских Нью-Йоркской верфи из 14-футового куска старой 13-дюймовой морской пушки. На концах кожуха имеются солидные фланцы, к которым прикрепляются съемные концевые крышки. Посередине кожуха имеется широкое кольцо, на котором заклинен ведущий шкив или вернее обод, состоящий из четырех частей, соединенных болтами. Поперечное сечение его двутавровое.

С каждой стороны двутавра между его полками расположено некоторое количество лопастей, которые во время работы машины захватывают воздух и гонят его внутрь кожуха через отверстия, просверленные между лопастями. Для выпуска воздуха из кожуха просверлены отверстия у концов последнего. Эта вентиляционная система предохраняет кожух и ведущий обод от перегрева и кроме того удаляет газы, выделяющиеся из формы, об устройстве которой будет сказано несколько ниже.

Двигателем служит мотор трехфазного тока мощностью 30 л. с., шкив которого соединен с приводным ободом кожуха кожаным ремнем шириной 250 мм. В состав приводной системы входят еще два шкива, показанные на схеме машины. Один из них способен перемещаться в вертикальном направлении и служит для того, чтобы ремень всегда был надлежащим образом натянут. Кроуэлл в своей статье не решает определенно высказаться против или в пользу ременного привода, но указывает, что

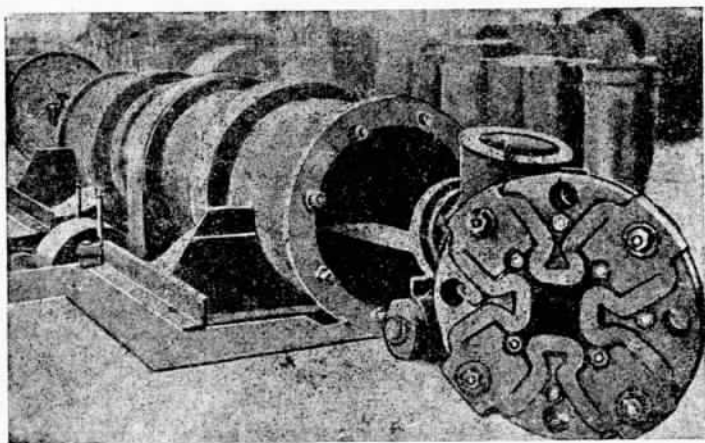


Рис. 107. Внешний вид машины Нью-Йоркской морской верфи.

никаких неприятностей за все время работы машины с ним не наблюдалось, хотя максимальная окружная скорость ремня и очень высокая (50 м/сек.) при скорости кожуха 750—800 об./мин. Повидимому даже для больших машин ременный привод не хуже всякого другого. Машина № 7 не является исключением. Кожаный ремень применен в машинах Россети и Скорца, не описанных в этой книге, а также в машинах английского завода в Голлингвуде.

Пуск и остановка мотора машины № 7 производится из пункта, находящегося в нескольких метрах от нее. Время, потребное для разгона, равно 5 минутам. Для остановки требуется 8 минут. Для облегчения остановки служит ленточный тормоз, управляемый от руки при помощи длинного рычага. Лента тормоза охватывает кожух машины.

С. Конструкция форм

Форма (рис. 108) состоит из полого стального цилиндра с ребристой пружинной поверхностью, футерованного огнеупорным материалом. С од-

ного конца она закрыта. Внутренняя поверхность цилиндра для надежного удерживания футеровки имеет ряд желобков, параллельных его оси и находящихся на равных расстояниях друг от друга. В цилиндре просверлены многочисленные небольшие отверстия для свободного выхода газов. На каждый конец цилиндра надето по одному кольцу. Эти кольца обработаны с таким расчетом, чтобы форма входила в кожу машины не плотно, а с некоторым зазором во избежание защемления от нагрева, что воспрепятствовало бы извлечению формы после окончания отливки.

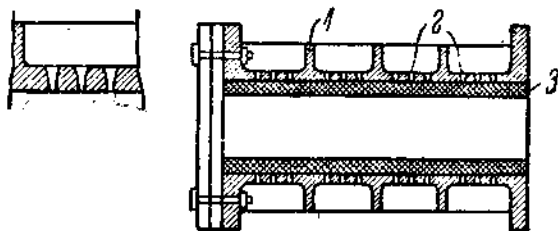


Рис. 108. Футерованная форма.

1—ребро; 2—отверстия для пропуска газов; 3—футеровка.

Ввиду того, что толщину футеровки можно изменять по желанию, одна и та же форма может быть приспособлена для отливки изделий различных диаметров. Максимальный наружный диаметр отливки, который можно получить, равен 28 дюймам. Длина отливок зависит от длины применяемых форм. Конструкция машины такова, что допускает установку как коротких, так и длинных форм. Максимальная длина отливок равна 14 футам (~ 4270 мм), так как определяется длиной кожу машины.

Д. Набивка форм

Процесс набивки форм не отличается какими-либо особенностями. Цилиндр ставится открытым концом вверх. Деревянная или металлическая модель отливки ставится внутри цилиндра и центрируется. Затем производится набивка или вручную, или посредством встряхивающей машины, в зависимости от величины формы. После удаления модели футерованный цилиндр ставится в сушило.

Следует отметить, что футеровка может служить для 8—10 отливок. Таких результатов не имеет ни один из заводов, отливающих чугунные трубы. Точный состав футеровки и режим сушки неизвестен. После извлечения формы из сушила внутреннюю поверхность футеровки принимают графитом.

Е. Установка формы в кожу машины

Для укрепления формы служат левая или правая концевая крышка и перегородка внутри кожу. Крышки имеют в центре отверстия и крепятся к фланцам кожу при помощи болтов. Перегородка изготовлена из двух стальных дисков, которые можно закреплять в любом месте внутри кожу. Между дисками расположены сильные спиральные пружины.

Последние, соединяя диски, допускают некоторое продольное перемещение диска ближайшего к форме (переднего). Задний диск особым приспособлением, устроенным на нем самом, неподвижно закрепляется внутри кожу. Раскрепление его не требует много времени. Сторона переднего диска, обращенная к форме, покрыта листом толстого асбестового кар-

тона, защищающего перегородку от жара, распространяемого формой во время отливки.

Закрепление перегородки производится до вставления формы. После окончания этой операции вставляют форму и продвигают ее до тех пор, пока закрытый ее конед не придет в соприкосновение с передним диском перегородки. Этим установка не кончается. Открытый конед формы слегка высовывается из кожуха.

Для окончательной установки формы ее нужно продвинуть настолько, чтобы она не высовывалась из кожуха. Осуществление этого может быть достигнуто за счет сжатия пружин на соответствующую величину, путем надевания концевой крышки и завинчивания гаек до отказа. Тогда форма будет надежно зажата между крышкой и передним диском перегородки и будет вращаться вместе с кожухом как одно целое. Назначение крышки, понятно, не только в том, чтобы удерживать форму. Через нее заливается металл. Она же препятствует выливанию металла и в этом смысле является частью формы. Внутренняя ее поверхность защищена от металла асбестовым картоном.

Е. Процесс отливки

Перед началом заливки машина пускается в ход. Скорость вращения зависит от величины отливки. О максимальной скорости, достижимой для машины, было уже сказано ранее. После того, как требуемая скорость достигнута, металл заливается в приемную воронку жолоба (заливочное устройство можно видеть на рис. 107). Температура заливки колеблется в пределах от 1480 до 1540° С.

Когда весь металл уже залит, заливочное приспособление откатывается в сторону. Машина продолжает вращаться до тех пор, пока металл не охладится и не затвердеет. Время вращения машины после заливки зависит от величины отливки. Для очень больших отливок это время равно примерно 20 минутам.

§ 35. ОТЛИВКА БОЛВАНОВ

А. Общие замечания

В стальных болванках, отлитых обычным способом в стационарных изложницах, всегда есть раковины как газовые, так и усадочные. Усадочная раковина, являющаяся неизбежным злом, занимает приблизительно около 3% объема слитка, но располагается таким образом, что около 25—40% металла идут в отброс при прокатке или ковке.

Для борьбы с этим бедствием предложено много мер, являющихся или паллиативами, или крайне дорогими и которые сводятся к трем основным типам: отливке пузыристой стали, способам, основанным на неравномерном охлаждении застывающего металла, и пресоованию стали во время отвердевания слитков.

При применении первого способа в болванке при ее остывании образуется масса газовых пузырьков, компенсирующих образование усадочной раковины. Один порок — усадка заменяется другим — пузырями. Этот способ допустим только при производстве мягких, мало ответственных сортов литого железа.

Для неравномерного охлаждения болванок используют изложницы осо-

бой конструкции, стенки которых регулируют скорость охлаждения отвердевающего слитка стали, в то время как верхняя прибыльная часть подвергается нагреву. Объем усадочной раковины удастся таким путем уменьшить, но зато развивается сегрегация металла вследствие замедления остывания верха болванки.

Наиболее действительным способом из всех трех является прессование слитков во время их отвердевания. Этот способ, предложенный Витвортом, избавляет болванку от усадочной раковины и газовых пузырей и вместе с тем не стимулирует развития сегрегации, но требует чрезвычайно дорогих и громоздких устройств, вследствие чего и не получил большого распространения.

Последние достижения в области центробежного литья позволяют думать, что вопрос о ликвидации усадочных раковин или по крайней мере доведения их до минимума, а заодно и об избавлении болванок от газовых пузырей, начинает становиться на реальную почву.

Современная техническая мысль, продолжая дело Бессемера, Мартена, Зебениуса и других металлургов XIX века, ищет однако несколько иными путями, используя для отливки болванок как центробежные машины с горизонтальной, так и с вертикальной осью.

В. Отливка на машине с горизонтальной осью

Если внутри формы центробежной машины с горизонтальной осью устроить ребра (рис. 109), то продуктом производства будут не трубы,

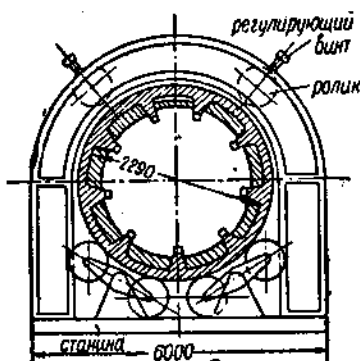


Рис. 109. Горизонтальная машина для отливки стальных болванок.

а отдельные секции цилиндра, мало отличающиеся от обычных заготовок или болванок, из которых изготавливают путем прокатки листы, рельсы, балки и другие изделия.¹

В первых устройствах такого типа металл подводился к середине кокиля. Падая на ребра с большой

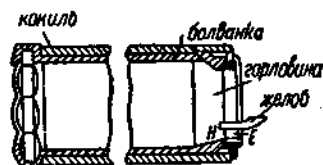


Рис. 110 Кокиль машины для отливки болванок.

скоростью, доходящей до 30 м/сек. при диаметре формы 1,5—2,5 м, он разбрызгивался. Получавшиеся при этом капли, окисляясь с поверхности и быстро застывая, не сваривались с остальной массой стали, а оставались в ней в виде горошин.

При прокатке таких заготовок получалось дефектное изделие. Особенно вредно присутствие горошин в металле, предназначенном для прокатки

¹ Доклад Каммона на съезде American Society for Steel Treating, январь 1931; Gesselin, Revue de Metallurgie, 1930; реферат статьи Gesselin, Литейное дело, 1931, № 6.

листов. Во избежание грипа устраивают горловину. Металл из короткого жолоба идет в сравнительно узкое пространство *E* (рис. 110), откуда стекает по запячку *H* и попадает на ребра кокиля без удара, потому что его скорость в этот момент равна скорости ребер.

При отливке болванок форму не нагревают. Поэтому первый слой металла начинает быстро твердеть, но так как его сейчас же покрывает второй слой, то он успевает с ним свариться. То же самое происходит с каждым предыдущим и последующим слоями. В передней части формы всегда есть жидкий слой, непрерывно питаемый свежим металлом.

Опыт показал, что наилучшие результаты получаются, если толщина жидкого слоя не превышает 6 мм, чего достигают, регулируя скорость течения жидкой стали. В этом случае остывание идет очень быстро и затрачивается всего 30—45 сек. до полного отвердевания.

После остановки машины отлитые болванки могли бы упасть с верхней части кокиля вниз, если бы их не задерживали реборды ребер. Болванку захватывают специальными клещами, приводимыми в действие гидравлическим приводом, и вытаскивают из кокиля. Кокиль поворачивают, и клещи вытаскивают второй слиток. В течение короткого времени кокиль совершенно освобождается от слитков. После извлечения болванку направляют или непосредственно на прокатку, или, если она слишком остыла, в нагревательную печь.

Первоначально кокиль отливали вместе с ребрами. Кокиль обходился очень дорого, так как при обработке его встречалось много трудностей. Пришлось даже построить для этой цели специальные станки. Поэтому в настоящее время ребра изготавливают отдельно, прикрепляя их затем к кокилю посредством шпилек.

Чтобы при нагреве не произошло сдвига или скола этих ребер, необходима моментальная передача тепла к ним от тела кокиля. Такая быстрота распространения тепла может быть достигнута лишь при молекулярной связи между двумя телами. Как ни совершенно механически соединены два тела, все же некоторый разрыв между ними существует, и этот разрыв является препятствием для теплового обмена.

Это препятствие устранили редко применяемым, но радикальным средством. Между ребрами и кокилем при сборке умышленно оставляют промежуток. После закрепления ребер болтами зазоры заполняются металлом путем электролиза.

Применяемые кокили очень массивны. Они несут в 4—7 раз больше, чем заливаемый металл, а именно 20—100 т. По этой причине, а также потому, что их быстро освобождают от слитков, они никогда не нагреваются выше 200—250°С и следовательно разрушаются медленно.

Иногда кокиль прогорает в том месте, где при его отливке образовалась раковина. Тогда его рассверливают в этом месте до здорового металла, а затем полученную дыру заполняют сталью электролитическим путем. Благодаря большому диаметру кокиля эта операция хорошо удаётся.

Иногда внутреннюю поверхность кокиля подвергают ржавлению, но незначительному. Можно сделать в одном кокиле до 1000 отливок, прежде чем появится необходимость в его расточке.

При достаточной скорости вращения формы все газы будут выдавлены из металла через внутреннюю его поверхность. Чтобы определить величину этой скорости, были произведены опыты на небольшой машине

для отливки заготовок длиной 2 м, шириной 100 мм и толщиной 35—40 мм. В форму заливалась горячая сталь с содержанием 0,05—0,12% С.

При 900 оборотах в минуту внутренний слой заготовки был полон газовыми пузырями, проникшими в глубину до 12—13 мм. Некоторые из них имели диаметр до 6 мм.

При скорости в 1000 об./мин. пористость почти совершенно исчезла. Было обнаружено незначительное количество пузырей на глубине не больше 3 мм. Кеммен полагает, что при 1200 об./мин. металл должен совершенно освободиться от пустот. Эта скорость не была достигнута при опытах лишь потому, что машина ее не выдерживала.

С. Отливка на машине с вертикальной осью

Хотя отливка болванок на машине с горизонтальной осью и дала довольно хорошие результаты, но все же этот способ не применяется еще в промышленном масштабе. В промышленности внедрился пока способ отливки болванок на вертикальных машинах. На одном из американских заводов уже установлена батарея из семи таких машин, выпускающая 7500 т слитков в месяц из специальной стали, главным образом хромоникелевой, содержащей около 18% хрома и 8% никеля.

Вращающаяся платформа машины изображена на рис. 111. Сама машина находится ниже уровня пола цеха. Продуктом производства являются собственно не болванки, а кольца диаметром 3 м и сечением 400×200 мм.

Эти кольца вскоре после заливки при достижении температуры около 1100° С разрезаются на части необходимой длины. По имеющимся сведениям металл отличается высоким качеством. Усадочные, газовые раковины и прочие пороки, особенно свойственные хромоникелевым сталям, отсутствуют. Поэтому вполне понятно, почему центробежная отливка в соединении с довольно дорогой операцией разрезки является для этой стали рентабельной.

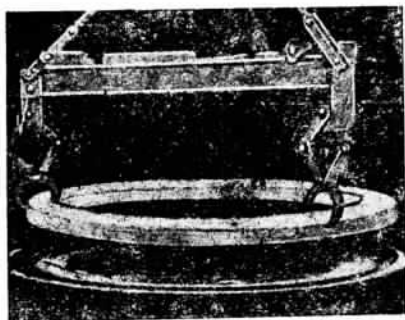


Рис. 111. Вертикальная машина для отливки болванок.

Глава седьмая

ОТЛИВКА МЕЛКИХ И СРЕДНИХ ИЗДЕЛИЙ НА МАШИНАХ С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСЬЮ

§ 36. ОТЛИВКА ЧУГУННЫХ ГИЛЬЗ И ВТУЛОК

А. Центробежные машины

На рис. 112 показан центробежный станок Ленинградского Карбюраторно-арматурного завода. Он предназначен для отливки чугунных гильз и втулок для тракторов как отечественных, так и иностранных.

Его чугунная плита 1 лежит на солидном бетонном фундаменте и связана с ним четырьмя фундаментными болтами. На фундаментной плите установлены два шариковых подшипника 2, служащих опорами для горизонтального вала 3.

Оба конца вала снабжены резьбой, на которую накручены американские патроны 4, удерживающие своими кулачками кокили 5 за их хвостовые части. Спереди каждый кокиль поддерживается и центрируется люнетом 6.

Передняя часть кокиля закрыта крышкой с круглым отверстием посередине, в которое вставляется перед заливкой трубчатый носик (желобок) приемной воронки 7.

Воронка прикреплена к подставке с круглым стержнем, который может ходить внутри стойки 8. Положение воронки фиксируется показанным на чертеже установочным болтом.

Нижний конец стойки заделан в чугунной плите прямоугольного сечения. Передвигая плиту по направляющим из углового железа, можно быстро установить конец носика воронки внутри кокиля.

Рядом со станком в колоде, устроенном в фундаменте, установлен электромотор 9. Передача вращения к станку от электромотора осуществляется при помощи ремня. В зависимости от диаметров шкивов, сидящих на валах станка, и электромотора кокиль дает от 750 до 1000 об./мин.

Ограждение вращающихся частей станка сделано в виде клепаной коробчатой конструкции из уголкового и листового железа, снабженной с заливочной стороны двумя раскрывающимися на стороны створками.

Описанный выше станок в настоящее время заменен в центробежном цехе Карбюраторно-арматурного завода другим более совершенным (рис. 113). Принципиально новый станок не отличается от старого. Кокиль крепится так же, как у старого станка, в американском патроне, но люнет отсутствует. Кокиль поддерживается на весу при помощи растяжного

Fig. C-D

Fig. A-B

Technical drawing of a mechanical assembly, showing a cross-section (Fig. C-D) and a top view (Fig. A-B). The drawing includes various dimensions and labels for components.

Fig. C-D (Cross-section):

- Overall width: 1000
- Overall height: 1400-1415
- Internal width: 700
- Internal height: 400
- Radius: R20
- Radius: R10
- Radius: R15
- Radius: R25
- Radius: R30
- Radius: R40
- Radius: R50
- Radius: R60
- Radius: R70
- Radius: R80
- Radius: R90
- Radius: R100
- Radius: R110
- Radius: R120
- Radius: R130
- Radius: R140
- Radius: R150
- Radius: R160
- Radius: R170
- Radius: R180
- Radius: R190
- Radius: R200
- Radius: R210
- Radius: R220
- Radius: R230
- Radius: R240
- Radius: R250
- Radius: R260
- Radius: R270
- Radius: R280
- Radius: R290
- Radius: R300
- Radius: R310
- Radius: R320
- Radius: R330
- Radius: R340
- Radius: R350
- Radius: R360
- Radius: R370
- Radius: R380
- Radius: R390
- Radius: R400
- Radius: R410
- Radius: R420
- Radius: R430
- Radius: R440
- Radius: R450
- Radius: R460
- Radius: R470
- Radius: R480
- Radius: R490
- Radius: R500
- Radius: R510
- Radius: R520
- Radius: R530
- Radius: R540
- Radius: R550
- Radius: R560
- Radius: R570
- Radius: R580
- Radius: R590
- Radius: R600
- Radius: R610
- Radius: R620
- Radius: R630
- Radius: R640
- Radius: R650
- Radius: R660
- Radius: R670
- Radius: R680
- Radius: R690
- Radius: R700
- Radius: R710
- Radius: R720
- Radius: R730
- Radius: R740
- Radius: R750
- Radius: R760
- Radius: R770
- Radius: R780
- Radius: R790
- Radius: R800
- Radius: R810
- Radius: R820
- Radius: R830
- Radius: R840
- Radius: R850
- Radius: R860
- Radius: R870
- Radius: R880
- Radius: R890
- Radius: R900
- Radius: R910
- Radius: R920
- Radius: R930
- Radius: R940
- Radius: R950
- Radius: R960
- Radius: R970
- Radius: R980
- Radius: R990
- Radius: R1000

Fig. A-B (Top view):

- Overall width: 1000
- Overall height: 1400
- Internal width: 700
- Internal height: 400
- Radius: R20
- Radius: R10
- Radius: R15
- Radius: R25
- Radius: R30
- Radius: R40
- Radius: R50
- Radius: R60
- Radius: R70
- Radius: R80
- Radius: R90
- Radius: R100
- Radius: R110
- Radius: R120
- Radius: R130
- Radius: R140
- Radius: R150
- Radius: R160
- Radius: R170
- Radius: R180
- Radius: R190
- Radius: R200
- Radius: R210
- Radius: R220
- Radius: R230
- Radius: R240
- Radius: R250
- Radius: R260
- Radius: R270
- Radius: R280
- Radius: R290
- Radius: R300
- Radius: R310
- Radius: R320
- Radius: R330
- Radius: R340
- Radius: R350
- Radius: R360
- Radius: R370
- Radius: R380
- Radius: R390
- Radius: R400
- Radius: R410
- Radius: R420
- Radius: R430
- Radius: R440
- Radius: R450
- Radius: R460
- Radius: R470
- Radius: R480
- Radius: R490
- Radius: R500
- Radius: R510
- Radius: R520
- Radius: R530
- Radius: R540
- Radius: R550
- Radius: R560
- Radius: R570
- Radius: R580
- Radius: R590
- Radius: R600
- Radius: R610
- Radius: R620
- Radius: R630
- Radius: R640
- Radius: R650
- Radius: R660
- Radius: R670
- Radius: R680
- Radius: R690
- Radius: R700
- Radius: R710
- Radius: R720
- Radius: R730
- Radius: R740
- Radius: R750
- Radius: R760
- Radius: R770
- Radius: R780
- Radius: R790
- Radius: R800
- Radius: R810
- Radius: R820
- Radius: R830
- Radius: R840
- Radius: R850
- Radius: R860
- Radius: R870
- Radius: R880
- Radius: R890
- Radius: R900
- Radius: R910
- Radius: R920
- Radius: R930
- Radius: R940
- Radius: R950
- Radius: R960
- Radius: R970
- Radius: R980
- Radius: R990
- Radius: R1000

рис. 112. Центробежный станок Карбюраторно-арматурного завода в Ленинграде.

139

это видно на рис. 114. Воронка чугуная и футеровке не подвергается.

Наконец машина нового типа отличается от старой другой конструкцией защитного ограждения. Последнее снабжено подъемным щитом, опускающимся перед заливкой и закрывающим заливочный конец кокиля.

Применяемые за границей машины имеют несколько иную конструкцию. Представителем их может служить машина одного из заводов Bri-

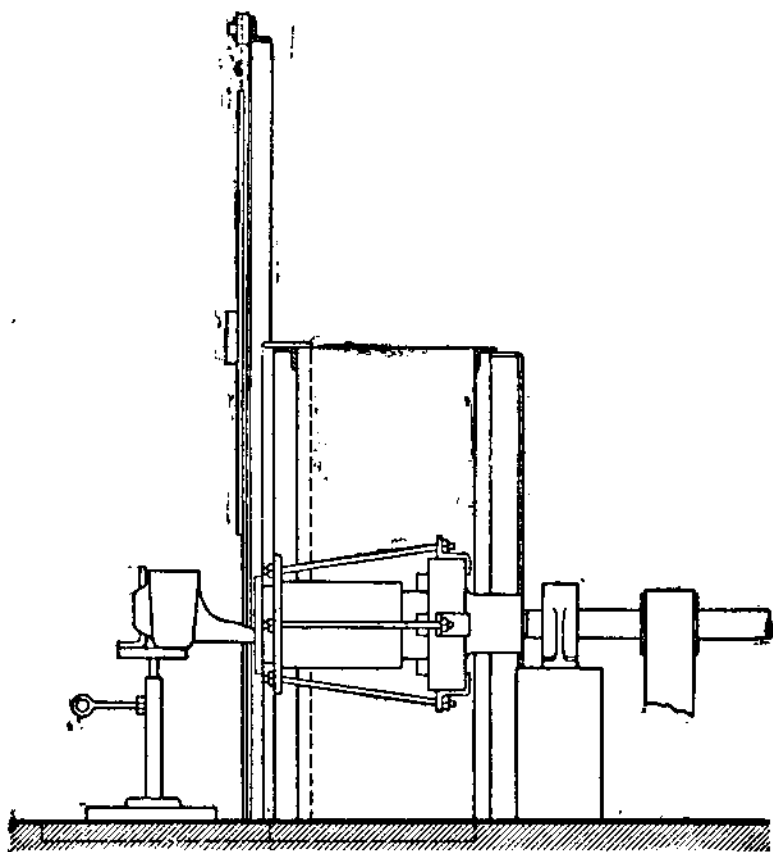


Рис. 113. Усовершенствованный центробежный станок.

tish Piston Co (рис. 115). Заливка металла в кокиль *A* производится посредством поворачивающегося жолоба *B*. Машина снабжена поршнем, выталкивающим готовую отливку из кокиля.

В. Конструкция кокиля центробежного станка.

Для того чтобы получить полное представление о конструкции кокилей, достаточно рассмотреть один из них. В кокиле, изображенном на рис. 116, отливают гильзы (вернее заготовки гильз) тракторов ХТЗ-СТЗ.

Кокиль сделан из обыкновенной углеродистой стали (0,2—0,3% С). Внутренняя его поверхность сделана слегка конической для облегчения

операции вытаскивания отливки. Средняя толщина стенки кокиля около 45—47 мм. Залечки в месте перехода кокиля от диаметра 225 мм к диаметру 235 мм служит в качестве опоры для растяжного кольца. Крышка вставляется своей выступающей частью в кокиль и закрепляется.

С. Процесс отливки на центробежной станке

За период выпуска чугуна из вагранки, а выпусков всего 4—5 в час, каждый рабочий заливает 3—4 кокиля, а так как каждый из них обслуживает два станка (4 кокиля), то следовательно один станок дает ежегодно 6—10 гильз или втулок (или один кокиль — 3—5). Не задолго до выпуска рабочий, осмотрев крепление крышки к кокилю, запускает мотор, чтобы в момент заливки кокиль имел установившееся число оборотов. Забор чугуна во время выпуска идет непрерывно. Заполненный ручной ковш (рис. 117) ставится около станка. Затем с поверхности металла счищается шлак. Заливка чугуна в воронку производится в течение 6—7 секунд при температуре 1280—1320° С.

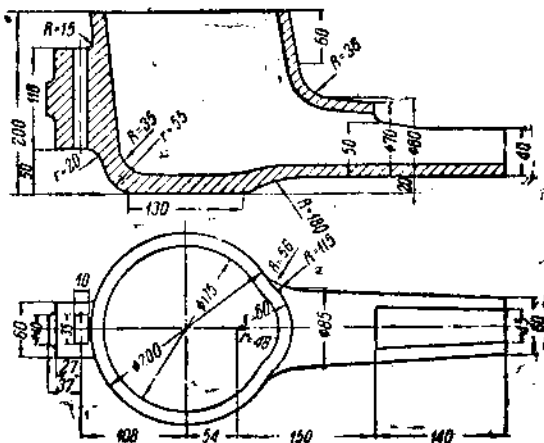


Рис. 114. Заливочная воронка.

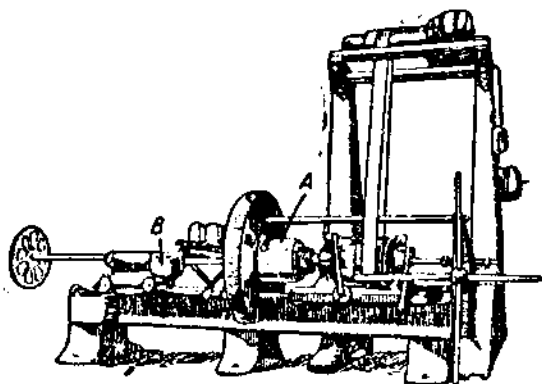


Рис. 115. Английский станок для отливки гильз и втулок.

После более медленной заливки возможно образование слоистостей (спаев) и локальных скоплений газовых пузырей у внешней поверхности отливки. Кроме того, если шлак был не тщательно счищен, могут появиться шлаковые раковины.

После заливки сразу включают мотор. По инерции кокиль продолжает вращаться 0,5—1 мин. За это время отливка успевает отвердеть; тогда откидывают крышку, вставляют раздвижные ручные клещи и вытаскивают отливку (рис. 118) наружу. Воронка после заливки очищается от настылей и смазывается графитовыми чернилами жидкой консистенции.

При заливке металла в нагретый докрасна кокиль отливки могут к нему привариться. Такие случаи неизбежны, если число заливок в час превышает нормальное — 4—5.

Кроме того в гильзах, отлитых в кокилях, накалинных до вишнево-красного цвета ($> 700^{\circ}\text{C}$), наблюдается появление местных вздутий на средних частях внутренних поверхностей. Если разбить отливку по вздутию, то на глубинах, равной примерно 0,5—0,3 толщины стенки, обнаруживается раковина, безусловно газовая, хотя медленное остывание изменяет ее поверхность, делая последнюю шероховатой, похожей на поверхность усадочной раковины. Вероятно именно это явление имел в виду Твиггер (Twigger),¹ указывая на наличие газовых пузырьков в отливках, полученных в формах, нагретых выше 500° .

Указанный дефект чаще всего наблюдается у гильз, отлитых в чугунных кокилях такого же размера, как стальные. Причины, обуславливающие его появление, повидимому кроются в особенностях остывания металла в этих кокилях. Конструкция кокиля (рис. 116) такова, что отвод тепла от отливки не одинаков во всех местах. Средняя часть кокиля прогревается больше, чем более массивная хвостовая часть и

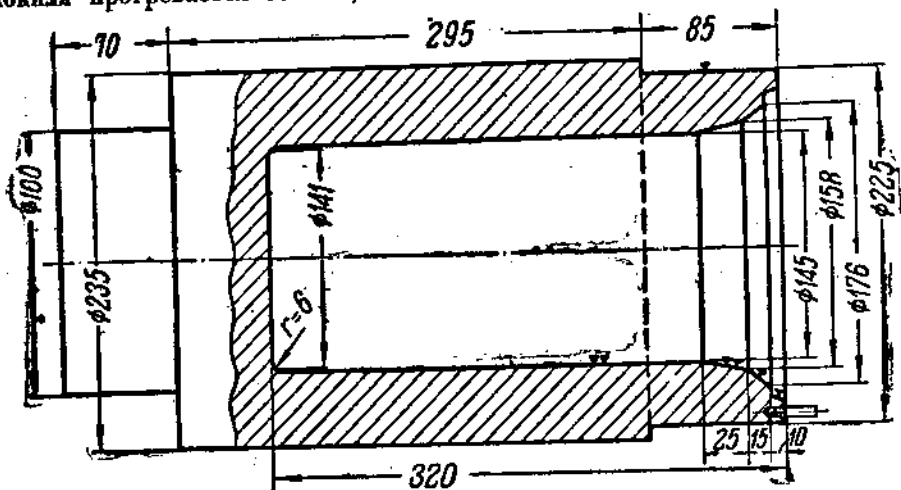


Рис. 116. Кокиль центробежного станка.

заливочный конец, закрытый солидной крышкой. В связи с этим отливка остывает неравномерно и медленнее всего конечно в средней своей части.

Во время заливки металл захлестывает воздух, так что последний оказывается между ним и внутренней поверхностью кокиля. Предполагают также, что газы, возможно находящиеся в порах чугунного кокиля, расширяясь вследствие повышения температуры, присоединяются к захваченному воздуху и увеличивают его объем. Внутренняя поверхность кокиля, как это уже отмечалось и видно из рис. 116, коническая. По этой причине наибольшие центробежные силы возникают на правой части внутренней поверхности кокиля. Газы устремляются влево, т. е. в сторону наименьших давлений. Они доходят до средней части кокиля и не могут продвинуться дальше, так как левая часть отливки уже успела достаточно отвердеть. Средняя же часть отливки еще пребывает в жидком состоянии. Газы пытаются прорваться в атмосферу через этот единственный оставшийся путь, но в этот момент слой металла, ближайший

¹ The Foundry Trade Journal, 7/XII 1933, pp. 321—323.

к поверхности кокиля, затвердевают. Газы закупориваются в них, образуя раковину и ее внешнее проявление — вздутие.

В стальных кокилях остывание отливки идет быстрее. Поэтому газы или воздух, захваченные металлом, большей частью не успевают в него проникнуть. Они образуют мелкие раковинки на внешней поверхности отливки, что не особенно портит последнюю, и ускользают наружу.

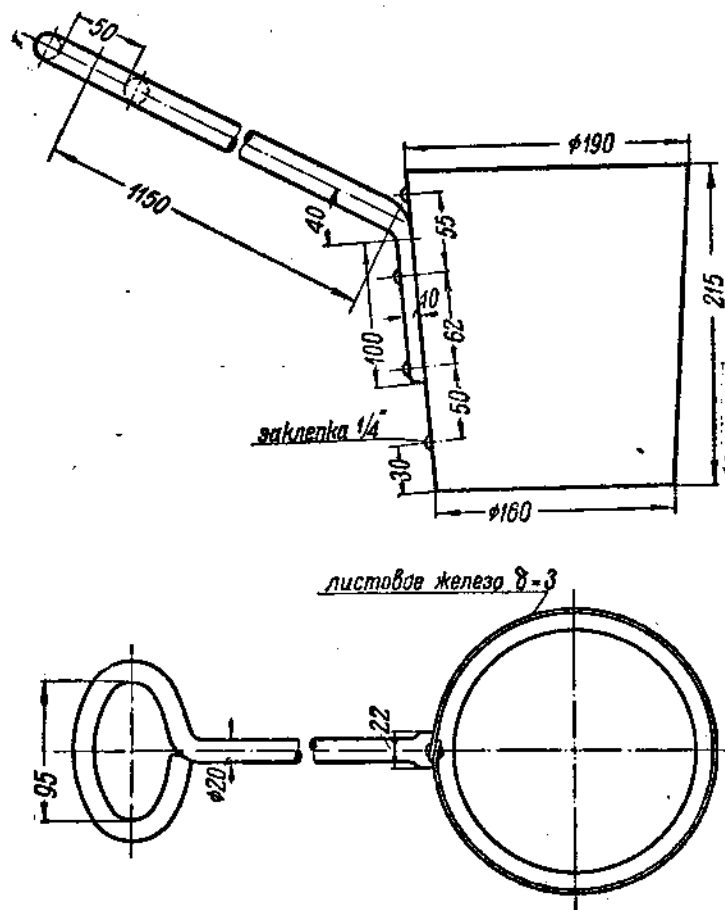


Рис. 117. Ручной ковш.

через зазор, появляющийся вследствие усадки между отливкой и кокилем.

Увеличение жидкотекучести чугуна уменьшает возможность образования раковин в теле отливки. Благоприятное влияние оказывает также искусственное охлаждение кокиля.

Д. Срок службы вахилей центробежных станков

Применение чугунных коклей на Карбюраторно-арматурном заводе не дало удовлетворительных результатов. Завод от них отказался отча-

сти вследствие появления в отливках вышеописанных раковин, отчасти вследствие их малой стойкости. Стальной кокиль выдерживает до переточки около 200—250 заливок. Чугунный же кокиль после 100—150

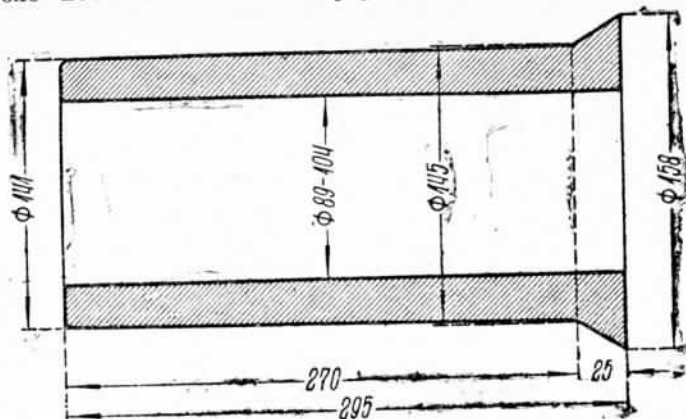


Рис. 118. Заготовка гильзы для трактора СТЗ-ХТЗ.

залиток приходит в совершенную негодность и должен быть выброшен.

После нескольких заливок на внутренней поверхности чугунного кокиля уже образуются мелкие волосные трещины. На рис. 119 дана фотография внутренней поверхности чугунного кокиля (1,58% Si) после 50 отливок. Столь быстрое образование трещин, возможно, зависит от недостаточно высокого качества материала кокиля. Крупные графитовые включения в массе серого чугуна подвергаются при заливках действию высоких температур и выгорают. Внутренняя поверхность и слои, ближайшие к ней, обезуглероживаются, и образовавшиеся пустоты растрескиваются вследствие расширения нагретого кокиля. Другой причиной растрескивания возможно служит явление роста чугуна.



Рис. 119. Трещины на внутренней поверхности чугунного кокиля.

Е. Центробежные цехи

На рис. 120 показан план центробежного цеха А.

Карбюраторно-арматурного завода с подсобными отжигательной, закалочной, механической и слесарно-ремонтной мастерскими В, С, D и E.

В цехе установлены три вагранки 1, каждая производительностью 2 т час. Вагранки снабжены фурмами Бестен-Бостеля. Вся площадь цеха занята четырьмя параллельными рядами центробежных станков 2. Каждый ряд состоит из четырех групп станков по два станка в группе. Между станками проходит узкоколейный путь, по которому отлитые гильзы и втулки отправляются на тележке 3 в термическую мастерскую. Оси станков перпендикулярны к оси узкоколейки.

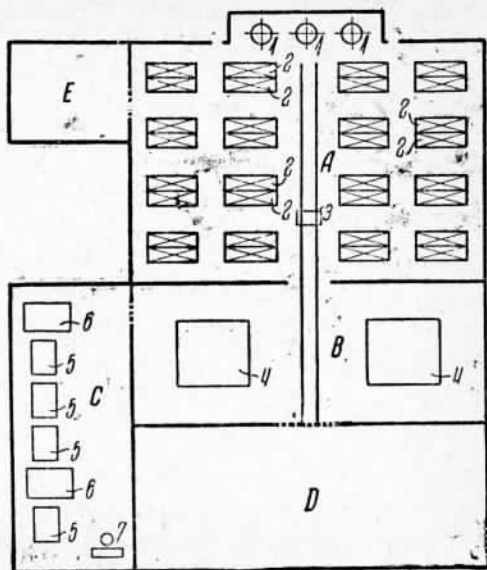


Рис. 120. План центробежного цеха Карбюраторно-арматурного завода.

Отлитые гильзы имеют закаленную внешнюю поверхность. В случае, если ее твердость превышает 241 по Бринеллю, гильзы до обдирки подвергаются отжигу в печах 4—4 с выдвижным подом. Режим термической обработки следующий: нагрев до 850° приблизительно в течение 3 час., 30-минутная выдержка при 850° и 6—8-часовое остывание в печи до 300° С. После отжига гильзы разделяют на два сорта: к

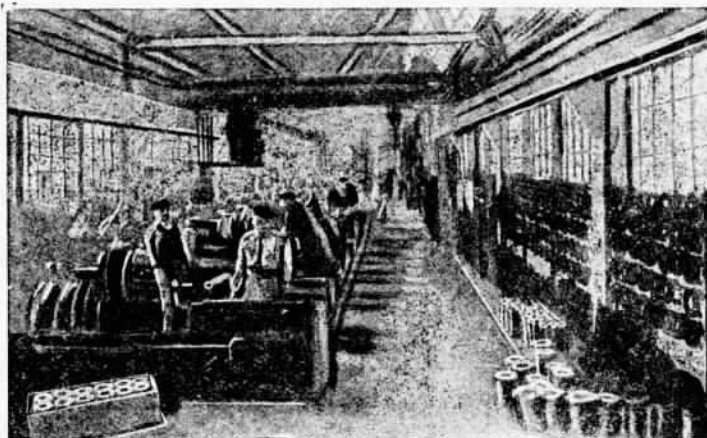


Рис. 121. Французский цех для отливки гильз и втулок.

первому относят гильзы, твердость внешней поверхности которых лежит в пределах 170—228, ко второму — с твердостью 149—170.

Втулки, плущие на поршневые кольца, подвергаются закалке и после-

дующему отпуску. Они нагреваются в нефтяных печах 5—5 до температуры 850° С, при которой выдерживаются 1,5 часа, после чего погружаются в ванны 6—6, наполненные маслом, нагретым до 30—40°. Для отпуса втулки нагревают до 580—600°, выдерживают 1,5 часа и после этого дают им остыть на воздухе. После этих операций каждая втулка испытывается посредством прессы Бринелля 7 на твердость. Надавливание производится только в одной точке, где-нибудь на половине длины втулки. Твердость должна лежать в пределах — 217—241.

Кроме испытания на твердость из каждой партии гильз в 250 штук берется одна для полного металлографического исследования. Микро-структура как правило должна состоять из перлита с содержанием феррита не свыше 50%. Проверка микроструктуры особенно важна для оценки сопротивления чугуна истиранию. Втулки также подвергаются металлографическому исследованию.

Термически обработанные гильзы и втулки подаются в механическую мастерскую, где их обдирают как с внутренней, так и с наружной поверхности.

Примерно так же, как и цех Карбюраторно-арматурного завода, организованы другие аналогичные ему цехи за границей. В этом легко убедиться, взглянув на рис. 121, где показан внутренний вид цеха на заводе Е. Коко (Франция).¹ Слева рядами стоят центробежные машины. Справа находится узкий проход. На переднем плане видна готовая продукция — отлитые втулки и гильзы.

§ 37. ЗАЛИВКА ЧУГУНОМ ТОРМОЗНЫХ БАРАБАНОВ

А. Общие сведения

В настоящее время европейские и американские автомобильные заводы снабжают выпускаемые ими автобусы и другие тяжелые машины тормозными барабанами с рабочей поверхностью, залитой чугуном. Чугун является наиболее надежным тормозным материалом в виду его высокого коэффициента трения и кроме того в противоположность стали не дает царапин.

Автомобильные заводы, как правило, сами не изготовляют барабанов, а получают их от подсобных предприятий. К числу последних относится американская фирма Campbell Wyant and Cannon, Muskegon, Michigan, сумевшая организовать весьма оригинальный и высокопроизводительный технологический процесс на очень небольшой цеховой площадке.

В цехе, схема которого показана на рис. 122, имеются три участка. На первом из них — подготовительном — идет изготовление двойных корпусов барабанов из стальной ленты. На втором участке, где установлено основное оборудование — два одинаковых центробежных агрегата, корпуса заливается изнутри чугуном. На третьем участке происходит отделка двойного барабана. Двойной барабан представляет собой совершенно готовое изделие цеха, но вообще говоря полуфабрикат, который переносится для обточки, разрезки и прочих операций заводу другой фирмы.

Сечения ленты и полуфабриката и готовый барабан показаны на рис. 123. Все участки цеха связаны между собой цепным конвейером,

¹ La Revue de Fonderie Moderne, 25/1.

обеспечивающим непрерывность производства. Жидкий чугун подается из отдельного награночного корпуса.

В. Подготовительные операции

Производственный процесс начинается с разрезки стальной ленты на куски. Куски сгибаются и их концы свариваются. Образуется двойной

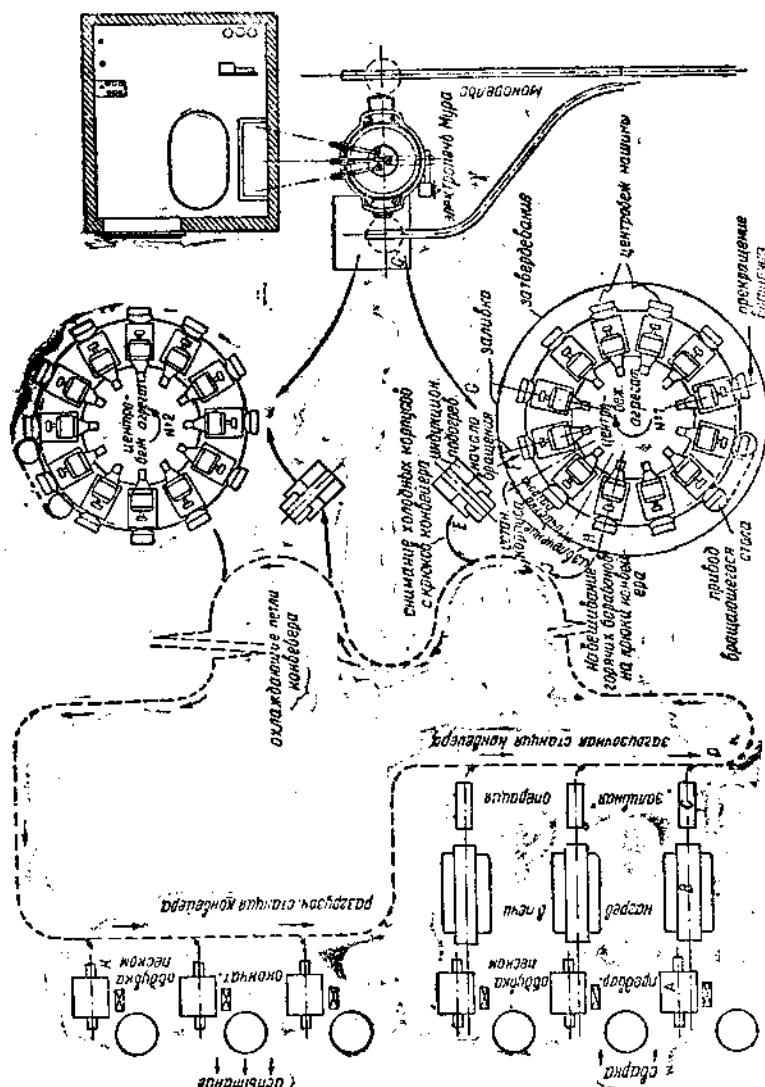


рис. 122. Стена дуга для заливки чугуном тормозных барабанов.

корпус барабана. Для надежного сваривания чугуна со сталью внутренняя поверхность корпуса подвергается тщательной очистке от ржавчины и других налетов в пескоструйном аппарате особой конструкции (рис. 124). Корпус, находясь в камере аппарата, совершает медленное вращательное

движение, причем его внутренняя поверхность непрерывно обдувается песком, выбрасываемым несколькими соплами. По истечении определен-



Рис. 123. Тормозной барабан.

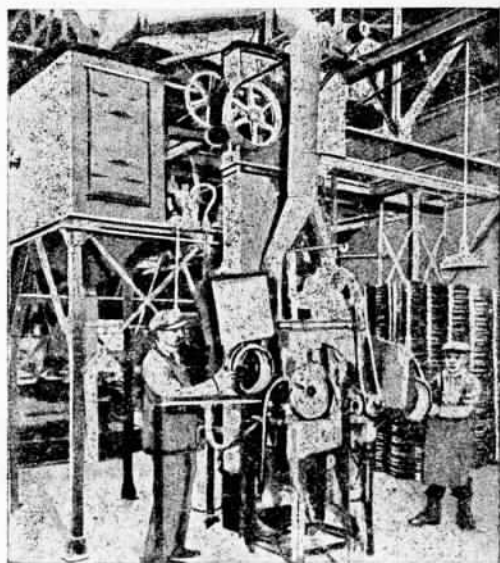


Рис. 124. Предварительная обдувка песком.

ного промежутка времени эжектор (выбрасыватель) буквально выстреливает хорошо очищенный корпус наружу.

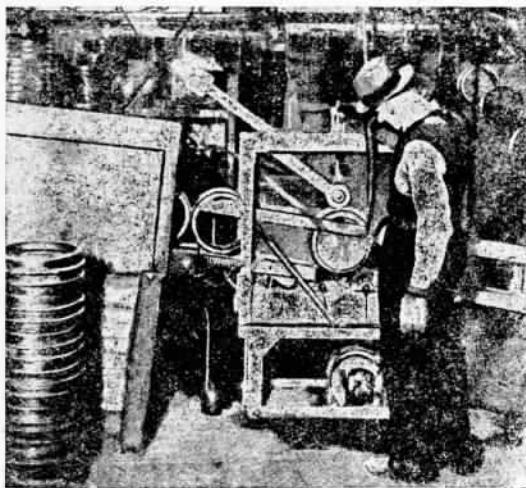


Рис. 125. «Заливная» операция.

После очистки корпуса постунают в газовую печь, под которой сделан покато в сторону выхода, и медленно прокатываются через пес. По выходе из печи корпуса сразу попадают в особую «заливную» машину (рис. 125), пульверизатор которой покрывает их внутреннюю поверхность тонким слоем особого состава, способствующего энергичному свариванию чугуна и стали, и так как корпуса горячие, то этот слой моментально засыхает.

Затем корпуса проходят по петлеобразному участку конвейера (рис. 126) путь длиной около 180 фут. (~ 55 м) и охлажденными попадают к ин-

дукционному подогревателю (рис. 127), расположенному около центробежного агрегата. Корпус снимается с конвейера и ставится на оправку качаю-

шейся головки подогревателя. Переводом рычага пневматического устройства головка подогревателя вместе с корпусом закрывается на все время нагрева. Возбуждение индукционной катушки вызывается нажатием

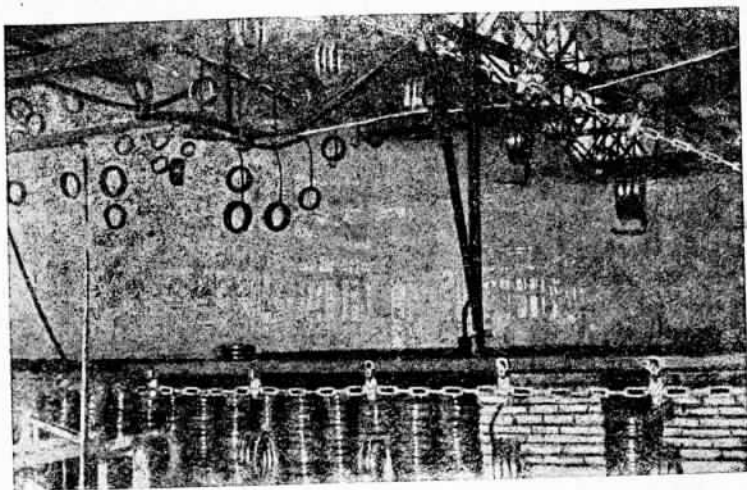


Рис. 126. Цепной конвейер.

кнопки. Корпус находится в магнитном поле первичной катушки с большим количеством витков, представляя собой вторичную катушку, имеющую один виток. Ток, индуктированный в корпусе, имеет высокий ам-

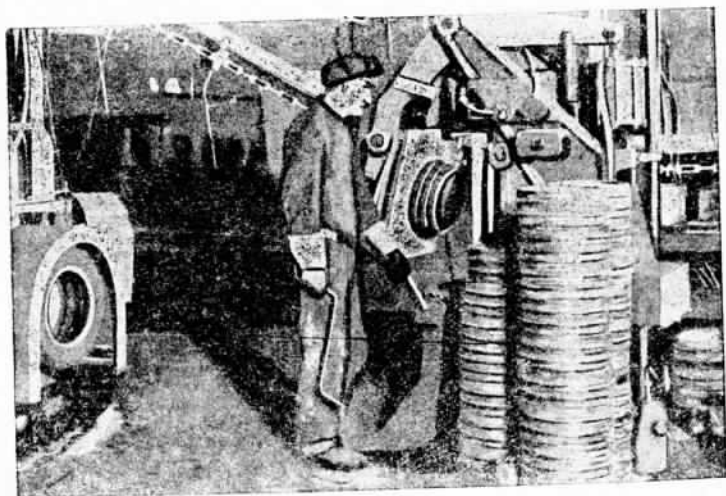


Рис. 127. Индукционный подогреватель.

пераж и низкое напряжение. Поэтому корпус в короткий срок — ровно в 7 секунд — нагревается до необходимой температуры, после чего термический рубильник автоматически прерывает ток.

Тогда выпускают воздух из цилиндра пневматического устройства, рычаг последнего посредством пружины поворачивается и открывает головку нагревателя с нагретым корпусом. Последний снимают и ставят в патрон центробежной машины, составляющей часть центробежного агрегата. Этим завершается подготовительный путь корпуса.

Чугун для заливки корпусов готовится дуплекс-процессом: вагранка — электропечь. Металл подается от вагранки в электропечь Мура по монорейсу в 700-фунтовом ковше. Каждые пять минут печь загружается 500 фунт. (~ 227 *kg*) жидкого чугуна. За 16 час. работы в сутки цех расходует следовательно около 50 *t* металла. Применение электропечи позволяет забирать металл малыми одинаково перегретыми порциями.

С. Устройство и работа центробежного агрегата

Агрегат показан на рис. 128. Одна часть его из фасонного железа подвешена к балкам здания и отделена от другой части — вращающегося

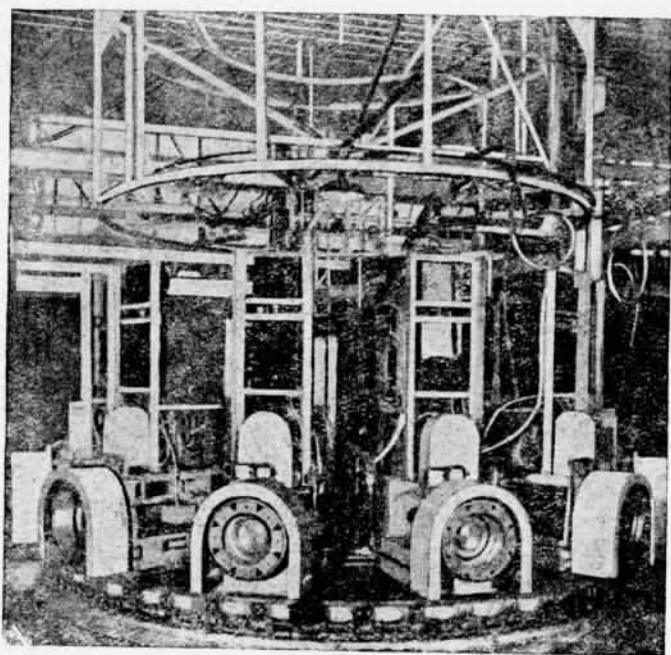


Рис. 128. Центробежный агрегат.

стола. Она образует опору для трехфазного электрического кондуктора, через который проходит электрический ток, необходимый для приведения в действие стола и его оборудования.

Вращающийся стол имеет двенадцать литых сегментов, каждый длиной 4 фута по наружной дуге и шириной 3 фута в радиальном направлении. Все сегменты связаны между собой болтами и лежат на балках, расходящихся по радиусам из шестигранной центральной опоры.

Центральная опора прочно связана болтами с бетонным фундаментом, расположенным в центре.

Каждый сегмент опирается тремя колесами на кольцевой рельсовый путь, ширина колеи которого равна 26 дюймам (660 мм). Два колеса находятся спереди и одно сзади. Лицевую сторону стола охватывает тяжелая цепь, приводимая в движение при помощи звездочки, вращаемой электромотором, помещенным ниже уровня пола. Электромотор снабжен передачей с переменным числом оборотов, так что скорость вращения стола можно изменять от одного оборота в 6 минут до одного оборота в 2 минуты. Центробежные машины установлены на сегментах по одной на каждом. Трубопроводы, по которым подается масло для принудительной смазки шариковых подшипников и для управления патронами машин, а также вода для охлаждения шарикоподшипников, находятся в центральной части агрегата.

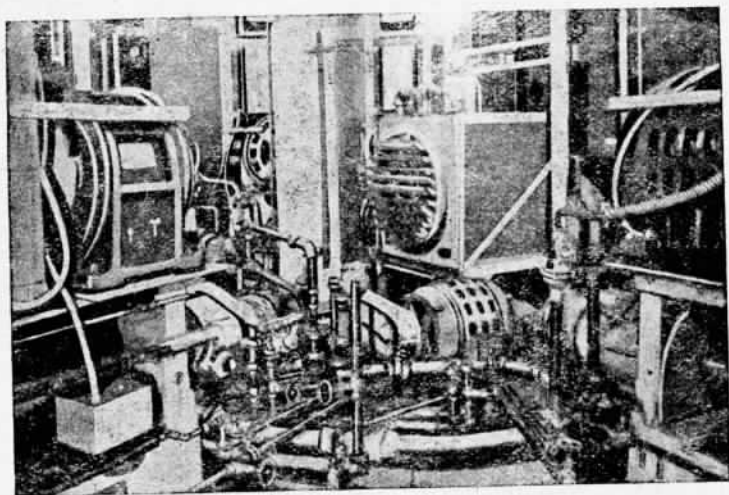


Рис. 129. Центральная часть поворотного стола.

На рис. 129 показан в центре поворотного стола электромотор, приводящий в движение посредством бесшумной цепи масляный насос. Небольшой мотор соединен с водяным циркуляционным насосом. Наверху над мотором находится радиатор с закрытым вентилятором, предназначенный для охлаждения воды. Высокий бак слева от радиатора представляет собою напорный масляный бак. Трубопроводы для масла, воды и электрических проводов расположены пятью концентрическими кругами.

Вал центробежной машины, на который насажен патрон, опирается на шариковые подшипники. Подача масла для смазки шарикоподшипников, как уже отмечалось, производится под давлением. Расход масла контролируется специальными приборами. Корпуса подшипников полые. В них циркулирует вода, так как через различные части центробежной машины от патрона к ним притекает большое количество тепла. Вал патрона полый. Патрон составляет одно целое с кожухом, заключающим в себе подвижные «челюсти» (рис. 130). Внутренняя поверхность кожуха конически расши-

ряется наружу. Через полый вал проходит шток, оканчивающийся в начале кожуха фланцем, приводящим в действие подвижные челюсти. Фланец входит в зазоры между восемью сегментами, образующими челюсти. Задний

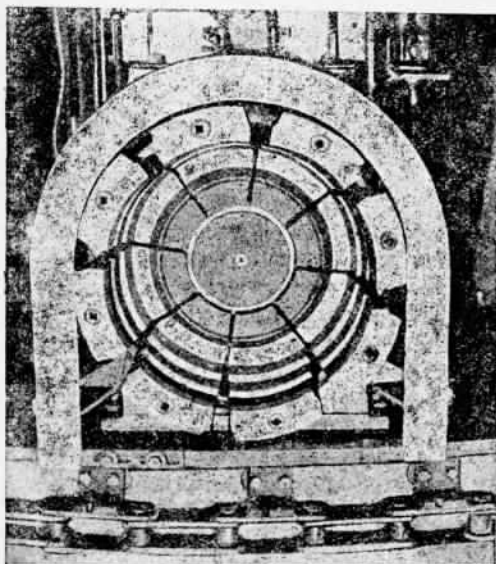


Рис. 130. Патрон центробежной машины.

конец штока соединен с поршнем, приводимым в действие сервомотором. Когда поршень движется вперед, конец вала с фланцем выпирает наружу, вследствие чего челюсти патрона скользят вперед в коническом кожухе, раскрываясь при движении.

При изменении направления движения поршня на обратное шток тянет назад фланец, который нажимает на рычаги, связанные с челюстями, и заставляет их зажать вставленную стальную оболочку тормозного барабана.

Вал патрона снабжен электромагнитным тормозом. Поэтому когда приводной электромотор мощностью 10 л. с. останавливается, вращение патрона прекращается автоматически через 10 сек. Над патронами

установлены предохранительные «чепцы», а сзади — предохранительные дверцы во избежание разбрызгивания чугуна во время заливки во вращающиеся барабаны (рис. 131).

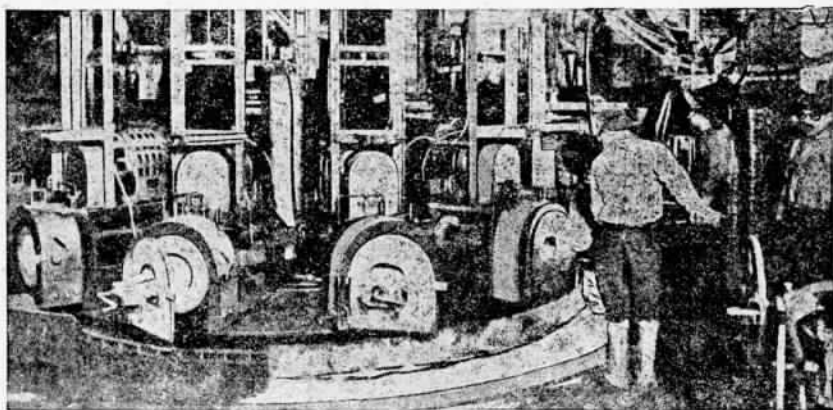


Рис. 131. Заливка.

Корытце для заливки чугуна смонтировано на предохранительной дверце. Оно поворачивается за ручку во время заливки, вращаясь в подшипнике, установленном сзади фронтальной дверцы.

Ручные ковши для заливки слегка конусные книзу. Их глубина 3 дюйма и наибольший диаметр около 8 дюймов. Губа для слива расположена слева и имеет длину 4 дюйма. Количество металла, выливаемое в поворачивающееся корытце, изменяется в зависимости от размера барабана. Самые малые барабаны имеют диаметр 9, а самые крупные 18 дюймов. Вообще же цех выпускает барабаны 12 различных диаметров. Вследствие этого применяются машины трех различных размеров. В одну вставляются барабаны диаметром от 9 до 12, в другую от 12 до 15 и в третью от 15 до 18 дюймов.

Смена центробежной машины производится в течение нескольких минут без нарушения хода производства. Удаление машины происходит после освобождения шести болтов, скрепляющих ее с сегментом, и отъединения от масляной, водяной и электрической магистралей. Замена машин облегчается применением тележек, высота которых соответствует высоте поворотного стола. Машина скатывается на тележку и удаляется вместе с ней, а ей на смену подается новая, на другой тележке.

Каждый литейный агрегат обслуживается весьма небольшим штатом. Двое заливают расплавленный чугун в корытца центробежных станков. Один рабочий поворачивает за рукоятку корытце, выливая чугун на внутреннюю поверхность стального корпуса, один вытаскивает раскаленные барабаны из патрона и навешивает их на крюки конвейера и один очищает патроны от окалины, которая образуется на внешней поверхности барабана при заливке чугуна.

Д. Окончательная отделка барабанов

Раскаленный барабан движется в течение 30 мин. по второму петлеобразному участку конвейера, после чего в совершенно охлажденном состоянии поступает в отделение для очистки. Здесь он пропускается через пескоструйный аппарат, подобный показанному на рис. 124.

Четыре сопла струей песка очищают как внутреннюю, так и наружную поверхности барабана. Во время очистки барабан вращается при помощи особых роликов. Через определенный промежуток времени барабан автоматически выбрасывается. После очистки известная часть барабанов контролируется в отношении механических качеств и точности изготовления. Барабаны должны иметь допуск по окружности $1/64$ дюйма ($\sim 0,4$ мм). На специальных машинах путем проворачивания барабанов испытывается надежность сварки чугуна со сталью. Проверенная партия идет на склад.

§ 38. ОТЛИВКА ЛАТУННЫХ И БРОНЗОВЫХ КРУГОВ

На рис. 132 показана германская машина для отливки больших латунных кругов. Отливаемые круги имеют внешний диаметр 454 мм и толщину 28 мм. Вес отливки — 35 кг. Заливка производится посредством воронки через круглое отверстие в крышке кокиля, вращающегося со скоростью 500 об./мин. Тонкая стенка кокиля, соприкасающаяся своей внутренней стороной с расплавленным металлом, с наружной стороны охлаждается водой, которая подводится во все время вращения кокиля.

Существуют также и другие машины с кокилями без водяной рубашки. Однако машины с охлаждением имеют перед ними ряд преимуществ.

шеств. Дело в том, что центробежная сила оказывает segregирующее влияние на сплавы и особенно на сплавы из цветных металлов, компоненты которых сильно отличаются друг от друга по удельному весу (см. главу девятую). Регулируя скорость охлаждения кокиля (а также число оборотов), можно свести неоднородность отливки к минимуму. Таким образом применение охлаждаемого кокиля повышает качество отливок. Кроме того их внешняя поверхность приобретает более чистый вид, чем у отливок, полученных в неохлаждаемой форме. Наконец увеличивается выпуск продукции. При оборудовании цеха определенной производительности, понятно, нужно будет установить меньше машин с охлаждением, чем без последнего. Вследствие этого сокращаются эксплуатационные расходы.

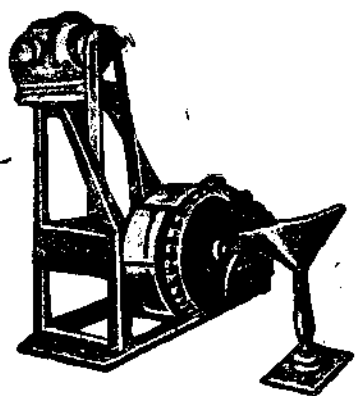


Рис. 132. Машина для отливки латунных кругов.

Отливка кругов центробежным способом начинает проникать и на заводы СССР. Одним из первых приступил к опытам Кольчугинский завод. Отливались бронзовые круги внешнего диаметра 395 мм для последующей прокатки на проволоку. Заливка производилась в форму, имевшую три скорости вращения: 940, 675 и 460 об./мин., посредством графитового тигля емкостью 130 марок. Температура заливки была 1150—1250°С. Опыты дали положительные результаты.¹

Опытный завод начал производить бронзовые круги внешнего диаметра 395 мм для последующей прокатки на проволоку. Заливка производилась в форму, имевшую три скорости вращения: 940, 675 и 460 об./мин., посредством графитового тигля емкостью 130 марок. Температура заливки была 1150—1250°С. Опыты дали положительные результаты.¹

§ 39. ОТЛИВКА ВТУЛОК ИЗ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

Втулки из различных цветных сплавов отливаются посредством машины, подобных применяемым для отливки чугуновых втулок и гильз. Втулки являются заготовками, из которых изготовляют детали для дизелей, авиационных моторов, паровых машин и других двигателей. В большинстве случаев втулки отливаются из сплавов с медной основой. Добавками служат: цинк, алюминий, никель, железо и т. д. В качестве материала для центробежных форм применяются легированные стали, углеродистая сталь и иногда перлитовый чугун.

Отливка втулок из алюминиевой бронзы не отличается какими-нибудь особенностями. Заливка обычно производится через воронку, футерованную огнеупорной массой и оканчивающуюся трубчатым жолобом-носиком. Алюминиевая бронза заливается при температуре 1100—1150°С посредством ручного футерованного ковша и достаточно быстро, чтобы не получить слоистого металла. После каждой заливки очищают воронку от настылей.

Для втулок диаметром от 95 до 115 мм с толщиной стенки 12—15 мм удовлетворительные результаты получаются при скорости вращения около 1000 об./мин. Для латунных втулок такого же размера может быть применена эта же скорость.

Медноникелевые сплавы, по сообщению Герста, заливается в формы,

¹ Рукни Б. Ф., Металлург, 1932, № 2, стр. 79—86.

выложенные графитом. До заливки внутренность формы посыпают тальковым порошком. Монель-металл заливается при 1500°C и предварительно раскисляется магнием.

Иногда для получения монель-металла с особо высокими механическими качествами в него добавляется кремний. Последний присаживается в расплавленный монель-металл.

§ 40. ОТЛИВКА ПОРШНЕЙ

А. Устройство машины

Машина для отливки поршней авиационных и автомобильных двигателей (рис. 133), запатентованная П. Д. Тихомировым,¹ заключена в коробкообразный кожух 1 из огнеупорного кирпича на каркасе 5, закрываемый такой же крышкой 2 на шарнире 3. С боков снаружи кожуха

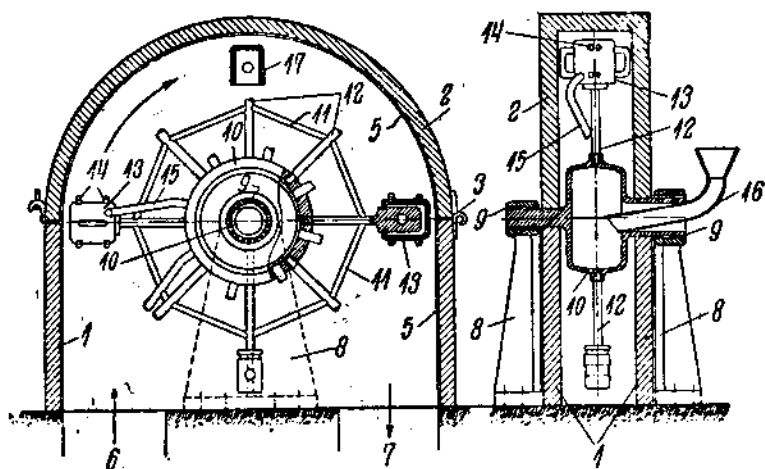


Рис. 133. Машина для отливки поршней.

расположены две стойки 8, снабженные роликовыми подшипниками 9, в которых вращается вал барабана 10, служащий для заливки металла при помощи воронки 16. По окружности барабана укреплено восемь штанг 12, на концах которых прикрепляется стержень для образования внутренней поверхности отливки 17.

Поверх стержня надевается форма из двух частей 13 с ручками для удобства разъема, свинчиваемых при помощи болтов 14. Чтобы форма не имела перемещения вдоль штанги во время вращения, в стержне сделана выточка, а в форме — бортик. При свинчивании формы бортик входит в выточку. Формы соединяются трубами-литниками 15 с барабаном. Чтобы во время вращения штанги с отливками и формами не вибрировали, их скрепляют поперечными тягами 11.

Ось барабана вместе с формами приводится во вращение от мотора. Путем увеличения числа оборотов машины можно получить большую плотность отливок, особенно для них, что важно для поршней моторов,

¹ Патент СССР № 3534, 31/VIII 1927.

где дно подвергается сильному нагреву и давлению во время рабочего хода поршня.

В. Процесс отливки

Перед отливкой стержни прикрепляют к штангам и одевают на них формы. Затем прикрепляют одни концы трубок-литников к формам, а другие к барабану, закрывают крышку кожуха, соединяют вал барабана с мотором, вставляют заливочную воронку, пускают мотор в ход, одновременно пуская газ из специальной печи по борову 6 и выпуская через боров 7.

Когда машина прогреется, т. е. примет температуру немного меньшую температуры плавления отливаемого металла, заливают расплавленный, слегка перегретый металл через воронку в количестве достаточном для того, чтобы заполнить все формы. Затем воронку вынимают и через непродолжительное время останавливают мотор. Машина продолжает вращаться по инерции. Одновременно перекрывают поступающий в кожух газ, отчего температура постепенно падает. Жидкий металл, поступивший из барабана по трубкам-литникам в металлические формы, находясь все время под действием центробежной силы, уплотняется, выжимая все находящиеся в нем газы и заполняя все изгибы формы.

Остывая, он все же находится под действием некоторого определенного давления, способствующего уничтожению усадочных раковин. Когда остывающий металл примет температуру начала затвердевания, кожух открывают, подымая крышку, останавливают машину и разбирают формы, не дожидаясь окончательного остывания металла, чтобы не было защемления некоторых деталей и засаждения.

§ 41. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕЛЬНИЧНЫХ ВАЛЬЦОВ

В 1928 г. В. Райм (W. Raym) запатентовал способ изготовления мельничных валцов. Операция их изготовления начинается с того, что в цилиндрический кокиль вставляют вал 1 с надетым на него диском 2, имеющим выступы 3 (рис. 134).

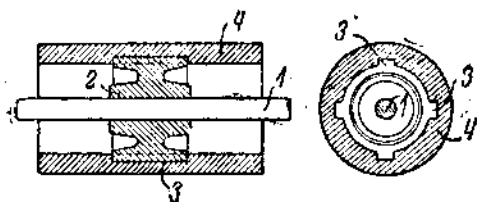


Рис. 134. Отливка, изготовленная по способу Райма.

Затем приводят во вращение с одинаковой скоростью кокиль (на рис. 134 он не показан) и вал с диском. Одновременно в кокиль заливают металл, который, застывая, крепко охватывает выступы диска и образует

вход вальца с твердой закаленной поверхностью. При изготовлении валцов по способу Райма достигают некоторой экономии металла.

Глава восьмая

ОТЛИВКА МЕЛКИХ И СРЕДНИХ ИЗДЕЛИЙ НА МАШИНАХ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ

§ 42. ОТЛИВКА ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Кроме заготовок для поршневых колец, отливаемых в виде полых цилиндров на машинах с горизонтальной осью, возможно изготовлять также отдельные поршневые кольца любых применяемых диаметров. Для этой цели служат машины с вертикальной осью.

При отливке поршневых колец ведут работу по способу сэнд-спон. Форма для поршневых колец представляет собой полый цилиндр, в который вставляют стержни из огнеупорного материала, образующие полости, соответствующие очертаниям отливаемых предметов. Одна из таких

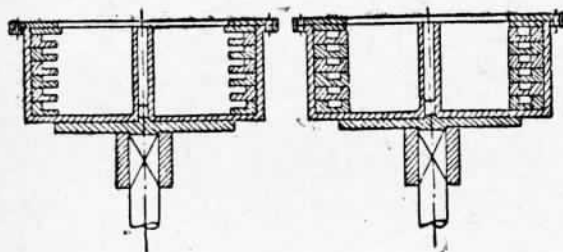


Рис. 135. Форма для отливки поршневых колец.

форм, служащая для одновременной отливки шести поршневых колец, представлена на рис. 135. Такая форма является основной частью весьма несложной центробежной машины (рис. 136).

Чугун заливается в середину формы, и машина приводится во вращение. наилучшие результаты получаются для колец диаметром от 8 до 17 дюймов (от 200 до 430 мм) при числе оборотов, соответствующем давлению в 100 фунт./дм.² (7 кг/см²).

§ 43. ОТЛИВКА КОЛЕС ДЭВИСА

Стальные колеса Дэвиса без бандажей применяются в Америке для товарных и пассажирских вагонов, для тендеров и паровозных тележек

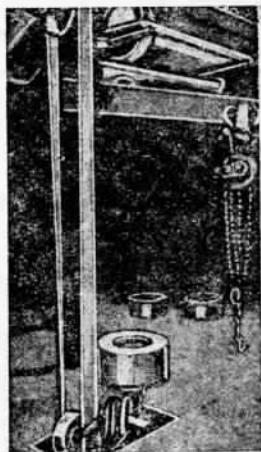


Рис. 136. Машина для отливки поршневых колец.

уже около 20 лет. На рис. 137 изображен внешний вид, а на рис. 138 разрез колеса Дэвиса.

Формовка этих колес производится всырую в парных опоках. Модельная земля содержит в себе значительную примесь декстрина. Наполнительная земля по своему составу не отличается от обычной. Уплотнение производится на встряхивающих машинах. Стенки формы укрепляются шпильками, а под стержень для центрального отверстия подкладывается железная пластинка. Стояк двумя ходами соединяется со ступицей колеса. На ободе делают две прибыли.



Рис. 137. Внешний вид колеса Дэвиса.



Рис. 138. Разрез колеса Дэвиса.

рому в начале заливки сообщается скорость около 30 об./мин. Над формой устанавливается рама, перемещаемая вдоль литейной канавы. На раме укреплена воронка, через которую из ковша сталь, изготовляемая в основной мартеновской печи, заливается в литник формы. Через секунду после начала заливки в струю металла вводят порошкообразный ферромарганец при помощи особого прибора, укрепленного также на раме и действующего посредством сжатого воздуха. В ферро-

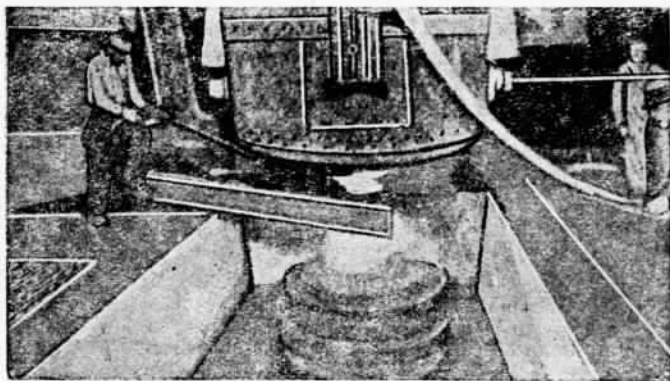


Рис. 139. Отливка колеса Дэвиса.

марганце содержится около 80% марганца и около 7% углерода. Он подается в количестве от 2 до 2,5 кг в зависимости от сорта колеса.

Когда в сталь введено необходимое количество ферромарганца, прибор автоматически дает сигнал, поступление порошка прекращается, и заливка стали продолжается при увеличенной до 85 об./мин. скорости вращения стола. На заливку затрачивается 30 сек. После окончания заливки стол вращается еще 1,5 мин. Отливку оставляют в форме около 45 мин.

Смысл описанного процесса заключается в том, что обогащенный марганцем и углеродом металл действием центробежной силы увлекается к стенкам формы, благодаря чему обод отлитого колеса приобретает большую твердость. Диск колеса получается мягким.

Отливки после остывания подвергаются в течение 2,5 часа отжигу при температуре 870—900° С, а затем правке под гидравлическим прессом в 500 т.

Обрубка литников, прибылей и заусенцов производится пневматическими зубилами, а очистка в пескоструйных камерах — стальной дробью.

Следующей операцией является снятие с обода стружки толщиной 6 мм и обработка ступицы, что делается в механическом цехе.

После механической обработки колеса нагревают в печах в течение 0,5—0,75 часа при температуре 815° С и подвергают закалке водой в особых ваннах. В ваннах имеются три ряда трубок, из которых бьет вода по направлению к ободу. Закалка продолжается около 3 мин. до темно-вишневокрасного каления колеса, после чего поступление воды прекращается.

Колесу предоставляют окончательно остыть на воздухе, а затем очищают его от окалины пескоструйной машиной.

Перед сдачей на склад все колеса испытывают на удар бабой весом 225 кг, падающей с высоты 300 мм. Каждое колесо должно выдержать по одному удару с одной и другой своей стороны. Кроме того делается шесть испытаний рабочей поверхности обода на твердость.

§ 44. ОТЛИВКА БРОНЗОВЫХ ЗАГОТОВОК КОЛЕС И ВЕНЦОВ

А. Общие замечания

Отливка бронзовых заготовок червячных колес и венцов производится как в нефутерованных формах, так и в футерованных. В первом случае применяются стальные формы.¹ Чугунные формы оказались не подходящими для этой цели благодаря их малой стойкости. Вследствие быстрых температурных изменений или от ударов при выбрасывании застрявших отливок чугун часто дает трещины. Кроме того поверхность чугуниной изложницы деформируется быстрее, чем стальной. Наконец чугун значительно чаще, чем сталь, способствует образованию раковин на поверхности отливок. Это происходит потому, что металл неравномерно затвердевает при соприкосновении с расплавленной чугуниной формой.

Температура заливки в стальные формы должна быть весьма высокой, колеблясь в пределах от 1230 до 1320° С. При более низкой температуре возможно частичное затвердевание отливки до окончания заполнения формы.

Высокая температура заливки, сильное прижатие металла действием центробежной силы к стенкам формы и постоянное движение металла вызывают быстрый и интенсивный нагрев формы, что может повлечь за собой приваривание горячей бронзы к поверхности формы или ее выщеление. Поэтому следует покрывать форму слоем огнеупорного материала, в состав которого входят углеродистые вещества, например каменноугольной смолы. Одной этой меры однако недостаточно, и необходимо

¹ F. W. Rowe, Foundry Trade Journal, 19/VII 1930, pp. 449—450; 26/VII 1930, pp. 469—470.

не допускать перегрева форм, сменяя их или делая перерыв в работе для того, чтобы дать им возможность остыть. Допустимая температура форм при заливке не выше 350°C для мелкого и 275°C для среднего литья.

При отливке заготовки венца нет необходимости в центральном стержне. Если же отливается шестеренка, то применяют песочные стержни для образования центрального отверстия. Эти стержни должны обладать высокой механической прочностью, и поэтому песок для них тщательно перемешивается, а сами стержни подвергаются сушке при строгом контроле как температуры сушки, так и ее продолжительности. После сушки стержни дважды покрываются специальным огнеупорным слоем, предохраняющим их от разъедания металлом.

Для отливки заготовок шестерен и венцов с зубцами применяют песчаные стержни, укладываемые по периферии металлической формы и образующие как бы футеровку. Понятно, что в этом случае нет необходимости иметь какие-либо особые формы, а применяются те же самые, в которых отливаются заготовки без зубцов. Все сказанное выше об изготовлении центральных стержней в полной мере относится и к стержням для образования зубцов.

В. Машины

Отливка центробежным способом бронзовых заготовок получила за границей широкое распространение. Машины, служащие для этой цели,

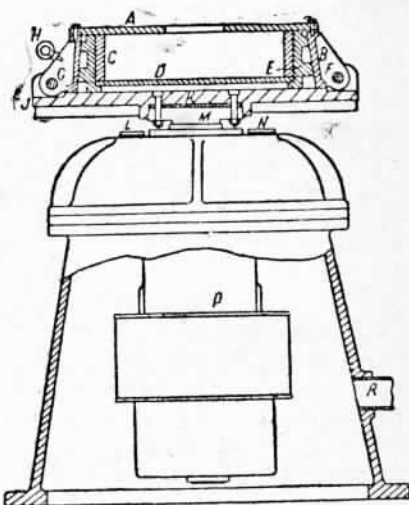


Рис. 140. Внешний вид и разрез машины для отливки заготовок червячных шестерен.

достигли высокой степени совершенства. Наиболее известной из них является машина английской фирмы Кроуен (Crawen), владеющей машиностроительным заводом в Манчестере (Manchester). Эта машина, предназначенная для отливки заготовок диаметром 100—350 мм, о внешнем виде и об устройстве которой можно судить по рис. 140, имеет стол J, прочно прикрепленный болтами к шпindelю M.

Шпиндель лежит в роликовых подшипниках и при отливке вращается вместе со столом с необходимой скоростью. Между шпинделем и столом находится шайба *K* из изолирующего материала, устраняющая возможность перехода излишнего тепла к подшипникам.

Вся нижняя часть машины помещена в массивный чугунный кожух, сконструированный для уничтожения вибраций и с целью полного закрытия всех подшипников и других деталей.

Фланцевый мотор *P* прочно при помощи болтов прикреплен к кожуху и приводит без какого бы то ни было редуктора во вращение шпиндель. Мотор связан со шпинделем гибкой муфтой, предупреждающей всякое дрожание, вызываемое плохой пригонкой или расширением вращающихся частей.

Большое внимание уделено охлаждению стола и шпинделя. Охлаждение производится воздухом. Мотор *P*, вращаясь, втягивает воздух через впускную трубу *R*. Этот воздух циркулирует вокруг обмоток мотора и, проходя к шпинделю, захватывается вентилятором, установленным на последнем, и обдувает все поверхности, требующие охлаждения. Наконец он вырывается через выходные отверстия *L* и *N* и ударяет в нижнюю сторону стола *J*. Стол снабжен несколькими спиральными крыльями, которые имеют такую форму, что вытягивают отработанный воздух от центра к периферии. Из этого описания можно видеть, что машина непрерывно омывается воздухом. Результат получается весьма удовлетворительный.

Для того чтобы вместе с воздухом не была занесена грязь и пыль, применяется ряд мер, в том числе вывод засасывающего конца трубы *K* за пределы деха.

Конический кожух *B* прикрепляется к столу при помощи двух диаметрально-противоположных шарнирных цапф. Установочное кольцо *E*, уложенное в кожухе, поддерживает кольцо *C* и нижнюю плиту *D*. В центре верхней плиты *A* устроено отверстие, через которое заливается металл.

Удалив цапфы *G* и *F*, можно легко при помощи болта с проушиной *H* снять кожух *B*, а затем и установочное кольцо вместе с отливкой. Очевидно, что для непрерывного производства нужно иметь два установочных кольца. В то время как одно будет находиться на машине, другое можно подготовить, уложив в него резервные кольца *C* и нижнюю плиту, а также фасонные стержни, если отливается зубчатое колесо или венец.

Смазка всех движущихся частей машины производится при помощи смазочной «пушки». Последняя подает смазку под давлением ко всем подшипникам.

Контроллер позволяет изменять число оборотов мотора в широких пределах. Кроме описанной машины фирма Кровен применяет также более крупные, способные отливать заготовки диаметром до 900 мм.

Наравне с машиной фирмы Кровен зарекомендовала себя также машина фирмы Д. Браун, Годдерсфилда (Dawid Brown Ltd, Huddersfield) (рис. 141).

С. Процесс отливки

Перед началом заливки форма должна вращаться с полной скоростью. Скорость вращения при отливке шестерен и венцов берется с таким расчетом, чтобы давление на стенки формы получалось не менее 45 фунт./дм.

(3,15 кг/см²). Поэтому оно определяется величиной отливок и колеблется от 450 до 950 об./мин.

Заливка в металлическую вращающуюся форму требует большого умения и аккуратности, так как разбрызгивание металла в начале

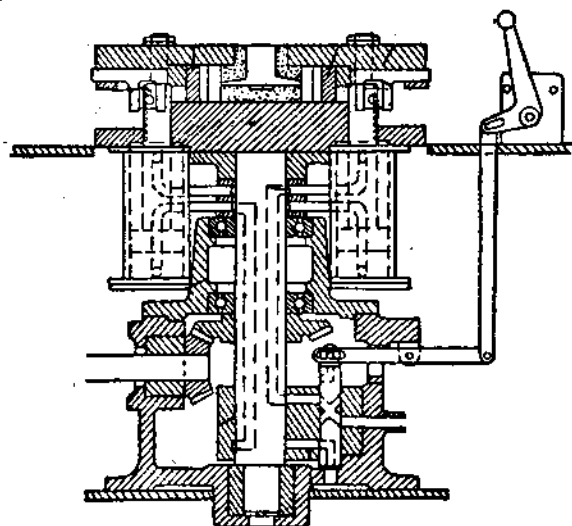


Рис. 141. Машина Брауна.

отливки может привести к браку. Мелкие брызги мгновенно затвердевают и, образуя горошины, остаются вкрапленными в поверхность отливки.

Заливку производят из графитовых тиглей ровной струей с начала и до конца заполнения формы. Во время заливки делают небольшой перерыв для того, чтобы дать несколько уплотниться жидкому металлу, после чего производят доливку. Заливка продолжается от 30 сек. до 4 мин. в зависимости от размеров колес или венцов. Форма вращается вплоть

до полного отвердевания металла. Уплотнение металла от быстрого затвердевания и действия центробежной силы очень значительно, удельный вес отливок достигает 8,8—8,9.

§ 45. ОДНОВРЕМЕННАЯ ОТЛИВКА НЕСКОЛЬКИХ ВТУЛОК.

Центробежная машина Н. А. Кисель и В. Н. Татаринова (авторское свидетельство № 27995), изображенная в продольном разрезе на рис. 142, предназначена для отливки коротких цилиндрических втулок, букв, а также для заливки подшипников баббитом.

Вертикальный вал 1 этой машины опирается нижней своей частью на подпятник, состоящий из радиального шарикоподшипника 16, насаженного на упорную втулку 15, в свою очередь опирающуюся на упорный шарикоподшипник 17. Среднее кольцо радиального шарикоподшипника прижимается круглой разрезной гайкой 18, стопорящейся шурупом 19. Посредством болтов 20 вся система закрывается крышкой 21, имеющей уплотняющее войлочное кольцо 22. Втулка 15 прикреплена к валу шурупом 23. Смазка подпятника производится посредством масленки Штауфера 24.

Верхней своей частью вал укреплен в опоре, состоящей из радиального шарикоподшипника 26, насаженного на втулку 25, которая в свою очередь плотно надета на вал и своим кольцеобразным выступом лежит на прокладке 33. Среднее кольцо шарикоподшипника зажимается разрезной гайкой 28 со стопорным шурупом 31. Наружное кольцо шарикоподшипника зажато крышкой посредством кольца 27. Крышка к корпусу 14 машины прикреплена винтами 29. Для устранения возможности загрязнения подшипника крышка имеет уплотняющее войлочное кольцо 63. Смазку производят

масленкой 34. Между крышкой и корпусом проложены прокладки из картона.

На вал насажен и затянут гайкой и контр-гайкой 3 диск 2, вращающийся вместе с валом. Стальной диск имеет восемь радиальных пазов, в которых могут передвигаться формы. В корпусе 4 формы монтируется вал 5 посредством двух радиальных шарикоподшипников 35, насаженных на втулку 36, которая в свою очередь плотно надета на вал и скреплена с ним посредством шурупа 40. Кольцо 38 насажено на вал, скреплено с ним шурупом 39 и опирается на упорный шарикоподшипник 37.

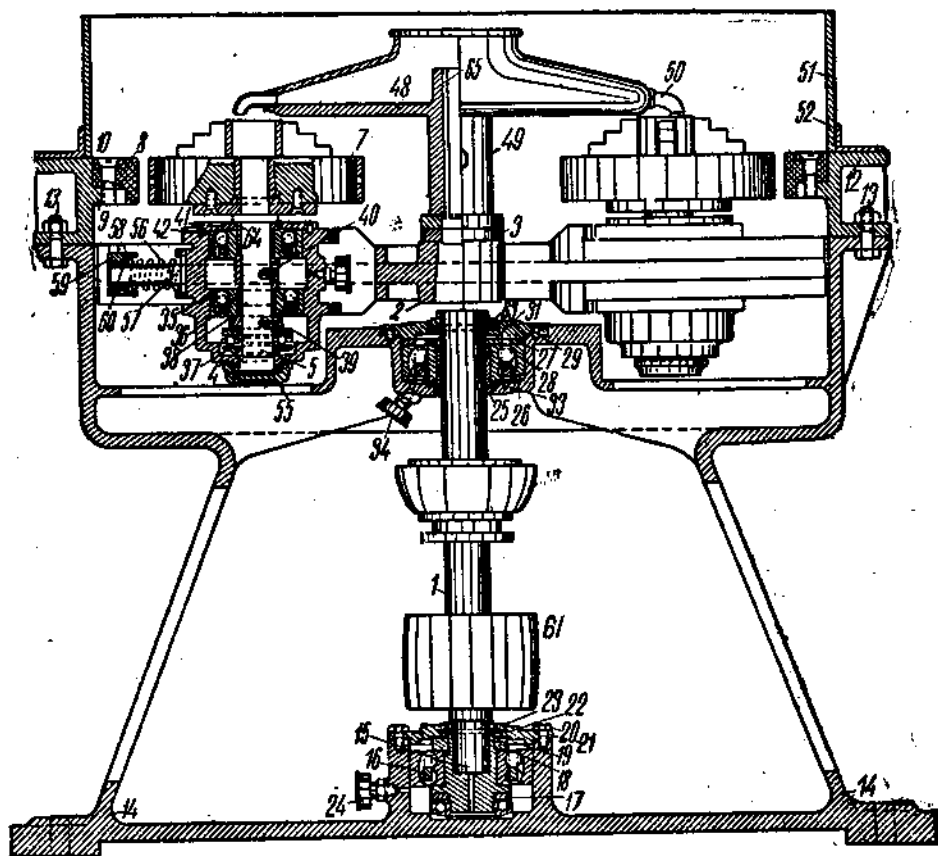


Рис 142. Машина для одновременной отливки нескольких втулок.

Упорами средних колец радиальных подшипников служат для верхнего — кольцо 64, а для нижнего заточка на втулке 36. Крышка 41 винтами 42 прикреплена к корпусу формы; нижнее отверстие корпуса прикрывается навинтованной крышкой 55; на нарезной конец вала навинчен патрон 7, в который зажимается форма. На верхний конец вала 1 надета конусообразная литниковая воронка 48, вращающаяся вместе с валом. В воронку в радиальном направлении ввинчены кривые трубки 50.

Во вращательное движение патрон приводится посредством трения о кольцевой фибровый выступ 8, который помощью винтов 9 и шайбы 10 закреплен на выступе чугунного кольца 12 корытного профиля, в свою очередь болтами 13 соединенного с корпусом 14.

К корпусу формы прикреплен пружинный стабилизатор, состоящий из спиральной пружины 56, падегой на трубчатый стержень 57; последний нарезным кондом ввинчен в корпус формы. Другим кондом трубчатый стержень входит в круглое кольцо 59 с буксой 60. Кольцо цапфами входит в пазы параллелей диска. Для направления пружины служат цилиндрические кольца 58, с одной стороны упирающиеся в упорное кольцо, а с другой стороны надетые на заточку направляющего стержня, упирающегося в корпус ползуна. На кольцо 12 положен защитный кожух 51 и посредством уголков 52 прикреплен к нему.

При вращении посредством шкива 61 вала с диском ползуны под действием центробежной силы передвигаются к периферии диска, и патроны упираются в фибровый выступ. Силою трения патроны приводятся во вращение. Расплавленный металл, вылитый в конусообразную воронку, под влиянием центробежной силы направляется к ее периферии и по трубкам-питателям выливается в формы.

Для приведения вращающихся головок в первоначальное положение служит пружинный стабилизатор. Для регулирования положения воронки по высоте допущена возможность передвижения ее вдоль оси вала по шпонке 65 с последующим закреплением стопорным болтом 49.

§ 46. МАШИНА ДЛЯ ОТЛИВКИ СКОВРОДOK

А. Конструкция

Литейная машина (рис. 143), предложенная И. В. Далматским (патент СССР № 4914), имеет несколько постоянных литейных форм, установленных на столе 31 и имеющих общее управление. Машина предназначена для отливки чугунных сковород. Литейная форма состоит из двух частей: верхней вращающейся части 13 и нижней 17, откидывающейся вниз. Верхние части 13 стальных литейных форм, имеющие вид дисков и насаженные на укрепленный в подшипниках 5 и 6 шпindel 4 (А, В), получающий вращение при помощи зубчатой передачи 2—3 от вала 1, опираются при помощи кольцевых шариковых подпятников 14 на стол 31 и вращаются вместе со шпинделем 4 со скоростью 450—500 об./мин. Подшипники 5 и 6 укреплены в стальной части 5а, опирающейся на заплечики шпинделя 4 посредством кольцевых шариковых подпятников 7 и закрепленной при помощи планок 66 (А) на чугунной станине 22. В свою очередь прикрепленной болтами 68 к столу 31. Нижние части 17 форм также стальные и прикреплены к столу 31 шарнирами 62, из которых могут откидываться вниз (В).

Над диском 13 установлен кожух 12, состоящий из двух частей, соединяемых при сборке рядом болтов 11 и прикрепляемый болтами к столу 31 (А). В верхней части кожух снабжен фланцами 9 с надетыми на них рукавами 8 и 8а, по которым подводится вода, охлаждающая диск 13 и отводящаяся по двум трубам 15, проходящим через тело стола 31. Для охлаждения нижней части 17 формы к последней снизу укрепляется винтами пластина 18, снабженная патрубком 65 с рукавом 39,

по которому поступает вода, отводящаяся по трубке отмеченной на рисунке стрелкой, направленной вниз (В). В диске 17 имеется центральное

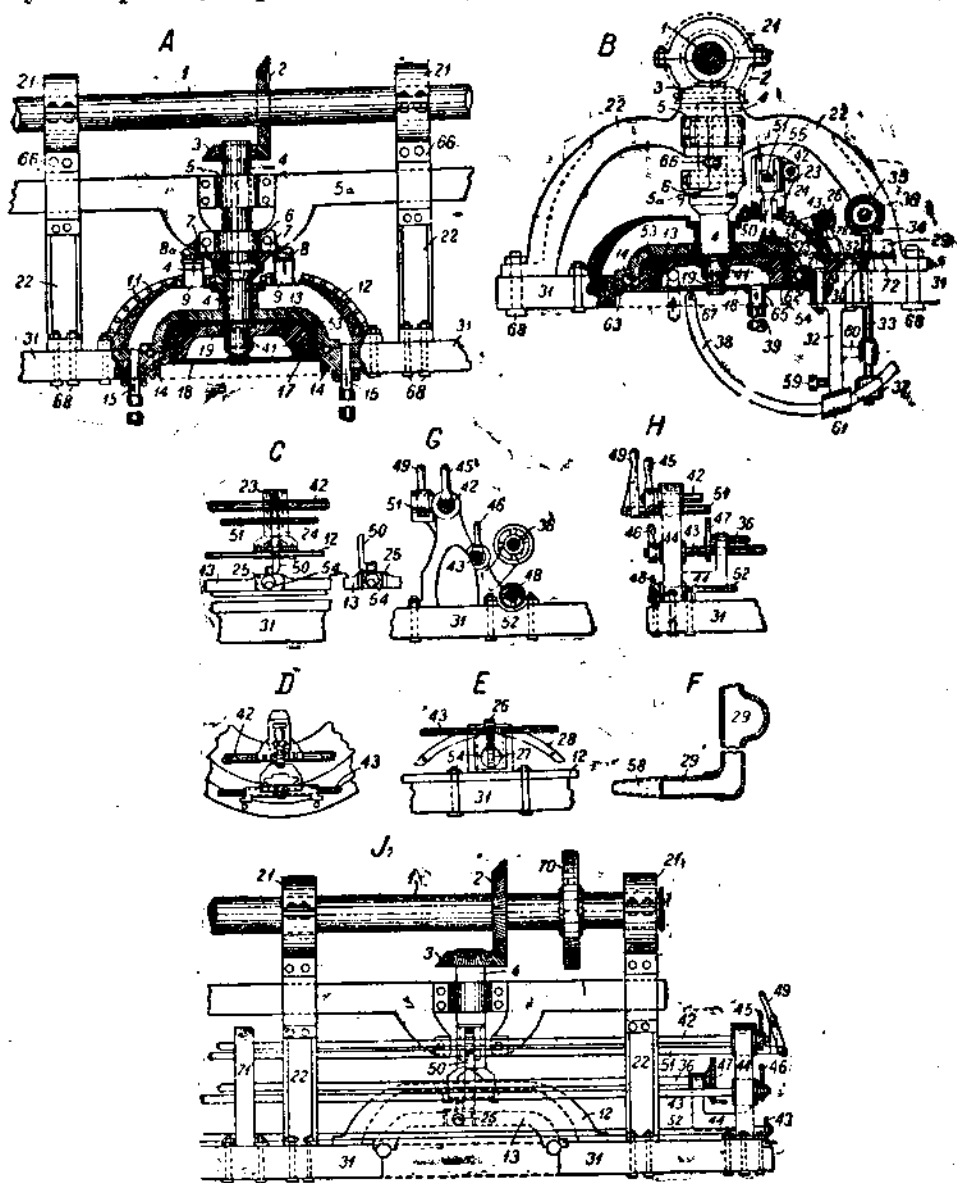


Рис. 143. Машина для отливки сковородок.

A — вертикальный продольный разрез машины; B — вертикальный поперечный разрез машины; C — вертикальный разрез золотникового устройства; D — вид золотникового устройства сверху; E — продольный разрез литейной заслонки; F — литейный жолоб; G — боковой вид части, управляющей движением машины; H — вертикальный разрез части, управляющей движением машины; I — наружный вид машины.

отверстие, в которое вставлена стальная часть 19 в виде болта, проходящая через препятствующий проникновению воды к жидкому металлу

сальник 41 и пластину 18 и служащая для выталкивания отлитой сковороды 53. Для прижимания части 19 к диску 17 служит спиральная пружина, надетая на часть 19 (В).

Для выталкивания сковороды нижняя часть 17 формы снабжена зубчатой дугой 38, соединяющейся шарниром 67 с пластиной 18 и сцепляющейся с шестерней 37 (В), насаженной на валик 33, который получает вращение при помощи конической зубчатой передачи 34—35 от вала 36; последний укреплен в стойках 44 и вращается от руки шкивом 47 (Н, J). Дуга 38 при вращении зубчатого колеса 37 передвигается вверх или вниз, скользя в направляющей втулке 61, укрепленной в кронштейне 32, несущем также опорную муфту 60 для валика 33 и снабженным выступом 59, служащим упором для части 19. Кронштейн 32 прикреплен болтами к нижней стороне стола 31. После выталкивания сковороды маховичок 47 вращают в другую сторону, вследствие чего нижняя часть 17 формы поднимается вверх и закрепляется на месте при помощи запора 63, расположенного на противоположной шарниру 62 стороне.

Наполнение литейных форм жидким металлом производится при помощи литейного жолоба 29 (В, F), снабженного по числу форм отростками 29', на концах которых имеются крышки 58; жолоб внутри покрыт слоем жирной глины и установлен с уклоном. Отростки 29' жолоба подводятся механически к литниковым отверстиям 54 в дисках 13, причем проходят через кожу 12 и отводятся обратно за пределы литниковых задвижек 27 механически, для чего они с нижней стороны снабжены зубчатыми рейками 72 (В), сцепляющимися с шестернями 30, насаженными на валу 52, который вращается при помощи ручного шкива 48.

Литниковое отверстие 54 в диске 13 закрыто во время вращения последнего золотником 25, для открывания которого служит крюк 50, укрепленный на штанге 51 (В, С), пропущенной через стойки 44 (Н, J) и передвигаемой при помощи рычага 49. Крюк 50 зацепляет за ушко золотника 25 и штанга 51 поднимается вместе с золотником при повороте рычагом 45 (Н, I) вала 42 с заклиненной на нем шестерней 23, которая сцепляется с зубчатой рейкой ползуна 55, передвигающегося в вертикальном направлении в параллелях укрепленного на кожухе 12 кронштейна 24 (В). Вал 42 поддерживается стойками 44 и 71 (J), установленными на столе 31.

По заполнении форм отростки 29' литейного жолоба отводятся обратно и опускается литниковая задвижка 27, установленная в гнезде 56 кожуха 12. Задвижка снабжена зубчатыми рейками, сцепляющимися с шестерней 26, насаженной на валу 43 (В, J), который укреплен в стойке 44 и поддерживается кронштейном 28, прикрепленным к кожуху 12. При повороте в ту или другую сторону рычага 46, находящегося на конце вала 43, последний при помощи шестерни 26 опускает или поднимает задвижку 27. Валы 42, 51, 36, 43 и 52 проходят вдоль всей машины и укреплены в стойке 44 и трех поддерживающих стойках 71. Машина получает вращение от двигателя при помощи шкива 70, укрепленного на валу 1 (J), который опирается на подшипники 21.

В. Работа

Для наполнения литейных форм нажимают на себя рычаг 49, который передвигает штангу 51 с крюком 50; последний зацепляет золотник 25. Затем поворотом рычага 45 вращается вал 42, поднимающий

при помощи шестерни 23 ползун 55 вместе с золотником 25, вследствие чего открывается литниковое отверстие 54. Полуоборотом рычага 46 вращается вал 43, который с помощью шестерни 26 поднимает литниковую задвижку 27. Далее при помощи ручного шкива 48 вращают вал 52 с шестерней 30, сцепленной с отростками 29' литейного жолоба, благодаря чему отросток 29' входит в кожух 42 к литниковому отверстию 54 в диске 43, и жидкий металл наполняет пространство между дисками 43 и 47.

После заливки литейный жолоб отодвигается обратно, закрывается золотник 25, из последнего вынимается крюк 50, и литниковая заслонка закрывается. Далее в кожух 42 и в нижнюю часть 47 формы пускается под напором вода, и диск 43 со шпинделем 4 приводятся во вращение, передаваемое последнему от вала 4.

По затвердевании металла вращение диска 43 прекращают и ручным шкивом 47 вращают вал 36, передающий вращение валу 33 с шестерней 37, благодаря чему передвигается сцепленная с ним зубчатая рейка 38 и происходит откидывание на шарнире 62 нижней части 47 формы, причем часть 49, ударясь о выступ 59 кронштейна 32, выбрасывает отлитую сковороду.

Глава девятая

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ОТЛИВОК

§ 47. ЧУГУННЫЕ ТРУБЫ

А. Химический состав

1. Роль отдельных химических элементов. Для качества «центробежного» чугуна кремний является наиболее важным элементом, так как способствует выделению графита. С увеличением содержания кремния уменьшается способность отбеливаться.

Ради сохранения форм температуру плавления не повышают слишком высоко. Регулируя содержание кремния при соответствующем углероде, можно получить эвтектический чугун со свойственной ему низкой температурой плавления.

Марганец производит такое же действие, как и при отливке в песок. Он нейтрализует серу, образуя сульфиды марганца, противодействует выделению графита, делает зерно более мелким и повышает твердость.

Фосфор при содержании в количестве до 0,8% повышает прочность отливки на разрыв и на изгиб. Фокс и Вильсон утверждают, что механические свойства отливки мало ухудшаются, если содержание фосфора не превышает 1,5%. Выше этого предела обнаруживается отрицательное влияние фосфора, резко увеличивающее хрупкость и твердость чугунной отливки. Фосфор способствует процессу центробежной отливки, повышая жидкотекучесть чугуна, а также усиливает выделение графита, так как удлиняет период остывания.

Сера задерживает распадение цементита, способствуя увеличению закалки, и уменьшает растворимость углерода в чугуне. Действие этого элемента противоположно действию кремния. Кроме того она понижает в значительной мере жидкотекучесть чугуна. При повышенном содержании серы наблюдается появление горячих трещин на трубах, отливаемых по способу де Ла во, вследствие увеличения усадки.

При высоком содержании углерода чугун становится мало подвижным и негодным для отливки в охлаждаемые формы. При низком содержании углерода чугун достаточно жидкотекуч, но склонен к отбелке.

2. Центрофугальная сегрегация. В жидком чугуне, залитом в форму в период остывания, под действием центробежной силы происходит перемещение составляющих силала. Это явление можно назвать центрофугальной сегрегацией.

Перемещение отдельных составляющих сплава происходит по всей толщине стены трубы неодинаково.

Кремний распределяется по всей отливке равномерно. Действие центробежной силы может вызвать центрофугальную сегрегацию только веществ, находящихся во взвешенном состоянии в расплавленном металле. На растворенные вещества, как кремний, центробежный процесс отливки не оказывает никакого действия. Сера в чугуне находится в соединении с марганцем и железом в виде MnS и FeS . Эти соединения не растворяются в железе и обладают малым удельным весом. Кроме того сернистый марганец, имея высокую точку плавления, рано выделяется из расплавленного чугуна. Под действием центробежной силы сернистый марганец, имея по отношению ко всей жидкой массе меньший удельный вес, отгоняется ближе к внутренней поверхности трубы. Марганец, не образовавший химического соединения с серой, равномерно распределяется по всему сечению отливки.

Фосфидная эвтектика, в отличие от сернистого марганца, отбрасывается к наружной стороне трубы. Это объясняется ее низкой точкой плавления и большим удельным весом. Точка плавления фосфидной эвтектики по Шютцу (Schütz) — $922^{\circ}C$. Для тройных чистых сплавов Геренс (Goegens) дает точку плавления $950^{\circ}C$. Фосфидная эвтектика в отливке имеет мелкораздробленный характер.

Доэвтектический графит, выделяющийся в чугуне во время остывания, оттесняется вследствие своего малого удельного веса к внутренней поверхности трубы. По Ганнеману (Hannemann) эвтектика соответствует содержанию $C = 4,2 - \frac{Si}{3,3}$; для труб, имеющих например $2,5\%$ кремния, это даст $3,4\%$ углерода. Кроме кремния на сдвиг эвтектической точки влияет и сера, которая также понижает содержание углерода. Таким образом часто чугун в трубах может оказаться заэвтектическим. В этом случае выделяющийся графит действием центробежной силы будет также оттеснен к внутренней поверхности. Содержание углерода в остальной части отливки будет пониженным.

Центрофугальная сегрегация зависит от толщины стенки трубы. У труб с тонкими стенками она незначительна. С увеличением толщины стенки трубы возрастает продолжительность затвердевания, и в таком случае сегрегация увеличивается.¹

В качестве иллюстрации ко всему вышесказанному приводится табл. 8, где показаны химические анализы по толщине стенки одной из труб (диаметр — 300 мм, толщина стенки — 13 мм), отлитой на машине с кокилем, охлаждаемым водой на заводе в Гельзенкирхене, и исследованной Пардуном.

Как видно из табл. 8, кремний довольно равномерно распределен по толщине трубы. У наружной и внутренней сторон трубы он находится в почти одинаковом количестве. Содержание марганца растет от наружной кромки к внутренней. То же самое наблюдается по отношению и к сере. Фосфор в максимальном количестве находится на расстоянии 10—12 мм от внутренней поверхности трубы и располагается под закаленным внешним слоем.

¹ Die Giesserei, 7/III 1930, № 10.

Таблица 8

№ по порядку	Расстояние от внутренней поверхности в мм	Химический анализ						
		Si	Mn	P	S	C общ.	C гр.	C св.
1	2	1,86	0,55	1,01	0,076	3,15	3,05	0,10
2	4	2,31	0,53	1,04	0,082	3,09	2,52	0,57
3	6	2,03	0,47	1,07	0,070	3,06	2,49	0,57
4	8	1,98	0,53	1,06	0,068	3,12	2,53	0,59
5	10	1,91	0,48	1,14	0,050	3,30	2,86	0,49
6	12	1,86	0,48	1,24	0,054	3,34	3,25	0,44
7	наружная корка	1,84	0,47	1,13	0,060	3,24	2,68	0,56

3. Сравнение анализов труб, отливавших различными способами. Химический состав чугуновых труб, отливавших по способу де Лаво, за 10—15 лет промышленного применения претерпел известную эволюцию.

Первоначально пользовались согласно данным Крейтцберга (E. C. Kreutzberg) чугуном, анализ которого помещен для сравнения совместно с анализами чугунов для труб, отливавших различными способами в песок, в табл. 9.

Таблица 9

Способ отливки	Содержание химических элементов в %					
	C общ.	C св.	Si	Mn	P	S
Де Лаво	—	—	2,50	0,60	0,70—0,80	0,06—0,07
В песок (на французском заводе)	3,35	0,45	2,00	0,55	1,10—10,12	0,08
В песок (на американском заводе)	3,70	0,70	1,70	0,65	0,55	0,12
Мак Вэйна	3,65	0,75	1,70	0,35—0,40	0,60	0,08

Как видно, чугун для труб де Лаво имел повышенное содержание кремния. Увеличением количества кремния стремились устранить отбеливание. Некоторые европейские заводы не ограничивались указанной в таблице цифрой и доводили содержание кремния до 3,00%. В дальнейшем однако американские заводы отказались от высококремнистого чугуна. Уменьшение отбеливания не освобождало совсем от необходимости в отжиге. Кроме того, снижение процента кремния удешевляло продукцию, как по причине непосредственного снижения расходов, так и вследствие меньшей порчи кокилей.

Современный химический состав чугуна для труб де Лаво следующий (в процентах):

Собщ.	3,60—3,65	Mn	0,50—0,55
Ссв.	0,50—0,70	P	0,55—0,60
Si	1,75—2,00	S	0,07—0,08

По кремнию он приблизился к чугуну для труб, отливавших в песок. Нижний предел кремния пригоден для труб среднего и большого диа-

метра. Чугун для труб, отливаемых по способу сэнд спон, содержит (в процентах):

Собиц.	3,50—3,65	Mn.	0,60
Ссв.	0,65—0,75	P.	0,50
Si.	1,60—1,70	S.	0,04

Как видно, кремния несколько меньше, чем в трубах де Лаво. Этим желают достигнуть малого выделения графита. Чугун должен иметь более низкую температуру плавления. Жидкотекучесть достигается перегревом до температуры более высокой.

Химический анализ труб Герста-Болла следующий (в процентах):

Собиц.	3,45	Mn.	0,85
Ссв.	0,60	P.	0,75
Si.	2,65	S.	0,09

Повышение содержания кремния необходимо для получения незакаленной трубы в «теплой» форме. Марганец и фосфор увеличивают прочность отливки и сообщают равномерную твердость всему ее поперечному сечению.

Вместе с тем довольно высокое содержание марганца связано с наличием значительного количества серы.

При способе Франки-Грегорины, как промежуточном между способами де Лаво и Герста-Болла, должен применяться и промежуточный химический состав чугуна. Последний содержит (в процентах):

Собиц.	3,25—3,27
Si.	2,70—2,85
Mn.	0,40—0,45
P.	0,75—1,00
S.	0,08—1,00

В чугуне находится обычное количество марганца. Содержание кремния высокое, как и в чугуне для труб Герста-Болла. Высокое количество фосфора, увеличивая жидкотекучесть, отчасти служит для улучшения механических качеств неотжигаемых труб.

В. Структура

На изломе трубы, отлитой по способу де Лаво, заметны три слоя: внешний закаленный, средний и внутренний (рис. 144).

Закаленный слой представляет собою ледебуритную эвтектику, наряду с выделениями первичного цемента для случая заэвтектического содержания углерода или перлита при доэвтектическом содержании углерода.



Рис. 144. Излом трубы, отлитой по способу де Лаво.

На рис. 145 видна структура закаленного слоя (увеличение в 350 раз, протравлено 10% HNO_3), где продолговатые кристаллы цемента расположены нормально к поверхности охлаждающей формы.

Глубина закаленного слоя для труб, имеющих толщину стенки 12,5 мм, колеблется от 1,5 до 5 мм. Обычно при нормальном химическом составе она держится ближе к нижнему пределу.

Средний слой не так быстро охлаждается, как внешний, а поэтому в нем успевает произойти разложение аустенита и дementита. Графит выделяется почти полностью (рис. 146) и в мелкораздробленном виде. Фосфидная эвтектика, как это видно на микроснимке, очень тонка. Структура представлена при увеличении в 100 раз и протравке 10% HNO_3 .

Внутренний слой, как это показано на рис. 147, имеет более грубую структуру (увеличение в 100 раз, протравка 10%). Поле шлифа состоит из графитных образований, окруженных ферритом. Графит значительно грубее и имеет форму розеток. Фосфидная эвтектика довольно мелко распределена по всему слою. По сравнению с графитом чугуна, отлитым в песчаную форму, графит центробежной отливки значительно мельче. (По Парду и у мелкое выделение графита является следствием только скорости охлаждения. Центробежная же сила на величину графитообразования не влияет).



Рис. 145. Закаленный слой.

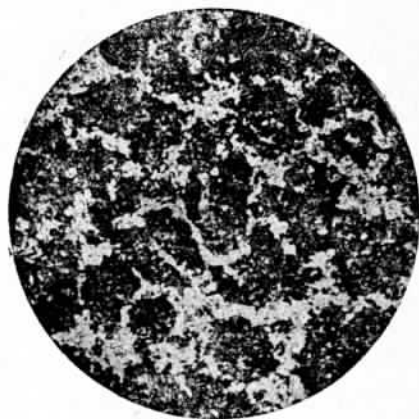


Рис. 146. Средний слой.

Структура закаленного слоя крайне неустойчива и легко поддается термической обработке. Длительность отжига труб рассчитывается так, чтобы произошло полное разложение закаленной корки. После отжига дementит эвтектики распадается с выделением графита, а твердый раствор образует феррито-графитовую структуру (рис. 148) с очень тонким распределением составляющих. При этом графит имеет характер аморфного углерода, как в ковком чугуне. Структура представлена при увеличении в 120 раз и протравке 10% HNO_3 .

Отжиг мало влияет на средний и внутренний слой трубы. Следствием мелкого раздробления графита, распределения фосфидов в тончайшем виде и мелкозернистого строения металла является улучшение большинства механических качеств труб, отлитых по способу де Лаво по сравнению с обычными.

Разница между структурой чугуна, отлитого по способу де Лаво и в песок, видна на рис. 149. Справа помещена микрофотография обычного чугуна, а слева «центробежного». Увеличение для того и другого дано одинаковое — 100. Шлифы травлены 10% HNO_3 .

Микроструктура труб, отлитых по способу сэнд спон, ближе к структуре отлитых в песок, чем к структуре де Лаво.

С. Механические качества

1. Опыты Пардуна. По механическим качествам чугуновых труб имеется ряд работ. Исследования Пардуна относятся к числу самых



Рис. 147. Внутренний слой.

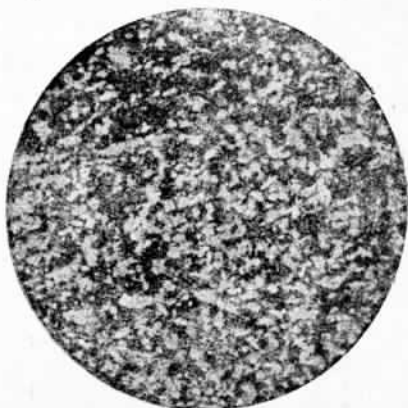


Рис. 148. Структура чугуна после отжига.

ранних. Еще в 1924 г. им на заводе в Гельзенкирхене были испытаны трубы, отлитые на машине с охлаждаемым водой кокилем.¹ Отливка велась при скорости вращения от 244 до 510 об./мин. Температура заливки колебалась от 1190 до 1240° С. Все трубы имели диаметр 300 мм,

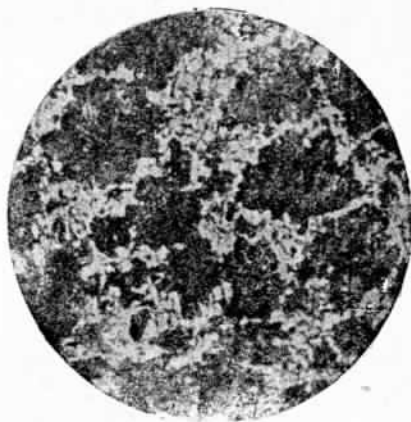
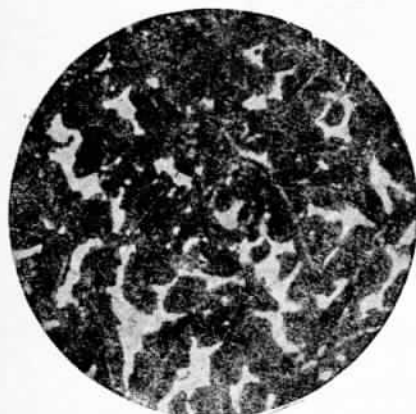


Рис. 149. Структуры центробежного и обычного чугунов.

толщину стенки 13 мм и длину 5 м. Параллельно для сравнения испытывались плиты с радиусом кривизны 150 мм, имевшие такую же толщину, как и трубы, но длину только 1 м.

¹ Stahl und Eisen. 1924, № 31, 35, 40.

№ по порядку	Сопротивление выгибу			Максимальные прогибы			Временное сопротивление разрыву			Сопротивление удару			Твердость		
	мм/см²			мм			кг/см²			кг/см²			по Бринеллю		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	4110	2960	2670	18,1	11,6	24,2	1290	1590	1480	0,61	0,39	0,48	124—240	175—240	155—240
2	4260	3780	2610	19,9	20,8	17,0	1670	1600	2330	0,86	0,43	0,49			
3	—	2370	2210	17,2	10,9	14,5	1990	1390	1230	0,53	0,40	0,46			
4	3020	2330	1920	12,7	9,1	9,4	1980	1410	1400	0,51	0,56	0,48			
5	4060	3530	2530	20,3	14,7	15,7	1800	1770	—	0,89	0,55	0,69			
6	3410	2390	3200	12,6	7,8	14,0	2390	1270	1740	0,65	0,47	0,49			
7	—	2660	—	—	9,6	—	1650	1560	—	0,57	0,37	—			
8	3490	2570	2940	12,8	8,6	14,8	2030	1660	1780	0,55	0,52	0,54			
	%			%			%			%			%		
1	154	111	100	128	82	100	87	107	100	127	81	100	80—100	113—100	100—100
2	163	145	100	117	122	100	120	115	100	175	88	100			
3	—	107	100	119	75	100	162	143	100	115	87	100			
4	157	121	100	135	97	100	141	100	100	106	117	100			
5	160	139	100	129	94	100	—	—	100	129	80	100			
6	106	75	100	90	56	100	137	73	100	133	96	100			
7	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100			
8	119	87	100	87	58	100	114	93	100	102	96	100			
В среднем	143	113	100	115	83	100	127	100	100	127	92	100	90	107	100

Плиты были отлиты в вертикальных песчаных формах. Для испытаний из труб и плит вырезались одинаковые образцы. Результаты испытаний приведены в табл. 10, состоящей из двух частей.

В верхней даны абсолютные значения сопротивления изгибу, прогиб и т. п., а в нижней — значения этих же показателей, отнесенные к результатам, полученным для труб, отлитых в песок, которые приняты за 100%. Графы, отмеченные буквами А, В и С, содержат соответственно данные по отожженным центробежным трубам, таким же не отожженным и отлитым в песок.

Отожженные центробежные трубы по всем показателям превзошли отлитые в песок. Неотожженные показали худшее сопротивление удару и худшие значения прогиба. Однако это несущественно, так как все закаленные трубы на заводах подвергаются отжигу.

Наибольшую твердость имело, понятно, закаленное литье. Порядок убывания твердости от наружной поверхности к внутренней сохранялся и после отжига.

Из результатов опытов следует отметить еще вывод относительно малого влияния температуры отливки на качество металла, а также то, что наилучшие механические качества показали трубы, отлитые при 300—325 об./мин.

В 1928 г. Пардуном были испытаны на изгиб 30 центробежных и 30 обыкновенных волопроводных труб.¹

В табл. 11 приведены средние результаты испытаний по шести группам труб разных диаметров и средние результаты по всем центробежным трубам вместе по отношению к обычным.

Таблица 11

№ по порядку	Трубы, отлитые центробежным способом				Трубы, отлитые в песок			Превосходство центробежных труб в %
	Диаметр в мм Длина в м	Расстояние между опорами в м	Разрушающая нагрузка в кг	Сопротивление изгибу в кг/см ²	Расстояние между опорами в м	Разрушающая нагрузка в кг	Сопротивление изгибу в кг/см ²	
1	96/4	3,5	4840	4480	3,5	3130	2490	79,9
2	100/4	3,5	3330	3640	3,5	2190	2200	65,4
3	125/4	3,5	5925	3990	3,5	3250	1750	128,0
4	150/4	3,5	8030	3690	3,5	4920	2080	77,4
5	200/4	3,8	10400	2520	3,5	5640	1340	99,2
6	250/4	4,5	12370	2520	3,8	11400	1790	40,7
								В среднем 81,8

Сопротивление центробежных труб изгибу оказалось выше сопротивления обычных в среднем на 81,8%. Тем не менее на основании одних только работ Пардуна нельзя сделать окончательных выводов в пользу центробежных труб, так как, во-первых, им было испытано небольшое число труб и определялось весьма ограниченное количество

¹ Z. d. V.D.I., 1928, № 32.

показателей и, во-вторых, испытывались трубы только одного Гельзенкирхенского завода.

2. Работы Фокса и Вильсона. *Общие замечания.* Испытания, произведенные Фоксом и Вильсоном, отличаются от произведенных Пардуном большей систематичностью и обстоятельностью, хотя также коснулись труб только одного завода (Стантонского) и отлитых только по способу де Лаво и в песок.¹ Испытания могут быть разбиты на две группы: испытание труб как таковых и испытание образцов, вырезанных из этих труб.

Цель испытаний первой группы заключалась в определении сопротивления труб нагрузкам, встречающимся в рабочих условиях, как например: гидравлическое давление, внешняя нагрузка и изгибающие усилия, возникающие в результате неправильной укладки или оседания земли. Целью испытаний второй группы было определение временного сопротивления разрыву, сопротивления изгибу, модуля упругости, твердости и т. п.

Испытывались трубы пяти различных размеров, а именно диаметром 4, 6, 8, 10 и 12 дюймов.

Испытано было около 200 труб, причем было сделано 10 000 наблюдений.

Испытание гидравлическим давлением. Испытанию подвергались трубы разных диаметров и толщины, но длиной не больше 12 футов, а также отрезки труб длиной 5 футов. Целью испытания было определение сопротивления разрыву.

Трубы с торцов закрывались чугунными плитами, которые затягивались внешними связями (болтами).

Гидравлическое давление создавалось посредством ручного насоса высокого давления. Численные значения сопротивления разрушению определялись по следующей формуле:

$$K = \frac{R^3 + r^3}{R^3 - r^3} P_{\max}$$

где R — внешний радиус трубы в см,

r — внутренний радиус трубы в см,

$P_{\max}$ — разрывающее гидравлическое давление в кг/см^2 .

В табл. 12 приведены средние результаты испытаний труб и отрезков труб де Лаво.

Таблица 12

Диаметр в дм.	Длина трубы — 12 фут.			Длина отрезка трубы — 5 фут.		
	Средняя толщина в дм.	Разрывающее давление в кг/см^2	Сопротивление разрушению в кг/см^2	Средняя толщина в дм.	Разрывающее давление в кг/см^2	Сопротивление разрушению в кг/см^2
6	0,367	197	2008	0,351	225	2285
8	0,354	175	2095	0,398	199	2270
10	0,427	159	2139	0,444	184	2276
12	0,442	141	2113	0,444	165	2303

¹ The Foundry Trade Journal, 14/1, 21/1 1926, № 491, 492.

Как видно, отрезки оказались более стойкими, чем цельные трубы. Это объясняется тем, что из-за высокого испытательного давления приходилось сильно затягивать болты, вследствие чего в цельных трубах возникали дополнительные напряжения от продольного изгиба, большие, чем у отрезков.

В табл. 13 приведены результаты испытания 5-футовых отрезков труб, отлитых в песок.

Таблица 13

Диаметр в дм.	Средняя тол- щина трубы в дм.	Разрушающее давление в кг/см ²	Сопротивление разрушению в кг/см ²
6	0,424	144	1093
8	0,431	155	1397
10	0,507	144	1508
12	0,545	109	1266

Сравнение данных для отрезков труб, отлитых центробежным способом и в песок, показывает, что сопротивление разрушению у первых на 74% больше, чем у вторых.

Испытание внешним давлением. Это испытание было произведено для выяснения сопротивления труб внешней нагрузке, например давлению при проезде тяжелых автомобилей над местом их расположения в земле.

Образцы для испытания представляли собою отрезки труб длиной в 24 и 12 дюймов. Они сжимались в радиальном направлении посредством особого прибора, приводимого в действие гидравлическим путем. Испыгивались только центробежные трубы. Сопротивление излому вычислялось по формуле

$$K = \frac{6}{2\pi} \frac{P_{\max} (D - s)}{L s^3},$$

где $P_{\max}$ — разрушающая нагрузка в кг,

s — толщина трубы в см,

L — длина отрезка трубы в см,

D — внешний диаметр трубы в см.

Излом происходил по верхней или нижней образующей трубы, так как в этих местах усилие было наибольшим.

Средние результаты испытания труб на излом показаны в табл. 14.

Таблица 14

Диаметр трубы в дм.	Средняя толщина в дм.	Разрушающая нагрузка в вып. т./фут.	Сопротивление излому в кг/см ²
4	0,383	8,56	4260
6	0,379	6,72	3850
8	0,394	5,47	3770
10	0,442	5,78	3680
12	0,441	4,46	3660

Испытание на изгиб. Испытание должно было определить, какие изгибающие усилия могут выдержать трубы, уложенные на грунте или на поддерживающих балках. Трубы испытывались гидравлическим прибором. Труба устанавливалась на двух опорах, отстоявших друг от друга на 10 футов. Форма опор позволяла им плотно прилегать к четверти окружности трубы по длине 1 дюйм. Две равные нагрузки прикладывались в местах, отстоящих друг от друга на 4 фута и расположенных симметрично по отношению к опорам, поддерживающим концы трубы. В точках приложения нагрузок измерялись прогибы и на основании этих измерений вычислялся максимальный прогиб. Модуль упругости вычислялся по формуле:

$$E = \frac{32Pa^3}{3\pi(D^4 - d^4)f} (3L - 4a),$$

где P — нагрузка, равная 25% разрушающей в кг,
 a — расстояние от опоры до точки приложения нагрузки в см,
 L — расстояние между опорами в см,
 D — внешний диаметр трубы в см,
 d — внутренний диаметр трубы в см,
 f — прогиб в точке приложения нагрузки в см.
 Сопротивление изгибу определялось по формуле

$$K = \frac{16P_{\max} Da}{\pi(D^4 - d^4)},$$

где D , d и a уже упомянутые величины,

$P_{\max}$ — разрушающая нагрузка в кг.

Средние результаты испытаний сведены в табл. 15.

Таблица 15

Диаметр трубы в дюм.	Средняя тол- щина трубы в дюм.	Разрушаю- щая нагрузка в кг	Максималь- ный прогиб в дюм	Сопротивле- ние изгибу в кг/см ²	Модуль упругости в кг/см ²
Трубы, отлитые центробежным способом					
4	0,320	6750	5,30	3720	1 220 000
6	0,391	14050	2,85	3210	1 183 000
8	0,381	22800	2,02	2825	1 190 000
10	0,373	35000	2,06	2925	892 000
12	0,437	46600	1,61	2455	794 000
Трубы, отлитые в песок					
4	0,432	3430	3,02	1645	1 012 000
6	0,454	9500	2,45	1930	840000
8	0,513	15200	1,56	1520	784000
10	0,615	34400	1,61	1870	749000
12	0,603	45300	1,34	1800	675000

Для сравнения прогиба центробежного металла с нормальным прогибом обыкновенного чугуна были вырезаны бруски из разных частей труб.

Из каждой части трубы вырезали по два бруска, один шириною в 1, а второй 0,5 дюйма. Толщину брусков оставляли равной толщине трубы.

Бруски при испытании укладывались на две опоры, отстоявшие друг от друга на 1 фут. К брускам прикладывалась одна нагрузка по середине их пролета, постепенно увеличивавшаяся до поломки брусков. При этом измерялись прогибы. Модуль упругости и сопротивление изгибу определялись посредством формул:

$$E = \frac{Pl^3}{4bs^3f} \text{ и } K = \frac{3P_{\max} l}{2bs^3},$$

где P — допустимая нагрузка в кг,
 $P_{\max}$ — разрушающая нагрузка в кг,
 l — расстояние между опорами в см,
 b — ширина бруска в см,
 s — толщина бруска в см,
 f — прогиб в см.

Результаты испытаний брусков даны в табл. 16.

Таблица 16

Диаметр трубы в дм.	Ширина бруска в дм.	Бруски из труб, отлитых центробежным способом		Бруски из труб, отлитых в песок	
		Сопротивле- ние изгибу в кг/см ²	Модуль упругости в кг/см ²	Сопротивле- ние изгибу в кг/см ²	Модуль упругости в кг/см ²
4	1,0	5050	1 115 000	2840	—
	0,5	4800	1 107 000	3050	—
6	1,0	4505	1 130 000	3700	994 600
	0,5	4480	1 122 000	3480	—
8	1,0	4520	1 180 000	2900	915 500
	0,5	4400	1 160 000	3150	—
10	1,0	4100	1 125 000	3230	1 020 000
	0,5	4160	1 095 000	3150	—
12	1,0	4150	1 130 000	2980	1 048 000
	0,5	4080	1 060 000	3190	—
Средние резуль- таты всех ис- пытаний		4425	1 122 400	3170	994 400

Испытание на разрыв. Бруски для испытания на разрыв вырезались из всех труб, над которыми производились опыты. В каждом случае из одного и того же отрезка трубы вырезали два бруска и брали средний результат. Результаты 170 испытаний приведены в табл. 17.

Среднее временное сопротивление разрыву брусков из центробежных труб на 70% превышает сопротивление брусков из труб, отлитых в песок.

Отмечено небольшое повышение сопротивления разрыву у труб, залитых при температуре 1200—1250° С.

Испытание на твердость. Из каждой сломанной центробежной трубы были взяты небольшие части. Твердость их определяли прибором Бринелля, применяя шарики диаметром 10 мм при давлении в 1000 кг. Выдержка

равнялась 15 сек. Средняя твердость, выведенная из приблизительно 2000 опытов, оказалась равной 180.

Таблица 17

Диаметр трубы в дюм.	Временное сопротивление разрыву в кг/см ²	
	Бруски из труб, отлитых центробежным способом	Бруски из труб, отлитых в лесок
4	3140	1665
6	3000	1685
8	2900	1730
10	2840	1835
12	2830	1720
Средние результаты испытаний	2940	1730

3. Труды Тальбота. Исследования Тальбота ценны тем, что в их сферу вошли помимо труб де Лаво также и трубы, отлитые по второму важнейшему способу — сэнд спон. Для сравнения испытывались также трубы Мак Вэйна и отлитые в вертикальных опоках.¹ Всего было испытано свыше 300 труб одинакового диаметра — 150 мм. В табл. 18 приведены относительные результаты испытаний. За 100% приняты результаты, полученные для труб, отлитых в вертикальных опоках.

Таблица 18

Род труб	Сопротивление разрушению при гидравли- ческой пробе	Сопротивле- ние изгибу	Сопротивле- ние удару
Де Лаво	163	130	82
Сэнд спон	138	130	107
Мак Вэйна	124	123	91
Трубы, отлитые в вертикальных опо- ках	100	100	100

Наилучшие показатели по гидравлической пробе дали трубы де Лаво. Сопротивление изгибу у труб де Лаво и сэнд спон оказалось одинаковым и выше, чем у обычных. Наилучшие, но не выдающиеся, результаты при пробе на удар дали трубы сэнд спон и наихудшие де Лаво.

4. Исследования Менефи и Уайта. Окончательные выводы по поводу качества центробежных труб были сделаны Менефи и Уайтом, кото-

¹ The Journal of the American Water, works Association, VII, 1926.

рыше провели ряд испытаний по поручению водопроводной комиссии города Детройта (Water Board of the City of Detroit). Объектами испытаний были 6 и 8-дюймовые водопроводные трубы, отлитые на различных заводах по способу де Лаво, сэнд спон и в песке (по способу Мак Вэйна и в вертикальных опоках).

Для сравнения свойств труб Менсфи и Уайт применили шестибальную систему, согласно которой лучшие механические свойства оценивались шестью баллами, а наихудшие одним баллом. Промежуточные результаты оценивались пропорционально. Особо выделено временное сопротивление разрыву и сопротивление удару. Удельный вес этих свойств усиливали, умножая соответствующие баллы на два.

В табл. 19 показаны результаты отдельных испытаний 6 и 8-дюймовых труб. Кроме того дана общая оценка качества труб, отлитых различными способами.

В отношении сопротивления гидравлическому и внешнему давлению, а также разрыву таблица в общем подтверждает данные Фокса и Вильсона. Подтверждает она также и выводы Фокса и Вильсона и Тальбота по части сопротивления изгибу.

Нет расхождения с Тальботом и по данным об ударной пробе. Показатели Пардуна по этому испытанию надо считать недостаточно точными. Наилучшие средние показатели по этому испытанию, как и у Тальбота, принадлежат трубам, отлитым в песок. Вместе с тем обращает на себя внимание, несмотря на перевес по результатам основных испытаний в пользу центробежных труб, небольшая величина этого перевеса. Объясняется это обстоятельство тем, что благодаря более высокому качеству центробежного металла заводы, выпускающие центробежные трубы, стали делать стенки последних значительно более тонкими, чем у обычных труб. У 8-дюймовых труб де Лаво и сэнд спон, испытанных Менсфи в Уайтом, толщина стенок была например 0,38, а у отлитых в песок — 0,51 дюйма. По этой же причине вес труб де Лаво и сэнд спон на 20—25% ниже веса, отлитых в песок.

Что касается основного вывода исследований, то он совершенно ясен из таблицы: наилучшим качеством обладают трубы, отлитые по способу де Лаво.

§ 48. ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА И ЦИЛИНДРОВЫЕ ГИЛЬЗЫ

А. Втулки для поршневых колец

Химический состав чугунов для поршневых колец авто-тракторных двигателей, отливаемых в песок и центробежным способом, приведен в табл. 20.

Повышением содержания общего углерода в британских центробежных отливках против обычных желают получить меньшее количество связанного углерода. Одновременно для этой же цели повышают и количество кремния, содержание которого зависит от толщины стенки отливки и может повышаться до 2,5%. Поршневые кольца британского стандартного химического состава имеют в виду быстрого охлаждения при отливке равномерно рассеянные частицы графита в основной массе эвтектоидного строения. Такое распределение графита повышает прочность центробежной отливки по сравнению с полученной в песке.

№ по порядку	Род испытания	Трубы диаметром 6 дюймов				Трубы диаметром 8 дюймов			
		отлитые по способу де дэво	отлитые по способу сэнг спон	отлитые в цетон	отлитые по способу де дэво	отлитые по способу сэнг спон	отлитые по способу де дэво	отлитые по способу сэнг спон	отлитые в цетон
1	Испытание внутренним (нравлическим) давлением Сопротивление разрушению в кг/см ² Балл	1910 6,0	1230 1,0	1420 1,7	2395 6,0	1890 2,6	1480 1,0		
2	Испытание внешним давлением Разрушающая нагрузка в англ. т./фут. Балл	9,4 6,0	5,6 1,0	8,6 4,9	7,4 3,1	5,9 1,0	8,8 6,0		
3	Максимальная радиальная дефлексия в мм Балл	3,30 6,0	2,64 2,8	2,06 1,0	5,85 6,0	5,28 4,9	2,59 1,0		
4	Испытание на изгиб Сопротивление изгибу в кг/см ² Балл	5580 6,0	4800 4,2	3020 1,0	4050 6,0	3140 8,0	2260 1,0		
5	Максимальный прогиб в мм Балл	8,90 5,8	8,99 6,0	5,68 1,0	5,33 1,0	8,06 6,0	7,10 4,0		

6	Испытание на разрыв Временное сопротивление разрыву в кг/см ² Балл	2310 6,0 × 2 = 12,0	1710 1,9 × 2 = 3,8	1430 1,0 × 2 = 2,0	2120 4,3 × 2 = 8,6	2380 6,0 × 2 = 12,0	1420 1,0 × 2 = 2,0
7	Ударная проба Сопротивление удару в кг/см ² Балл	* 0,93 2,0 × 2 = 4,0	0,79 1,0 × 2 = 2,0	1,20 6,0 × 2 = 12,0	0,82 1,0 × 2 = 2,0	0,82 1,0 × 2 = 2,0	0,92 6,0 × 2 = 12,0
8	Измерение толщин стенок Отклонение от номиналь- ной толщины в дюймах Отклонение от минималь- ной толщины в ° Балл	0,35 8,40 6,0	0,36 12,50 4,3	0,48 22,80 1,0	0,38 7,80 6,0	0,38 8,94 5,8	0,51 38,60 1,0
9	Взвешивание Соотношение весов труб в % Балл	79,2 4,6	72,6 6,0	100,0 1,0	74,5 4,7	67,2 6,0	100,0 1,0
		56,4	В сред. 49,9		43,4		
			31,1	В сред. 37,2		43,3	
				25,6	В сред. 27,3		29,0

Таблица 20

Род отливки	Химический состав в %					
	C общ.	C св.	Si	Mn	P	S
Втулка, отлитая в песке	не > 3,60	0,55—0,80	не > 1,80	0,60—1,20	не > 1,00	не > 0,12
Центробежная отливка (Британский стандарт М 5004, 1924)	не > 3,90	0,45—0,80	1,80—2,50	0,40—1,20	не > 1,20	не > 0,12
Втулка Карбюраторно-арматурного завода	3,30	—	2,25—2,50	0,40—0,60	0,50—0,60	0,10—0,12

Механические качества поршневых колец одинакового состава, но отлитых обычным и центробежным способами, показаны ниже в табл. 21.

Таблица 21

Химический состав в %	C общ. — 3,5	Si — 1,9—2,0	Mn — 0,5	P — 0,8	S — 0,10
Род отливки	Обычная отливка			Центробежная отливка	
Сопротивление разрыву в кг/см ²	1400—1750			2150—2300	

Отлитые центробежным способом втулки для поршневых колец легко обрабатываются даже при твердости до 250 по Бринеллю. Кроме того они обладают однородной структурой по всему поперечному сечению. Перепад твердости уменьшается. Твердости, взятые как на наружной, так и на внутренней поверхности, почти одинаковы.

Для улучшения свойств поршневых колец делают присадку никеля.

Химический состав втулок поршневых колец при центробежном литье с присадкой никеля следующий (в процентах):

Своб.	3,20—3,35
Mn	0,40—0,50
P	0,20
Ni	0,50
S	0,10—0,20 ¹

Для увеличения прочности и сопротивления износу втулки поршневых колец подвергаются закалке и отпуску.

Такая термическая обработка втулок проводится например на заводе British Piston Ring Company,² как уже отмечалось в главе седьмой, и на Карбюраторно-арматурном заводе в Ленинграде.

В. Гильзы для цилиндров

Согласно Твиггеру на заводе British Piston Ring Co гильзы для цилиндров отливаются как с присадкой хрома и никеля, так и без них.

¹ Н. Н. Рубцов, Шихтовка в литейном деле, 1933, стр. 87.

² Twigger, The Foundry Trade Journal, 7/XII 1933.

Состав гильз без специальных присадок следующий (в процентах):

Собиц.	3,35
Сев.	0,72
Si	1,87
Mn	0,60
P	0,48
S	0,07

Для повышения прочности, твердости и сопротивления износу гильзы подвергаются закалке и отпуску.

На рис. 150 слева показана микрофотография центробежной «сырой» гильзы, а справа закаленной и отпущенной, при увеличении 1000. После



Рис. 150. Структуры «сырой» и термически обработанной гильз.

термической обработки мелкий перлит сырой гильзы перешел в сорбит. Распределение фосфида и графита почти не изменилось.

Средние твердость и прочность гильз до и после термической обработки показаны в табл. 22.

Таблица 22

Механические качества	Род отливки	
	Сырая	Закаленная и отпущенная
Временное сопротивление разрыву в кг/см^2	3000	3400
Твердость по Бринеллю	233	417

Как видно из диаграммы (рис. 151), как сырая, так и закаленная гильзы обладают почти равномерной твердостью по длине. Временное сопротивление разрыву закаленной гильзы изменяется от 3310 до 3450 кг/см².

Твердость гильзы повышается после закалки на 184 единицы по Бриггелю.

Закалка гильзы производится в масле при температуре 830° С, после чего она подвергается отпуску при 350° С в течение 20 мин.

Присадка никеля и хрома в чугун для гильз повышает их твердость и сопротивление изнашиванию, а также способствует устранению твердых мест, затрудняющих механическую обработку.

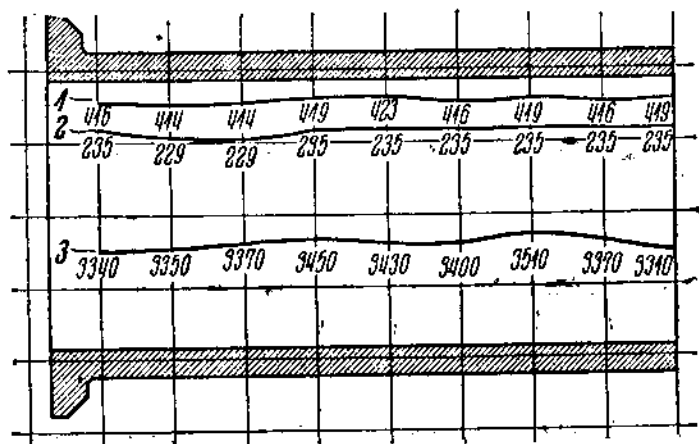


Рис. 151. Механические свойства «сырой» и термически обработанной гильз.

1—твердость по Бриггелю (закал. и отпущ. отл.) 2—твердость по Бриггелю (сыр. отл.); 3—временное сопротивление разрыву закаленной и отпущенной отливки в кг/см².

Химический состав гильз с добавкой никеля и хрома следующий (в процентах):

Собщ.	3,35
Сел.	0,60
Si	2,10
Mn	0,70
P	0,45
Ni	0,50
Cr	0,20
S	0,09

Как видно, гильзы цилиндров не содержат большого количества специальных присадок. Незакаленные они обычно имеют твердость по Бриггелю 220—240. После закалки и отпуска—400—500. При закалке и отпуске гильзы ее сопротивление износу увеличивается приблизительно вдвое.

Если же закаленная и отпущенная гильза работает совместно с поршневыми кольцами, подвергнутыми такой же термической обработке, то изнашиваемость становится еще меньше.

Ленинградский Карбюраторно-арматурный завод применяет для гильз тракторных двигателей чугун следующего состава:

Собщ.	3,30—3,60
Si	2,25—2,50
Mn	0,40—0,60
P	0,30—0,50
S	0,10—0,12

Химический состав является факультативным. Завод может его изменить, так как критерием годности изделий являются их механические качества.

Сопротивление изгибу и разрыву должно быть соответственно не ниже 3200 кг/см^2 и 1800 кг/см^2 . Требуемая твердость по Бринеллю равна 180—230.

Выпускаемые гильзы должны оказывать высокое сопротивление истиранию, гарантирующее максимальный износ не свыше 0,6 мм за 1200 часов работы. Хорошие механические качества, в том числе высокое сопротивление истиранию, достигаются получением равномерной мелкозернистой перлитовой структуры основной металлической массы без выделения свободного феррита и структурно-свободного цементита. Наиболее желательна структура сорбитообразного перлита. Включения фосфидов должны быть в максимально измельченном виде.

Указанный характер структуры определен техническими условиями учреждений, снабжающих авто-тракторный парк запасными частями.

Фактически же завод выпускает гильзы, структура которых состоит из перлита с содержанием феррита до 50%. Твердость их поэтому нередко спускается до 150.

§ 49. СТАЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

А. Орудийные заготовки

Для орудийных заготовок, отливаемых центробежным способом по Диксону (Т. С. Dickson),¹ применяется в настоящее время сталь следующего состава (в процентах):

C	0,35—0,45
Mn	0,60—0,70
Mo	0,30
V	0,05

Некоторые из химических элементов в процессе отливки более или менее склонны к центрофугальной сегрегации. Для определения степени последней был произведен химический анализ тонких цилиндров разных радиусов, вырезанных из заготовок для казенной, средней и дульной частей орудия. Результат анализа представлен на диаграмме (рис. 152), где по оси абсцисс отложено расстояние от оси вращения, а по оси ординат процентное содержание углерода, молибдена и марганца. Содержание углерода увеличивается от наружной к внутренней поверхности отливки от примерно 0,32 до 0,55%. Следует отметить, что в ковше количество углерода было около 0,35%. Сегрегация углерода сказыва-

¹ The Iron Age, 1931, 23, p. 1816.

есть весьма благоприятно на качестве орудия, так как повышает предел пропорциональности у слоев, ближайших к внутренней поверхности. Кроме того увеличивается сопротивление износу.

Количество молибдена растет от наружной к внутренней поверхности, примерно так же, как и углерода. Увеличение количества марганца несколько меньше. Содержание фосфора и серы также возрастает по направлению к полости, но максимальное количество остается в допустимых пределах. Кремний распределяется по всему сечению отливки довольно равномерно. Каммен считает, что при малом интервале между моментами заливки и затвердевания и следовательно малом времени воздействия центробежной силы на жидкую сталь марганец, фосфор и сера не сегрегируют.

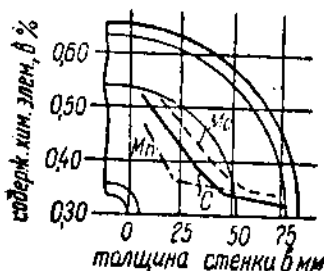


Рис. 152. Распределение химических элементов в орудийной заготовке.

для казенной и дульной частей 75-мм мортиры и такого же калибра гаубицы.

Таблица 25

Место взятия образца	Предел пропорциональности в кг/см ²	Временное сопротивление разрыву в кг/см ²	Удлинение в %	Поперечное сжатие в %	Ударная проба по Шарпи в фуго-фунт.	Термическая обработка
Заготовка 75 мм мортиры						Охлаждение на воздухе от 930°, отжиг при 830°, закалка в воде при 830° и вторичный отжиг при 690.
Казенная часть	4000	5700	28,00	69,80	43,70	
	4000	5800	26,00	67,00	43,40	
Дульная часть . .	4000	5860	15,00	47,40	38,40	
	4060	6060	21,40	45,80	45,80	
Заготовка 75 мм гаубицы						Охлаждение на воздухе от 930°, отжиг при 830°, закалка два раза при 830° и охлаждение в печи от 700°
Казенная часть .	4200	5700	20,50	51,90	38,90	
	4400	5760	20,00	51,90	40,50	
Дульная часть . .	4900	6250	20,70	59,20	32,60	
	4800	6100	24,30	62,00	35,30	

В. Колеса Дэвиса

Химический состав обода колеса (в процентах):

C 0,28—0,35
Mn 1,40—2,00

в диске:

C 0,20
Mn 0,65
Si 0,30—0,35
P + S 0,05—0,07

При большом содержании марганца обод приобретает и большую твердость.

Произведенные профессором Эндальей сравнительные испытания чугунных колес с закаленной поверхностью и колес Дэвиса показали, что реборды последних в три раза прочнее. Их временное сопротивление разрыву оказалось равным 8500 кг/см^2 , а удлинение— 12% на 50 мм расчетной длины.

Колеса Дэвиса, обладающие большой твердостью на ободе, доходящей до 350—375 по Бринеллю, работают дольше, чем чугунные. Вес колес Дэвиса меньше по сравнению с закаленными чугунными. В силу этих причин колеса Дэвиса в эксплуатации обходятся дешевле чугунных, несмотря на более высокую стоимость.

§ 50. Отливки из цветных сплавов

А. Заготовка червячных колес

Для отливки заготовок червячных колес применяется фосфористая бронза следующего химического состава (в процентах):

Sn	10,5—13,0
P	0,1—0,5
Cu	остальное

Такая бронза обладает структурой наиболее подходящей при работе деталей на трение скольжения. В фосфористой бронзе твердые частицы $\alpha + \delta$ -эвтектоида дают сопротивление на износ и твердость, в то время как более мягкая основа «твердого раствора» медь-олово придает упругость. Червячное колесо, отлитое из фосфористой бронзы, во время работы приспособляется к небольшим неровностям в сцеплении или прогибам под нагрузкой. Степень изменения сопротивляемости нагрузкам литых червячных колес зависит от самых незначительных изменений химического состава материала, не говоря уже об изменении способа литья.

Роу (Rowe)¹ сравнивает три способа изготовления бронзовых заготовок: в песок, изложницу и центробежным способом.

Отливки из заготовки внешнего диаметра 350 мм, внутреннего 250 мм и толщиной 65 мм.

Венцы или колеса, отлитые обычным способом в песке, получают благодаря медленному затвердванию неплотными. Снижение температуры заливки сплава до температуры почти близкой к точке затвердевания хотя и увеличивает его плотность, но понижает требуемую жидкотекучесть. В отливках с толстыми стенками плотность металла неравномерна и больше снаружи, чем внутри.

Для улучшения механических качеств заготовок венцов отливка их производилась в формы, где для охлаждения наружной поверхности заготовки вставлялось металлическое кольцо толщиной от 25 до 50 мм. В сущности это была отливка в кокиль. Для образования внутреннего диаметра заготовки вставлялся стержень.

Способ отливки в кокиль с песчаной шипкой улучшает качество изделия, но имеет специфические недостатки. Во-первых, хотя структура

¹ The Foundry Trade Journal, VII 1930 19, 20, pp. 449—450; pp. 469—470.

отливки и получается мелкозернистой, но расположение осей кристаллов получается радиальное, а не разностороннее.

Поэтому сопротивление таких отливок внешним нагрузкам (в особенности удару) не слишком высокое. Кроме того в расплавленной бронзе, соприкасающейся наружной стороной со стенками металлической изложницы и внутренней со вставленной песчаной шинкой, быстро остывают наружные слои. После того, как произошло это быстрое первоначальное остывание, скорость охлаждения значительно понижается благодаря прогреванию изложницы и песка. В результате получается растворение $\alpha + \delta$ -эвтектоида.

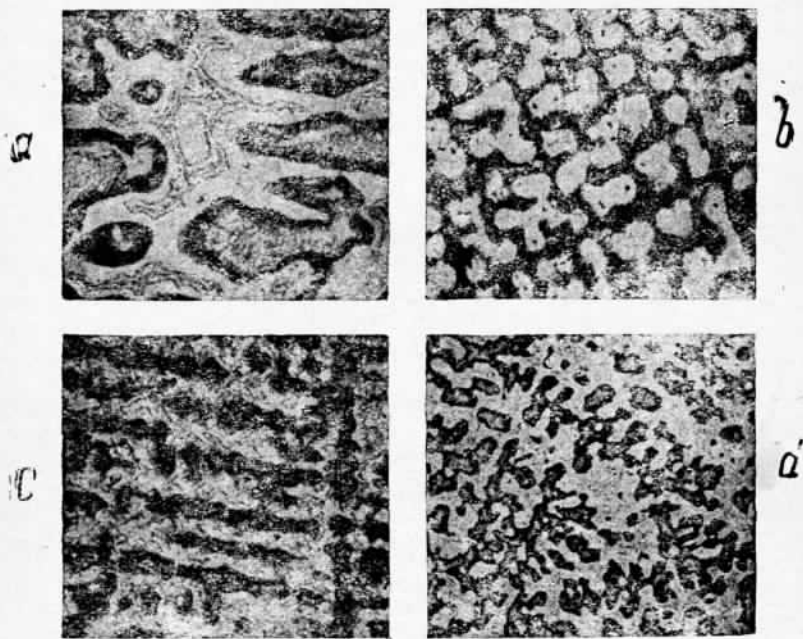


Рис. 153. Структуры бронзы, отлитой различными способами.

Отливка в кокиль хотя и имеет преимущества перед отливкой в песчаные формы в смысле получения большей плотности и твердости, но структура части отливки, подвергающейся максимальному износу, получится хуже. Это объясняется уменьшением при данном способе количества островков твердого, прочного на износ $\alpha + \delta$ -эвтектоида и соответственным затвердеванием маточного раствора, при котором не зафиксирована в некоторой степени необходимая двойная структура.

Другим недостатком отливки бронзовых заготовок в кокиль является разнородность структуры по всему поперечному сечению отливки. Повышенная плотность и прочность наружных частей отливки получается за счет ухудшения этих качеств во внутренней части. Обыкновенная кокильная отливка имеет хорошую плотность и прочность на периферии и слабую и пористую внутреннюю часть.

Заготовка, отлитая центробежным способом, вследствие непрерывного вращательного движения металла в течение всего периода затвердевания обладает мелкозернистой и плотной структурой. Если отливку произ-

вести в неподвижную металлическую форму, то размер зерен хотя и получится мельче, чем в песчаных формах, однако крупнее, чем если бы форма находилась во вращении с соответствующей скоростью. Для лучших антифрикционных качеств заготовок требуется сохранение двойной структуры. Такая структура при центробежном способе литья получается путем подбора соответствующей скорости затвердевания бронзы.

Последняя находится путем регулировки температуры формы, скорости вращения, температуры заливки и продолжительности остывания отливки в форме.

На рис. 153 показаны микрофотографии структур бронзы, отлитой различными способами, при увеличении в 200 раз.

Фотография *a* снята с бронзы, отлитой в песок, *b* — с наружного слоя бронзы, отлитой в кокиль, *c* — с внутреннего слоя и *d* — с бронзы, отлитой центробежным способом.

В табл. 24 дано сравнение механических свойств заготовок, отлитых различными способами.

Таблица 24

Способ отливки	Механические качества				Удельный вес
	Предел текучести в кг/см ²	Временное сопротивление разрыву в кг/см ²	Удлинение при разрыве образца 50 мм в %	Твердость по Бринеллю	
Центробежный	2495	3800	10,0	124	8,89
В кокиль с песчаной шпилькой	2060	2670	2,5	110	8,78
В песок	1390	2180	11,0	86	8,41

В. Бронзовые круги

В главе седьмой было отмечено, что на Кольчугинском заводе отливались центробежным способом бронзовые заготовки на проволоку в виде плоских кругов.

Отливка имела внешний диаметр 395 мм, диаметр внутреннего отверстия 100 мм и толщину 24 мм.

Химический состав заготовок был следующий (в процентах):

Sn	6,00
P	0,35
Cu	остальное.

Большая часть кругов была послана на прокатку, остальные были исследованы на твердость, плотность и микроструктуру.

При этом оказалось, что у кругов, отлитых центробежным способом, во время прокатки никаких дефектов не обнаружилось.

Остальные испытания производились с образцами, вырезанными в двух местах у наружной и внутренней поверхностей круга.

Типичные результаты испытаний на твердость и определение удельных весов приведены в табл. 25.

Как видно, твердость центробежной отливки выше, чем отлитой обычным способом.

Способ отливки	Место взятия образца	Твердость		Удельный вес
		по Бри-неллю	по Шору	
Центробежный	Наружная часть	98	43	9,09
	Внутренняя часть	88	40	8,94
Обычный	—	74	32	8,84

Однако по сечению отливки твердость и плотность распределяются неравномерно. Они увеличиваются к наружной поверхности, в связи с увеличением действия центробежной силы. На рис. 154 показаны слева

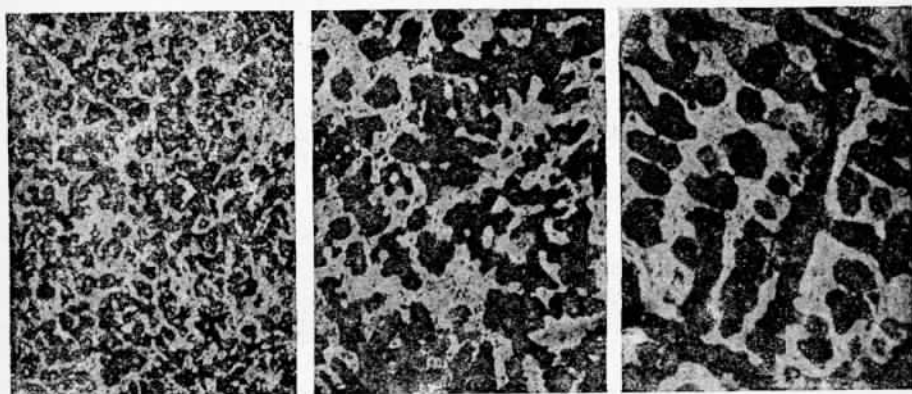


Рис. 154. Структуры центробежной и обычной бронзы.

направо микроструктуры внешнего слоя центробежной заготовки, внутреннего слоя и обычной отлитой в песке (увеличение 100). Структуры носят такой же характер, как и показанные на рис. 153.



Рис. 155. Макроструктура оловянной бронзы.

Произведенное макроскопическое исследование образцов, протравленных реактивом Гейна, показало наличие параболических линий, расположенных в радиальном направлении (рис. 155).

Б. Ф. Рукин объясняет это явление особенностями условий застывания металла в узкой форме под действием центробежной силы.

Характеристики механических свойств готовой проволоки, как отожженной, так и наклепанной приведены в табл. 26.

Таблица 26

№ заготовки	Температура заливки в °C	Число оборотов в мин.	Диаметр проволоки в мм.	Временное сопротивление разрыву в кг/см ²		Удлинение в %		Примечание
				отожженной проволоки	наклепанной проволоки	отожженной проволоки	наклепанной проволоки	
1	1250	940	0,89	5400	10 900	52,0	0,5	Образцы наклепаны на 54%
2	1150	940	0,89	5160	10 900	52,0	0,5	
3	1250	675	0,89	4760	10 900	50,0	0,0	
4	1150	675	0,89	4760	10 700	57,0	0,0	

Таким образом из результатов механических испытаний видно, что при меньшей скорости вращения и низшей температуре заливки проволоки, полученная из заготовок, отлитых центробежным способом, имеет относительно пониженные качества.

С. Втулки

Относительно качества отлитых центробежным способом втулок из алюминиевой бронзы некоторые указания дает Герст.¹ Им были испытаны втулки, содержавшие от 10,41 до 11,90% алюминия, являвшиеся заготовками для клапанных вставок двигателей внутреннего горения. Механические характеристики этих втулок приведены в табл. 27.

Таблица 27

Содержание алюминия в %	Модуль упругости в кг/см ²	Твердость по Бринеллю
10,41	818 290	271
10,77	741 665	274
11,10	731 120	291
11,90	868 202	293

Микроструктура указанных сплавов иллюстрируется рис. 156 при увеличении в 100 раз. Снимки *a*, *b*, *c*, и *d* даны в том же порядке, в каком механические характеристики приведены в табл. 27 сверху вниз.

Втулки-заготовки отливаются центробежным способом и из более сложных по химическому составу алюминиевых бронз. Герст приводит три состава: (табл. 28):

¹ The Metal Industry, 15/1 1932.

Элемент	Содержание в сплаве в %		
Cu	81,27	89,95—84,00	88,25—88,00
Al	8,37	9,00—10,00	9,75—10,50
Ni	—	1,00— 3,00	1,00— 1,50
Fe	6,50	0,05— 3,00	—
Mn	3,81	—	—
Si	0,025	—	—
P	0,025	—	—

Из этих бронз первая показала следующие механические качества: твердость — 153 единицы по Бринеллю, модуль упругости — 1 090 000 кг/см².

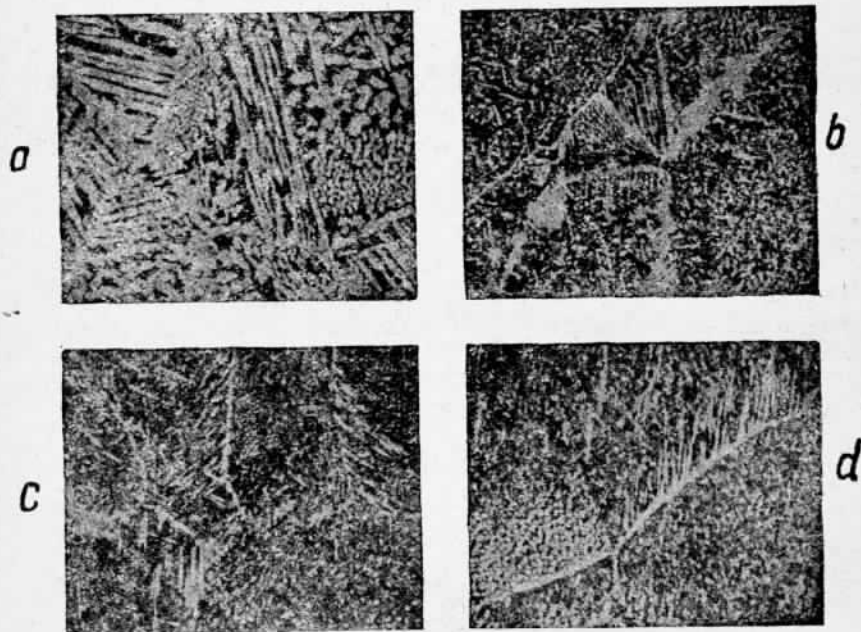


Рис. 156. Микроструктуры алюминиевых бронз.

Микроструктура бронзы при увеличении 100 показана на рис. 157. Для целей авиамоторостроения применяется бронза, содержащая (в процентах):

Al	9,00—11,00	Pb	0,25
Fe	3,50— 5,00	P	0,01
Mn	1,50	Cu	остальное
Zn	0,25		

Временное сопротивление этой бронзы ≥ 6000 кг/см², удлинение — 10%, твердость по Бринеллю — 150.

В США в большом масштабе для седальниц водяных и паровых клапанов применяется сплав следующего химического состава (в процентах):

Ni 2,0—2,5
Cu остальное

Для этой же цели, а также для некоторых других, пригоден монель-металл—сплав, содержащий кроме меди не менее 60% никеля и небольшое количество марганца и железа. Примерный состав монель-металла (в процентах):

Cu 28
Ni 67
Fe + Mn 5

Заготовки из него великолепно отливается на центробежной машине, отличаются мелкозернистым строением и следующими механическими качествами:

Временное сопротивление разрыву . . . 3 940—5 500 кг/см^2
Удлинение на 50 мм 25%
Твердость по Бринеллю 140—160

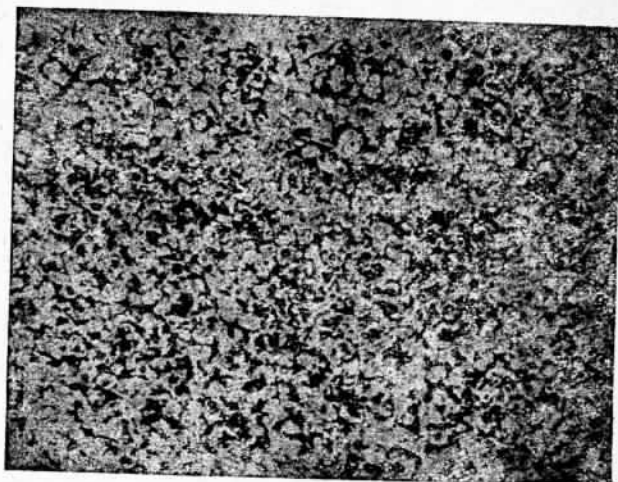


Рис. 157. Микроструктура алюминиевой бронзы, содержащей Fe, Mn, Si и P.

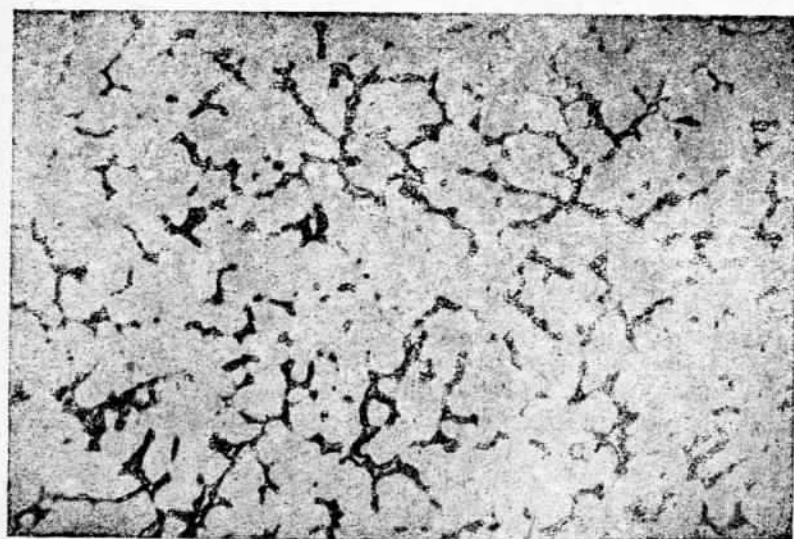


Рис. 158. Микроструктура монель-металла.

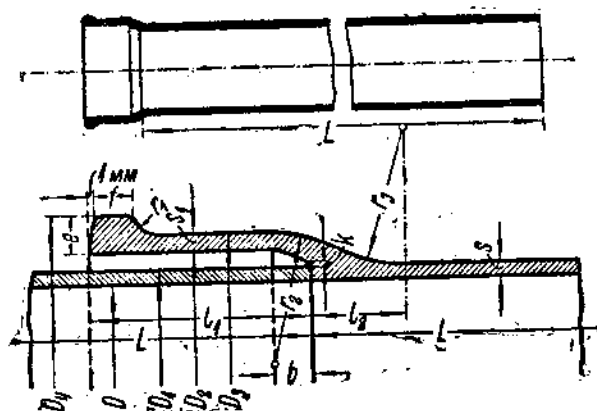
Прибавление небольшого количества кремния сообщает сплаву, отлитому центробежным способом, исключительные качества, что можно видеть из табл. 29.

Таблица 29

Добавка кремния в %	Временное сопротивление разрыву в кг/см ²	Предел текучести в кг/см ²	Удлинение в %	Твердость по Бринеллю
2,75	6870	5810	3 (на 1,5 дм.)	207
3,09	7870	7820	8 (на 4 ")	—

Микроструктура монель-металла, содержащего кремний, при увеличении 100 показана на рис. 158.

СССР Совет труда и обороны Всесоюзный комитет по стандартизации	Общесоюзный стандарт	ОСТ 4781
	Трубы чугунные сливные (канализационные) Сортамент	
		Металл



Пример обозначения трубы чугунной сливной внутр. диам. 75 мм:

ТРУБА Ч. С. 75 ОСТ 4781

мм

Размеры трубы				Размеры раструба														Вес трубы кг ≈
D	s	D ₁	L	l ₁	b	D ₂	s ₁	D ₃	e	f	D ₄	l ₂	k	r ₁	r ₂	r ₃		
50	4	58	2000	60	12	70	5	80	10	13	90	25	2	6	40	30	12,4	
75	4	83	2000	65	12	95	5	105	11	14	117	28	2	7	40	38	18,8	
100	4,5	109	2000	70	12	121	5,5	132	12	14	145	30	2	8	42	44	24,5	
(125)	5	135	2000	75	15	149	6	161	12	15	173	30	2	8	42	47	32,1	
(150)	5	160	2000	75	15	174	6	186	13	15	200	30	2	8	42	48	40,8	

Размеры, помеченные скобками, по возможности не применять.

Технические условия — см. ОСТ 4782

Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 23 марта 1932 г. как обязательный с 1 января 1933 г.

СССР Совет труда и обороны Всесоюзный комитет по стандартизации	Общесоюзный стандарт	ОСТ 4782
	Трубы чугунные сливные (канализационные) Технические условия	Металл

А. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

1. Трубы сливные и фасонные части к ним должны отливаться из мягкого чугуна, легко поддающегося обработке напильником или ножовкой; в изломе чугуна должен быть однородный, плотный и мелкозернистый.

2. Поверхность труб и фасонных частей снаружи и внутри должна быть чистой и ровной, без плев, раковин, пузырей, свищей и других дефектов, влияющих на прочность труб. Допускаются в отдельных местах труб и фасонных частей углубления и раковины, если наибольший их размер не превышает двойной толщины стенки и если уменьшение толщины стенки в этих местах не превышает 15% нормальной толщины.

Примечание. Допускается заварка раковин, трещин и других пороков поверхности с зачисткой и заливкой места заварки; заварка может производиться также и расплавленным чугуном; при этом соединение наплавленного чугуна со стенками труб и фасонных частей должно быть настолько прочным, чтобы при обстукивании молотком не обнаружилось никаких признаков отслоения металла.

3. Трубы должны быть прямыми. Допускается искривление труб не более чем на 10 мм на длине 2000 мм.

4. Размеры труб и фасонных частей должны соответствовать ОСТ 4781, 4783—4799.

Допускаются следующие отклонения:

По толщине стенок труб и фасонных частей	$\pm 15\%$
По длине труб и фасонных частей	$\pm 1\%$
По весу труб предел уменьшения веса не устанавливается, предел увеличения	$+ 10\%$
По весу фасонных частей предел уменьшения веса не устанавливается, предел увеличения	$+ 12\%$
По внутр. диам. раструба и наружному диам. гладкого конца труб и фасонных частей: при внутр. диам. 50 мм—75 мм	$\pm 2 \text{ мм}$
По внутр. диам. раструба и наружному диам. гладкого конца труб и фасонных частей: при внутр. диам. 100 мм—150 мм	$\pm 2,5 \text{ »}$

Разность в толщине стенок труб и фасонных частей в одном сечении не должна превышать 15% номинальной толщины.

5. Трубы и фасонные части должны асфальтироваться в нагретом до 100—150°С состоянии.

Поверхность асфальтированных труб и фасонных частей должна быть гладкая и блестящая. Асфальтировка не должна быть липкой, не должна растворяться в воде, не должна отслаиваться и отскакивать при пробе ударами стального молотка весом около 0,5 кг.

Примечание. Отпадение асфальтировки местами без обнаружения металлической поверхности не служит признаком непрочности асфальтировки.

Б. МАРКИРОВКА

На каждой трубе и фасонной части на наружной поверхности раструба должна быть отлита выпуклыми знаками марка или условный номер завода.

В. РЕКЛАМАЦИЯ

1. На каждую партию сдаваемых труб завод-изготовитель обязан выдавать сертификат, удостоверяющий соответствие труб и фасонных частей требованиям настоящего стандарта.

2. Потребитель имеет право в случае несоответствия труб и фасонных частей требованиям стандарта предъявлять рекламацию. Сроки предъявления рекламации, вызов представителя поставщика, отбор проб для проверки и т. д. регулируются договорами.

Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 23 марта 1932 г. как обязательный с 1 января 1933 г.

Настоящий стандарт распространяется на чугунные трубы и фасонные части водопродоводов с рабочим давлением не выше 10 кг/см².

А. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

1. Материал.

Чугунные водопродоводные трубы и фасонные части должны отливаться из мягкого чугуна, легко поддающегося обработке режущим инструментом. В изломе чугуна должен быть однородный, плотный и мелкозернистый.

2. Внешний вид.

Поверхность труб и фасонных частей снаружи и внутри должна быть чистой и гладкой, без швов и следов формы, без плен, раковин, королек, шлаковых включений, трещин и других дефектов, влияющих на прочность.

Допускаются на обточенных фланцах, раструбах и на стенках труб и фасонов раковины, не превышающие нижеследующих размеров:

Для труб диам.	50—150 мм	—	глубина 3 мм, наиб. измерен.	10 мм
» » »	200—450 »	—	4 » » »	15 »
» » »	500—800 »	—	5 » » »	20 »
» » »	900—1200 »	—	6 » » »	25 »

Примечания. 1. Все поверхностные дефекты, не влияющие на прочность труб и фасонов, как то: пригар песку, не уменьшающий толщины стенок труб, местное выпучивание чугуна от слабости набивки и т. д., не должны служить причиной забракования труб и фасонов.

2. Для труб и фасонов диам. 400—1200 мм в случае обнаружения более глубоких или скрытых раковин допускается сквозное просверливание и ввинчивание пробки из красной меди на трубной резьбе с расклепкой их концов и с гидравлическим испытанием, повышенным на 25%, причем наибольший диаметр пробки должен быть не более толщины стенки трубы (фасона) или фланца, и количество пробок должно быть не более трех.

Может быть допущена и заварка таких раковин, имеющих первоначальный размер не более толщины стенок.

3. Мусор и пригар песку в раструбе допускается толщиной не более 1 мм.

3. Форма и размеры.

а) Форма и размеры труб и фасонных частей должны отвечать ОСТ 4943—4955.

Примечание. При приемке труб и фасонов асфальтированных толщина слоя асфальтировки принимается во внимание (размеры по ОСТ 4943—4955 показаны для труб и фасонов до асфальтировки).

б) У фланцевых труб и фасонов оси болтовых отверстий, расположенных в противолежащих фланцах ствола, должны составлять одну прямую линию. Отверстия для болтов должны быть сверленные.

в) Трубы должны быть прямые.

Допускается искривление труб в следующих пределах:

При длине	2000 мм		до 10 мм
» »	2000—4000 мм		» 12 »
» »	5000 мм		» 15 »

4. Допускаемые отклонения по длине.

По длине труб допускаются отклонения от установленных стандартами размеров.

При длине	3000 мм		± 10 мм
» »	3 50 »		± 15 »
» »	4000 »		± 20 »
» »	5000 »		± 25 »

Примечание. Допускается до 5% труб каждого размера укороченных не более чем на 25% установленной стандартом длины.

Для раструбных фасонных частей допускаются отклонения по длине от установленных стандартами $\pm 2\%$.

5. Допускаемые отклонения по толщине стенки.

а) Допускается в отдельных местах труб и фасонных частей уменьшение толщины стенок не более чем на 20% установленной стандартами толщины при условии, что число таких ослабленных мест на трубе не более 3, а на фасонной части — не более 2; при этом размеры ослабленных мест и расстояния между ними должны быть в следующих пределах:

Диаметр труб	Наибольшее измерение ослабленного места	Наименьшее расстояние между ослабленными местами
50 — 150 мм	2 диаметра трубы	2 диаметра трубы
200 — 450 »	1 диаметр трубы	1 1/2 диаметра трубы
500 — 1200 »	Радиус трубы	1 диаметр трубы

Для фасонных частей наибольшее измерение ослабленного места не должно превышать диаметра отвода или отростка и во всяком случае не должно быть больше 200 мм.

6) По всей длине труб и фасонных частей допускается уменьшение толщины стенки, измеряемой в самом тонком месте сечения, не более чем на 10% установленной стандартами толщины.

6. Допускаемые отклонения по диаметрам.

а) Для внутренних и наружных диаметров труб и фасонных частей и для внутренних диаметров раструбов допускаются отклонения от установленных стандартами размеров:

$$\pm (2 \text{ мм} + 0,1 \sqrt{D})$$

где D — соответствующий диаметр в миллиметрах.

6) Для наружных диаметров раструбов и фланцев отклонения в сторону уменьшения допускаются такие же, как для внутренних диаметров (см. п. 6а); в сторону увеличения допускаемые отклонения не нормируются.

7. Допускаемые отклонения по весу.

Для труб отклонения по весу допускаются $\pm 5\%$.

» фасонных частей отклонения по весу допускаются $\pm 10\%$.

Примечание. Вес каждой трубы и фасонной части может проверяться до или после асфальтировки.

8. Гидравлическое испытание.

Трубы и фасонные части должны выдерживать без признаков течи испытания гидравлическим давлением согласно нижеследующей таблице:

	Пробное давление кг/см ²	Продолжительность испытания (минуты)
Трубы диам. 50—150 мм	30	2
» » 200—300 »	25	2
» » 325—500 »	20	2
» » свыше 500 »	20	3
Фасонные части всех размеров	15	2

Примечания: 1. При гидравлическом испытании изделия должны подвергаться легким ударам стального молотка весом около 0,75 кг.

2. Слабое потение и выступание отдельных капель на свежеотлитых и неасфальтированных изделиях допускается.

9. Асфальтировка

Трубы и фасонные части могут поставляться заводами в зависимости от условий заказа в черном или асфальтированном виде. Асфальтировка должна быть прочной, иметь гладкий и блестящий вид, не должна быть липкой и не должна растворяться в воде. Асфальтировка не должна отпадать при пробе легкими ударами стального молотка весом около 0,5 кг; однако отпадение асфальтировки местами без обнаружения металлической поверхности не служит признаком непрочности асфальтировки.

Б. ПРАВИЛА ПРИЕМКИ

1. Завод-изготовитель обязан выдавать на каждую выпускаемую партию труб сертификат, удостоверяющий соответствие труб требованиям настоящего стандарта.

Наружному осмотру, проверке размеров и веса и гидравлическому испытанию завод должен подвергнуть все выпускаемые трубы.

Примечание. Не требуется составление сертификатов в тех случаях, когда на выпускаемые трубы выдаются акты технической годности:

1) инспекторами Высшей государственной инспекции промышленной продукции (ВГИК), производящими техническую приемку труб в обязательном порядке по номенклатуре, утвержденной ВГИК;

2) представителями заказчиков, принимающих трубы на основании правительственных распоряжений или по особому соглашению с ВГИК.

2. Предъявляемые к технической приемке трубы и фасонные части должны быть рассортированы средствами завода, и соответствие их требованиям стандарта по обмеру, внешнему виду и качеству должно быть удостоверено органом внутризаводского контроля.

3. Наружному осмотру и обмеру подвергается до 10% труб, по выбору приемщика. При неудовлетворительности результатов наружного осмотра и обмера трубы и фасонные части могут быть пересортированы и вновь предъявлены к приемке. Допускается и вторичная пересортировка, после чего при обнаружении труб, не удовлетворяющих требованиям настоящего стандарта в отношении внешнего вида и размеров, трубы бракуются.

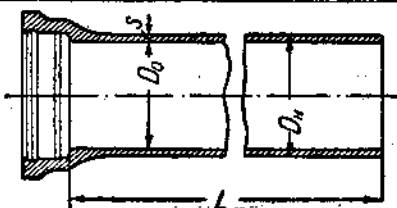
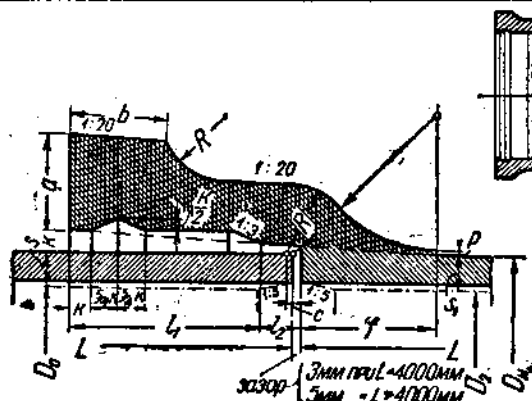
4. Взвешиванию и гидравлическому испытанию подвергается не более 1% предъявленных к приемке труб, по выбору приемщика.

5. При неудовлетворительности результатов взвешивания или гидравлического испытания предъявленная к приемке партия может быть пересортирована и вновь предъявлена к приемке; в этом случае взвешиванию и гидравлическому испытанию подвергается 2% труб и фасонных частей. В случае вторичной неудовлетворительности результатов взвешивания и гидравлического испытания партия бракуется.

Примечание. С согласия приемщика приемке могут быть подвергнуты все предъявленные трубы; в этом случае бракуются не удовлетворяющие требованиям стандарта отдельные трубы, которые разбиваются на месте во время приемки.

В. МАРКИРОВКА

На каждой трубе и фасонной части в расстоянии 100 мм от перехода прямой трубы или фасона в раструб или фланец должно быть отлито выпуклое клеймо завода-изготовителя и год отливки. По соглашению с заказчиком может быть отлито и клеймо заказчика.



Пример обозначения
чугунной водопровод-
ной раструбной трубы
с внутр. диам. 400 мм:

ЧВР 400 ОСТ 4943

М.М.

D_0	s	D_n	a	b	c	t	k	l_1	l_2	p	R	Фасон. части		L	Вес кг	
												s_1	D_s		раструба на черт. обознач. шрифтом	всё трубы
50	7,5	65	28	31	3	35	8	65	10	1	21	9	47	2000	4,22	23,9
75	8	91	29	32	3	40	8	65	10	1	22	10	71	3000	5,78	31,2
100	8,5	117	30	33	5	40	8	65	15	1	23	10	97	3000	7,72	70,7
125	9	143	31	33	5	45	8	65	15	1	23	11	121	3000	9,34	91,8
150	9,5	169	33	34	5	45	8	70	15	1	24	11	147	3000	11,9	115
200	10,5	221	35	35	5	50	8	70	15	1	25	13	195	4000	16,2	218
250	11,5	273	38	36	5	50	8	75	15	1	26	14	245	4000	21,7	296
300	12,5	325	40	38	6	55	8	75	20	1,5	28	15	295	4000	29,1	385
350	13	376	43	39	6	60	10	80	20	1,5	31	16	344	4000	38,3	468
400	14	428	45	40	6	65	10	80	20	1,5	32	17	394	4000	46,0	574
450	15	480	48	41	6	70	10	85	20	1,5	33	18	444	4000	56,3	692
500	16	532	50	43	6	75	10	85	20	1,5	34	19	494	5000	66,0	1006
600	18	636	55	45	6	80	10	90	25	2	36	22	592	5000	91,4	1358
700	21	742	60	48	7	85	10	95	25	2	40	25	692	5000	124	1818
800	24	848	65	50	7	90	12	100	30	2,5	44	29	790	5000	165	2417
900	27	954	70	53	8	100	12	105	30	2,5	48	32	890	5000	214	3764
1000	30	1 060	75	55	8	110	12	110	35	2,5	52	36	988	5000	275	3794
1200	35	1 270	85	60	8	120	12	120	35	3	58	42	1186	5000	405	5328

1. Технические условия — см. ОСТ 4941.

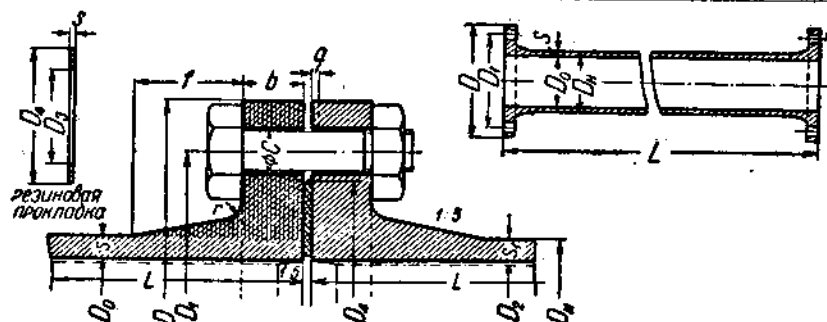
2. У фасонных частей уступа (см. размер p) при переходе ствола в раструб не делать.

3. Толщина стенок фасонных частей (s_1) больше толщины стенок труб (s). Утолщение стенок делается за счет уменьшения внутр. диам., как показано на чертеже условным пунктиром (размер D_n).

4. Соблюдение длины L обязательны лишь для реконструируемых и новых заводов.

Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 14 мая 1932 г. как обязательный с 1 августа 1932 г. для новых заводов и с 1 июля 1933 г. для действующих заводов.

СССР Совет труда и обороны	Общесоюзный стандарт	ОСТ 4944
Всесоюзный комитет по стандартизации	Трубы чугунные водопроводные Трубы фланцевые	Металл



Пример обозначения чугунной водопроводной фланцевой трубы с внутр. диам. 200 мм:

ЧВФ 200 ОСТ 4944
мм

D ₀	s	D _н	b	f	r	Болты		c	D	D ₁	Фасов. части		Резина		L	Вес	
						число	диам.				s ₁	D ₂	D ₃	D ₄		фланца (на черт. условн.)	всей трубы
50	7,5	65	20	38	5	4	5/8"	18	165	125	9	47	54	120	2000	2,66	25,0
75	8	91	22	43	6	4	5/8"	18	200	160	10	71	80	138	3000	4,23	53,8
100	8,5	117	22	43	6	8	5/8"	18	220	180	10	97	105	158	3000	4,56	72,1
125	9	143	24	43	6	8	5/8"	18	250	210	11	121	130	188	3000	6,04	94,5
150	9,5	169	24	43	6	8	5/8"	22	285	240	11	147	156	212	3000	7,43	118
200	10,5	221	26	45	8	8	5/8"	22	340	295	13	195	206	268	3000	10,4	172
250	11,5	273	28	45	8	12	5/8"	22	395	350	14	245	256	320	3000	13,4	232
300	12,5	325	28	45	8	12	5/8"	22	445	400	15	295	306	370	3000	15,4	298
350		376	30	50	8	16	5/8"	23	505	460	16	344	356	430		20,4	
400		428	32	50	10	16	5/8"	25	565	515	17	394	406	480		25,6	
450		480	32	50	10	20	5/8"	25	615	565	18	444	456	530		27,6	
500		532	34	50	10	20	5/8"	25	670	620	19	494	506	585		32,9	
600		636	36	55	10	20	1"	30	780	725	22	592	606	685		42,7	
700		742	40	55	10	24	1"	30	895	840	25	692	710	800		57,4	
800		848	44	60	12	24	1 1/8"	34	1015	950	29	790	810	905		78,4	
900		954	46	65	12	28	1 1/8"	34	1115	1050	32	890	910	1005		90	
1000		1060	50	70	12	28	1 1/8"	37	1230	1160	36	988	1010	1110		112	
1200		1270	56	70	15	32	1 1/8"	43	1455	1380	42	1186	1210	1330		157	

1. Технические условия — см. ОСТ 4941.

2. Болтовые отверстия располагаются так, чтобы их не было на вертикальной линии, проходящей через центр фланца.

3. Толщина стенок фасонных частей (s₁) больше толщины стенок труб (s). Утолщение стенок делается за счет уменьшения внутр. диам., как показано на черт. условным пунктиром (размер D₂).

4. Разрешается выполнять фланцы с выступами, как показано на черт. пунктиром (см. ОСТ 746).

Утвержден Всесоюзным комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 14 мая 1932 г. как обязательный с 1 августа 1932 г. для новых заводов и с 1 июля 1933 г. для действующих заводов.

СПИСОК ВАЖНЕЙШИХ СТАТЕЙ И КНИГ ПО ЦЕНТРОБЕЖНОМУ ЛЬТЮ, ПОЯВИВШИХСЯ С 1920 ПО 1984 г.

1920—1923 гг.

1. Влияние центробежной отливки на структуру чугуна и бронзы. (Engineering, 1921, March 18, стр. 311—312.)
2. Burgess, G. K. — Испытания центробежных стальных отливок. Tests of centrifugally cast steel. (Iron Age, 1921, vol. 107, March 24, стр. 764—766.)
3. Cammen, L. — Центробежная отливка стальных слитков. Casting steel ingots centrifugally. (Iron Age, 1922, vol. 110, Dec. 7, стр. 1494—1496.)
4. Cammen, L. — Центробежное литье. Centrifugal casting. (Chemical and Metallurgical Engineering, 1922, vol. 26, стр. 354—358; Trans. Am. Soc. Mech. Eng. 1922, vol. 44, стр. 261—297; Amer. Foundrymen's Association, Adv. Copy, 1923, стр. 1—13.)
5. Cammen, L. — Центробежная отливка хромистой стали. Chromium alloy steel cast centrifugally. (Iron Age, 1922, Sept. 14, vol. 110, стр. 655.)
6. Cammen, L. — Развитие и практическое применение центробежного литья. Entstehung und praktische Ausbildung des Schleudergussverfahren. (Stahl u. Eisen, 1923, № 30, стр. 978—979.)
7. Cammen, L. — Производство центробежных отливок. Making centrifugal castings. (Foundry, 1922, vol. 50, стр. 460—465.)
8. Irresberger, C. — Массовое производство высококачественных поршневых колец. (Stahl u. Eisen, Bd. 42, 1922, стр. 84.)
9. Ester, H. — Производство центробежных отливок в Англии. English make centrifugal castings. (Foundry, 1922, vol. 50, стр. 217—222.)
10. Hurst, J. E. — Центробежное литье. Centrifugal castings. (Journal of the West of Scotland Iron and Steel Institute, Section, 1921—1922, vol. 29, стр. 38—48.)
11. Hurst, F. E. — Центробежное литье. La coulée centrifuge. (La Fonderie Moderne, 1922, Dec., стр. 347—349.)
12. Hurst. — Центробежное литье. Centrifugal casting. (Foundry Trade Journal, 1921, vol. 23, May 5, стр. 400—401.)
13. Illies, H. — Центробежное литье. Schleudergussverfahren. (Giesserei Zeitung, 1922, vol. 19, Sept. 5, стр. 507—509.)
14. Josten, L. J. — Центробежная отливка 14" и 16" медно-никелевых поясков для снарядов. Manufacture of 14 in. and 16 in. cupro-nickel, rotating projectile bands by centrifugal casting machine process. (Proc. U. S. Naval Inst., 1921, 47, стр. 29—37.)
15. Josten, L. J. — Отливка цветных металлов во вращающихся формах. Non-ferrous castings in spinning moulds. (Iron Age, 1921, vol. 107, стр. 1289—1292.)
16. Kreutzberg, E. C. — Центробежная отливка чугунных труб по способу де Лаво. Cast iron pipe centrifugally. (Foundry, 1923, vol. 51, Sept. 15, стр. 727—731; Iron Trade Review, 1923, vol. 73, Sept. 27, стр. 871—875.)
17. Lilienberg, N. — Центробежное литье. Centrifugal casting. (Blast Furnace and Steel Plant, 1922, July, vol. 10, стр. 375—379.)
18. Mc Conway. — Центробежное стальное литье. Centrifugally cast steel. (J. of Iron and Steel Inst., 1922, vol. CVI, № 2, стр. 249—251.)
19. Rahtbone, A. — Центробежная отливка поршневых колец. Herstellung von Kolbenringen nach dem Schleudergussverfahren. (Stahl u. Eisen, 1923, № 30, стр. 978.)
20. Tegan, G. — Центробежная отливка различных изделий. Special products made centrifugally. (Iron Age, 1923, vol. 111, Febr. 1, стр. 337—338.)
21. Испытание стали, отлитой центробежным способом. Test of centrifugally cast steel. (Bureau of Standards, 1921, Technical Paper, № 129.)

22. Williams, G. — Машины для центробежной отливки. Rotary casting machines. (Proceedings of the Institution of British Foundrymen, 1919/1920, стр. 227—244; Foundry Trade J-I, 1920, vol. 22, May, стр. 345—352.)

23. Wood, R. F. — Математические расчеты. Control of centrifugal casting by calculation. (Machinery, 1922, vol. 19, стр. 424—425.)

1924—1926 гг.

24. Binney, R. L., Torbille, N. J. — Центробежная отливка полых изделий. Centrifugal casting of hollow pieces. (Foundry, 1924, vol. 52, № 9, стр. 340—343.)

25. Саммен, Л. — Центробежное литье. Centrifugal casting. (Trans. Amer. Found. Assoc., 1924, vol. 31, стр. 111—122.)

26. Саммен, Л. — Центробежная отливка труб в горячих формах. Centrifugal tube casting in hot moulds. (Trans. Amer. Found. Association, 1926, vol. 34, стр. 157—162; Amer. Found. Association, preprint № 36, Sept.-Oct. 1926.)

27. Центробежная отливка труб. Centrifugal cast pipe. (Iron Age, 1924, vol. 114, Dec. 25, стр. 1674.)

28. Центробежная отливка труб на заводе Stanton Iron Works Co. Centrifugally cast pipes at the works of the Stanton Iron Works Company. (Iron and Coal Trades Review, 1926, vol. 112, March, 19, стр. 479—482.)

29. Центробежная отливка труб по способу де Ласо. Centrifugal cast iron pipe. (West Constr. News, 1926, vol. 1, № 20, Oct. 25, стр. 61—63.)

30. Центробежное литье. Centrifugal casting. (English Mechanics, 1926, vol. 123, стр. 217—218, 229.)

31. Новый способ центробежной отливки труб в формах с песчаной футеровкой. Centrifugal pipe by a new process. (Iron Age, 1924, vol. 113, June 5, стр. 1661.)

32. Трубы, отлитые центробежным способом в футерованных формах. Centrifugal pipe from sand moulds. (Iron Age, 1926, vol. 117, Apr. 15, стр. 1055—1060; Foundry Trade J-I, 1926, July 15, vol. 34, стр. 45—52; Foundry, 1926, vol. 54, May 1, стр. 351—353, 363.)

33. Центробежная отливка цилиндрических гильз. (Automobile Engineer, 1926, Aug., vol. 16, стр. 298.)

34. Derulle, C. — Машина для центробежной отливки чугунных труб. Note sur une machine à couler les tuyaux en moules métalliques par centrifugation. (Fonderie Moderne, 1926, vol. 20, VII, стр. 138—140.)

35. Doat, P. — Новый способ производства чугунных труб. Un nouveau procédé de fabrication des tuyaux de fonte. (Revue Universelle des Mines, 1925, vol. 6, № 6, стр. 306—312.)

36. Fischer, R. — Нововведения в области центробежного литья. Neuerungen auf dem Gebiete des Schleudergusses. (Giesserei Zeitung, 1926, vol. 23, Dec. 1, стр. 643—653.)

37. Fitzpatrick, C. J. — Отливка червячных колес. Worm-wheel castings. (Automobile Eng. 1926, vol. 16, стр. 500.)

38. Fox, E. J. and Wilson, P. H. — Современные способы центробежной отливки труб. Modern methods of pipe manufacture by the centrifugal process. (Iron and Coal Trades Review, 1924, vol. 19, Aug. 29, стр. 344—346.)

39. Fox, E. J. and Wilson, P. H. — Принципы центробежного литья в применении к производству чугунных труб. The principles of centrifugal casting as applied to the manufacture of spun iron pipe. (Foundry Tr. J-I, 1926, vol. 33, Jan. 14, стр. 23—26.)

40. Hurtgen, P. J. — Опыт применения чугунных труб, отлитых центробежным способом. (J-I of the Am. Water Works Ass. 1926, vol. 16, № 3, Sept., стр. 373—386.)

41. Hurst, J. E. — Центробежная отливка труб большого диаметра. Large diameter centrifugal pipe. (Iron Age, 1925, vol. 115, № 24, June 11, стр. 1704—1706.)

42. Hurst, J. E. — О центробежном литье и в частности о способе Герста-Болла. Notes on the centrifugal process with special reference to the Hurst-Ball process. (Foundry Trade J-I, 1925, vol. 32, Oct. 29, стр. 361—365, Nov. 5, стр. 381—384.)

43. Hurst, J. E. — Развитие процесса центробежного литья в Великобритании и Европе. Some notes on centrifugal casting process in Great Britain and Europe. (Trans. Amer. Found. Association, 1926, vol. 34, стр. 163—176; Metal Ind., London, 1926, vol. 29, стр. 319—321, 345; Foundry Trade J-I, 1926, vol. 34, стр. 290—292.)

44. Irresberger, C. — Современное состояние центробежного литья. Der gegenwärtige Stand des Schleudergusses. (Giesserei Zeitung, 1924, Bd. 21, № 18, Sept. 15, стр. 397—402.)

45. Irresberger, C. — Центробежная отливка сливных и водопроводных труб. Schleudergussverfahren zur Erzeugung von Druck- und Ablaufrohren (Stahl u. Eisen, 1926, Bd. 46, Dec. 5, стр. 1707—1711.)
 46. Kreuzberg, E. C. — Отливка труб на востоке. Opens pipe foundry in East (Iron Trade Review, 1926, vol. 79, Sept. 16, стр. 724—726; Sept. 23, стр. 779—781.)
 47. Центробежная отливка труб. Making pipe centrifugal process. (Iron Trade Review, 1926, vol. 78, Apr. 15, стр. 999—1002.)
 48. Moldenke, Richard. — Производство чугунных труб на юге США. Manufacture of cast iron pipe in the south of the United States.
 49. Новые способы центробежной отливки. Neue Schleudergussverfahren. (Metallbörse, 1924, vol. 14, стр. 1956—1957, 2006.)
 50. Pardon, Carl. — Производство чугунных труб центробежным способом. Die Herstellung von gusseisernen Röhren nach dem Schleuderverfahren. (Gießerei, 1925, Bd. 12, № 46, стр. 893—895.)
 51. Pardon, C. — Усовершенствования в области центробежного литья. Neuerungen auf dem Gebiete des Schleudergusses (Stahl u. Eisen, 1925, Bd. 45, Juli 9, p. 1178—1180.)
 52. Pardon, Carl. — О научных основах центробежного литья. Ueber die wissenschaftlichen Grundlagen des Schleudergusses. (Stahl u. Eisen, 1924, № 31, 35, 40.)
 53. Pardon, C. — Усовершенствования в центробежном литье. Innovations in centrifugal casting. (Foundry Trade J.-I., 1925, vol. 32, № 471, Aug. 27, стр. 175—176.)
 54. Pardon, Carl. — Научные обоснования центробежного литья. The scientific bases of centrifugal casting. (Foundry Trade J.-I., 1924, vol. 30, Oct. 2, стр. 295—296.)
 55. Центробежная отливка труб большого диаметра. The centrifugal casting of large diameter pipe. (Engineer, 1925, vol. 139, № 3615, Apr. 10, стр. 416.)
 56. Нессельштраус Г. З. — О центробежном литье металлов. (Технология металлов, литейное производство, статьи, материалы под редакцией Е. Е. Фарафонова, 1926, стр. 135—153.)
- 1927—1928 гг.
57. Центробежное литье на зав. Neuton. Chambers a. Co., Ltd. A notable foundry. (Iron and Steel Industry, 1928, vol. 2, Dec. стр. 69—71.)
 58. Anacker, M. — Новый способ производства чугунных труб. Ein neues Verfahren zur Herstellung gusseiserner Röhren. (Schweizerische Bauzeitung, 1927, № 21, Mai 21, стр. 280—284.)
 59. Anacker, M. — Новые способы производства чугунных труб. Nuevo procedimiento para la fabrication de tubos de hierro fundido. (Ingenieria y Construcion, 1928, vol. 6, № 62, Febr., стр. 78—91.)
 60. Anacker, M. — Центробежная отливка труб. Schleudergussrohren der L. v. Rollschen Eisenwerke. (Schweiz., Verband f. Materialprüfungen der Technik, 1928, № 12, стр. 3—16.)
 61. Avey, D. — Центробежная отливка труб. (The Foundry, 1926, vol. 54, Dec. 15, стр. 972—977, 1927, vol. 55, № 1, стр. 5—11.)
 62. Отливка труб по способу Бриде. Briede process of pipe casting. (Iron and Steel Industry, 1928, vol. 2, № 2, November, стр. 52.)
 63. Buchanan, D. M. — Свойства чугунных труб, отлитых центробежным способом в песчаные формы. The manufacture and characteristics of cast iron pipe made centrifugally in sand moulds. (Engin. J.-I., 1929, vol. 12, № 1, стр. 13—15, discussion № 6, стр. 399—400.)
 64. Sammen, L. — Центробежная отливка стали. Centrifugal casting of steel. (Blast Furnace a. Steel Plant, 1927, vol. 15, стр. 125—128; Trans. of the Am. Soc. of Steel Treating, 1927, v. 11, № 6, стр. 915—949, discussion, 950—958.)
 65. Capron, L. D. — Центробежное литье. Centrifugal casting processes. (Am. Iron and St. Inst., Adv. paper, 1927, May 20, стр. 19; Year Book Amer. Iron a. St. Inst., 1927, стр. 69—78; The Foundry, 1927, vol. 56, July, стр. 564—568; Iron Trade Rev., 1927, vol. 80, № 23, стр. 1472—1474; Bl. Furnace a. St. Plant, 1927, vol. 15, № 8, Aug., стр. 371—381.)
 66. Dissher, R. J. — Современные способы производства чугунных труб. Modern practice in cast iron pipe manufacture. (J.-I. of the Amer. Water Works Association, 1928, vol. 20, стр. 4, стр. 487—495.)

67. Dwyer, P. — Отливка труб в чугунные формы с песчаной футеровкой. Spine pipe in iron moulds lined with sand. (Foundry, 1928, vol. 56, № 4, Febr. 15, стр. 121—131, 156.)
68. Производство полосовой стали по способу Каммена. Flat steel from Cammen centrifugally cast bars. (Iron Age, 1927, vol. 120, № 16, стр. 1100.)
69. Fox, E. J. a. Wilson, P. — Центробежная отливка чугунных труб. The centrifugal casting of iron pipes. (Iron and Steel Industry, London, 1929, vol. 2, Febr., № 5, стр. 147—150.)
70. Franchi. — Центробежная отливка длинных труб (по методу автора). Cast long pipe centrifugally. (Foundry, 1929, vol. 57, № 17, стр. 757—760.)
71. Guerrini, G. — Усовершенствованный способ центробежной отливки труб в формах, футерованных сырым песком. Improved process for casting pipe centrifugally in green sand moulds. (Foundry, 1928, vol. 56, № 20, Oct. 15, стр. 832—835.)
72. Hurst, J. E. — Центробежная отливка труб большого диаметра. Cast large pipe centrifugally. (The Foundry, 1927, vol. 55, № 16, Aug. 15, стр. 649—653.)
73. Hurst, J. E. — Центробежная отливка деталей для дизелей. Centrifugal castings for diesel engines. (Diesel Engine Users Ass. Paper, 1927, Nov. 25, стр. 20.)
74. Hurst J. E. — Части дизелей, отлитые центробежным способом. Pièces moulées par centrifugation pour machines Diesel. (Rev. de Fonderie Moderne, 1928, vol. 22, May 25, стр. 193—198.)
75. Koester, H. — Результаты испытаний труб, отлитых центробежным способом. (Gas u. Wasserfach, 1928, Vol. 71, № 17, Apr. 28, стр. 391—393.)
76. Kreutzberg, E. C. — Производство труб центробежным способом. Cast pipe centrifugally. (Foundry, 1927, vol. 55, Jan. 15, стр. 49—54.)
77. Ladouce, J. — Центробежное литье. La coulée centrifuge (Arts et Métiers, 1929, vol. 82, Apr., стр. 121—131.)
78. McKenzie, J. T. — Центробежная отливка труб в футерованных формах. Fabrication des tuyaux de fonte en moules de sable centrifuges. (Revue de Métallurgie, 1929, стр. 144—146.)
79. McKenzie, J. T. — Центробежная отливка чугунных труб в футерованных формах. Cast iron pipe centrifugally made in sand moulds. (Iron and Steel Ind., 1927, Adv. paper, Oct. 25; Iron Age, 1927, vol. 120, № 19, стр. 1302.)
80. Menefee, F. N., White, A. E. — Исследование труб, отлитых центробежным способом. A study of the centrifugally cast pipe versus sand cast pipe. (Am. Society for Testing Materials, 1928, preprint № 38; Univ. Mich. Dept. of Eng. Research., reprint № 4.)
81. Mertens, J. — Новая установка для центробежной отливки труб по способу Мура-Вуда. Neue Giessereianlage für Schleudergussrohre nach dem Verfahren Moore-Wood. (Giesserei Zeitung, 1929, Bd. 26, № 3, Febr. 1, стр. 83—87.)
82. Центробежная отливка труб в формах с песчаной футеровкой. Now cast pipe centrifugally in sand molds. (Can. Foundryman, 1929, vol. 20, № 3, March, стр. 11—15.)
83. Paine, R. — Центробежное литье корпусов снарядов. Centrifugal casting. (Army Ordnance, 1929, vol. 10, № 56, Sept-Oct., стр. 117—124.)
84. Pardon, C. — Центробежная отливка труб. Die Herstellung von Rohren nach dem Schleuderverfahren. (Z. d. V. D. I., 1928, Bd. 72, Aug. 11, № 32, стр. 1113—1117.)
85. Pardon, C. — Центробежная отливка труб. The manufacture of steel pipes by the centrifugal process. (Engin. Progress, 1928, vol. 9, № 11, стр. 305—309.)
86. Центробежная отливка полых цилиндрических тел с малым, по сравнению с длиной, диаметром. Perfectionnements apportés aux moules par creux, fabrication par la force centrifuge des corps creux cylindriques dont le diamètre est petit par rapport à la longueur. (La Revue de Fonderie Moderne, 1928, vol. 22, Mars 25, стр. 106—108.)
87. Possenti et Scorza. — Центробежная отливка чугуна. Centrifugation de la fonte. (Revue de Métallurgie, 1929, vol. 26, Febr., № 2 стр. 90—92.)
88. Quincy, L. — Исследование центробежных отливок. (Revue de Métallurgie, 1927, vol. 25, July, стр. 405—410.)
89. Ross, M. — Центробежная отливка труб на заводе L. v. Roll. Schleudergussrohren der L. v. Roll'schen Eisenwerke. (Schweiz. Verband f. Materialprüfungen der Technik, № 12, 1928, Juli, стр. 17—30.)
90. Simon, N. — Центробежное литье. Das Schleudergussverfahren. (Z. f. Metallkunde, 1929, B. f. 21, Sept. № 9, стр. 302—309.)

91. Леевский М. И. — Центробежная отливка чугуновых водопроводных труб. (Металлург, 1929, № 2 (14), стр. 259—278, № 3 (15), стр. 476—488.)

1930—1931 гг.

92. Центробежная отливка труб в Америке. Amerikanische Schleudergussrohrgenerzeugung. (Giesserei Zeitung, 1930, № 11, стр. 317.)

93. Новый цех для центробежной отливки по способу санд спон. A new sand spun pipe plant. (Engineer, 1931, vol. 152, № 3950, стр. 322.)

94. Brown, W. A. — Центробежная отливка труб по способу санд спон. Sand spun pipe. (J-l of the Am. Water Works Ass. 1931, vol. 23, № 4, стр. 551—560.)

95. Geiger, C. — Руководство по чугунному и стальному литью. (Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei, 1931, Band 4, стр. 425—431.)

96. Clark, S. B. — Центробежная отливка труб. Casting pipe centrifugally. (Amer. Machinist, 1931, v. 127, № 18, стр. 1426—1431.)

97. Clark S. B. — Последние достижения способа де Лаво. Late development in the de Lavaud process. (Iron Age, 1931, vol. 127, № 18, стр. 1426—1431.)

98. Центробежный способ литья. Casting by the centrifugal method. (Commercial Motor, London, 1930, vol. 51, № 1311, стр. 390—391.)

99. Центробежная отливка цилиндрических гильз. Centrifugally cast iron cylinder liners. (Motor Transport, 1930, vol. 50, № 1318, June 16, стр. 718—719; Mechanical Engineering, 1930, vol. 52, № 10, стр. 921—922.)

100. Центробежное литье для артиллерии. Centrifugal casting make excellent artillery. (Metal Progress, 1930, vol. 17, Sept., стр. 38—39.)

101. Crowell, J. F. — Центробежная отливка крупных изделий на Нью-Йоркской морской верфи. (Iron Age, 1930, vol. 126, № 15, Oct. 9, стр. 994—996, 1047.)

102. Dickson, T. C. — Центробежная отливка орудий из легированной стали. Alloy steel guns cast centrifugally with mounts of welded parts. (Iron Age, 1930, vol. 121, № 21, стр. 1521—1522.)

103. Dickson, T. C. — Отливка орудий центробежным способом. Casting guns by the centrifugal process. (The Iron Age, 1931, vol. 127, № 23, June 4, стр. 1816—1818.)

104. Dickson, T. C. — Холодная обработка и центробежная отливка стальных труб. Cold working and centrifugal casting of steel tubes. (Cleveland Engineering, 1930, vol. 12, № 52, стр. 3, 7, 12.)

105. Dwyer, P. — Центробежная отливка труб по способу санд спон. Cast pipe centrifugally in sand moulds. (Foundry, 1930, vol. 58, July 13, стр. 98—102.)

106. Dwyer, P. — Отливка труб длиной 18 футов. Cast pipe centrifugally in 18 feet length. (Foundry, 1930, vol. 58, Aug 1, № 15, стр. 104—109.)

107. Dwyer, P. — Машины, производящие ежедневно до 10 милл. труб. Machines spin 10 milles of cast pipe daily. (Foundry, 1930, vol. 58, № 10, стр. 75—80.)

108. Успехи в центробежной отливке чугуновых труб. Fortschritte bei der Erzeugung gusseiserner Röhren nach dem Schleudergussverfahren. (Z. f. die gesamte Giessereipraxis, 1931, Bd. 52, Sept. 13, № 37, стр. 310—311.)

109. Hurst, J. E. — Химический состав и механические свойства центробежных отливок. Chemical composition and mechanical properties of centrifugal castings. (Metallurgia, 1930, vol. 2, March, № 7, стр. 13—16, № 7, June, стр. 44—56. 58.)

110. Hurst, J. E. — О скорости вращения в процессе центробежного литья. The speed of rotation in the centrifugal casting process. (Foundry Trade J-l, 1931, vol. 45, стр. 145—147.)

111. Knox, J. D. — Центробежная отливка стальных болванок. Steel billets are cast centrifugally. (Iron Trade Review, 1930, vol. 86, Jan., стр. 58—60.)

112. Moxley, S. D. — Новый завод для центробежной отливки труб. New monocast centrifugal pipe plant. (Am. Soc. Mech. Eng., Adv. paper, 1931, Apr., стр. 20—23.)

113. Центробежная отливка орудийных заготовок в Watertown Arsenal. Nach dem Schleudergussverfahren hergestellte Geschützrohre. (Die Röhren Industrie, 1931.)

114. Pardon, C. — Центробежная отливка орудийных заготовок. Die Herstellung von Geschützröhren durch Schleuderguss. (Stahl u. Eisen, 1931, Bd. 51, H. 48, стр. 1479—1480; Trans. of the A. S. of S. T., 1930, vol. 18, стр. 212—240.)

115. Производство труб по способу санд спон. Sand spun pipe foundry of Staveley Coal and Iron Co. (Foundry Trade J-l, 1931, vol. 45, № 780, стр. 71—73, № 781, стр. 83—85; Water and Water Eng., 1931, vol. 33, № 393, стр. 425—428.)

116. Schwarz, M. u. Vath, A. — Металлографические исследования центробежного чугуна. Der Schleuderguss und seine metallkundliche Untersuchung. (Die Giesserei, 1930, Bd. 17, № 8, стр. 117—132, № 9, стр. 204—208, № 10, стр. 230—234, № 11, стр. 253—259.)

117. Производство чугунных труб по способу сэнд спон. Sand spun cast iron pipes. (Water & Water Eng. 1930, vol. 32, № 382, стр. 472—474.)

118. Центробежная машина фирмы Craven. The Craven centrifugal casting machine. (Foundry Trade J., 1931, vol. 45, № 779, стр. 51; Metal Ind., London, 1931, vol. 39, № 4, July 24, стр. 83—84; Machinery London, 1931, vol. 88, № 992, стр. 607—908.)

119. Twigger, T. R. — Некоторые новейшие достижения в области отливки чугунных автомобильных деталей. Some recent developments in automobile cast iron. (The Foundry Trade Journal, 17/XII, 1931, стр. 375—378.)

120. Производство труб по способу сэнд спон. The manufacture of sand spun pipes. (Engineering, 1931, vol. 132, 3419, стр. 93—98, 108; Engineer, vol. 152, № 3950, стр. 322; Iron & Coal Tr. Rev., vol. 123, № 3308, стр. 111—115.)

121. Oubridge, W. A. — Отливка поршневых колец. (Autom. Ind., v. 64, 1931, стр. 1831.)

1932—1934 гг.

122. Allan, J. B. — Производство труб по способу сэнд спон. Manufacture of sand spun pipes. (Foundry Trade J., 1932, vol. 46, № 822, стр. 303—304, 309, disc № 823, стр. 324, 332.)

123. Ardelt, Robert. — Комбинированная установка системы Ардельта для формовки и центробежного литья. Das vereinigte Aufstampf- und Schleudergussverfahren System Ardelt. (Die Giesserei, 1933, H. 516, стр. 48—50.)

124. Beach, W. a. Bremer. — Центробежная заливка чугуном тормозных барабанов. Iron lined brake drums are cast centrifugally. (The Foundry, 1932, vol. 60, № 5, стр. 30—33, 35, № 6, стр. 40—42, 86, № 7, стр. 26—29; Steel, vol. 90, № 11, стр. 31—34.)

125. Becker, G. — Опыты центробежной отливки нежелезных металлов. Praktische Erfahrungen bei der Herstellung von Schleuderguss aus nicht-Eisen Metallen. (Z. f. d. gesamte Giessereipraxis, 1932, № 29/30, стр. 291—294, № 31/32, стр. 311—312.)

126. Центробежная отливка труб. (The Metallurgist, 1933, Febr., стр. 3—4.)

127. Центробежная отливка труб по способу сэнд спон. Coulée centrifuge au sable pour fabrication des tuyaux. (Revue de Fonderie Moderne, 1932, 10/VII, стр. 226—228.)

128. Hurst, J. E. — Влияние центробежной отливки на размер зерен металла. Effect of centrifugal casting on grain size of metals. (Metal Industry, London, 1932, vol. 40, № 18, стр. 467—469.)

129. Hurst, J. E. — Процесс центробежного литья в применении к нежелезным металлам и сплавам. The centrifugal casting process as applied to non-ferrous metals and alloys. (The Metal Industry, 15/I 1932.)

130. Центробежная машина фирмы Craven. Machine à couler centrifuge Craven. (La Revue de Fonderie Moderne, 1932, vol. 26, стр. 34—35.)

131. Производство цилиндровых втулок. Making cylinder liners (Automob. Eng., 1932, № 292, стр. 160—174.)

132. Центробежная заливка тормозных барабанов. Manufacture of centrifugally cast brake drums. (Mechanical Engineering, 1932, Oct., vol. 51, № 10, стр. 724.)

133. Центробежная отливка втулок для поршневых колец. La coulée centrifuge pour shéisses et masselottes de segments. (La Revue de Fonderie Moderne, 25/I 1934, стр. 21—23.)

134. Moxley, S. D. — Удаление пыли в цехах, работающих по способу сэнд спон. Recover dust in sand spun plant. (The Foundry, 1932, vol. 60, № 9, стр. 26—27.)

135. Saran, Walt. — Балансирование форм центробежных машин. Die Auswuchtung der Rohrformen für Schleudergießmaschinen. (Die Giesserei, 1932, vol. 19, № 43/44, стр. 434—437.)

136. Twigger, T. R. — Производство и применение центробежных отливок. The manufacture and application of centrifugal castings. (The Foundry Trade Journal, 7/XII 1933, стр. 321—323.)

137. Try-Chalans. — Центробежная заливка чугуном стальных тормозных барабанов. Tambours des freins en acier doublé de fonte centrifugée. (La Revue de Fonderie Moderne, 1932, Oct. 10, стр. 376—378.)

138. Барников В. — Новые методы производства артиллерийских систем в США. (Техника и Вооружение, 1933, № 7, стр. 44—53.)
139. Воронин Г. Н. — Литейное дело, ч. II, 1933; стр. 99—107.
140. Евангулов М. Г. — Литейное дело, § 148—155.
141. Рубцов Н. Н. — Механизация литейного дела, 1931, гл. XII, стр. 179—199.
142. Рудин Я. — Пути развития снарядного производства. Центробежное литье снарядов. (Техника и Вооружение, 1933, № 7, стр. 53—58.)
143. Рукян Б. Ф. — Исследование центробежной отливки фосфористой бронзы. (Металлург, № 2, 1932, стр. 79—86.)
144. Кролевец Н. — Центробежное литье металлов. (Рабочий Metallurg, 1933, № 5, стр. 42—48.)
145. Лесневский М. Д. — Современные способы производства чугунных водопроводных труб. (Сов. Metallургия, 1932, № 9/10, стр. 652—670.)

ОСНОВНЫЕ ГЕРМАНСКИЕ ПАТЕНТЫ ПО ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОТЛИВКЕ ЗА ПЕРИОД 1933 — I-й КВАРТАЛ 1935 г.¹

1. Фирма Sand-Spun, Устройство для извлечения отлитых труб из форм с песочной футеровкой, № 571865.
2. Фирма Ver. Stahlwerke, Способ центробежной отливки труб, № 573023.
3. Фирма Ver. Stahlwerke, Восстановление изношенных кокилей, № 573344.
4. D. S. De Lavaud, Способ изготовления полых тел, № 574026.
5. Фирма Ver. Stahlwerke, Жолоб для центробежной отливки труб, № 574194.
6. Pardun, Способ центробежной отливки с наружной нарезкой, № 579812.
7. Lambert, Центробежная отливка труб с малым внутренним диаметром, № 582407.
8. Фирма Ver. Stahlwerke, Охлаждаемый водою кокиль для центробежно-литейных машин, № 578960 и дополн. 587071 и 587072.
9. Фирма Sand-Spun, Кривошипный привод для опрокидного ковша центробежной машины, № 588904.
10. Фирма Buderusche Eisenwerke, Способ и устройство для регулирования веса отливаемых центробежным способом труб, № 595151.
11. Фирма Ver. Stahlwerke, Способ устранения отбелки труб при центробежной отливке в кокилях (содержит критику предложений), № 597602.
12. Breilborg, Центробежная отливка труб с одновременной подачей металла по всей длине кокиля, № 598782.
13. Фирма Demag, Форма для центробежной отливки слитков, № 600204.
14. Фирма Deutsche Eisenwerke, Центробежная отливка труб с поверхностью, устойчивой против коррозии слоем, № 610284.
15. Фирма Dugafor, Центробежнолитейная машина, № 599322.
16. Фирма Hundt u. Weber, Центробежная отливка полых тел с открытой или закрытой полостью, № 585362 и доп. 589350.
17. Фирма Ijuesta, Центробежная машина с центральной подачей металла, № 596841.
18. R. Ardelt, Установка для центробежной отливки труб, № 611320.

¹ Фотокопии указанных здесь патентов, равно как и упоминаемых в тексте книги, могут быть выписываемы из Бюро новизны Комитета по изобретениям — Ленинград, Пр. 25 Октября, № 44.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА I. Сущность, элементы теории и область применения.

1.	Общие сведения	3
2.	Вращение расплавленного металла около вертикальной оси	4
3.	Вращение расплавленного металла около наклонной оси	11
4.	Вращение расплавленного металла около горизонтальной оси	14
5.	Добавочные факторы, влияющие на скорость вращения	19
6.	Область применения	21

ГЛАВА II. Исторический очерк.

7.	Первый патент	22
8.	Развитие отливки пустотелых цилиндрических изделий	22
9.	Данные о развитии отливки беспузыристых болванок и плит	30
10.	Данные о развитии отливки колес, бандажей и колец	31

ГЛАВА III. Производство чугунных труб обычными способами.

11.	Формовка и отливка в горизонтальных опоках	33
12.	Формовка и отливка в стационарных вертикальных опоках	34
13.	Формовка и отливка в переносных вертикальных опоках	39
14.	Карусельный способ	40

ГЛАВА IV. Центробежная отливка чугунных труб.

15.	Отливка по способу де Лаво	45
16.	Отливка по способу Аренса	57
17.	Различные устройства Гольтгауза и Бурхартца	58
18.	Машина завода «Лентрублит»	61
19.	Отливка по способу Вилланда	71
20.	Отливка по способу Франки-Грегори	73
21.	Отливка по способам Мура, Вуда и Ардельта	74
22.	Отливка по способу Герста-Болла	86
23.	Отливка по способу Уитлинга-Пика	86
24.	Балансирование опок и конилей	90

ГЛАВА V. Устройство и работа цехов и заводов для центробежной отливки чугунных труб.

25.	Цехи и заводы, работающие по способу де Лаво	98
26.	Германский цех в Гельзенкирхене	102
27.	Экспериментальный цех завода «Лентрублит»	105
28.	Завод Франки-Грегори	106
29.	Завод в Бирмингеме, работающий по способу Мура	108
30.	Заводы, применяющие способ Вуда	112
31.	Карусельно-центробежный цех фирмы Ардельт	125

ГЛАВА VI. Отливка стальных труб и болванок.

32.	Отливка труб по способу Кэммена	127
33.	Отливка оружейных заготовок	128
34.	Отливка труб в футерованных формах	130
35.	Отливка болванок	131

ГЛАВА VII. Отливка мелких и средних изделий на машинах с горизонтальной осью.

36. Отливка чугунных гильз и втулок	138
37. Заливка чугуном тормозных барабанов	146
38. Отливка латунных и бронзовых кругов	153
39. Отливка втулок из цветных сплавов	154
40. Отливка поршней	155
41. Изготовление мельничных валцов	156

ГЛАВА VIII. Отливка мелких и средних изделий на машинах с вертикальной осью.

42. Отливка поршневых колец	157
43. Отливка колес Дэвиса	157
44. Отливка бронзовых заготовок колес и венцов	159
45. Одновременная отливка нескольких втулок	162
46. Машина для отливки сковородок	164

ГЛАВА IX. Химический состав, структура и механические качества центробежных отливок.

47. Чугунные трубы	168
48. Поршневые кольца и цилиндрические гильзы	181
49. Стальные изделия	187
50. Отливки из цветных сплавов	189

ПРИЛОЖЕНИЯ

Общесоюзные стандарты на чугунные трубы	197
Список важнейших статей и книг по центробежному литью, появившихся с 1920 по 1934 г	203

Ответственный редактор *А. Н. Хазан*.

Технический редактор *Р. С. Певзнер*.

Сдано в набор 5/IV 1935 г.

Подписано к печати 20/XI 1935 г.

Формат 62 × 94. Изд. № 10/л. Бум. листов 6⁵/₈. Тип. зн. в 1 бум. л. 110240.
Ленгорлит № 24154. Тираж 8000. Учетн. авт. л. 17,2 Заказ № 2208.

Печать с матриц.

Ленинромпечатьсоюз. Типография „Печатня“, Ленинград, Прачечный, 6.