

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

Методические указания к практическим занятиям для студентов бакалавриата направления подготовки 150100

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2015**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

Кафедра материаловедения и технологии художественных изделий

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

*Методические указания к практическим занятиям для студен-
тов бакалавриата направления подготовки 150100*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2015

УДК 669.01 (073)

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ: Методические указания к практическим занятиям / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост.: *Л.Г. Борисова, В.Б. Звягин, А.В. Сивенков*. СПб, 2015, 43 с.

В методических указаниях рассматриваются методы практического применения основных теоретических положений, которые студенты изучали на лекциях, и даются рекомендации по различным способам получения заготовок, обработки материалов и нанесения защитных покрытий.

Предназначены для студентов бакалавриата направления подготовки 150100 «Материаловедение и технология материалов» по профилю «Материаловедение и технология новых материалов».

Табл. 10. Ил. 26. Библиогр.: 8 назв.

Научный редактор проф. *Е.И. Пряхин*

© Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015

ВВЕДЕНИЕ

Практические занятия по дисциплине «Технология материалов и покрытий» посвящены выбору и разработке эффективных технологических процессов производства полуфабрикатов, заготовок и изделий из различных конструкционных материалов, и имеют своей целью научить студентов, на основании полученных теоретических знаний, решать конкретные инженерные задачи. При решении этих задач студент должен показать, что он овладел основами технологических процессов получения и обработки материалов и нанесения покрытий; методами определения основных технологических параметров процессов обработки материалов и нанесения покрытий; методами и средствами контроля качества и определения характеристик материалов и покрытий, полуфабрикатов и готовых изделий.

Студент должен знать, что технология материалов и покрытий - это наука, изучающая, прежде всего различные способы получения и обработки материалов и покрытий. Повышение надежности и долговечности машин и механизмов в значительной степени зависит от качества конструкционных материалов, рационального способа получения заготовок, их обработки и нанесения защитных покрытий.

В данной методической разработке представлены не только задания на практические занятия, но и инженерная методика расчета основных задач, а также справочные данные, необходимые для выбора тех или иных параметров.

При проведении практических занятий каждый студент работает индивидуально, в соответствии с вариантом, выбранным по таблицам исходных данных. Выполненные работы оформляются в виде отчета в печатном варианте на формате А4, представляются на защиту преподавателю, и являются допуском к итоговому контролю знаний дисциплины – экзамену.

Работа №1 «Разработка технологического процесса изготовления отливки в разовой песчано-глинистой форме»

Цель работы - по чертежу готовой детали разработать чертёж отливки, модели стержневого ящика и формы в сборе.

1. Задание

Для заданного чертежа детали:

- а) выбрать плоскость разреза модели и формы с указанием положения отливки в форме *B* (верх) и *H* (низ);
- б) выполнить эскиз отливки с обозначением размеров припусков, уклонов, усадки металла и стержней;
- в) выполнить эскиз модели с указанием габаритных размеров;
- г) начертить эскиз стержневого ящика без указания размеров;
- д) привести эскиз собранной литейной формы в разрезе с указанием её элементов;
- е) дать краткое описание последовательных операций по изготовлению литейной формы и отливки.

2. Теоретическая часть

Литейная технологическая оснастка

Сущность литейного производства заключается в получении отливок – литых металлических изделий путём заливки расплавленного металла в специальную литейную форму, в которой он, остывая, затвердевает и сохраняет её очертания.

Для изготовления литейной формы применяют большое число различных приспособлений, которые называют литейной оснасткой. В её состав входят модели, подмодельные плиты, стержневые ящики, опоки и др.

Модели – приспособления, при помощи которых в формовочной смеси получают отпечатки полости, соответствующие наружной конфигурации отливки. Отверстия и полости внутри отливки, а также иные сложные контуры образуют при помощи стержней, устанавливаемых в формы при их сборке.

Размеры модели делают больше, чем соответствующие размеры отливки, на величину линейной усадки сплава. Если отливки подвергаются механической обработке, то в соответствующих размерах

модели учитывают размер припусков – слоя металла, удаляемого при механической обработке. Он зависит от размеров отливки и вида сплава. Припуск на верхние поверхности отливки должен быть больше, чем на нижние и боковые поверхности т.к. наверху скапливаются шлаки, частички формовочной смеси и газовые включения.

Отверстия небольших размеров, полученные литьем, трудно очистить от спёкшейся внутри стержневой смеси, которая отрицательно влияет на стойкость режущего инструмента при последующей механической обработке. Поэтому литьём следует выполнять отверстия, диаметр которых превышает 25-30 мм.

Чтобы легче удалить модель из формы, поверхности её расположенные параллельно направлению движения при извлечении из формы, выполняют с формовочными уклонами, зависящими от высоты отливки. Без уклонов при извлечении модели может быть разрушение формы и осыпание формовочной смеси.

Для получения в форме отпечатков знаковых частей стержней, которыми стержень крепится в форме, модель имеет знаки – выступающие части. Сопряжение стенок в отливках должны быть плавными, без острых углов. Скругление внутренних углов называется галтелью, наружных - закруглением.

Модели делают из древесины, металлических сплавов и пластмасс. Деревянные модели изготавливают из плотной хорошо просушенной древесины (сосна, ясень, бук и др.). Для предотвращения коробления модель делают не из целого куска древесины, а склеивают из отдельных брусочков так, чтобы направление волокон было различным. Преимущество деревянных моделей – дешевизна, простота изготовления, небольшая масса; основной недостаток – недолговечность.

Металлические модели имеют большую долговечность, высокую точность и чистую рабочую поверхность. Такие модели чаще всего делают из алюминиевых сплавов, которые имеют малую плотность, не окисляются, хорошо обрабатываются резанием.

Модели из пластмасс устойчивы к действию влаги, не подвергаются короблению, имеют небольшую массу. Перспективным является применение моделей из вспененного полистирола, газифи-

цирующегося при заливке металла и их не надо вынимать из формы перед заливкой.

Стержневые ящики служат для изготовления стержней и должны обеспечивать равномерное уплотнение смеси и быстрое извлечение стержня. Как и модели, они имеют уклоны; при назначении размеров ящика учитывают усадку сплава и припуск на обработку. Стержневые ящики делают из тех же материалов, что и модели, а по конструкции неразъёмными (вытряхными) и разъёмными.

Опоки - прочные металлические рамы различной формы предназначены для изготовления литейных полуформ из формовочных смесей. Их изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевых сплавов и могут быть литыми, сварными или сборными из отдельных литых частей. Стенки опоки часто делают с отверстиями для уменьшения их массы, удаления газов из формы и для лучшего скрепления формовочной смеси с опокой. Соединяют опоки штырями и центрирующими отверстиями в приливах. Для скрепления опок применяют скобы или другие приспособления.

Формовочные и стержневые смеси

В литейном производстве наиболее распространено получение отливок в разовых формах, изготовленных из песчано-глинистых и других смесей. Разовая форма пригодна для получения только одной отливки. При выемке (выбивке) готовой детали форму разрушают.

Формовочные и стержневые смеси должны обладать определенными механическими, технологическими и теплофизическими свойствами, основными из которых являются: прочность, поверхностная прочность, пластичность, податливость, непригораемость, газопроницаемость и др.

Для приготовления формовочных и стержневых смесей используют как природные, так и искусственные материалы. Песок – основной исходный материал смесей. Наиболее часто применяют кварцевый песок, в основном состоящий из кремнезема, обладающего высокой прочностью, твёрдостью, огнеупорностью $t_{nl} = 1713$ °С. Мелкозернистые пески используют для мелкого литья, что обеспечивает получение гладкой поверхности отливок. Для крупных отли-

вок применяют крупнозернистые пески, обеспечивающие более высокую газопроницаемость формовочной смеси.

Реже для формовочных смесей применяют цирконовый песок $t_{пл} = 2000$ °С, хромит (хромистый железняк) $t_{пл} = 1850$ °С и некоторые другие материалы. Они превосходят кварцевый песок по термохимической устойчивости, теплопроводности, но они более дороги; их используют в особо ответственных случаях, например, для получения крупных стальных отливок с чистой поверхностью.

Глина – второй основной исходный материал в формовочных смесях. Она является связующим веществом, обеспечивающим их прочность и пластичность. На практике наиболее широко используют каолиновые или бентонитовые глины. В присутствии влаги на поверхности глинистых частиц образуются гидратные оболочки из молекул воды, которые обеспечивают сцепление частиц и вместе с тем лёгкое скольжение между ними. Чем больше глина удерживает на поверхности воды, тем выше её связующая способность, а также и пластичность формовочной смеси. При нагревании (сушке) по мере удаления влаги прочность смеси возрастает.

Кроме глины в качестве связующих веществ в формовочные, а особенно стержневые смеси, вводят жидкое стекло, синтетические смолы, декстрин, сульфитно-спиртовую барду и др. Их вводят в состав смеси в количестве 1,5-3 %, но они значительно сокращают продолжительность затвердевания.

Для улучшения свойств песчано-глинистых смесей в них вводят добавки. В качестве противопригарных материалов для стального литья используют пылевидный кварц (маршалит), хромистый железняк; для чугунного и цветного литья каменноугольную пыль, мазут. С целью увеличения податливости и газопроницаемости литейных форм в смеси добавляют древесные опилки.

По характеру использования формовочные смеси подразделяются на облицовочные, наполнительные и единые, а по состоянию литейной формы при её изготовлении и перед заливкой на сырые и сухие.

Состав формовочной смеси выбирается в зависимости от литейного сплава с учётом его температуры плавления и усадки, а также массы, размеров и конфигурации отливки.

Для предотвращения пригара и улучшения чистоты поверхности отливок формы и стержни покрывают тонким слоем противопригарных материалов. Для сырых форм применяют припылы.

В формах для чугунных отливок используют порошкообразную смесь оксида магния, древесного угля и бентонита, порошкообразный графит. В формах для стальных отливок применяют порошкообразную смесь оксида магния и огнеупорной глины, пылевидный кварц, циркон и другие материалы. Для сухих форм применяют противопригарные краски, водные суспензии этих материалов с добавками связующих.

Литниковые системы

Литейную форму заливают металлом через литниковую систему, под которой понимают совокупность каналов и резервуаров, по которым расплав поступает из ковша в полость формы. Литниковая система должна обеспечивать непрерывное поступление металла в форму, питание отливки для компенсации усадки, предотвращать разрушение формы, попадание шлака и воздуха со струёй расплава.

Основными элементами литниковой системы являются литниковая чаша, стояк, шлакоуловитель, питатели (рис.1). Чаша уменьшает размывающее действие струи расплава, задерживает всплывающий шлак. Для лучшего задержания шлаковых включений в литниковые чаши или другие элементы литниковой системы иногда устанавливают фильтры: керамические сетки, либо фильтры из специальной стеклоткани.

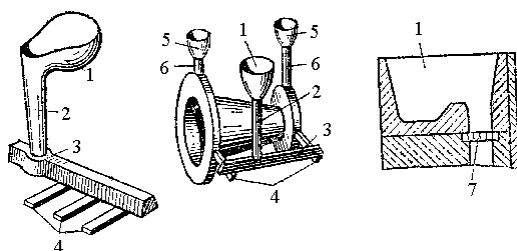


Рис.1. Элементы литниковой системы: 1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатели; 5,6 – чаша и стояк выпоров (прибылей); 7 – фильтр из специальной стеклоткани

Стояк представляет собой вертикальный конический, обычно суживающийся к низу канал круглого сечения, по которому металл из литниковой чаши или воронки попадает в шлакоуловитель.

Шлакоуловитель служит для задержания попавших в металл шлака и других включений и представляет собой горизонтальный канал обычно трапециевидного сечения, располагающийся в верхней полуформе.

Питатели представляют собой каналы прямоугольного или трапециевидного сечения, которые примыкают к нижней части шлакоуловителя и предназначены для подвода металла непосредственно в полость формы. Их располагают в нижней полуформе на некотором расстоянии от стояка и концов шлакоуловителя, так как в противном случае в них, а, следовательно, и в полость формы может попасть шлак. Для лучшего задержания шлака в литниковой системе выдерживается следующее соотношение размера сечения стояка, шлакоуловителя и питателей $F_{ст} > F_{шл} > F_{пит}$.

Над самым высоким местом полости формы, на стороне, противоположной месту подвода в неё металла, делают выпоры – каналы для выхода из формы воздуха и газов и всплывающих неметаллических включений. Они содействуют нормальной усадке застывающего сплава и позволяют контролировать полноту заполнения формы металлом.

При изготовлении отливок из стали у наиболее массивных частей делают прибыли – наполненные жидким металлом полости, предназначенные для предупреждения образования в отливках усадочных раковин и рыхлот. Они должны всё время пополнять затвердевающую отливку жидким металлом и сами затвердевать последними.

В зависимости от формы, размера отливки, состава и свойств литейного сплава применяются верхняя, нижняя (сифонная) и ярусная литниковые системы. Верхняя система наиболее проста, её применяют для мелких деталей небольшой высоты. С увеличением высоты происходит размывание формы струёй металла, разбрызгивание и окисление его, увеличивается количество неметаллических включений в теле отливки.

Нижнюю систему применяют для средних и толстостенных отливок значительной высоты. Она обеспечивает спокойное заполнение формы металлом, но она более сложна.

Ярусная система обеспечивает последовательное питание отливки снизу вверх, и её применяют для крупных отливок. Недостатки ярусной системы – сложность в изготовлении и значительный расход металла на литники.

Изготовление литейной формы

Ручную формовку в опоках по разъёмной модели для изготовления отливки в разовой песчано-глинистой форме осуществляют в следующей последовательности:

1. Изготовление нижней полуформы. Нижнюю половину модели, не имеющую центрирующих шипов, ставят плоскостью разъёма на подмодельную доску и устанавливают опоку. Поверхность модели и доски посыпают разделительным составом для уменьшения прилипания смеси к оснастке (сухой кварцевый песок, порошок талька или графита). На модель наносят слой облицовочной смеси толщиной 20-30 мм, уплотняют её руками вокруг всей модели. Затем заполняют остальной объём опоки наполнительной смесью и уплотняют её трамбовкой, сначала у стенок опоки, а затем в средней части. Излишек смеси срезают линейкой. В формовочной смеси на расстоянии 40-50 мм друг от друга и на 10-15 мм от модели душником накалывают отверстия для выхода газов. Заформованную опоку покрывают второй подмодельной доской и переворачивают на 180°.

2. Изготовление верхней полуформы. На нижнюю половину модели по центрирующим шипам устанавливают верхнюю половину модели, модели шлакоуловителя, стояка и выпоров. Поверхность разъёма формы посыпают тонким слоем сухого кварцевого песка, для того чтобы формовочная смесь в верхней опоке не прилипла к смеси в нижней опоке. Верхнюю опоку устанавливают по центрирующим штырям на нижнюю. Наполняют её формовочными смесями так же, как и нижнюю. После уплотнения смеси вокруг стояка гладилкой прорезают литниковую чашу.

3. Извлечение моделей. Модели стояка и выпоров раскачивают и удаляют из верхней полуформы. Верхнюю опоку снимают и поворачивают на 180° разъёмом вверх. В плоскости разъёма нижней

полуформы гладилкой прорезают питатели. Из полуформ после лёгкого раскачивания удаляют половины моделей и модель шлакоуловителя. Устраняют возможные дефекты формы, возникшие при извлечении моделей, обдувают обе полуформы сухим сжатым воздухом для удаления возможного засора. Поверхность полуформ припыливают молотым древесным углём или графитом.

4. Сборка литейной формы. В нижнюю полуформу, если требуется, устанавливают стержень и накрывают её верхней полуформой. Полуформы фиксируют штырями или скобами и на верхнюю полуформу устанавливают груз, для предотвращения ухода жидкого металла через разъем формы во время заливки. Производится заливка металла в форму до тех пор, пока он, поднимаясь снизу, не заполнит до верха выпоры.

2. Порядок выполнения работы

Основой для разработки технологического процесса изготовления отливки является чертёж детали. На чертеж детали в соответствии с ГОСТ 3.1125-88 наносят технологические указания, необходимые для изготовления модельного комплекта, формы и стержня, и получают чертёж отливки с модельно – литейными указаниями.

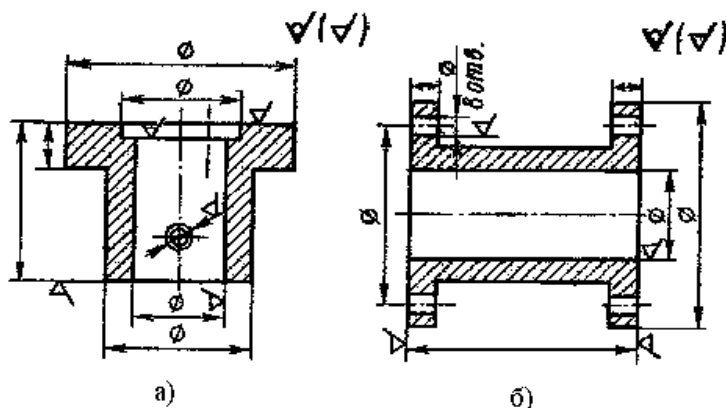


Рис. 2. Эскизы деталей: а) стальной; б) чугунной

На рис.2 в качестве примера приведены эскизы стальной (а) и чугунной (б) деталей. Поверхности деталей, подвергающиеся механической обработке, условно обозначаются знаком ✓. Остальные

поверхности механической обработке не подлежат, на что указывает знак ∇ (∇) в правом углу эскиза.

При разработке эскиза отливки с литейно-модельными указаниями на эскиз детали условно наносят (рис.3):

1. Плоскость разъёма модели и формы (1), их показывают отрезком, над которым указывается буквенное обозначение разъёма РМ. Направление разъёма показывается сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной линии разъёма. Положение отливки в форме при заливке обозначается буквами В (верх) и Н (низ). Буквы проставляются у стрелок, показывающих направление разъёма.

При выборе плоскости разъёма наиболее ответственные поверхности отливки целесообразно располагать в нижней части формы или вертикально, так как в верхней части отливки скапливаются дефекты – газовые раковины и шлаковые включения. Плоскость разъёма выбирают с учётом удобства формовки и извлечения модели из формы. Кроме того желательно, чтобы отливка или, по крайней мере, её базовые поверхности для механической обработки были расположены в одной полуформе.

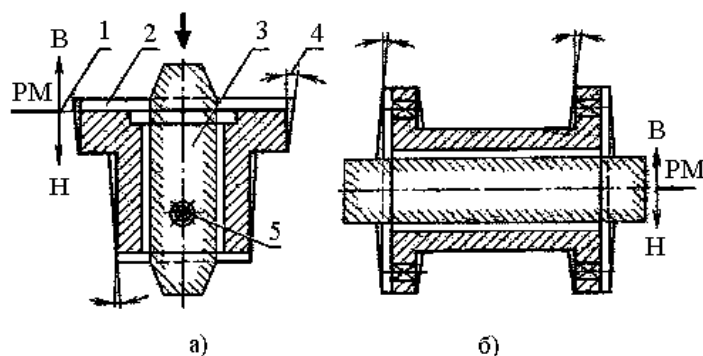


Рис.3. Эскизы отливок: а) стальной; б) чугунной
где: 1 – разъем модели; 2 – припуск на механическую обработку;
3 – стержень; 4 – формовочные уклоны; 5 – необрабатываемые отверстия

2. Припуски на механическую обработку (2), их обозначают сплошными тонкими линиями у поверхностей, где указан знак обработки ∇ (допускается выполнять линию припуска красным карандашом). Величины припусков определены ГОСТ 26645-85 и при единичном производстве выбираются по III классу точности в зависимости от способа литья, материала отливки, положения обрабатываемой поверхности при заливке (верх, низ, бок), наибольшего габаритного и номинального размера отливки по таблицам. Под номинальным размером отливки подразумевается расстояние между двумя противоположными обрабатываемыми поверхностями или расстояние от установочной базовой поверхности до обрабатываемой.

3. Отверстия, впадины, выемки, не выполняемые при литье, зачёркивают сплошными тонкими линиями (5), которые допускаются выполнять красным карандашом.

4. Контуры стержня со стержневыми знаками (3) изображаются сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять синим цветом. Стержни в разрезе штрихуются только у контура. Размеры знаков стержней и зазоры между знаками стержней и модели принимаются по ГОСТ 3606-80.

5. Формовочные уклоны на вертикальных стенках обозначаются тонкими линиями и выбираются в зависимости от высоты отливки от плоскости разъёма (табл. 3).

Помимо этих обозначений указывается процент усадки сплава, из которого изготавливают отливку, наносится литниковая система, прибыли, выпоры, которые на рассматриваемом эскизе для простоты не указаны.

На рис.3,б приведён эскиз чугунной отливки с модельно – литейными указаниями. Для этой отливки используется горизонтальный стержень, имеющий цилиндрические стержневые знаки, в отличие от вертикального стержня, у которого стержневые знаки конусные.

6. По эскизам отливок выполняются эскизы моделей (рис.4). Модели имеют стержневые знаки (они закрашены чёрным цветом), формовочные уклоны для вертикального стержня и радиусы закруглений r в местах перехода стенок. Размеры моделей выполняют с учётом

размеров детали, припусков на механическую обработку, формовочных уклонов и усадки сплава, которую выбирают по таблице 4.

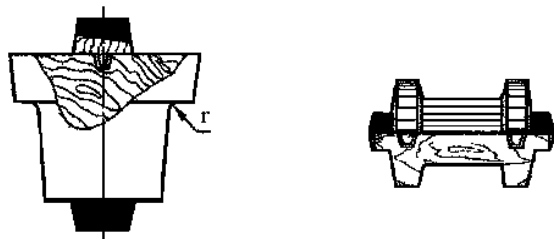


Рис. 4. Эскизы моделей

Таблица 1

Припуски на механическую обработку отливок из серого чугуна по III классу точности (ГОСТ 26645 – 85)

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм			
		До 50	51-120	121-260	261-500
До 120	верх	3,5	4,5		
	низ, бок	2,5	3,5		
121-260	верх	4,0	5,0	5,5	
	низ, бок	3,0	4,0	4,5	
261-500	верх	4,5	6,0	7,0	7,0
	низ, бок	3,5	4,5	5,0	6,0

Таблица 2

Припуски на механическую обработку фасонных отливок из стали по III классу точности (ГОСТ 26645-85)

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение Поверхности при заливке	Номинальный размер, мм		
		До 120	121-260	261-500
До 120	Верх	5		
	низ, бок	4		
121-260	Верх	5	6	
	низ, бок	4	5	
261-500	Верх	6	8	9
	низ, бок	5	6	6

Таблица 3

Формовочные уклоны на отливках по ГОСТ 3212 – 80

Высота отливки от плоскости разъёма	Величина уклона		Высота отливки от плоскости разъёма	Величина уклона	
	мм	град.		мм	град.
До 20	3°	1,0	201- 300	0° 30'	2,5
21-50	1° 30'	1,3	301-800	0° 30'	4,5
51-100	1°	1,5	801-2000	0° 20'	9,0
101-200	0° 45'	2,0	св. 2000	0° 15'	11,0

Таблица 4

Линейная усадка литейных сплавов

№ п/п	Литейный сплав	Линейная усадка, %
1	Чугун серый	
	мелкие отливки (не более 100 кг)	1,00-1,25
	средние отливки (100-500 кг)	0,75-1,00
	крупные отливки (более 500 кг)	0,50-0,75
2	Чугун ковкий	1,5-1,75
3	Сталь углеродистая	
	мелкие отливки (не более 100 кг)	1,8-2,2
	средние отливки (100-500 кг)	1,6-2,0
	крупные отливки (более 500 кг)	1,4-1,8
4	Бронзы	1,0-1,8
5	Латуни	1,5-2,0
6	Алюминиевые сплавы	1,0-1,25

7. Для изготовления стержней служат стержневые ящики – разъемные, либо неразъемные. На рис.5 приведены эскизы стержневых ящиков для вертикального (а) и горизонтального (б) стержня.

8. Эскизы собранных литейных форм для чугуна (а) и стальной (б) отливок даны на рис.6. В форме для чугуна имеются шлакоуловитель и выпоры, а в форме для стального литья шлакоуловитель отсутствует, а для компенсации большой усадки стали и предупреждения усадочных раковин предусмотрены прибыли.

9. На рис.7 приведены эскизы готовых чугунной (а) и стальной (б) отливок с литниковой системой.

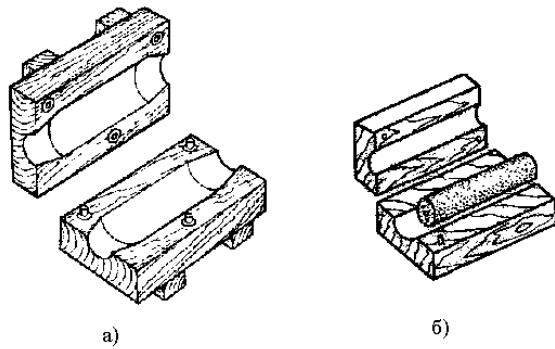


Рис. 5. Эскизы стержневых ящиков:
а – для вертикального стержня; б – для горизонтального стержня

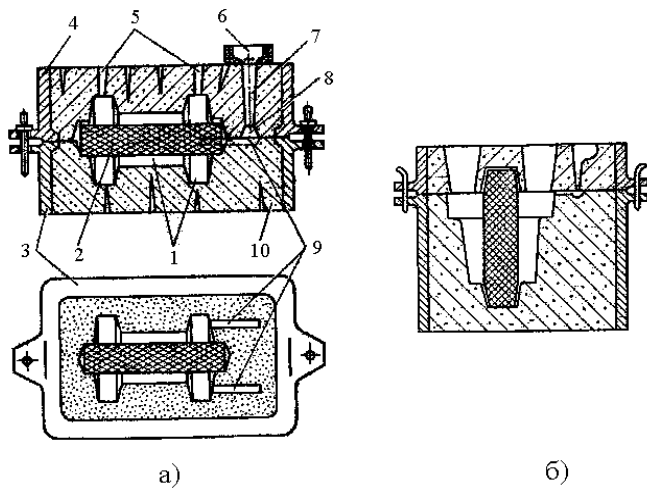


Рис.6. Эскизы собранных литейных форм: 1 – полость формы; 2 – стержень;
3 – нижняя опока; 4 – верхняя опока; 5 – выпор; 6 – чаша; 7 – стояк;
8 – шлакоуловитель; 9 – питатели; 10 – формовочная смесь

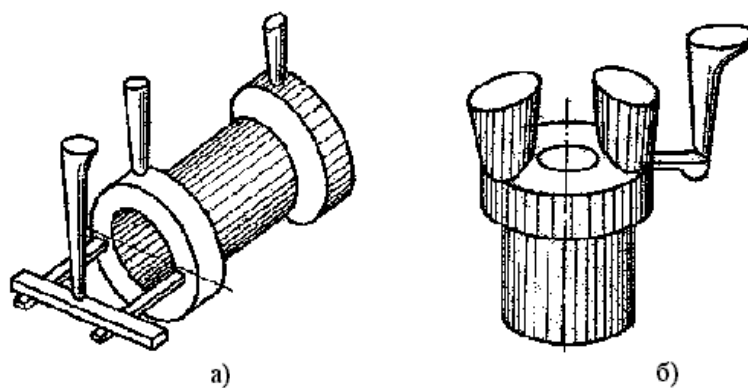


Рис.7. Эскизы готовых отливок с литниковой системой:
а – отливка из чугуна; б – отливка из стали

3. Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Эскиз детали.
3. Эскиз отливки.
4. Эскиз модели.
5. Эскиз стержня и стержневого ящика.
6. Эскиз собранной литейной формы.
7. Краткое описание последовательности изготовления литейной формы.

Работа №2 «Разработка технологического процесса горячей объёмной штамповки»

Цель работы - закрепить знания, полученные на теоретических занятиях по обработке металлов давлением. Разработать технологический процесс получения поковки горячей объёмной штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе в открытом штампе.

1. Задание

- а) выбрать вариант чертежа детали по сумме двух последних чисел шифра (табл. 1);
- б) в соответствии с вариантом задания начертить эскизы заданной готовой детали, поковок и открытого штампа;
- в) выбрать температурный интервал обработки;
- г) определить время нагрева заготовки;
- д) произвести расчет параметров горячей объемной штамповки (табл. 2).

Таблица 1

Варианты задания

№ варианта	Изделие	Эскиз детали	Сталь	Производство
1	Серьга	Приложение 1. Рис. 1	30	единичное
2	Фланец	Приложение 1. Рис. 2	10	единичное
3	Ступица	Приложение 1. Рис. 3	15	массовое
4	Шестерня	Приложение 1. Рис. 4	30	серийное
5	Втулка	Приложение 1. Рис. 5	35	единичное
6	Крышка	Приложение 1. Рис. 6	45	массовое
7	Шестерня	Приложение 1. Рис. 7	70	серийное
8	Серьга	Приложение 1. Рис. 8	9Х	единичное
9	Колесо	Приложение 1. Рис. 9	40Х	массовое
10	Корпус	Приложение 1. Рис. 10	20Х	единичное
11	Переходник	Приложение 1. Рис. 11	50ХН	единичное
12	Втулка	Приложение 1. Рис. 12	18ХГТ	массовое
13	Фланец	Приложение 1. Рис. 13	30	массовое
14	Штуцер	Приложение 1. Рис. 14	40Х	серийное
15	Промежуточный вал	Приложение 1. Рис. 15	45	массовое
16	Фланец	Приложение 1. Рис. 13	30	массовое
17	Штуцер	Приложение 1. Рис. 14	40Х	серийное
18	Промежуточный вал	Приложение 1. Рис. 15	45	массовое

2. Теоретическая часть

Процесс обработки металлов давлением (ОМД) заключается в придании материалу требуемой формы, размеров и физикомеханических свойств без нарушения его сплошности путем пластической деформации.

В зависимости от полноты восстановления исходной формы и размеров тела после прекращения воздействия внешних сил различают упругую и пластическую деформацию, которые в процессе ОМД сопутствуют друг другу.

Изменение формы и размеров твердого тела в результате действия внешних сил оценивается степенью деформации. Наибольшая допустимая степень деформации зависит от пластичности обрабатываемого материала и его сопротивления деформированию. В свою очередь, они определяются химическим составом сплава, температурой обработки, скоростью деформирования и схемой нагружения.

Так, пластичность повышается, а сопротивление деформированию понижается в следующих случаях:

1. С понижением содержания углерода и легирующих элементов в стали.

2. С повышением температуры обработки.

3. С понижением скорости деформирования (изменением степени деформации в единицу времени). Однако при очень больших скоростях (например, при электромагнитной и взрывной штамповке) для многих металлов допустима чрезвычайно большая степень деформации, при которой не происходит разрушения.

4. При применении схемы нагружения создающей всестороннее неравномерное сжатие. Поэтому, например, при прессовании, объемной штамповке металл проявляет большую способность к пластическому деформированию, чем при волочении.

Следовательно, пластичность и технологические возможности ОМД следует рассматривать не как неизменное свойство какого-либо материала, а как его состояние, зависящее от конкретных условий обработки. Возможно создание комплекса условий (мелкозернистая структура металла, соответствующие температура и скорость деформации), при которых ряд металлов переходит в состояние сверхпластичности.

Пластическая деформация вызывает коренное изменение структуры и свойств металла; при этом зерна дробятся и вытягиваются в направлении пластического течения металла, создавая волокнистое строение.

В результате холодной пластической деформации в 1,5-2 раза увеличивается твердость и прочность при одновременном снижении пластичности, изменяется электропроводность и магнитная проницаемость. Упрочнение металла в результате холодной пластической деформации называется наклепом или нагартовкой.

Наклеп переводит металл в неустойчивое структурное состояние, что связано с искажением кристаллической решетки. При нагреве холоднодеформированного и деформации предварительно нагретого металла в нем происходят разупрочняющие процессы, называемые возвратом и рекристаллизацией.

Возврат для чистых металлов проявляется при температуре выше $0,3T_{пл}$, где $T_{пл}$ – температура плавления, К. Увеличение амплитуды тепловых колебаний атомов искаженной кристаллической решетки позволяет им вернуться в положение устойчивого равновесия. При этом несколько увеличивается пластичность, а волокнистая структура не меняется.

Рекристаллизация происходит при увеличении температуры до $0,4T_{пл}$ для чистых металлов. При этом подвижность атомов достаточна для их перегруппировок, приводящих к возникновению и росту новых равноосных зёрен с неискаженной кристаллической структурой взамен деформированных. Наклеп полностью снимается, а волокнистая структура превращается в равноосную. ОМД, проводимая выше температуры рекристаллизации называется горячей, ниже – холодной.

Волокнистое строение деформированного металла приводит к анизотропии его свойств (прочность и ударная вязкость вдоль его волокон выше, чем поперек). Поэтому течение металла при обработке давлением следует направлять так, чтобы волокна совпадали с направлением наибольших напряжений в детали при ее эксплуатации.

ОМД существенно влияет на свойства материалов. Она позволяет улучшить качество литого металла, т.к. литая дендритная структура преобразуется в относительно мелкое зерно. При горячей деформировании ликвидируются пустоты и микротрещины внутри слитка, уменьшается его ликвация (неоднородность химического состава) вследствие значительных перемещений слоев металла.

Нагрев металла при обработке давлением

При горячей деформации пластичность металла выше, а сопротивление деформированию ниже, чем при холодной, поэтому она сопровождается меньшими энергетическими затратами. Вследствие этого холодную деформацию применяют только в том случае, если горячая деформация неприемлема.

Нагрев металла при ОМД влияет на качество и стоимость продукции. Основные требования к нагреву: необходим равномерный прогрев заготовки по сечению и длине до соответствующей температуры за минимальное время с наименьшей потерей металла в окалину и экономным расходом топлива. Неправильный нагрев вызывает различные дефекты: трещины, обезуглероживание, повышенное окисление, перегрев и пережог.

При медленном нагреве снижается производительность, увеличивается окисление и обезуглероживание поверхности заготовки. При перегреве (нагрев выше оптимального интервала ОМД) происходит рост зерна, что снижает механические свойства. Он исправляется нормальным отжигом путем нагрева до оптимальной температуры, выдержки и последующего медленного охлаждения вместе с печью. При пережоге, т.е. при нагреве до температуры близкой к температуре плавления, происходит оплавление границ зерен и появление трещин, что является неисправимым браком.

Каждый металл и сплав имеют свой определенный температурный интервал горячей обработки давлением, который выбирается по таблицам в зависимости от марки сплава. Так, например, для углеродистых сталей температуру начала горячего деформирования выбирают по диаграмме состояния железо-цементит на 100-200 °С ниже температуры плавления стали заданного химического состава, а температуру конца деформирования принимают на 50-100 °С выше температуры рекристаллизации.

Заготовки и слитки перед обработкой давлением нагревают в горнах или печах. Горны отличаются от нагревательных печей небольшими размерами, отапливаются каменным углем, коксом или мазутом, металл нагревается в них при непосредственном контакте с топливом. Их используют для нагрева мелких заготовок при ручной ковке.

Печи для нагрева заготовок подразделяются на пламенные и электрические, а по распределению температуры – на камерные и методические. В камерных печах – печах периодического нагрева – температура одинакова по всему рабочему пространству. Методические печи с постоянно повышающейся температурой рабочего пространства от места загрузки заготовок к месту их выгрузки являются печами непрерывного действия.

3. Порядок выполнения работы

Проектирование технологического процесса горячей объёмной штамповки заключается в разработке чертежа (эскиза) поковки, выполняемого на основании чертежа (эскиза) готовой детали (рис.1,2) и расчёте основных параметров штамповки, которые заносятся в таблицу 2.

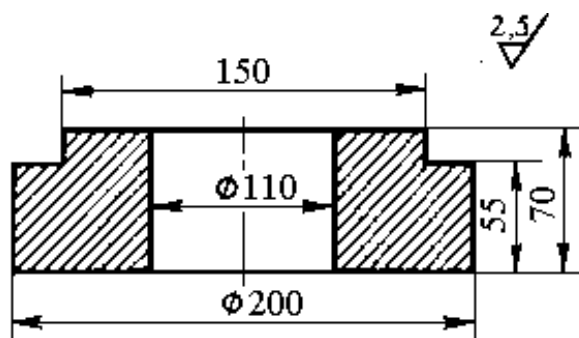


Рис.1. Эскиз детали

Перед разработкой эскиза поковки предварительно определяется масса заданной детали по формуле

$$G_d = V \cdot \gamma,$$

где G_d – масса детали, кг; γ – плотность металла (для стали $\gamma=7,8$ г/см³); V – объём детали, см³.

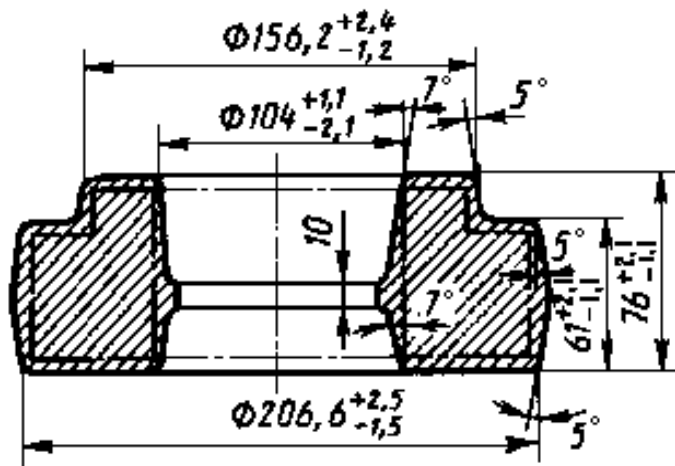


Рис. 2. Эскиз поковки

При составлении эскиза поковки габаритный контур готовой детали показывают тонкими линиями. Контур поковки вычерчивают сплошными линиями. Цифры над размерной линией обозначают номинальные размеры поковки и допустимые предельные отклонения.

Разработка эскиза поковки осуществляется в следующей последовательности:

1. Выбирается плоскость разреза штампа. Она должна обеспечивать возможность свободного извлечения поковки из штампа, препятствовать возможному сдвигу одной части штампа относительно другой, плоскость разреза должна пересекать вертикальные поверхности поковки.

2. На поверхности поковки, подлежащих механической обработке (обозначенные знаком ∇), назначают припуски. Их выбирают по таблицам из ГОСТ в зависимости от габаритных размеров и массы поковок и от требований к поковкам (табл.3).

3. По тем же таблицам назначают допуски – допустимые отклонения размеров поковок из-за возможной их недоштамповки по высоте, сдвига штампов, их износа.

4. Штамповкой не всегда можно получить сложную конфигурацию поковки. Поэтому для упрощения формы назначают напуски, представляющие собой часть объёма поковки, добавляемую для облегчения её изготовления. К напускам также относят штамповочные уклоны, внутренние радиусы закруглений, перемычки отверстий.

5. В штампах с одной плоскостью разъёма нельзя получить сквозное отверстие в поковках. Поэтому в них делают наметку отверстия сверху и снизу, а между ними остается перемычка, толщина которой $S=0,1d_{отв}$ поковки. Отверстия диаметром менее 30 мм в поковках не делают, их получают сверлением.

6. На боковые поверхности поковки (перпендикулярные плоскости разъёма штампа), для облегчения извлечения её из штампа, назначают штамповочные уклоны. Различают наружные α и внутренние β уклоны. Внутренние уклоны на $2-3^\circ$ больше наружных, т.к. при охлаждении поковки её внутренние поверхности прижимаются к штампу, а наружные отходят от стенок штампа, уменьшая вероятность застревания поковки в штампе (табл. 4, рис. 3).

Таблица 2

Результаты расчетов

Наименование параметра	Численное значение
Способ производства (массовое, серийное, единичное)	
Масса детали G_d , кг	
Масса поковки $G_{п}$, кг	
Масса исходной заготовки $G_з$, кг	
Коэффициент использования металла K , %	
Температурный интервал нагрева заготовки, t °C	
Время нагрева заготовки в печи T , ч	
Усилие деформирования P_d , кг	
Усилие прессы на обрезку облоя $P_о$, кг	

Таблица 3

Припуск и допуск на механическую обработку поковок на сторону

Масса детали, кг	Припуск на штамповку на прессах				Элементы допусков, определяемые по массе детали, мм		
	Толщина (высота), длина или ширина детали, мм				по недоштамповке	по износу штампа	по смещению
	до 50	50-120	120-180	180-260			
До 0,25	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,3	0,2
0,25-0,63	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,4	0,25
0,64-1,60	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	0,5	0,3
1,61-2,50	1,0	1,1	1,1	1,2	1,4	0,6	0,35
2,51-4,00	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	0,7	0,4
4,01-6,30	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	0,8	0,5
6,31-10,0	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	0,9	0,6
10,1-16,0	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	1,0	0,6
16,1-25,0	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	1,1	0,7
25,1-40,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,5	1,2	0,7

Таблица 4

Штамповочные уклоны

Штамповочное оборудование	Допустимо		
	h / b	Внешний угол, α°	Внутренний угол, β°
Гидравлические и механические прессы	до 2	3	5
	2-5	5	7
	5-7	7	10

7. На пересекающиеся поверхности поковки назначаются наружные R и внутренние R_i радиусы закруглений (рис. 3), которые необходимы для лучшего заполнения полости штампа металлом, предохранения его от преждевременного изнашивания и поломок, а также для получения качественных поковок. Величина радиусов закруглений регламентируется ГОСТ 7505–74.

Практически достаточно, если наружные радиусы будут на 0,5-1 мм больше величины припуска на механическую обработку данной поковки, а внутренние радиусы закруглений в 2-3 раза больше наружных. Для облегчения изготовления штампа радиусы

следует для каждой поковки унифицировать, т.е. выбрать одно значение радиусов наружных и одно значение радиусов внутренних из следующего ряда чисел 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5.

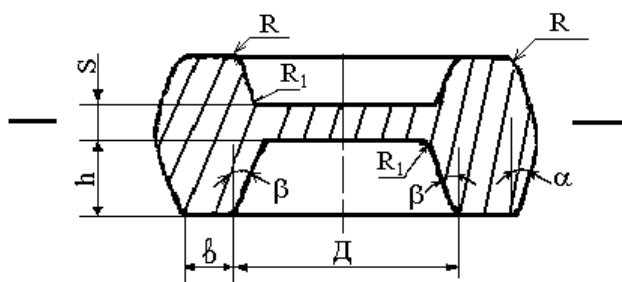


Рис. 3. Наружные R и внутренние R_1 радиусы закругления поковки, плоская перемычка под прошивку, наружные α и внутренние β штамповочные уклоны

8. Эскиз поковки составляется на основе эскиза детали с учётом припусков на механическую обработку, допусков на размеры и технологических напусков (штамповочных уклонов, перемычек в отверстиях, внутренних радиусов закруглений и др.).

9. Расчёт объёма и массы поковки следует выполнять по эскизу поковки, разбивая весь объём на элементы, представляющие собой правильные геометрические тела.

10. Определение массы исходной заготовки осуществляется по формуле:

$$G_3 = G_n + G_y + G_o,$$

где G_3 – масса исходной заготовки, кг; G_n – масса поковки, кг; G_y – масса металла идущего на угар при нагреве заготовки, кг (угар при нагреве в пламенных печах принимают равными 3 % от массы поковки); G_o – масса обля, кг (принимается равной 10-15 % от массы поковки).

11. Исходя из массы детали и заготовки определяется коэффициент использования металла в процентах по формуле:

$$K = G_d / G_3 \cdot 100 \%$$

12. Температурный интервал горячей штамповки определяется по табл. 5.

13. Время выдержки заготовки в печи производится по формуле Н.Н. Доброхотова:

$$T = K \cdot \alpha \cdot D \cdot \sqrt{D},$$

где T – общее время нагрева, включая выдержку, ч; K – коэффициент учитывающий степень легирования стали (принимается равным 10 для углеродистой стали и 20 – для легированной); α – коэффициент, зависящий от способа укладки заготовок в печи: для штучных заготовок круглого сечения, нагреваемых со всех сторон (единичное производство) $\alpha=1$, а для плотноуложенных (массовое или серийное производство) $\alpha=2$; D – диаметр заготовки (размер стороны), м.

14. Необходимое усилие деформирования определяется:

$$P_d = z \cdot m \cdot \kappa \cdot F,$$

где P_d – усилие деформирования, кг; z – коэффициент, учитывающий условия деформирования (табл. 6); m – коэффициент, учитывающий объём заготовки (табл. 6); κ – удельное давление деформирования (для конструкционных сталей принимается равным 6000 кг/см²); F – площадь проекции штампуемой поковки на плоскость разъёма штампа (без учёта облоя), см².

15. Усилие прессы для обрезки облоя определяется по формуле:

$$P_o = n \sigma_{cp} F_{cp},$$

где P_o – усилие прессы, кг; n – коэффициент, учитывающий притупление режущих кромок ($n = 1,6 \dots 1,8$); σ_{cp} – предел прочности материала поковки на срез, кг/мм²,

$$\sigma_{cp} = 0,8 \sigma_b,$$

где σ_b – предел прочности материала поковки, кг/мм² (табл. 4); F_{cp} – площадь среза, мм², подсчитывается как:

$$F_{cp} = Z h,$$

где Z – периметр обрезаемого слоя, мм; $h = 3-4$ мм – толщина облоя.

Таблица 5

Температурные интервалы горячей объёмной штамповки

Марка стали	Предел прочности, σ_b , кг/мм ²	Температура, t °С			Рекомендуемый интервал, t °С
		Начало	Конец		
			не выше	не ниже	
10	33	1280	800	720	1250-750
15	38	1250	850	760	1220-800
30	50	1280	830	720	1250-750
35	54	1280	830	720	1250-750
45	61	1260	850	760	1220-800
70	105	1220	850	770	1180-800
9X	78	1150	850	800	1110-825
20X	80	1250	870	800	1200-00
40X	100	1200	870	800	1180-830
50XH	82	1200	870	800	1180-830
18XГТ	100	1250	850	800	1220-830
12XH3A	95	1200	870	760	1180-800

Таблица 6

Поправочные коэффициенты

Условия деформирования	Z	Объём заготовки, см ³	m
Штамповка заготовок простой конфигурации	1,5	до 25	1
		25-100	1-0,9
Штамповка заготовок сложной конфигурации	1,8	100-1000	0,9-0,8
		1000-5000	0,8-0,7

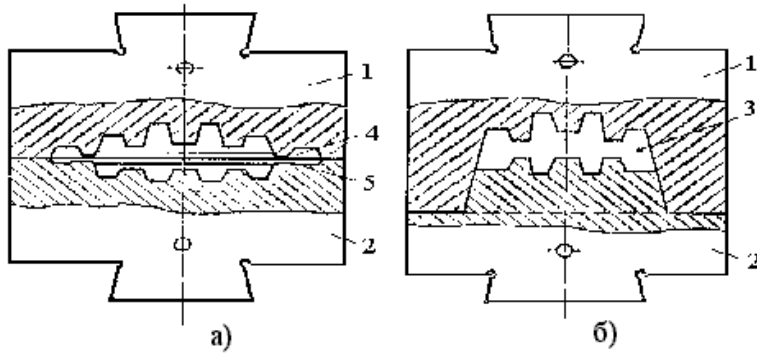


Рис. 4. Эскизы открытого (а) и закрытого (б) штампа:
 1 – верхняя половина штампа; 2 – нижняя половина штампа;
 3 – конфигурация поковки; 4 – магазин; 5 – мостик

16. Штамповка может быть осуществлена в открытых и закрытых штампах (рис. 4).

Открытыми называют штампы, у которых вдоль всего внешнего контура штамповочного ручья сделана специальная облойная канавка, в которую на заключительной стадии штамповки вытесняется избыток металла, и состоящая из узкого зазора – “мостика” и расширенной части – “магазина”. Так как облойную канавку делают очень узкой, то течение в облой металла затруднено и возможно только при значительном давлении металла, находящегося в полости штампа. По мере затекания металла в облойную канавку давление нарастает и заставляет металл плотно заполнять все, даже очень небольшие и неудобные для заполнения элементы формы ручья штампа, обеспечивая хорошее формообразование поковки.

Закрытыми или безоблойными называют штампы, в которых металл деформируется в замкнутом пространстве. В отличие от открытых штампов, имеющих поверхность разъёма в виде плоскости, закрытые штампы имеют разъём по сложной поверхности с направляющими, обеспечивающими точное соударение половин штампа в конце штамповки.

При безоблойной штамповке расход металла уменьшается на 20 %, кроме того, исключаются затраты на обрезку облоя. Однако закрытые штампы для деталей сложной формы конструктивно трудновыполнимы, дороги и быстро выходят из строя. Кроме того, при безоблойной штамповке необходимы точное соблюдение размеров заготовки и установка её по центру ручья штампа, иначе возможен брак – односторонние торцовые заусенцы и незаполнение полости штампа.

4. Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Эскиз детали.
3. Эскиз поковки.
4. Эскиз штампа.
5. Расчёт основных параметров горячей объёмной штамповки (табл.2).

Литература: [1, с. 119...128]; [18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практические занятия являются завершающим этапом изучения данной дисциплины. Решая поставленные задачи, студенты должны показать свои умения применять и закреплять полученные теоретические знания, приобретают навыки экспериментирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология конструкционных материалов / под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение, 2007.
2. *Гемонин В.А.* Обработка резанием, металлорежущий инструмент и станки / Гемонин В.А., Лукашев Л.К., Суворова Т.Г. - М.: Машиностроение, 2000, 448 с.
3. *Магницкая М.В.* Производство заготовок (литейное производство) / М.В. Магницкая. - Л.: СЗПИ, 1978.
4. *Магницкая М.В.* Производство заготовок (обработка металлов давлением) / М.В. Магницкая. - Л.: СЗПИ, 1980.
5. *Маликов А.Н.* Справочник для работников кузнечно-прессовых цехов / А.Н. Маликов. - М.: Моск. рабочий, 2006.
6. Пирометаллургическое производство никеля [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ufaleynickel.ru/product>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.
7. *Полухин П.И.* Технология металлов и сварка / П.И. Полухин, Б.Г. Гринберг, В.Т. Жадан и др. Учебник для вузов: под общ. ред. П.И. Полухина. - М.: Машиностроение, 2004, 464 с.
8. *Семенов Е.И.* Технология и оборудованиековки и объемной штамповки / Е.И. Семенов, В. Н. Кондратенко, Н. И. Ляпунов. - М.: Машиностроение, 2008.

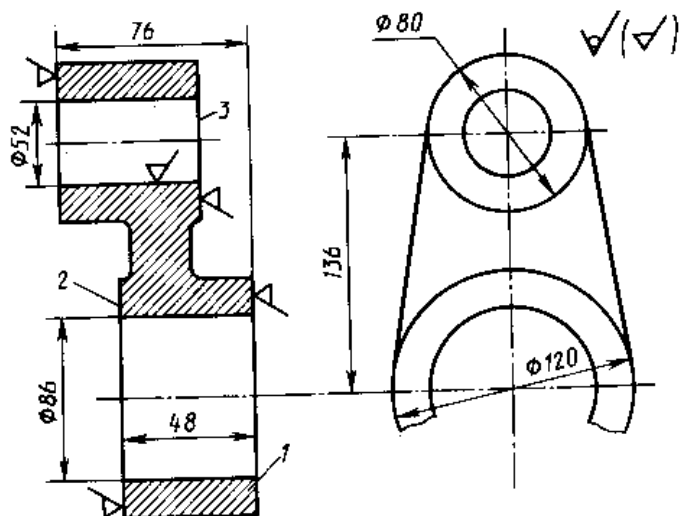


Рис.1. Серьга

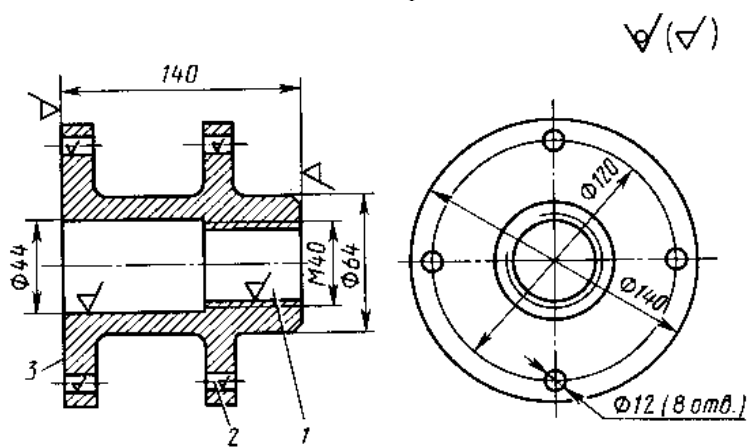


Рис.2. Фланец

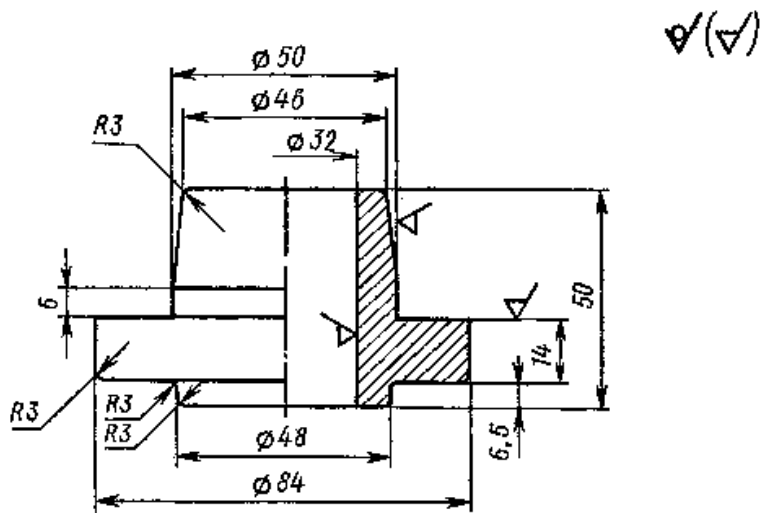


Рис.3. Ступица

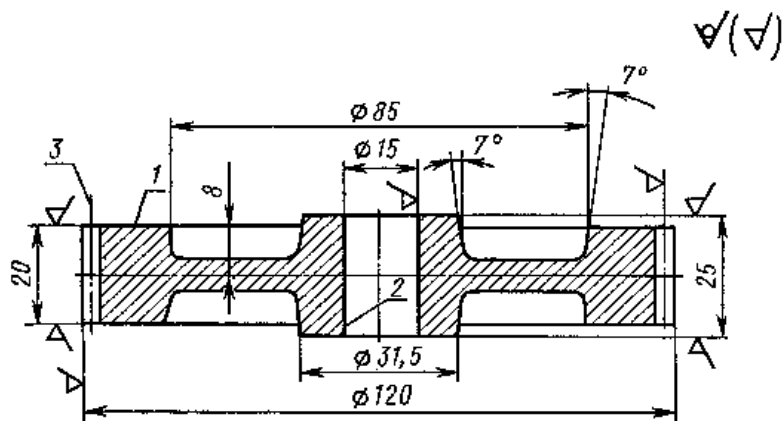


Рис.4. Шестерня

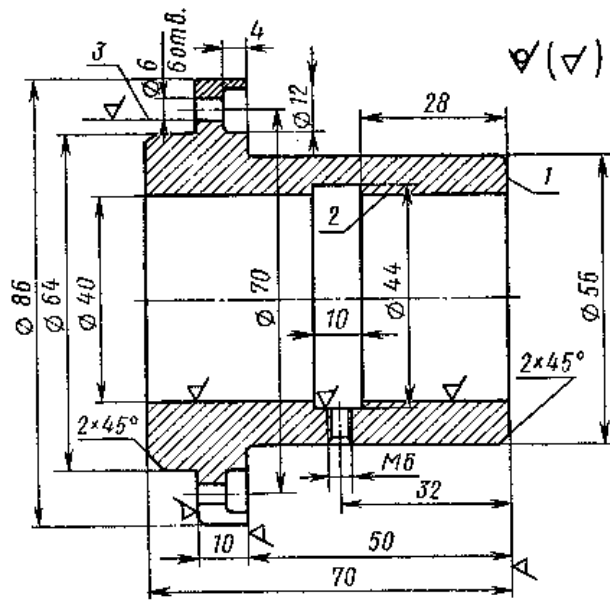


Рис.5. Втулка

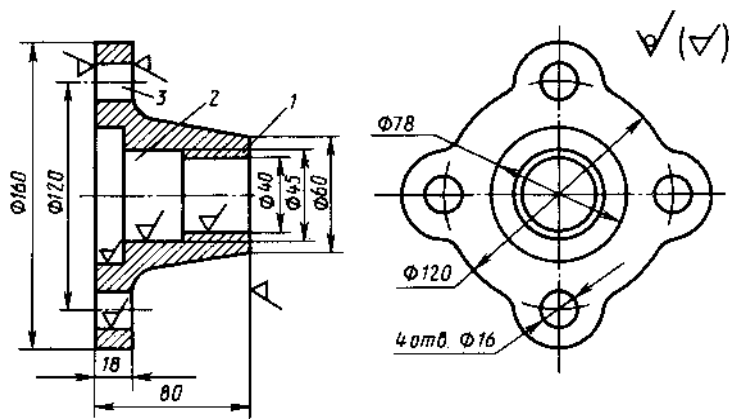


Рис.6. Крышка

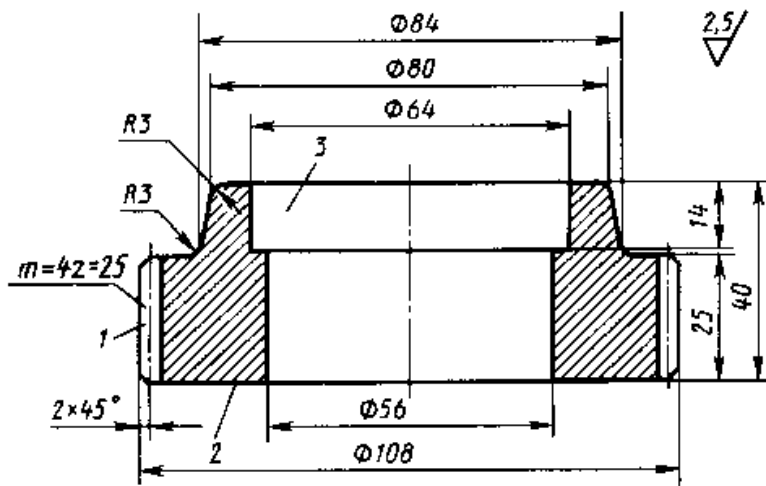


Рис.7. Шестерня

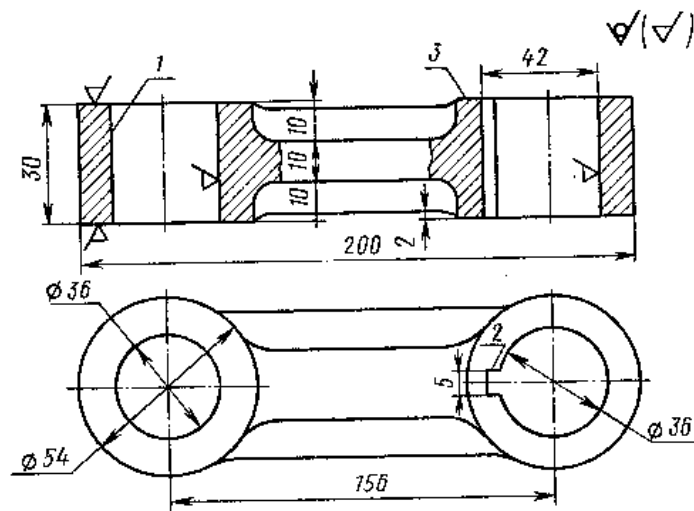


Рис.8. Серьга

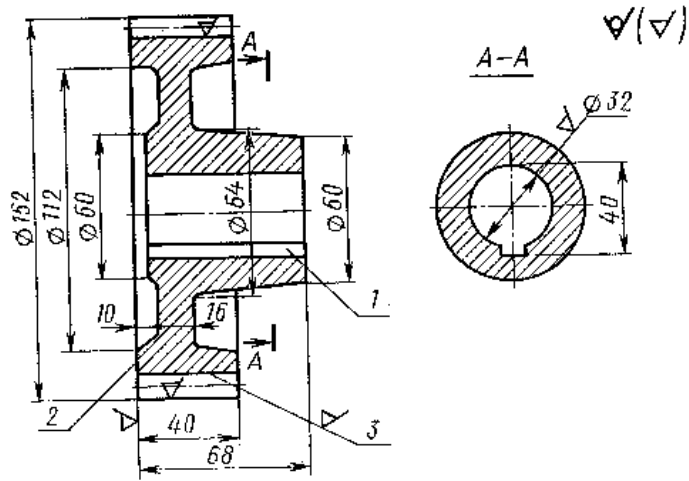


Рис.9. Колесо

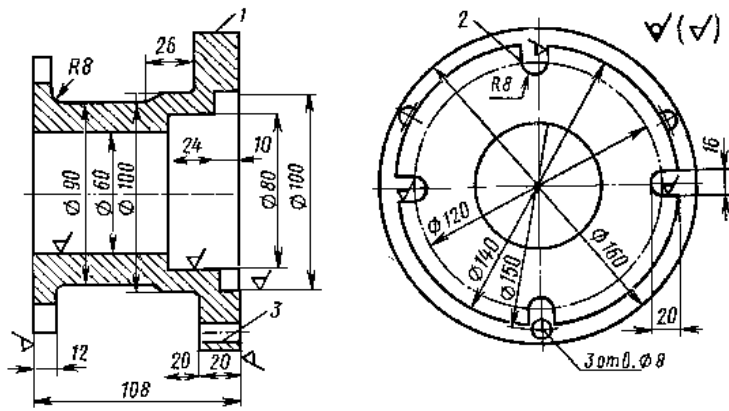


Рис.10. Корпус

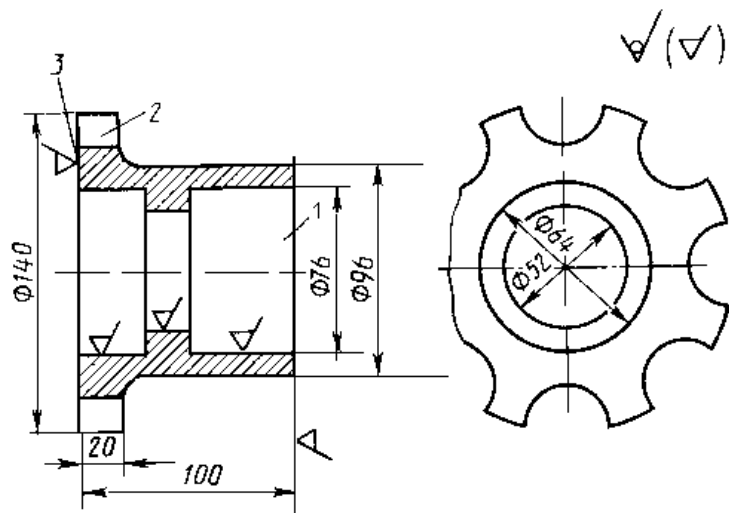


Рис.11. Переходник

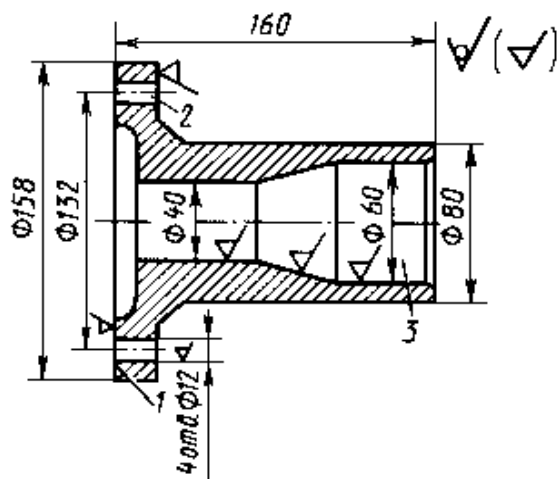


Рис.12. Втулка

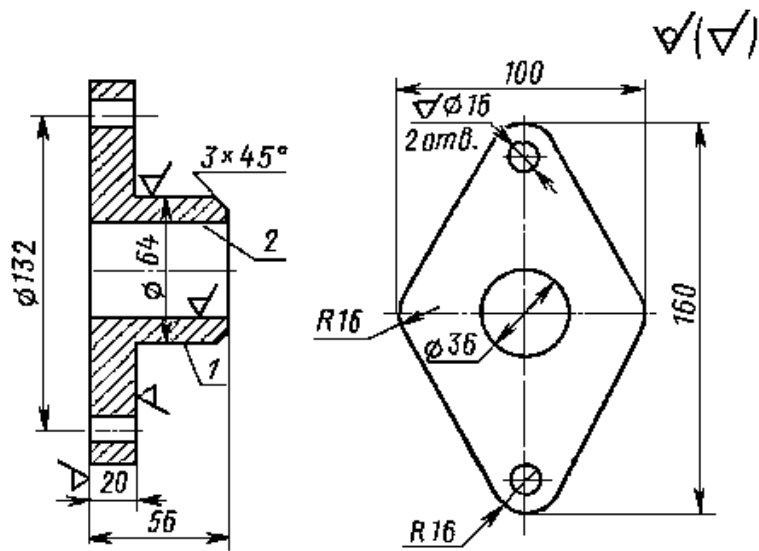


Рис.13. Фланец

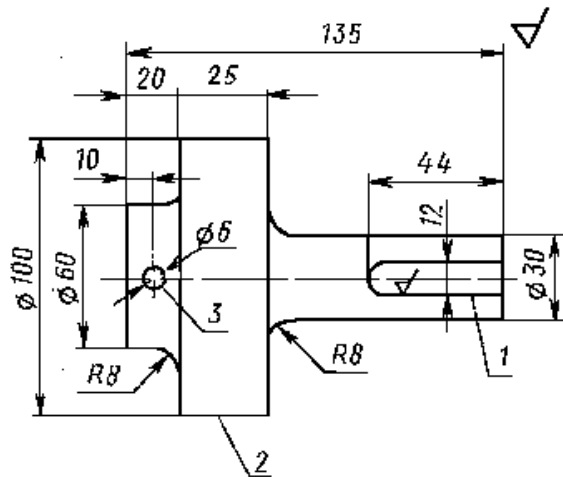


Рис.14. Штуцер

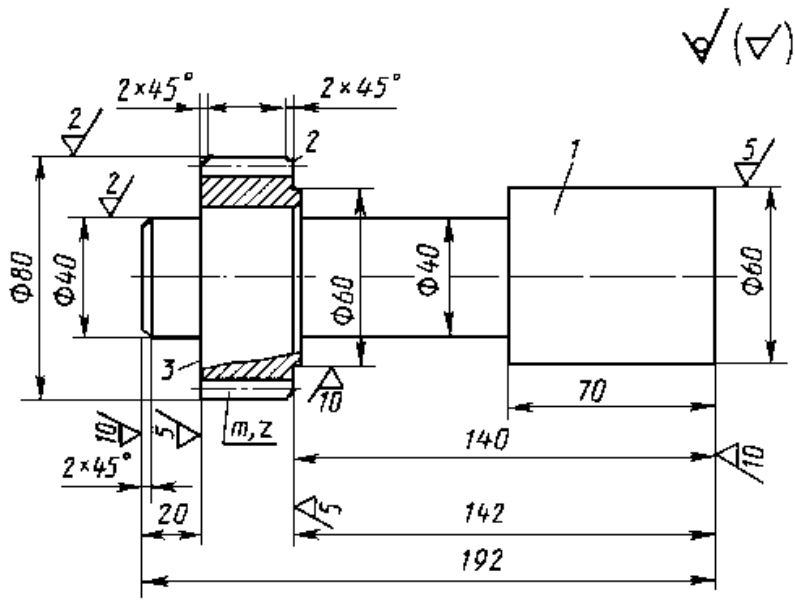


Рис.15. Промежуточный вал

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Работа №1 «Разработка технологического процесса изготовления отливки в разовой песчано-глинистой форме».....	5
Работа №2 «Разработка технологического процесса горячей объёмной штамповки».....	18
Заключение.....	32
Библиографический список.....	33
<i>Приложение</i>	34

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления подготовки 150100*

Составители: *Л.Г. Борисова, В.Б. Звягин, А.В. Сивенков*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
материаловедения и технологии художественных изделий

Ответственный за выпуск *Л.Г. Борисова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати Формат 60x84/16.
Бум. для копировальной техники. Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л.
Усл.кр.-отт. Уч.-издл. Тираж экз. Заказ С

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
РИЦ Национального минерально-сырьевого университета «Горный»
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2