

Горячая обработка металлов

Том 2

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 66.0
ББК 35
Г71

Г71 Горячая обработка металлов: Том 2 / – М.: Книга по Требованию, 2024. – 325 с.

ISBN 978-5-458-68132-2

ISBN 978-5-458-68132-2

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Из этих металлов можно получать болванки, формы которых очень близки к формам изделий, путем отливки их в изложницах. Болванки затем прессуют и прокатывают до окончательных размеров в прокатном стане ¹⁾.

Таким образом, фасонной отливкой чрезвычайно облегчается прокатка, дающая пропорциональную вытяжку изделий. Прокатка сложных профилей из болванок прямоугольного сечения представляет значительно большие затруднения.

При отливке болванок отпадает сварка и вместе с тем улучшается качество металла, в особенности же его однородность.

Путем отливки болванок можно получать прокаткой изделия значительно больших размеров. Точно так же из отливок можно изготовлять целый ряд полых изделий,

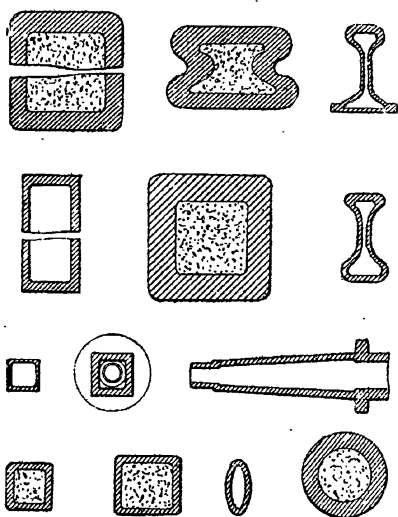


Рис. 1.

которые невозможно получить обычными процессами из сварочного железа. Эти полые изделия прокатывают на оправке, пропускаемой через прокатный стан одновременно с изделием, или на неподвижной оправке, установленной между валками.

Прокатные оправки делаются самой разнообразной формы, зависящей от внутренних профилей изделий.

На рис. 1 изображены различные типы отливок и изделий, которые можно получить из них прокатными процессами. Подобными процессами, к сожалению, до сих пор еще мало пользуются.

Стальные болванки обычно отливают в железных или чугунных изложницах с более или менее толстыми стенками. Отливки вынимают из изложниц, после того как они достаточно затвердеют, и охлаждают

кладя на землю. Иногда болванки вынимают из изложниц лишь спустя 24 или 48 часов после отливки, или же сразу после отливки и тотчас же помещают в нагревательную печь или в томильный колодец для замедления охлаждения. Колодец отапливают газом по желанию непрерывно или с перерывами.

Спустя 25—40 минут пребывания отливки в колодце, болванку вынимают и подают к машинам-орудиям для дальнейшей обработки. Колодцы представляют собой вертикальные печи, отапливаемые генераторным газом. Их ячейки, устроенные бок о бок, закрываются крышками.

На рис. 2 изображен электрический мостовой кран для загрузки отливок в печь и для выгрузки их оттуда. Крышку печи поднимают специальным рычагом, отливку захватывают храпом и подвешивают к балке, имеющей вертикальное перемещение и могущей поворачиваться во всех направлениях. Устройство храпа изображено на рис. 3. Храп захватывает изложницу за оба уха, после чего центральный

¹⁾ Такое применение профилированных отливок для изготовления различного железа, труб и т. п. было впервые предложено на заводе Compagnie des forges de Terre-Noire, la Voulte et Bessèges. Патент 11 августа 1861 г., 14 марта 1866 г., 23 июля 1866 г.

поршень нажимает на отливку и выталкивает ее из изложницы. Болванку вслед затем захватывают храпом, как показано на рис. 4, и переносят в печь для подогрева.

Немедленный нагрев отливки способствует уравниванию внутренних напряжений, происходящих от неравномерного охлаждения, способствует достижению равномерной температуры и предупреждает слишком крупную кристаллизацию центральной части. Подогрев точно так же уменьшает каверны, усадочные раковины, свищи, происходящие от быстрого охлаждения, в особенности крупных отливок, весом от 50 до 100 и более тонн¹⁾.

Наилучшие сечения отливок — это прямоугольные, квадратные или восьмигранные, которые лучше других поддаются первому воздействию инструментов, нежели цилиндрическая или коническая формы. Тем не менее крупные прессованные болванки отливают цилиндрическими или конической формы, во избежание образования

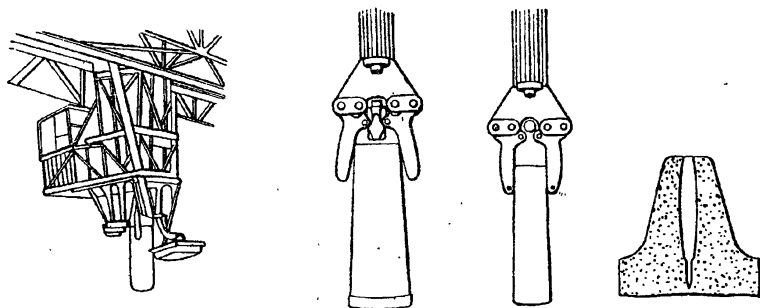


Рис. 2—5.

зон с меньшим сопротивлением материала, образующихся при охлаждении многогранных отливок. Наружные плоские поверхности отливки всегда несколько оседают, так как они оттягиваются к центру изделия при усадке его вследствие охлаждения. Если охлаждение поверхности болванки происходит быстро, то верхний слой металла оказывает сильное сопротивление смещению металла, вследствие чего развиваются сильные напряжения. Если температура металла при этом проходит через критический период текучести, то происходит центральный разрыв или получают продольные трещины, одинаковые с теми, которые происходят в дереве при быстрой его сушке. Усадка в центре отливки вызывает образование пустот и так называемой усадочной раковины в верхней части отливки (рис. 5). В большинстве случаев такой конец отливки приходится отрезать, при чем этот отрезок представляет весьма значительную потерю. Появление усадочной раковины предупреждается тем, что в верхней части болванки устраивают прилив и заполняют образующуюся пустоту в конце отливки. Точно также иногда добавляют термита, поддерживающего высокую температуру плавления в верхней части болванки. Объем прилива должен равняться от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{5}$ объема отливки. Отсюда видно, что всегда выгоднее предупредить образование раковины путем сильного прессования отливки.

¹⁾ Вифлеемский сталелитейный завод представил на выставку в Чикаго в 1893 году цилиндрическую болванку из мартеновской стали длиной 4,5 метра, диаметром 1,350 метра, а также литую болванку для броневой плиты высотой 5,40 метра, шириной 2,55 метра, толщиной 1,30 метра и весом 113 тонн.

Усадочная раковина тем меньше, чем меньше сечение отливки, чем длиннее последняя, а также чем ниже температура металла и чем медленнее заливается форма, как, например, при отливке крупных стальных болванок из тиглей. Металл в этом случае охлаждается равномернее и постепеннее по всей его высоте, и сердцевина отливки заполняется по мере выливания содержания тиглей.

Таким образом, отношение сечения отливки к окончательному сечению изделия после обжима надо доводить до минимального значения. Однако, всего лучше отливать длинные, а не короткие болванки, при чем отливать их следует медленно, а отнюдь не быстро.

Не следует также упускать из вида, что углеродистый сплав железа (впрочем как и все стальные сплавы) при медленном охлаждении образует зоны с разными химическими составами металла. Это явление называется ликвацией или сегрегацией составных частей.

Металл тем менее однороден, чем больше толщина болванки и чем больше металл сосредоточивается в сердцевине, где он обладает грубой структурой с более или менее значительными критическими гранулами.

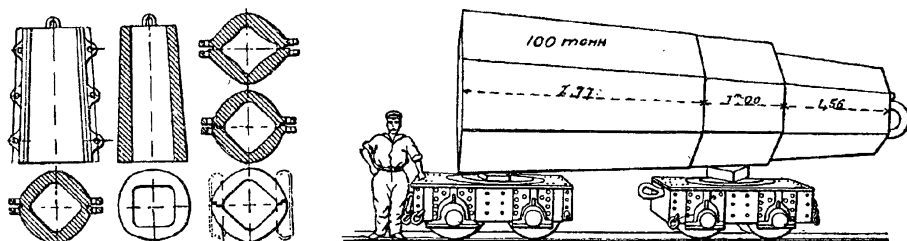


Рис. 6—7.

При добавлении в изложницу при отливке металла 60 граммов алюминия на тонну стали получается металл, обладающий только легкой сегрегацией без пустот, но усадочная раковина распространяется все еще приблизительно на одну треть высоты болванки.

Отливки рекомендуют вынимать из нагревательных колодцев до полного затвердения центральной части и прокатывать на стане при температуре около 1200° , чтобы несколько уменьшить их сечение. Затем болванки возвращают в колодец, где они остаются до полного затвердения. Последующая прокатка на блюминге, если она не сопровождается чрезмерной вытяжкой, дает здоровые отливки по всей длине. Головка отливки лучше спрессовывается с боков под давлением от 200 до 500 кг/см^2 , поддерживая это давление до полного затвердения металла.

Точно так же рекомендуют пользоваться изложницами с большим верхним основанием, стенки которых постепенно утоньшаются от основания к вершине. В той изложнице охлаждение нижних и средних частей металла происходит очень быстро и замедляется к ее вершине.

Изложницы делаются из одной или двух частей (рис. 6), соединяемых болтами или кольцами для облегчения вынимания отливок. Отношение веса изложницы к весу отливки сильно колеблется, а именно от $\frac{1}{2}$ до 2—3 весов отливки, в зависимости от способа ее использования.

Если отливка имеет волосовины, трещины и другие поверхностные местные недостатки, то последние удаляют ручными или пневматическими зубилами, чтобы получить гладкую поверхность и предупредить

дальнейшее распространение этих дефектов при последующей обработке. Эти нарушения непрерывности строения металла нельзя исправить даже сваркой, так как последняя часто бывает невыполнимой, вследствие окисления свариваемых поверхностей.

Для облегчения манипуляций с крупными отливками в верхний конец во время отливки впаляют скобу из круглого железа, выступающую из отливки на столько, чтобы за нее можно было заложить крюк подъемного приспособления, как то показано на рис. 7. На этом рисунке изображена болванка весом свыше 100 тонн, высотой 4,6 метра и со средним диаметром в 1,50 метра.

На рис. 8 изображен подъем крупной цилиндрической отливки, захваченной прочными скобами, соединенными с подъемным краном.

Для извлечения отливок из изложниц на многих американских сталелитейных заводах пользуются двумя гидравлическими прессами с вертикальными, поставленными друг над другом, цилиндрами, соединенными сильными стальными станинами.

Верхний цилиндр имеет, например, диаметр 400 мм и ход поршня 1000 мм, а нижний цилиндр диаметр от 700 мм до 800 мм и ход поршня 300 мм. Между этими двумя цилиндрами останавливается тележка с тремя заполненными изложницами, поставленными вертикально.

Каждую изложницу подводят на вертикальную ось обоих поршней. Затем опускают верхний поршень, прекращая действующее на него снизу гидравлическое давление до тех пор, пока ныряло не коснется головки отливки. В этот момент вода, поступающая без давления поверх поршня, задерживается в цилиндре. Поддерживая таким образом отливку, приводят в действие нижний поршень, развивающий усилие от 100 000 до 150 000 кг и поднимающий стол, на котором стоит изложница, но не самую отливку, которая выходит таким образом из изложницы. Изложницы забирают подъемными кранами, тогда как другие краны забирают отливки и переносят их или в нагревательную печь, или под молот, или к прокатным станам для прокатки в блюмы.

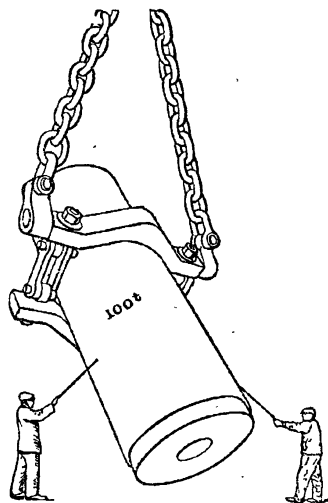


Рис. 8.

Прессование болванок в жидком и тестообразном состоянии.

Целый ряд металлургических заводов применяет прессование в жидком или тестообразном состоянии под гидравлическим прессом медных, бронзовых, латунных, железных и стальных отливок¹⁾. До 1860 г. предлагали прессовать сталь в формах, но результаты оказались неудовлетворительными. Около этого времени Витворт начал применять стальные изложницы, подвергая таким образом расплавленную сталь очень сильным давлениям посредством поршней гидравлических прессов.

¹⁾ Уже давно медь перед затвердеванием подвергают некоторому давлению для придания металлу мелкозернистой структуры. Такой способ применяют при отливке ситценабивных валов.

На рис. 9—12 изображены разрезы форм, служащих для отливки болванок. Форма *B* представляет собой цилиндр из литой стали с легким внутренним наклоном стенок, равным $1/60$. Части *C*—представляют чугунные сегменты с небольшими продольными и поперечными насечками на скошенных стенках для облегчения выхода газов. Внутренние поверхности формы покрывают глиной с соломенной сечкой. К цилиндру *B* внизу укреплены винтами крышка *D*. В этой крышке устроено углубление, соответствующее внутреннему размеру формы, в котором пригнан поршень *F*, укрепленный к нырялу *I* поршня гидравлического пресса. Форма *B* поддерживается на поршне *F* винтами трения. По мере развития давления на поршень *F*, последний преодолевает трение, развиваемое винтами, и проходит в форму *B*, нажимая на жидкий металл.

Поверхность *H* точно так же покрыта глиной, смешанной с соломенной сечкой.

После того как железо или сталь налиты в форму, на жидкий металл быстро опускают верхний поршень *F'* и прижимают его

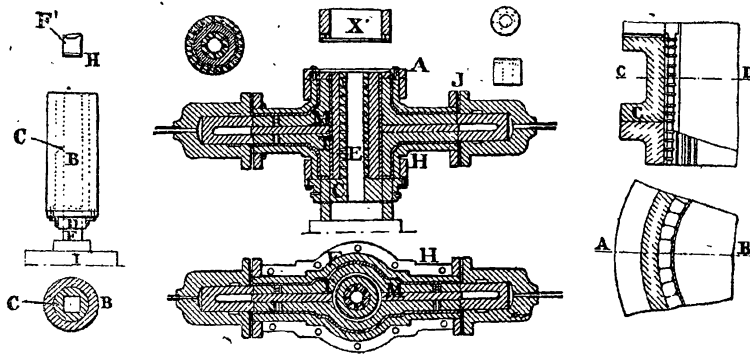


Рис. 9—12.

Одновременно приводят в движение ныряло *I* пресса, вследствие чего поршень *F* проникает в форму.

По достижении определенного давления форму и содержащийся в ней металл оставляют в покое до полного затвердевания, или же вынимают отливку и медленно охлаждают ее в печи.

Для прессования полых изделий с небольшим внутренним диаметром в них вводят сердечники из ковкого железа, а поршни *F* делают полыми.

На рис. 10 и 11 изображена форма для отливки стали с четырьмя поршнями, из которых три приводятся в действие гидравлическими прессами. На рисунках изображено прессование орудийного цапфенного кольца *T*.

Стальная форма *H* состоит из двух частей, соединенных болтами, и двух колпаков *J*, охватывающих их концы. Внутренняя поверхность колпаков покрыта глиной, смешанной с соломенной сечкой. В центре формы помещается железная или чугунная труба, просверленная целым рядом мелких отверстий для выхода газов.

Труба имеет утолщение *C*, на котором поставлен сердечник *E*. Кроме того, на этом утолщении помещаются чугунные сегменты *F* с мелкими отверстиями. Поверхность покрыта глиняной обмазкой, смешанной с соломенной сечкой. Вверху формы *A* устроено кольцо, через которое проходит плунжер *X*, быстро опускающийся на жидкий

металл после заполнения формы. *М*—представляет железный сердечник, помещающийся в форме.

Витворт применил также составные цилиндрические изложницы (рис. 12). Они состоят из коротких цилиндров, соединяемых фланцами. Соединяя несколько таких колец, можно образовывать форму любой длины. Внутренность изложницы покрыта брусками квадратного сечения с закругленными гранями, образующими дымовые каналы, сообщаю-

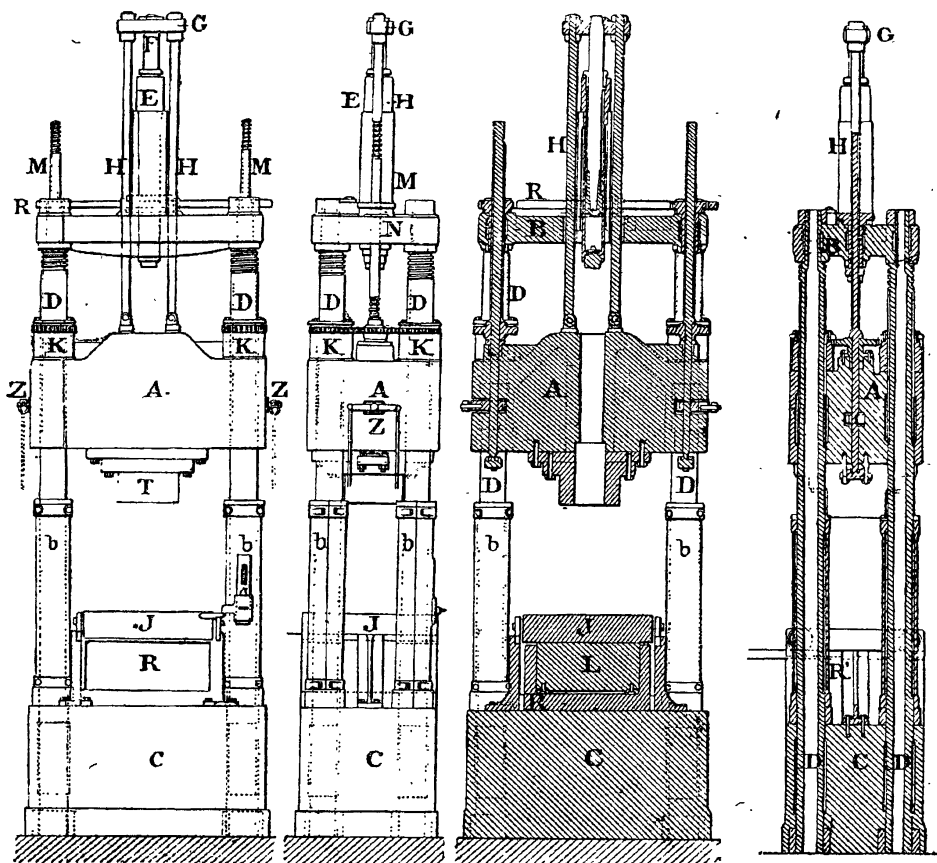


Рис. 13—16.

щиеся с внутренней частью формы небольшими горизонтальными отверстиями на расстояниях в 50 мм друг от друга. Вертикальные дымовые каналы открываются в круговой паз, устроенный в верхнем и нижнем фланцах крайних цилиндров. Этот паз сообщается с воздухом отверстиями для выхода газов, что весьма важно. Внутренность изложницы покрыта слоем глины, смешанной с соломенной сечкой.

Форму заливают до краев так, чтобы изложница могла быстро войти в соприкосновение сверху с гидравлическим поршнем.

Вначале из формы с силой вырываются горящие газы и жидкий металл, затем, по мере затвердевания, укрепляют верхнюю крышку и производят медленное постепенное давление посредством верхнего диска, укрепленного на поршне пресса.

Давление производится насосами и развивается постепенно до тех пор, пока не достигнет приблизительно 10 кг/мм^2 поперечного сечения отливки. Продолжительность этого первого периода операции зависит от величины отливки. Прессование отливки весом 45 тонн продолжается 35 минут. После этого приводится в действие главный пресс аккумулятором, поддерживающим давление от 1 до 2 кг/мм^2 на протяжении всего периода усадки металла. Уменьшение длины отливки при первом сжатии равняется приблизительно $\frac{1}{8}$. Таким образом прессуют крупные цилиндрические болванки диаметром до 1,50 метра и длиной до 3 или 4 метров. Давление поддерживают в течение примерно четырех или пяти часов. На заводе Витворта пользуются гидравлическими прессами, один из которых изображен на рис. 13—16¹⁾.

Пресс состоит из четырех трубчатых колонн *D* с резьбами на протяжении части их длины. Вверху колонны укреплены чугунная балка с одним или несколькими гидравлическими подъемными цилиндрами, соединенными штангами *H* с подвижной головой *A* главного пресса. Эту подвижную голову можно гидравлически быстро поднимать или опускать, вследствие чего можно пользоваться изложницами разной длины.

Установка подвижной головы производится быстро. Для этого на колоннах навинчены четыре цилиндрических гайки *K*, которые поворачиваются по мере вертикального движения головы *A*. Эти гайки служат для удержания ее на месте.

Голова *A* соединена с двумя винтами *M* большого шага, проходящими через две гайки *N*, помещающиеся в верхней неподвижной балке *B* пресса.

На винтах *M* укреплены шпонками две шестерни, сцепляющиеся с соответствующими шестернями на окружности четырех гаек *K* (рис. 14).

При движении подвижной головы винты *M* прогоняются через гайки *N* неподвижной балки, вследствие чего она приводится во вращение. Это вращение передается четырем гайкам *K* на верхних концах колонн. Последние поворачиваются и перемещаются вертикально со скоростью, равной скорости движения подвижной головы, но с достаточной игрой во избежание трения.

Когда подвижная голова установлена на нужной высоте, она упирается в гайки *K*. Для этого гайки винта *M* имеют на их окружности шестерни, приводимые во вращение двумя зубчатыми рейками, укрепленными на штанге *R*. Последняя движется горизонтально под действием гидравлического поршня. Другое приспособление закрепляет по желанию винты *M*.

В основании пресса помещается гидравлический цилиндр, поднимающий стол, на котором помещается прессуемое изделие.

Для облегчения наливки жидкого металла в форму, последнюю помещают на подвижном столе с салазками *J*, передвигаемыми гидравлическим поршнем, помещающимся сбоку пресса. Когда форма заполнена, стол поднимают вверх, производя давление.

Чтобы иметь возможность судить об уменьшении длины отливки под действием пресса, к одной или нескольким колоннам укрепляют шкалу, указывающую длину пути, пройденного рабочим поршнем пресса.

Остановы *b*, состоящие из двух частей, укрепленные болтами к колоннам, поддерживают голову *A*, когда пресс находится в состоянии покоя и разгружают подъемные цилиндры *E*.

¹⁾ Французский патент 4 марта 1875 г.

Уебб (Webb) предложил изложницы, состоящие из двух или нескольких частей, связанных кольцами (рис. 17 и 18)¹⁾.

Прежде чем наливать металл в форму, туда помещают железную плиту, покрытую формовочным песком и образующую дно.

В верхнюю часть формы поверх расплавленного металла помещают такую же плиту, точно так же покрытую песком. Эта верхняя плита передает давление поршня металлу. Вслед затем приводят в действие пресс.

Пресс этот — парогидравлический. На большой поршень его действует давление пара. Ныряло этого поршня действует на жидкость в главном гидравлическом прессе. Поршень имеет меньший диаметр и меньшую длину хода, нежели паровой поршень. Ныряло гидравлического поршня производит давление на жидкую сталь.

Для литья изложницы размещают по окружности или же ставят на концах тележек, на которых их отвозят по мере заполнения к прессам, расположенным рядами в большем или меньшем количестве.

Прессование болванок из литой стали привело к применению прессов, мощность которых иногда превышает 10 000 тонн²⁾.

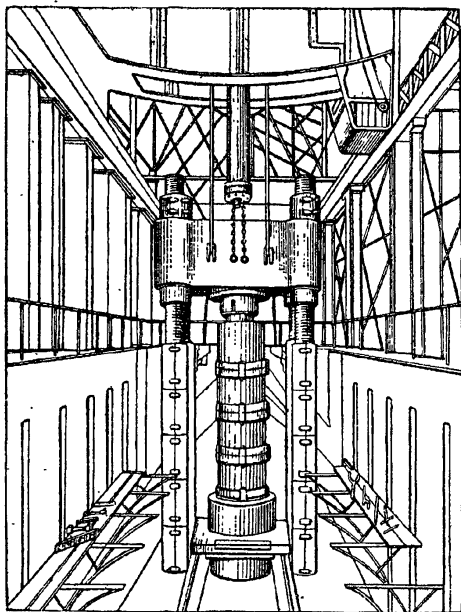


Рис. 19.

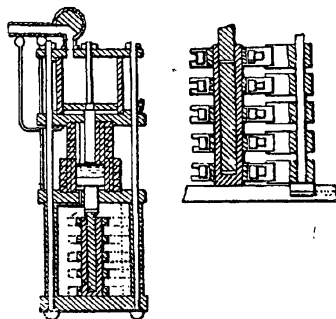


Рис. 17—18.

Процесс прессования стали в жидком и тестообразном состоянии широко применяется на крупных американских сталелитейных заводах.

На Вифлеемских заводах слегка коническую форму ставят под пресс тотчас по заполнении ее металлом.

После прессования металлу дают остыть, вынимают отливку и отвозят ее в нагревательную печь на вагонетке, как показано на рис. 20. На этой вагонетке изображена спрессованная таким образом отливка длиной 5,50 метра, с крайними диаметрами 1,27 и 1,37 метра, весящая 53 тонны.

Отливку подвергают дальнейшей обработке или целиком, или же разрезают на несколько кусков соответствующей длины.

Когда болванка нагреется до соответствующей температуры, ее проковывают под гидравлическим молотом.

Некоторые заводы считают невыгодным прессовать сталь в жидком или тестообразном состоянии. Они считают, что энергичное прес-

¹⁾ Французский патент 23 января 1880 г.

²⁾ Обуховский завод.

сование иликовка под молотом в твердом состоянии при высокой температуре, достаточно обеспечивает высокие качества металла.

Устройство мастерской для прессования металла требует мощного оборудования и соблюдения целого ряда предосторожностей. Поэтому эти заводы предпочитают придерживаться более простых подготовительных операций под молотом или под прессом с металлом в твердом состоянии ¹⁾.

Тем не менее прессование стальных отливок в изложницах представляет то преимущество, что позволяет действовать над жидкими или тестообразными металлами, т.е. над металлами в таком состоянии, при котором из них легче всего удаляются газы при умеренных давлениях. Окончательное давление на металл достигает 10, 20 и даже 40 кг/мм², уменьшая количество содержащихся в нем пузырьков воз-

духа до одной тысячной их первоначального количества. Так как объем отливки уменьшается на 8—12%, то соответственно уменьшается и объем, занимаемый пузырьками газа.

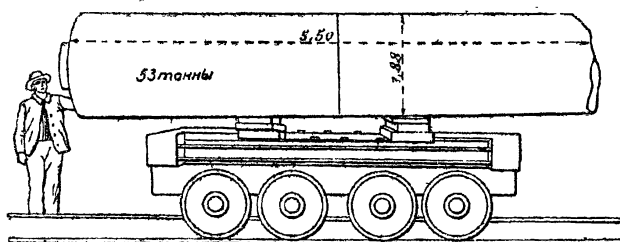


Рис. 20.

Прессование, помимо того, зна-

чительно увеличивает способность твердого железа при высокой температуре растворять газы по мере повышения давления. Так как в этом случае металл связывает большее количество газов, то пористость его уменьшается.

Процесс этот обладает, помимо того, тем преимуществом, что при нем можно устранить или избежать усадки верхней части отливки. Вследствие этого можно использовать всю отливку целиком или довести до минимума обрезок. При обыкновенных изложницах, вследствие недостатков получающихся от усадки, в наставлениях обычно указывают, что прежде чем подвергать отливки фасонной обработке необходимо отрезать их верхнюю часть, при чем удаляемый при этом металл должен составлять от 25 до 35 процентов полного веса отливки. Иногда точно так же отрезают нижнюю часть отливки, вес которой равняется от 4 до 5 процентов ее полного веса. Как видно, получающиеся при таком процессе потери бывают весьма значительными.

Тальбот произвел в последнее время опыты прессования верхних частей или головок отливок, поддерживая их при высокой температуре. Прессование производится четырьмя прессами, действующими на все четыре грани отливки, тогда как центральная часть головки находится еще в жидком или тестообразном состоянии. Чтобы поддерживать высокую температуру головки, необходимо пользоваться изложницами с футерованной огнеупорным кирпичом верхней частью. Такое устройство обходится сравнительно дорого, а потому предпочитают делать футеровку из плавильных шлаков, что обходится дешевле. Несравненно лучше прессовать металл с торца, что, конечно, гораздо логичнее, так как рациональнее медленной заливки или доливки расплавленного металла.

¹⁾ На заводе Крезе прессование отливок применяется с 1895 г.

Обжим отливок в изложницах на прокатном стане.

Вместо прессования отливок изложницу, содержащую тестообразную металлическую массу, можно пропускать между валками реверсивного прокатного стана Бюиссе (Buisset), изображенного на рис. 21—23¹⁾.

В этом случае применяют изложницы специальной конструкции; части таких изложниц собираются так, чтобы облегчить отливку и позволить относительное сближение стенок, соприкасающихся с валками, отчасти охватывающими изложницу своими стрельчатыми ручьями. Наклон стенок изложниц (рис. 22) вызывает симметричные наклонные реакции, направленные к центру болванки.

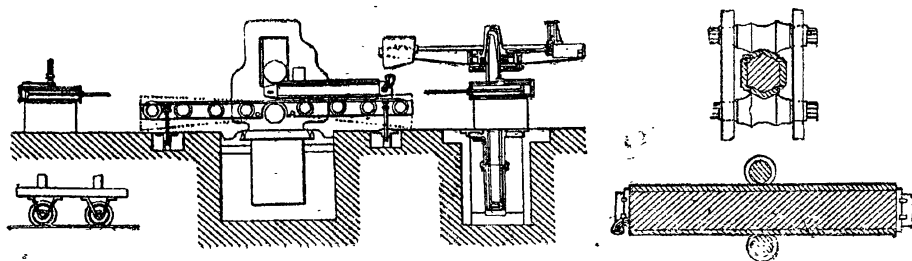


Рис. 21—23.

Чтобы ввести изложницу между валками, по обе стороны прокатного стана устраиваются рольганг и гидравлический или паровой толкатель.

Этот процесс требует изложниц с подвижными стенками, которые трудно направлять и с которыми трудно обращаться, а потому способ этот не получает дальнейшего распространения.

Центрифугирование отливок.

Напомним, что в первом томе мы указывали на возможность использования центробежных сил, действующих на жидкий или тестообразный металл. Расположение, принятое заводом Никроппа в Швеции для стальных отливок размером $300 \times 300 \times 1500$ мм, заключается в устройстве двух групп по четыре изложницы в каждой (рис. 24—26), поворачивающихся вокруг горизонтальных осей, тогда как поддерживающая их рама вращается вместе с вертикальным валом. По мере развития центробежных сил изложницы приходят из вертикального положения в горизонтальное. Число оборотов центрифуги достигает от 100 до 120 в минуту. Вращение передается приводом, состоящим из нескольких пар шестерен. Вертикальный вал укреплен таким образом, чтобы выдерживать усилия, возникающие от вращающихся масс.

Машину приводят во вращение тотчас же по заполнении изложниц; последние для ускорения операции имеют по два литника, так как центрифугирование тем действительнее, чем ближе находится металл к жидкому состоянию.

¹⁾ Патент 30 апреля 1887 г.