

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»**

**Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства**

МАЛООТХОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению практических работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
всех форм обучения**

Воронеж 2021

УДК 621.01(07)
ББК 34.42я7

Составитель Ю. Э. Симонова

Малоотходные технологии получения заготовок: методические указания к выполнению практических работ для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Ю. Э. Симонова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 23 с.

В методических указаниях изложены требования и общие вопросы по выполнению практических работ, приведены теоретические сведения, полезные не только для выполнения практических работ, но и при подготовке к сдаче зачетов и экзаменов. В работе приводятся краткие теоретические сведения по разделам «Литейное производство» и «Обработка металлов давлением», схемы, контрольные и практические вопросы.

Предназначены для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде в файле МУ_МТПЗ.pdf

Табл. 1. Ил. 15. Библиогр.: 3 назв.

УДК 621.01(07)
ББК 34.42я7

Рецензент – М. Н. Краснова, канд. техн. наук, доц. кафедры
автоматизированного оборудования машиностроительного
производства

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ

Цель работы: изучение технологии изготовления отливок в песчано-глинистых формах.

При литье в песчано-глинистые формы отливки получают посредством свободной заливки форм расплавленным металлом. Песчаные формы изготавливают ручной или машинной формовкой формовочных смесей.

Формовочные смеси классифицируют: по назначению (для отливок из чугуна, стали и цветных сплавов), по составу (песчано-глинистые, содержащие быстротвердеющие крепители, специальные), по применению при формовке (единые, облицовочные, наполнительные), по состоянию форм перед заливкой в них сплава (сырые, сухие, подсушиваемые и химически твердеющие).

Качество отливки зависит от комплекса свойств формовочной смеси: пластичности, прочности, газопроницаемости, податливости, огнеупорности и долговечности.

Основным компонентом формовочных и стержневых смесей является кварцевый или цирконовый песок. Вторым основным компонентом смеси (до 16%) является глина. Широко применяют бентонитовые и каолиновые глины, которые обладают высокой связующей способностью и обеспечивают тем самым прочность и податливость форм. В формовочные и стержневые смеси вводят также в небольших количествах дополнительные связующие (1,5...3%); их подразделяют на органические и неорганические, растворимые и нерастворимые в воде (сульфитно-спиртовая барда, битум, канифоль, цемент, жидкое стекло, термореактивные смолы и др.).

Модельный комплект — это совокупность технологической оснастки и приспособлений, необходимых для образования в форме полости, соответствующей контурам отливки. В модельный комплект включают модели, модельные плиты, стержневые ящики, модели элементов литниковой системы и другие приспособления.

Литейная модель (рис. 1, а) — приспособление, при помощи которого в литейной форме получают полость с формой и размерами близкими к конфигурации получаемой отливки. Литейные модели бывают неразъемными, разъемными, с отъемными частями и др.

Конфигурация стержневых знаков и их размеры должны обеспечивать легкую установку стержней в форму и их устойчивость.

Модели и стержневые ящики для единичного и серийного производств изготавливают деревянными, а для массового производства — из чугуна, алюминиевых сплавов, пластмассы.

Стержневой ящик (рис. 1, *д*) — приспособление, служащее для изготовления стержней. Стержневые ящики бывают цельными, разъемными, вытряхными и др.

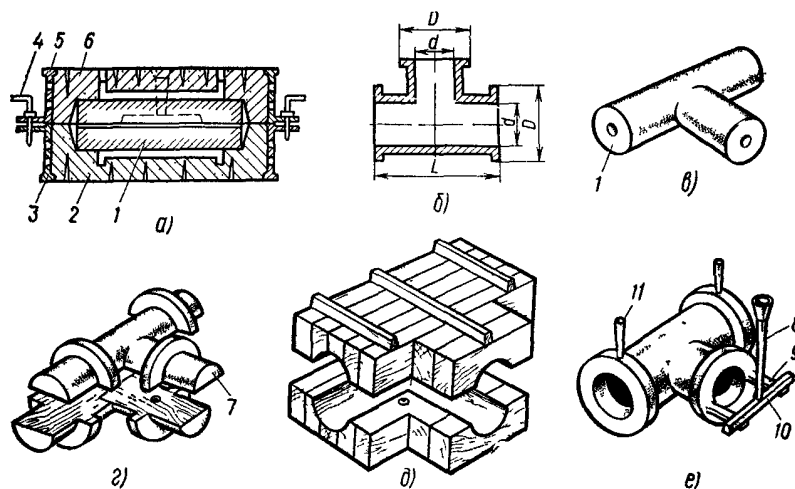


Рис. 1. Литейная форма и ее элементы:

а — литейная форма; *б* — тройник; *в* — литейный стержень; *г* — литейная модель; *д* — стержневой ящик; *е* — отливка с литниковой системой

Элементы литейной формы

Литейная форма — это система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка. На рис. 1, *а* показана литейная форма для тройника (рис. 1, *б*). Форма обычно состоит из нижней 2 и верхней полуформ, которые изготавливают по литейным моделям 7 (рис. 1, *г*) в литейных опоках 3, 5. Литейная опока — приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении формы. Верхнюю и нижнюю полуформы взаимно ориентируют с помощью цилиндрических металлических штырей 4, вставляемых в отверстия приливов у опок. Для образования полостей, отверстий или иных сложных контуров в формы устанавливают литейные стержни 1, которые фиксируют с помощью выступов (стержневых знаков), входящих в соответствующие впадины в форме. Литейные стержни изготавливают по стержневым ящикам (рис. 1, *д*). Для подвода расплавленного металла в полость литейной формы, ее заполнения и питания отливки при затвердевании используют литниковую систему 8 — 11. После заливки расплавленного металла, его затвердевания и охлаждения форму разрушают, извлекая отливку (рис. 1, *е*).

Изготовление литейных форм

Основные операции изготовления форм (формовки): уплотнение формовочной смеси для получения точного отпечатка модели в форме и придание форме достаточной прочности; устройство вентиляционных каналов для вывода газов из полости формы, образующихся при заливке; извлечение

модели из формы; отделка и сборка форм. По степени механизации различают формовку: ручную и машинную.

Ручную формовку применяют для получения одной или нескольких отливок в условиях опытного производства, при изготовлении крупных отливок (массой до 200 т). На практике используют различные приемы ручной формовки.

Формовка в парных опоках по разъемной модели наиболее распространена. Литейную форму (рис. 2, *е*), состоящую из двух полуформ, изготавливают по разъемной модели (рис. 2, *а*) в такой последовательности: на модельную плиту 3 устанавливают нижнюю половину модели 1, модели питателей 4 и опоку 5 (рис. 2, *б*), в которую засыпают формовочную смесь и уплотняют. Опoку поворачивают на 180° (рис. 2, *в*), устанавливают верхнюю половину модели 2, модели шлакоуловителя 9, стояка 8 и выпоров 7. По центрирующим штырям устанавливают верхнюю опоку 6, засыпают формовочную смесь и уплотняют. После извлечения модели стояка и выпоров форму раскрывают. Из полуформ извлекают модели (рис. 2, *г*) и модели питателей и шлакоуловителей, в нижнюю полуформу устанавливают стержень 10 (рис. 2, *д*) и накрывают нижнюю полуформу верхней. На рис. 2, *е* показана литейная форма для тройника. После заливки расплавленного металла и его затвердевания литейную форму разрушают и извлекают отливку (рис. 2, *ж*).

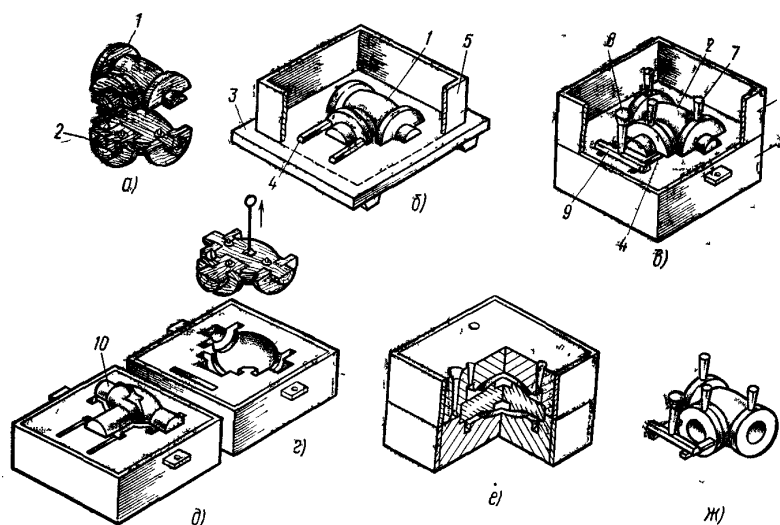


Рис. 2. Последовательность операций изготовления литейной формы для тройника

Контрольные вопросы

1. Какие компоненты входят в состав формовочной смеси.
2. Почему изготовление форм начинают с нижней полуформы?
3. Почему модель отливки изготавливают разъемной?

4. В чем конструктивное отличие модели и отливки?
5. Укажите назначение каждого элемента литниковой системы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМЕ (КОКИЛЕ)

Цель работы: изучение технологии изготовления отливок в металлических формах.

Кокильным литьем называют процесс производства фасонных отливок в металлических формах, изготовленных из чугуна, стали, сплавов алюминия и других сплавов.

По конструкции различают кокили: вытряхные, с вертикальным разъемом, с горизонтальным разъемом и др.

На рис. 3 показан вытряхной кокиль для изготовления опорного катка. Внутренняя полость формы воспроизводит наружную поверхность катка. Отверстие в отливке и внутренняя полость получаются с помощью песчаных стержней 1 и 2, последний из них перекрывает верхнюю часть формы. В стержнях 2, 3, 4 размещена литниковая система, состоящая из литниковой чаши, стояка, литникового канала, подающего металл в отливку, и двух прибылей.

Заливка металла в кокиль производится до заполнения обеих прибылей. Для извлечения отливки кокиль на цапфах поворачивают на 180° , и отливка вместе со стержнями вытряхивается из кокиля.

Кокили с горизонтальной плоскостью разъема (рис. 4) состоят из основания 1 и крышки 2. Литниковую систему в таких формах обычно изготавливают в песчаном стержне 3. После заливки и затвердевания верхнюю половину формы поднимают и отливку выбивают толкателями 4.

Полости в отливках оформляют песчаными, оболочковыми или металлическими стержнями. Кокили с песчаными или оболочковыми стержнями используют для получения отливок сложной конфигурации из чугуна, стали и цветных сплавов, а с металлическими стержнями — для отливок из алюминиевых и магниевых сплавов.

Для удаления воздуха и газов из полости формы по плоскости разъема кокиля выполняют вентиляционные каналы. Отливки из рабочей полости удаляют выталкивателями. Заданный тепловой режим литья обеспечивает система подогрева и охлаждения кокиля.

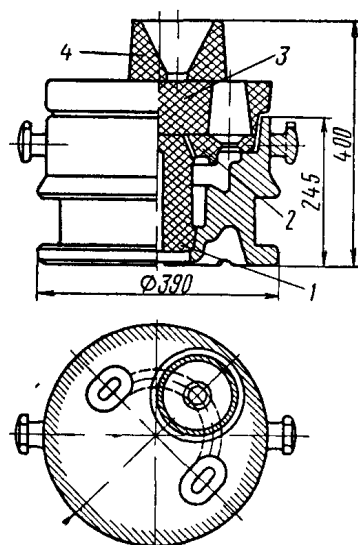


Рис. 3. Вытряхной кокиль
для отливки опорного катка

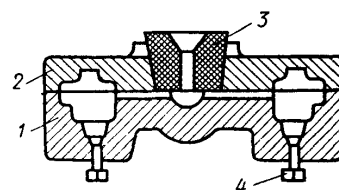


Рис. 4. Кокиль
с горизонтальным
разъёмом

Рабочую поверхность кокиля и металлических стержней очищают от ржавчины и загрязнений. Затем на рабочую поверхность кокиля наносят теплозащитные покрытия для предохранения его стенок от воздействия высоких температур заливаемого металла, для регулирования скорости охлаждения отливки, улучшения заполняемости кокиля, облегчения извлечения отливки и т. д.

Теплозащитные покрытия готовят из огнеупорных материалов (пылевидного кварца, молотого шамота, графита, мела и др.), связующего (жидкого стекла и др.) и воды. Теплозащитные покрытия наносят пульверизатором на предварительно подогретый (при необходимости) до температуры 140...180 °С кокиль слоем толщиной 0,3...0,8 мм.

При сборке кокилей в определенной последовательности устанавливают металлические или песчаные стержни, проверяют точность их установки в закрепления, соединяют половины кокиля и скрепляют их.

Заливку металла осуществляют разливочными ковшам или автоматическими заливочными устройствами. Затем отливки охлаждают до температуры выбивки, составляющей 0,6...0,8 температуры солидуса сплава, и выталкивают из кокиля. После этого отливки подвергают обрубке, очистке и в случае необходимости — термической обработке.

Кокильное литье применяют в массовом и серийном производствах для изготовления отливок из чугуна, стали и сплавов цветных металлов с толщиной стенок 3...100 мм, массой от нескольких десятков граммов до нескольких сотен килограммов.

Чем выше стойкость кокилей, тем дешевле отливки. Стойкость чугунных кокилей составляет 5000...1000 шт. при производстве мелких и средних чугунных отливок и 500...50 шт. — при производстве крупных отливок.

При стальном литье стойкость чугунных кокилей в среднем в два раза меньше. Стойкость стальных кокилей при производстве алюминиевого литья достигает 50 000 отливок.

Затвердевание отливок происходит в условиях интенсивного отвода теплоты от залитого металла, что обеспечивает более высокие плотность металла и механические свойства, чем у отливок, полученных в песчаные формы. Кокильные отливки имеют высокую геометрическую точность размеров и малую шероховатость поверхности, что снижает припуски на механическую обработку вдвое по сравнению с литьем в песчаные формы. Этот способ литья высокопроизводителен.

Контрольные вопросы

1. Какие конструкции кокилей существуют в промышленности?
2. С какой целью перед заливкой металлом кокиль подогревают и наносят на рабочую поверхность теплозащитное покрытие?
3. В чем преимущества и недостатки металлической формы по сравнению с разовой?
4. Как влияет металлическая форма на структуру и механические свойства отливки?

Обработка металлов давлением

Формообразование обработкой давлением основано на способности заготовок из металлов и других материалов изменять свою форму без разрушения под действием внешних сил. Обработка давлением — один из прогрессивных, экономичных и высокопроизводительных способов производства заготовок в машино- и приборостроении. Почти 90% всей выплавляемой стали и 60% цветных металлов и сплавов подвергают тем или иным способам обработки давлением — прокатке, прессованию, волочению, ковке, объемной или листовой штамповке.

Обработкой давлением могут быть получены заготовки или детали из материалов, обладающих пластичностью, т. е. способностью необратимо деформироваться без разрушения под действием внешних сил.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОДОЛЬНОЙ ПРОКАТКИ

Цель работы: изучить процесс продольной прокатки; ознакомиться с требуемым углом захвата, степенью деформации, коэффициентом трения, удельным давлением металла на валки.

Сущность процесса продольной прокатки заключается в том, что слиток или заготовка (полоса) втягивается в зазор между валками, вращающимися в разные стороны (рис. 5), обжимается по высоте, увеличивается по ширине и длине; при этом сечение заготовки принимает форму зазора (калибра) между валками.

Процесс прокатки заготовки состоит из трех периодов, различающихся условиями деформации:

- период захвата полосы валками;
- установившийся период прокатки;
- заключительный период при выходе полосы из валков.

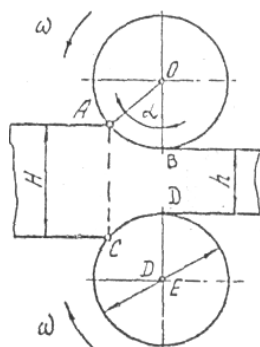


Рис. 5. Схема продольной прокатки

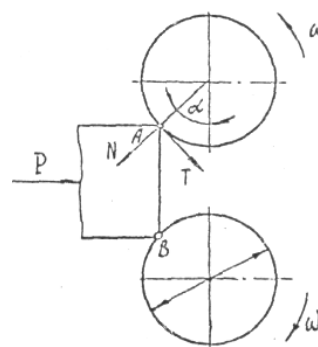


Рис. 6. Схема действия сил в момент захвата полосы валками

Во всех трех периодах прокатки существенное значение для осуществления процесса деформации играет контактное трение между обрабатываемой заготовкой и валками. В период захвата полосы на металл в точке A (и в точке B) действует сила нормального давления N и сила трения T (рис. 6). Захват полосы произойдет тогда, когда горизонтальная составляющая нормальных сил будет равна или меньше горизонтальной составляющей сил трения, т.е. $2N\sin\alpha \leq 2T\cos\alpha$.

Угол α называется углом захвата. Выразив силу трения через нормальную силу N и коэффициент трения f , получим $\sin\alpha \leq \cos\alpha$ или $f \geq \tan\alpha$.

Таким образом, захват заготовки возможен при условии, что коэффициент трения между валками и заготовкой равен или превышает тангенс угла захвата.

В процессе прокатки увеличивается длина и ширина и уменьшается толщина заготовки. Степень продольной, поперечной и высотной деформации характеризуется параметрами

$$\lambda = \frac{l}{L}; \quad \beta = \frac{b}{B}; \quad \mu = \frac{H}{h},$$

где λ , β , μ - соответственно коэффициенты вытяжки, уширения и обжатия заготовки; L , B , H - соответственно длина, ширина и высота заготовки до деформации; l , b , h - то же после деформации.

Как следует из рис. 5 увеличение угла захвата приводит к увеличению абсолютного обжатия $\Delta h = H - h$ и в конечном итоге к увеличению производительности прокатного стана. Допустимый угол захвата зависит от материала валков, свойств прокатываемого материала, температурно-скоростных условий прокатки. При горячей прокатке стали на гладких валках угол α не превышает 15...20 градусов, при холодной прокатке с применением смазки – 3...10 градусов.

Контрольные вопросы

1. Каково условие захвата полосы валками?
2. Как определяется степень формоизменения при прокатке?
3. Как влияет диаметр валков на степень деформации?
4. Опишите устройство прокатного стана для продольной прокатки.
5. Какой инструмент применяют при продольной прокатке, каковы его характерные особенности.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 УСТРОЙСТВО КРИВОШИПНОГО ПРЕССА. ОПЕРАЦИИ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

Цель работы: изучение устройства кривошипного пресса, штампов и операций листовой штамповки.

Сущность листовой штамповки. В качестве заготовки при листовой штамповке используют полученные прокаткой лист, полосу или ленту, свернутую в рулон. Толщина заготовки при холодной штамповке обычно не более 10 мм и лишь в сравнительно редких случаях — более 20 мм. Детали из заготовок толщиной более 20 мм штампуют с нагревом до ковочных температур (горячая листовая штамповка). Холодная листовая штамповка получила более широкое применение, чем горячая.

Листовой штамповкой изготавливают самые разнообразные плоские и пространственные детали массой от долей грамма и размерами, исчисляемыми долями миллиметра (например, секундная стрелка ручных часов), и детали массой в десятки килограммов и размерами, составляющими несколько метров (облицовка автомобиля, самолета, ракеты).

При листовой штамповке чаще всего используют низкоуглеродистую сталь, пластичные легированные стали, медь, латунь, содержащую более 60 % Cu, алюминий и его сплавы, магниевые сплавы, титан и др. Листовой штамповкой

получают плоские и пространственные детали из листовых неметаллических материалов.

Холодную листовую штамповку осуществляют на прессах. Прессы разделяют по назначению на универсальные и специальные. На универсальных прессах выполняют различные штамповочные операции. Специальные прессы приспособлены для выполнения каких-либо отдельных операций (например, для глубокой вытяжки, гибки и т. д.). Широко также применяют прессы-автоматы.

По способу передачи движения рабочему органу (ползуну) прессы разделяют на механические, гидравлические, электромагнитные и пневматические. Наибольшее применение получили механические и гидравлические прессы. Механические прессы выполняют с кривошипно-шатунным или с фрикционно-винтовым приводом.

Кривошипные прессы являются основным видом прессового оборудования, предназначенным для холодной листовой штамповки. При их использовании имеются большие возможности для механизации и автоматизации процесса изготовления деталей. Инструментом, устанавливаемым на прессах для обработки заготовок, являются штампы. Все многообразие штампов листовой штамповки можно разбить на три группы:

- разделительные, осуществляющие резку металла (вырубные, дыропробивные, отрезные, зачистные);
- формовочно-вытяжные, осуществляющие операции гибки, формовки, вытяжки, чеканки и др.;
- комбинированные (компаунд-штампы), позволяющие выполнять несколько различных операций, например, вырубку и гибку.

В данной работе изучаются устройство и работа кривошипного пресса К2322А (усилием 16 тонн) и наиболее широко применяемые в производстве штампы - рубные, гибочные и вытяжные.

Устройство пресса. Кинематическая схема пресса показана на рис.7.

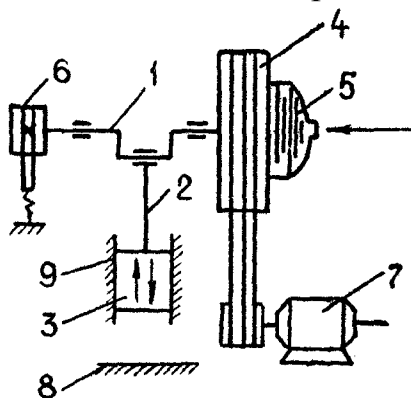


Рис. 7. Кинематическая схема пресса: 1 – кривошипный вал; 2 – шатун; 3 – ползун; 4 – маховик; 5 – пневмофрикционная муфта; 6 – тормоз; 7 – электропривод; 8 – стол пресса; 9 – направляющие ползуна

Кривошипно-ползунный механизм (детали 1, 2, 3) предназначен для преобразования вращательного движения кривошипа в возвратно-поступательное движение ползуна. Маховик 4 служит для увеличения кинетической энергии движущихся масс и использования этой энергии для совершения полезной работы при штамповке. С его помощью облегчается также преодоление нижней и верхней мертвых точек кривошипного вала. Пневмофрикционная муфта 5 соединяет маховик с кривошипным валом для осуществления рабочего цикла. С помощью тормоза 6 достигается остановка ползуна в верхнем положении. Электропривод 7 через клиноременную передачу осуществляет вращение маховика. На столе пресса 8 устанавливается штамп. Расстояние от плиты стола до ползуна можно регулировать ввертыванием или вывертыванием винта шатуна. Это расстояние в нижнем положении, при полностью ввернутом винте шатуна называется штамповым пространством или закрытой высотой пресса. По закрытой высоте судят, какой наибольший по высоте штамп можно установить на данный пресс.

Подбор пресса осуществляется исходя из расчета усилия, необходимого для штамповки данной детали.

Расчеты ведутся по формулам:

– для разделительных операций (резка, вырубка, пробивка)

$$P = L \cdot t \cdot \sigma_{\text{ср}},$$

– для гибки

$$P = 0,7 \frac{B \cdot t^2 \cdot \sigma_{\text{с}}}{t + R},$$

– для вытяжки без утонения стенки

$$P = L_{\text{с}} \cdot t \cdot \sigma_{\text{с}},$$

где L – периметр или длина реза; t – толщина листа; B – ширина изгибаемой детали; R – радиус пуансона; $L_{\text{с}}$ – периметр вытягиваемой детали в опасном сечении; $\sigma_{\text{ср}}$ – предел прочности материала при срезе, МПа (приблизительно $\sigma_{\text{ср}} = 0,8 \sigma_{\text{с}}$).

Операции и штампы листовой штамповки. Схемы операций вырубки, гибки и вытяжки из листа приведены на рис. 8, 9 и 10, конструкция штампа на рис. 11.

Вырубкой (пробивкой) называют операцию резки в штампах по замкнутому контуру. Вырубкой получают наружный контур детали, а пробивкой – внутренний.

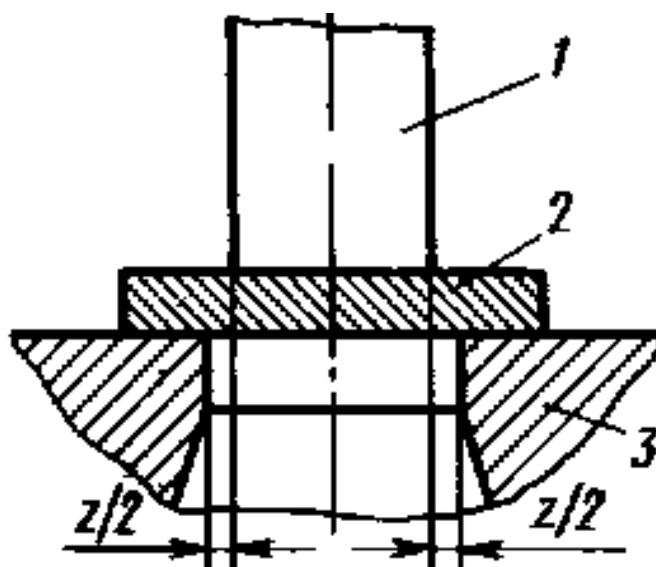


Рис. 8. Схема вырубki (пробивки):
 1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – матрица;
 z – зазор

Качество изделия зависит от правильного выбора зазора между пуансоном и матрицей. Зазор z назначают в зависимости от толщины и механических свойств заготовки, он приблизительно составляет $(0,05...0,1) S$, где S – толщина заготовки. При вырубке размеры отверстия матрицы равны размерам изделия, а размер пуансона на z меньше их. При пробивке размеры пуансона равны размерам отверстия, а размеры матрицы на z больше их.

Гибка — операция, изменяющая кривизну заготовки практически без изменения ее линейных размеров (рис. 6.3).

В процессе гибки пластическая деформация сосредоточивается на узком участке, контактирующем с пуансоном, в то время как участки, образующие полки детали, деформируются упруго. В зоне пластических деформаций наружные слои растягиваются, а внутренние (обращенные к пуансону) сжимаются. У середины заготовки (по толщине) находятся слои, деформация которых равна нулю. Из сказанного следует, что с достаточной степенью точности размеры заготовки для детали, получаемой гибкой, можно определять по условию равенства длин заготовки и детали по средней линии. В зависимости от пластичности материала заготовки $r_{\min} = (0,1...2) S$.

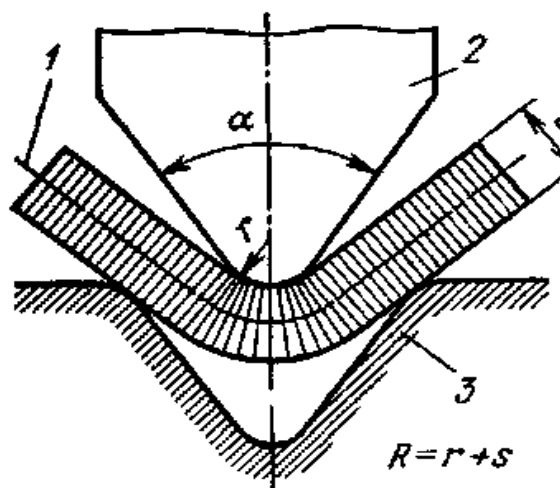


Рис. 9. Схема гибки:

1 – нейтральный слой, 2 – пуансон, 3 – матрица

При снятии внешних сил, вызывающих изгиб заготовки, растянутые слои стремятся сжаться, а сжатые слои — удлиниться. Благодаря этому при разгрузке изменяются углы между полками (пружинение при гибке). Угол между полками при разгрузке изменяется в зависимости от механических свойств (отношения предела текучести к модулю упругости), от r/S и угла α , и увеличивается с увеличением этих параметров.

Углы пружинения уменьшаются при гибке с подчеканкой (когда полки заготовки с определенным усилием сжимаются между соответствующими плоскостями пуансона и матрицы), а также при приложении сжимающих или растягивающих сил, действующих вдоль оси заготовки. В последнем случае можно устранить зону растяжения или сжатия в очаге пластических деформаций. При разгрузке все слои заготовки будут или растягиваться, или сжиматься, что и уменьшит угловые деформации.

Вытяжкой называют операцию, при которой плоская заготовка превращается в полое изделие или полуфабрикат. По характеру формоизменения вытяжка может быть без утонения и с утонением стенок.

Вытяжка без утонения происходит без заметного изменения толщины стенок [зазор $z = (1,1 \dots 1,3)S$]. В результате сложного напряженного состояния при вытяжке создается некоторая неравномерность толщины стенки: у дна она меньше, а у открытого конца больше толщины плоской заготовки.

При вытяжке без утонения стенки цилиндрического стакана (рис. 6.4) из плоской заготовки пуансон втягивает заготовку в зазор между пуансоном и матрицей, а наружный диаметр заготовки непрерывно уменьшается.

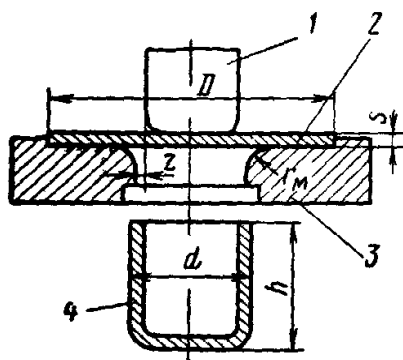


Рис. 10. Схема вытяжки цилиндрического стакана:

1 – пуансон; 2 – заготовка;
3 – вытяжная матрица; 4 – деталь

При глубокой вытяжке тонколистового материала часто возникают гофры (складки), нарушающие нормальный ход процесса. Для предотвращения складкообразования часть заготовки, находящаяся за контуром вытяжного пуансона, должна быть прижата.

Для получения полых деталей, у которых толщина стенки меньше толщины дна, применяют вытяжку с утонением стенки. В этом случае зазор между пуансоном и матрицей должен быть меньше толщины заготовки. Вытяжку с утонением ведут из полой заготовки, полученной вытяжкой без утонения или, начиная с первой операции, из плоской заготовки получают полуфабрикат с меньшей толщиной стенки.

Вытяжка без утонения стенки превращает плоскую заготовку в полое пространственное изделие при уменьшении периметра вытягиваемой заготовки.

Штампы для холодной листовой штамповки. Штампы состоят из блоков деталей и рабочих частей (матриц и пуансонов). Матрицы и пуансоны непосредственно деформируют заготовку. Детали блока (верхняя и нижняя плиты, направляющие колонки, втулки, хвостовики) служат для опоры, направления и крепления деталей штампа в столе и ползуне прессы.

Штампы классифицируют по технологическим, конструктивным и эксплуатационным признакам.

Основой технологического признака разделения штампов является число операций, производимых за один ход ползуна прессы и число заготовок, деформируемых за один ход. Если число операций равно единице и заготовка одна, то такой штамп называют штампом простого действия (рис. 11). Если число операций и число заготовок больше единицы, то такой штамп называют штампом последовательного действия.

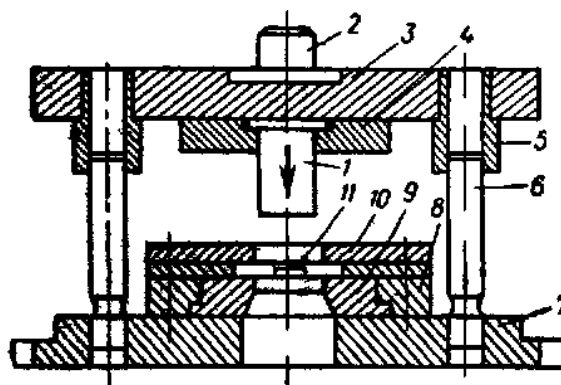


Рис. 11. Схема штампа простого действия для вырубки:

- 1 – пуансон; 2 – хвостовик; 3 – верхняя плита; 4 – пуансонодержатель;
5 – втулка; 6 – направляющая колонка; 7 – нижняя плита;
8 – матрицедержатель; 9 – матрица; 10 – направляющие планки; 11 – упор

Смена операций в таком штампе происходит по ходу подачи полосы. Если число операций больше единицы и заготовка одна, то такой штамп называют штампом совмещенного действия. В этом штампе смена операций происходит по ходу движения ползуна прессы. Иногда применяют штампы последовательно-совмещенного типа.

По эксплуатационному признаку штампы разделяют по способам подачи материала в штамп и удаления полуфабрикатов и отходов (ручное или автоматическое).

Основой классификации по конструктивным признакам является наличие или отсутствие в штампе направляющих устройств, а также возможность смены пуансонов и матриц. Штамп, конструкция которого позволяет переналаживать его для изготовления других деталей, называют универсальным, а без такой возможности - специальным.

Контрольные вопросы

1. Область применения листовой штамповки.
2. Операции листовой штамповки.
3. Назовите основные части кривошипного пресса и объясните их назначение.
4. Чем отличается вырубной штамп от вытяжного?
5. Определите усилие пресса для разделительных операций.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ ШТАМПОВКОЙ В ОТКРЫТЫХ ШТАМПАХ

Цель работы: Изучить особенности штамповки поковок в открытых штампах.

Общие сведения

Штамповка – способ обработки металлов давлением, при котором формообразование поковки осуществляется в результате пластического деформирования в полостях штампа при взаимодействии его частей под действием внешних сил. Полученное изделие называют штамповкой.

Штамп – инструмент для изготовления изделий и заготовок путем штамповки.

Деформирование заготовки в полости открытого ручья штампа условно можно разделить на четыре этапа.

На первом этапе проходит свободная осадка. Он заканчивается в момент касания боковой поверхности заготовки стенок полости ручья.

На втором этапе металл начинает заполнять полость ручья. Этап заканчивается в момент начала вытекания металла в зазор между половинами штампа, т.е. в момент образования облоя.

На третьем этапе металл течет в различных направлениях, заполняя полость ручья и частично вытекая в облойную канавку. На этом этапе облой замыкает полость ручья по поверхности разъема и создает подпор, препятствующий интенсивному вытеканию металла в полость ручья. По мере уменьшения толщины облоя в зоне мостика сопротивление вытеканию металла возрастает, что способствует в конце третьего этапа качественному заполнению ручья штампа.

На четвертом этапе осуществляется доштамповка поковки, т.е. получение требуемой высоты поковки с вытеснением избытка металла в облойную канавку.

Чем сложнее конфигурация полости ручья штампа, тем труднее заполнить его металлом, а, следовательно, необходимо создать больший подпор со стороны облоя.

Конструктивные характеристики поковки определяются по ГОСТ 7505 — 93, который распространяется на стальные штампованные поковки массой не более 250 кг и (или) с габаритным линейным размером не более 2500 мм, изготовленные горячей объемной штамповкой.

Стандарт устанавливает наибольшие величины допуска размеров, отклонений формы, припусков, кузнечных напусков и наименьшие радиусы закругления наружных углов.

Допуски, припуски и кузнечные напуски устанавливаются в зависимости от конструктивных характеристик поковки, шероховатости обработанной поверхности детали, величины размеров и массы поковки.

К конструктивным характеристикам поковки отнесены: класс точности поковки, группа стали, степень сложности, конфигурация поверхности разъема штампа.

Стандарт устанавливает пять классов точности: Т1, Т2, Т3, Т4 и Т5, три группы сталей М1, М2 и М3, четыре степени сложности С1, С2, С3 и С4, три вида конфигурации поверхности разъема штампа — плоская (П), симметрично изогнутая (И_с), несимметрично изогнутая (И_н).

Класс точности поковки зависит от используемого оборудования и технологического процесса.

Стали с массовой долей углерода до 0,35% включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2% (включительно) отнесены к первой группе М1. Ко второй группе (М2) отнесены стали с массовой долей углерода свыше 0,35 до 0,65% включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 до 5% включительно. Стали с массовой долей углерода свыше 0,65% или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0% отнесены к третьей группе М3.

В качестве критерия для классификации поковок по степеням сложности используется отношение массы (объема) $G_{\text{п}}$ поковки к массе (объему) $G_{\text{ф}}$ геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. В качестве такой геометрической фигуры стандарт рекомендует использовать шар, параллелепипед, цилиндр с перпендикулярными к его оси торцами или прямую правильную призму. При этом выбирается та из фигур, объем которой наименьший. Соотношения между степенями сложности и отношением $G_{\text{п}} / G_{\text{ф}}$ приведены в таблице.

Отметим, что при определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обработанных поверхностей.

Степень сложности С4 устанавливается для поковок с тонкими элементами, например, в виде диска, фланца, кольца.

Соотношения между степенью сложности поковки
и отношением масс

Степень сложности	$G_{\text{п}} / G_{\text{ф}}$	
	Свыше	Включительно
C1	0,63	—
C2	0,32	0,63
C3	0,16	0,32
C4	—	0,16

Степень сложности поковок, получаемых на горизонтально-ковочных машинах, допускается определять в зависимости от числа переходов: C1 — не более чем при двух переходах; C2 — при трех переходах; C3 — при четырех переходах; C4 — более чем при четырех переходах или при изготовлении на двух ковочных машинах.

Из-за колебаний диаметра прутка (заготовки) в пределах поля допуска получение точных по объему заготовок (с разбросом объема менее 3%) требует применения специальных конструкций штампов и дозирующих устройств. Недостаточный объем заготовки приводит к браку, избыточный - к повышенному объему отхода (облоя). Избыток металла, гарантирующий заполнение ручья, вытесняется в облойную канавку. Объем заготовки (без учета угара) рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{пок}} + V_{\text{обл}} = V_{\text{пок}} + fF_{\text{ок}} L_{\text{пок}},$$

где $F_{\text{ок}}$ - площадь поперечного сечения облойной канавки, мм²;

$L_{\text{пок}}$ - периметр поковки по плоскости разъема, мм;

f - коэффициент заполнения облойной канавки для круглых в плане поковок.

Высота мостика облойной канавки зависит от диаметра самой поковки

$$h_{\text{ок}} = 0,013D_{\text{пок}},$$

где $D_{\text{пок}}$ - диаметр поковки в плоскости разъема.

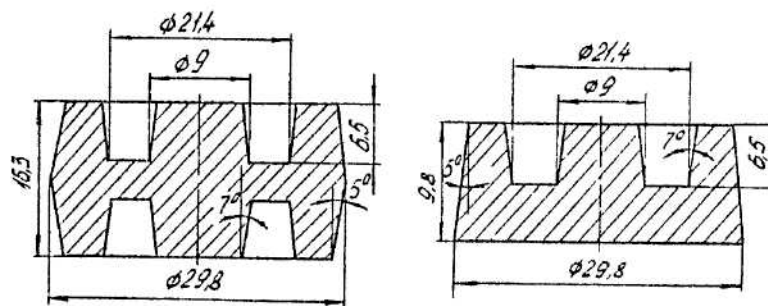


Рис. 12. Эскизы поковок

При установке заготовки в штамп необходимо как можно тщательнее ее центрировать. Для определения конца третьего этапа процесс деформирования необходимо периодически прерывать, оценивая степень заполнения ручья металлом.

При полном заполнении ручья металлом измеряют высоту поковки, толщину и ширину облоя.

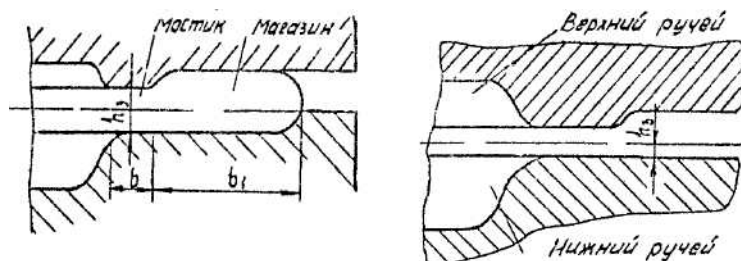


Рис. 13. Конструкции облойной канавки: а) для молотового штампа; б) для штампа КРШП

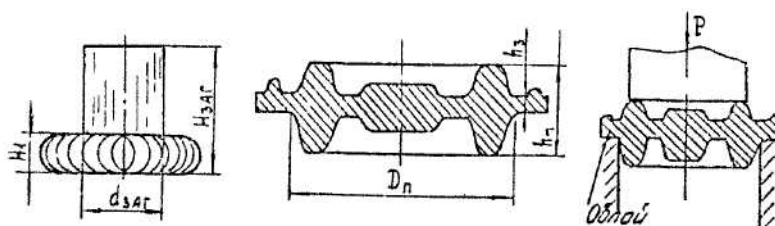


Рис. 14. Технологические переходы получения поковки шестерни: а) предварительная осадка; б) штамповка; в) обрезка облоя

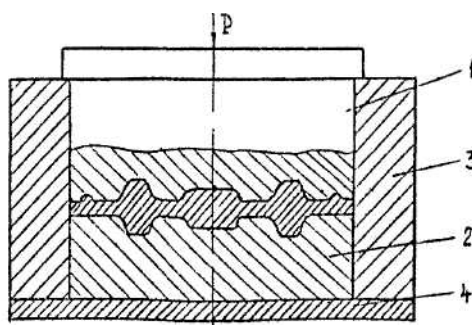


Рис. 15 - Схема лабораторного штампа: 1 – верхняя часть штампа; 2 – нижняя часть штампа; 3 – направляющая обойма; 4 – опорная плита

Контрольные вопросы

1. На какие этапы можно разделить процесс формирования заготовки в открытом штампе?
2. Почему так важно точное определение объема заготовки?
3. Как определяется высота мостика облойной канавки?
4. От чего зависит усилие штамповки?
5. Как определяется степень сложности поковки?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Материаловедение и технология металлов: Учеб. для студентов машиностроит. спец. вузов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др.; Под ред. Г.П. Фетисова. – М.: Высшая школа, 2001. – 638 с.
2. Технология конструкционных материалов: Учеб. пособие для вузов по специальности «Комплексная автоматизация машиностроения» / А.М. Дальский, В.С. Гаврилюк, Л.Н. Бухаркин и др.; Под общ. ред. А.М. Дальского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 352 с.
3. Афонькин М.Г., Магницкая М.В. Производство заготовок в машиностроении. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 256 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Практическая работа № 1. Изготовление отливок в песчано-глинистых формах.....	3
Практическая работа № 2. Изготовление отливок в металлической форме (кокиле).....	6
Практическая работа № 3. Изучение процесса продольной прокатки.....	8
Практическая работа № 4. Устройство кривошипного пресса. Операции листовой штамповки.....	10
Практическая работа № 5. Изготовление деталей типа тел вращения штамповкой в открытых штампах.....	17
Библиографический список.....	21

МАЛООТХОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
всех форм обучения

Составитель
Симонова Юлия Эдуардовна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 22.11.2021.
Уч.-изд. л. 1,4.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14