

Федеральное агентство по образованию

Санкт-Петербургский государственный горный институт
имени Г.В. Плеханова (технический университет)

Кафедра конструирования горных машин
и технологии машиностроения

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

*Методические указания к курсовому проекту
для студентов специальностей 150402, 150404
всех форм обучения*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2010

УДК 621.7/09612.9(0.75.83)

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: Методические указания к курсовому проекту /Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). Сост.: *В.И. Болобов, С.Ю. Кувшинкин, С.Л. Иванов, Ю.П. Бойцов, А.Я. Бурак* СПб, 2010, 32 с.

Изложены цели и задачи курсового проекта, требования к графической части и к содержанию расчетно-пояснительной записки. Даны рекомендации и пояснения по выполнению проекта.

Методические указания предназначены для студентов специальности 150402 «Горные машины и оборудование» и 150404 «Металлургические машины и оборудование» всех форм обучения.

Табл. 19. Ил. 6. Библиогр.: 9 назв.

Научный редактор доц. *А.П. Баталов*

© Санкт-Петербургский горный институт им. Г.В. Плеханова, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий курсовой проект является завершающей стадией изучения курсов «Технология конструкционных материалов» и «Материаловедение».

Целью курсового проектирования является систематизация знаний, полученных студентами в лекционных курсах, на практических и лабораторных занятиях, приобретение навыков решения конкретных вопросов, связанных с разработкой технологических процессов получения заготовок и их термической (химико-термической) и механической обработок.

В курсовом проекте разрабатываются технологические процессы изготовления элементов конструкций средней сложности, в отдельных случаях - специального инструмента.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Исходными данными для проектирования являются: чертеж детали, годовая программа и требования к материалу детали: допускаемое напряжение, при необходимости – твердость, ударная вязкость, предел хладноломкости.

Курсовой проект после проверки руководителем и внесения в него соответствующих исправлений и дополнений допускается к защите. Законченный проект должен содержать расчетно-пояснительную записку, выполненную и оформленную в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, а также нормативными документами СПГТИ (ТУ), и графическую часть проекта, оформленную в соответствии с нормами ЕСКД.

1. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

1.1. ТРЕБОВАНИЯ И СТРУКТУРА ЗАПИСКИ

Пояснительная записка должна быть написана технически грамотно, понятным языком и иметь логичную и последовательную структуру. Объем пояснительной записки - 20-25 страниц, включая аннотацию и оглавление.

Все решения, принимаемые автором курсового проекта, должны быть обоснованы с учетом условий производства. По тексту необходимо делать ссылки на используемую литературу и другие источники, в том числе интернет-ресурсы. Структура пояснительной записки представлена ниже.

Введение. Кратко рассматриваются цель курсового проекта - разработка рациональной технологии получения заготовки и детали, а так же решаемые для реализации этой цели задачи.

Назначение и конструкция детали, технические условия на изготовление, выбор материала детали. Необходимо отразить назначение и конструктивные особенности детали, условия ее работы в конструкции и требования к ней. Исходя из назначения

детали и требований технического задания, выбрать материал, из которого будет изготовлена деталь, и способ термической (химико-термической) обработки, обеспечивающий заданные его механические свойства. Привести химический состав и основные механических свойства этого материала после выбранной термической обработки. Данные могут быть представлены в виде таблицы.

Выбор способа изготовления заготовки. Исходя из выбранного материала, назначения детали, ее конфигурации, размеров и заданной годовой программы выбрать и обосновать наиболее рациональный способ изготовления заготовки – литье, свободную ковку или штамповку

Разработка маршрута изготовления детали, включающего в себя перечень основных операций, выбранных технологических процессов: получения заготовки, предварительной термической обработки, черновой механической обработка, окончательной термической (химико-термической) обработки, чистовой механической обработки, отделочных операций. В зависимости от назначения и требований к детали возможны различные варианты маршрута ее изготовления.

Разработка технологического процесса изготовления заготовки. В зависимости от принимаемого метода получения заготовки необходимо рассмотреть особенности технологического процесса, дать соответствующие описания и выполнить необходимые расчеты.

Разработка технологического процесса предварительной термической обработки. Выбрать вид термической обработки, определить ее термические и временные режимы, построить термограмму, выбрать необходимое оборудование, указать, как повлияет выбранная термообработка на структуру и свойства материала детали.

Разработка технологического процесса черновой механической обработки. Определить маршрут обработки: перечень и последовательность металлорежущих станков, последовательность переходов, операций, инструмента и приспособлений. Определить режимы обработки, основное и вспомогательное время на обработку, разработать операционные эскизы. Результатом выполнения данного этапа работы должно быть

составление операционных карт, представленных в Приложении к расчетно-пояснительной записке.

Разработка технологического процесса термической и (или) химико-термической окончательной обработки. Определить и обосновать необходимость такой обработки. Выбрать ее вид, определить термические и временные режимы, построить необходимые термограммы, выбрать необходимое оборудование, указать, как повлияет выбранная термическая (химико-термическая) обработка на структуру и свойства материала детали.

Разработка технологического процесса чистовой механической обработки и отделочных операций. Исходя из заданных чертежом детали точности размеров и шероховатости поверхностей определить необходимость чистовой обработки. Если чистовая обработка необходима, то выбрать ее маршрут, режимы и составить операционные карты.

1.2. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

Выбор материала детали осуществляется, исходя из условий работы детали в изделии, характера и величины действующей на деталь нагрузки, стоимостных показателей, а так же дополнительных требований, предъявляемых к материалу по техническому заданию на проектирование.

Массивные малонагруженные детали, не испытывающие значительных динамических нагрузок (детали строительных конструкций, сельхозмашин и металлургического оборудования), рекомендуется изготавливать из серого чугуна, как имеющего наиболее низкую стоимость, высокие литейные свойства и обрабатываемость резанием. Выбор конкретной марки чугуна производить, исходя из значения его предела прочности на растяжение σ_B :

$$\sigma_B \geq 2,4 [\sigma]_{\text{доп}}$$

где $[\sigma]_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение на детали по техническому заданию.

Высокопрочные чугуны, как обладающие определенной пластичностью и вязкостью, могут быть рекомендованы в качестве материалов зубчатых колес и коленчатых валов автомобильных двигателей.

Тонкостенные детали высокой прочности, подверженные вибрационным и ударным знакопеременным нагрузкам (картеры, фланцы, детали редукторов и муфт), могут изготавливаться из ковких чугунов путем графитизирующего отжига отливок из белого чугуна.

Детали, необходимые физико-механические и технологические свойства которых не могут быть обеспечены при использовании чугунов, рекомендуется изготавливать из углеродистых и легированных сталей.

Для этих материалов допустимые рабочие напряжения выбираемой стали определяются из неравенств: $[\sigma]_{\text{доп}} \leq \sigma_{0,2}/1,6$ и $[\sigma]_{\text{доп}} \leq \sigma_{\text{в}}/2,4$.

Учитывая условия эксплуатации деталей и встречающиеся на практике виды разрушений и износа, основную номенклатуру деталей, изготавливаемых из сталей, можно разбить на 3 – и группы:

Детали группы 1: зубчатые колеса, вал-шестерни, шлицевые валы, звездочки, распределительные валы, кулачки, пальцы и т.п.

Материал детали должен обладать высокой твердостью и износостойкостью поверхностного слоя при вязкой и достаточно прочной сердцевине. Такие свойства обеспечивают цементуемые низкоуглеродистые и легированные стали, наиболее применяемые марки которых представлены в табл.1.

Таблица 1

Свойства цементуемых сталей после цементации, закалки и низкого отпуска

| Марка стали | Механические свойства | | | | | | | Прокаливаемость, D _{кр} , мм |
|-------------|-----------------------|------------------|-----------------|----|----|------------|-------------|---------------------------------------|
| | σ _в | σ _{0,2} | σ ₋₁ | δ | Ψ | твердость | | |
| | | | | | | сердцевины | поверхности | |
| МПа | | | | % | | НВ, МПа | HRC | вода/масло |
| 10 | 400 | 250 | 200 | 25 | 55 | 1370 | 56-62 | 5-10/ - |
| 25 | 620 | 380 | 230 | 17 | 40 | 1700 | 54-62 | 12-10/ - |
| 20X | 800 | 650 | 330 | 11 | 40 | 2500 | 54-62 | - /8-20 |
| 18ХГТ | 1000 | 900 | 400 | 9 | 50 | 3000 | 62 | 30/20-40 |
| 12ХН3А | 1000 | 850 | 400 | 12 | 55 | 3000 | 56-62 | 80/70 |
| 18Х2Н4МА | 1150 | 850 | 460 | 12 | 50 | 4200 | 58-62 | 100/95 |

Детали группы 2: валы, оси, шпиндели, коленчатые валы, штоки, шатуны, храповики, плунжеры, гильзы цилиндров, червяки и т.п. Материал должен иметь высокий предел выносливости, необходимую прокаливаемость, достаточную ударную вязкость, для некоторых поверхностей высокую износостойкость. Такие свойства обеспечивают улучшаемые среднеуглеродистые и легированные стали (табл. 2).

Таблица 2

Механические свойства
улучшаемых сталей после соответствующей термической обработки

| Марки стали | Механические свойства | | | | | | | Хладноломкость, °С | Прокаливаемость, $D_{кр}$, мм |
|-------------|-----------------------|----------------|---------------|------|----------|--------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
| | σ_B | $\sigma_{0,2}$ | σ_{-1} | НВ | δ | ψ | КСУ | | |
| | МПа | | | | % | | МДж/м ² | | |
| 35 | 700 | 520 | 310 | 1950 | 18 | 75 | 1,8 | -20 | 20 |
| 45 | 800 | 580 | 340 | 2400 | 15 | 68 | 1,4 | -20 | 22 |
| 40X | 1000 | 800 | 400 | 2400 | 10 | 45 | 0,6 | -40 | 30 |
| 50X | 1100 | 850 | 440 | 2900 | 9 | 40 | 0,4 | -35 | 35 |
| 40XH | 1000 | 800 | 400 | 2500 | 11 | 45 | 0,7 | -60 | 55 |
| 30XГСА | 1100 | 850 | 440 | 2700 | 10 | 45 | 0,5 | -20 | 40 |
| 40XНМА | 1100 | 950 | 410 | 2700 | 12 | 50 | 0,8 | -80 | 75 |
| 38XНЗМА | 1200 | 1100 | 420 | 2700 | 12 | 50 | 0,8 | -90 | 150 |

Для деталей, работающих на растяжение, требуется однородность свойств по всему сечению, для чего необходима сквозная прокаливаемость: $D_{кр} = D_{детали}$, для деталей, работающих в основном на изгиб и кручение, достаточна прокаливаемость только на четверть: $D_{кр} \geq 0,25 D_{детали}$.

Детали группы 3: рессоры, пружины. Для обеспечения работоспособности силовых упругих элементов применяют рессорно-пружинные стали, имеющие высокие пределы упругости $\sigma_{упр}$ (текучести $\sigma_{0,2}$), выносливости σ_{-1} и релаксационную стойкость. Этим требованиям удовлетворяют стали с содержанием углерода 0,5-0,7% С – углеродистые и легированные, подвергаемые закалке и среднему отпуску на структуру троостит отпуска. Типичные представители различных классов рессорно-пружинных сталей представлены в табл. 3 Детали должны иметь однородную структуру по всему сечению, поэтому необходима их сквозная прокаливаемость. В результате выбор соответствующей марки стали для рессор и пружин осуществляется на основании значений $\sigma_{0,2}$ и $\sigma_{в}$ материалов ($[\sigma]_{доп} \leq \sigma_{0,2}/1,6$ и $[\sigma]_{доп} \leq \sigma_{в}/ 2,4$) и их критического диаметра закалки ($D_{кр} \geq D_{детали}$).

Углеродистые стали 60, 65, 70, 60Г, 65Г, 70Г имеют низкую релаксационную стойкость и малую прокаливаемость и по этой причине применяются для изготовления пружин с сечением проволоки только до 6 мм. Дешевые кремнистые стали 55С2, 60С2, 70С3А применяются для пружин и рессор сечением (толщиной) до 18 мм. Стали 60С2ХА и 60С2Н2А прокаливаются в сечениях соответственно до 50 и 80 мм и применяются для крупных тяжело нагруженных и особо ответственных пружин и рессор.

Таблица 3

Свойства термически упрочненных пружинно-рессорных сталей

| Марка стали | Механические свойства | | | | | | $D_{кр}$, мм | $t_{раб}$, °С |
|-------------|-----------------------|----------------|---------------|----------|--------|-------|---------------|----------------|
| | $\sigma_{в}$ | $\sigma_{0,2}$ | σ_{-1} | δ | ψ | HRC | | |
| | МПа | | | % | | | | |
| 65 | 980 | 785 | 400 | 10 | 35 | 40-45 | ≤100 | |
| 65Г | 980 | 785 | 400 | 8 | 30 | 42-48 | ≤100 | |
| 60С2 | 1270 | 1175 | 500 | 6 | 25 | 37-47 | ≤200 | |
| 50ХФА | 1270 | 1080 | 500 | 8 | 35 | 40-47 | ≤300 | |

1.3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

Последовательность проектирования технологического процесса изготовления литой заготовки следующий.

1. Выбрать способ формовки и материал модели.
2. Определить положение отливки в форме и назначить плоскости разъема модели и формы.
3. Назначить припуски на механическую обработку на все обрабатываемые поверхности детали, напуски, формовочные уклоны, радиусы переходов и разработать чертеж отливки.
4. Назначить припуски на усадку; если для получения отливки используются стержни, то определить размеры стержневых знаков. Разработать чертеж модели.
5. При необходимости разработать чертеж стержня (стержней).
6. Произвести расчет литниковой системы.
7. Определить необходимые размеры опок. Выбрать стандартные опоки, а если это невозможно – разработать нестандартные.
8. Разработать чертеж литейной формы в сборе.

1.3.1 Выбор способа формовки, положения отливки в форме и определение плоскостей разъема

Прежде чем приступить к разработке технологического процесса изготовления отливки, необходимо тщательно изучить чертеж детали, обратив особое внимание на ее назначение, технические условия, обработку, тип производства. При этом необходимо руководствоваться следующими основными положениями.

1. Способ формовки - машинный или ручной - определяется серийностью производства. При единичном и мелкосерийном производстве применяется ручная формовка, а при серийном, крупносерийном и массовом - машинная. Машинная формовка позволяет получать отливки более высокого качества, сделать

процесс значительно менее трудоемким и, следовательно, снизить себестоимость литья.

2. Приемы формовки - в двух или более опоках, по разъемной модели, в стержнях и т.д. - определяются прежде всего конфигурацией и размерами отливки. Из всего многообразия приемов формовки, накопленных практикой литейного производства, необходимо выбрать простейший, обеспечивающий качественное получение отливки, и вместе с тем наименее трудоемкий.

3. При выборе положения отливки в форме необходимо по возможности располагать наиболее ответственные части отливки в нижних и боковых частях формы, так как в ее верхних частях сосредотачиваются газовые и шлаковые включения, ухудшающие механические свойства металла. В нижних частях формы следует также располагать тонкостенные части отливки (например, ребра жесткости), причем вертикальное их расположение предпочтительнее горизонтального, так как вертикальные полости формы лучше заполняются расплавленным металлом при заливке. Оптимальным вариантом является расположение (если это возможно) всей отливки в одной, нижней опоке. Однако во всех случаях выбранное положение отливки должно обеспечить удобство изготовления и сборки формы.

4. Выбор разъема формы или модели определяется многими факторами. В зависимости от конструктивной сложности отливки может быть один или несколько разъемов, причем они могут располагаться как на одном, так и на нескольких уровнях. Необходимо стремиться к уменьшению количества разъемов, так как с их увеличением снижается точность сборки формы, увеличивается трудоемкость и себестоимость литья.

5. При выборе положения отливки в форме и определении разъемов необходимо обеспечить возможность извлечения модели из формы без разрушения последней.

1.3.2 Разработка чертежа отливки

Чертеж отливки разрабатывается по чертежу готовой детали, на поверхности которой назначаются припуски на механическую обработку, напуски и формовочные уклоны.

Величина припуска в зависимости от класса точности отливок, размеров и расположения обрабатываемой поверхности по отношению к разъему (верх, низ, бок) регламентируется для чугуна ГОСТом 1855-55, для стального фасонного литья ГОСТом 2009-55 (см. табл. 1 и 2).

Таблица 1

Припуски на механическую обработку для отливок из серого чугуна

| Наибольший габаритный размер детали, мм | Положение поверхности при заливке | Номинальный размер, мм | | | | | |
|---|-----------------------------------|------------------------|--------|---------|---------|---------|----------|
| | | до 50 | 50-120 | 121-200 | 261-500 | 501-800 | 801-1250 |
| II класс точности | | | | | | | |
| до 120 | Верх | 3,5 | 4,0 | - | - | - | - |
| | Низ, бок | 2,5 | 3,0 | - | - | - | - |
| 121-260 | Верх | 4,0 | 4,5 | 5,0 | - | - | - |
| | Низ, бок | 3,0 | 3,5 | 4,0 | - | - | - |
| 261-500 | Верх | 4,5 | 5,0 | 6,0 | 6,5 | - | - |
| | Низ, бок | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | - | - |
| 01-800 | Верх | 5,0 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | - |
| | Низ, бок | 4,0 | 4,5 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | - |
| 801-1250 | Верх | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 |
| | Низ, бок | 4,0 | 5,0 | 5,0 | 5,5 | 5,5 | 6,5 |
| 1251-2000 | Верх | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,0 | 9,0 | 9,0 |
| | Низ, бок | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 6,5 |
| III класс точности | | | | | | | |
| до 120 | Верх | - | 4,5 | - | - | - | - |
| | Низ, бок | - | 3,5 | - | - | - | - |
| 121-260 | Верх | - | 5,0 | 5,5 | - | - | - |
| | Низ, бок | - | 4,0 | 4,5 | - | - | - |
| 261-500 | Верх | - | 6,0 | 7,0 | 7,0 | - | - |
| | Низ, бок | - | 4,5 | 5,0 | 6,0 | - | - |
| 501-800 | Верх | - | 7,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | - |
| | Низ, бок | - | 5,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | - |

| | | | | | | | |
|-----------|------------------|---|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 801-1250 | Верх Низ, бок | - | 7,0 5,5 | 8,0 6,0 | 8,0 6,0 | 9,0 7,0 | 10,0 7,5 |
| 1251-2000 | Верх Низ, бок | - | 8,0 6,0 | 8,0 6,0 | 9,0 7,0 | 9,0 7,0 | 10,0 8,0 |

Таблица 2

Припуски на механическую обработку для стальных отливок

| Наибольший габаритный размер детали, мм | Положение поверхности при заливке | Номинальный размер, мм | | | | | |
|---|-----------------------------------|------------------------|---------|---------|---------|----------|-----------|
| | | до 120 | 121-260 | 261-500 | 501-800 | 801-1250 | 1251-2000 |
| II класс точности | | | | | | | |
| до 120 | Верх | 4 | - | - | - | - | - |
| | Низ, бок | 4 | - | - | - | - | - |
| 121-260 | Верх | 5 | 6 | - | - | - | - |
| | Низ, бок | 4 | 4 | - | - | - | - |
| 261-500 | Верх | 6 | 7 | 7 | - | - | - |
| | Низ, бок | 5 | 5 | 6 | - | - | - |
| 501-800 | Верх | 7 | 8 | 9 | 10 | - | - |
| | Низ, бок | 5 | 6 | 6 | 7 | - | - |
| 801-1250 | Верх | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | - |
| | Низ, бок | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | - |
| 1251-2000 | Верх | 9 | 10 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | Низ, бок | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| III класс точности | | | | | | | |
| 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 | - | - | - |
| 501-800 | Верх | 7 | 8 | 10 | 11 | - | - |
| | Низ, бок | 5 | 6 | 7 | 7 | - | - |
| 801-1250 | Верх | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | - |
| | Низ, бок | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | - |
| 1251-2000 | Верх | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 |
| | Низ, бок | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 |

Отверстия малых диаметров, впадины, пазы и другие особенности конфигурации детали, не выполняемые литьем, зачеркиваются сплошной линией. Слой металла, оставляемый на месте не выполняемых литьем элементов детали, называется напуском, который, как и припуск, подлежит удалению механической обработкой.

Все поверхности модели, перпендикулярные плоскости разъема, должны иметь формовочные уклоны, облегчающие извлечение модели из формы. Следовательно, формовочные уклоны будут иметь место и на отливке, т.к. последняя повторяет наружную конфигурацию модели. На обрабатываемых поверхностях формовочный уклон назначается сверх припуска на механическую обработку. Значения формовочных уклонов для наружных поверхностей моделей регламентируются ГОСТом 3212-57 (табл. 3).

Таблица 3

Формовочные уклоны

| Измеряемая высота поверхности модели, мм | Модель | |
|--|---------------|------------|
| | металлическая | деревянная |
| до 20 | 1° 30' | 3° |
| 21-50 | 1° | 1° 30' |
| 51-100 | 0° 45' | 1° |
| 101-200 | 0° 30' | 0° 45' |
| 201-300 | 0° 20' | 0° 30' |
| 301-500 | 0° 20' | 0° 30' |
| 501-800 | - | 0° 30' |
| 801-1180 | - | 0° 20' |
| 1181-1600 | - | 0° 20' |
| 1601-2000 | - | 0° 20' |
| 2001-2500 | - | 0° 15' |
| более 2500 | - | 0° 15' |

1.3.3 Разработка чертежа модели

Модель и стержневой ящик образуют модельный комплект. Модель - это прообраз будущей отливки. С помощью модели формообразуется, в основном, наружная конфигурация отливки. От отливки модель отличается материалом, наличием стержневых знаков (если отливка полая и для формирования полости необходим стержень), наличием разъема в случае, если формовка производится по разъемной модели, размерами, превышающими соответствующие размеры отливки на величину линейной усадки сплава. Величину линейной усадки для различных литейных сплавов можно определить по таблице 4.

Таблица 4

Линейная усадка литейных сплавов

| Сплав | Линейная усадка, % | | |
|--------------------------------|--------------------|---------------|---------------|
| | мелкое литье | среднее литье | крупное литье |
| Серый чугун | 0,8 – 1,2 | 0,6 – 1,0 | 0,4 – 0,8 |
| Сталь | 1,8 – 2,2 | 1,6 – 2,2 | 1,4 – 1,8 |
| Бронза, латунь | 1,6 – 2,0 | 1,5 – 1,9 | 1,4 – 1,8 |
| Алюминиевые и магниевые сплавы | 1,0 – 1,5 | 0,8 – 1,4 | 1,8 – 2,3 |

В качестве материала для изготовления моделей используют дерево, металлические сплавы, пластмассы и т.д. Металлические модели применяются в серийном производстве при машинной формовке. В единичном и мелкосерийном производстве применяются модели из различных пород дерева. Модели могут быть цельными или иметь один и более разъемов, т.е. состоять из нескольких частей. Отдельные части разъемных моделей центрируются с помощью шипов или дюбелей. На моделях могут быть съемные части, закрепленные шпильками, штырями, крючками и т.п.

На модели могут быть стержневые знаки. При формовке с помощью этих элементов получают соответствующие полости (углубления) в форме, которые служат для установки стержня и его ориентировки при сборке литейной формы. В зависимости от расположения стержня в форме стержневые знаки могут быть

горизонтальными и вертикальными. Размеры стержневых знаков регламентируются ГОСТом 3606-80.

Данные для выбора длины горизонтальных знаков представлены в таблице 5, высота вертикальных знаков - в таблицах 6 и 7, уклонов знаков - в таблице 8.

Таблица 5

Длина горизонтальных стержневых знаков l , мм

| D или (a+b)/2, мм | Длина стержня L, мм | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| | до 50 | 51- 150 | 151- 300 | 301- 500 | 501- 750 | 751- 1000 | 1001- 1500 | 1501- 2000 |
| до 25 | 15 | 25 | 40 | - | - | - | - | - |
| 25-50 | 20 | 30 | 45 | 60 | - | - | - | - |
| 51-100 | 25 | 35 | 50 | 70 | 90 | 110 | - | - |
| 101-200 | 30 | 40 | 55 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 |
| 201-300 | - | 50 | 60 | 90 | 110 | 130 | 150 | 180 |
| 301-400 | - | - | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 200 |
| 401-500 | - | - | 100 | 120 | 130 | 150 | 180 | 230 |
| 501-750 | - | - | - | 140 | 150 | 170 | 200 | 250 |
| 751-1000 | - | - | - | - | 180 | 200 | 230 | 280 |
| 1001-1250 | - | - | - | - | 200 | 230 | 250 | 300 |
| 1251-1500 | - | - | - | - | - | 250 | 280 | 330 |

Таблица 6

Высота нижних вертикальных стержневых знаков h , мм

| D или (a+b)/2, мм | Длина стержня L, мм | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| | до 50 | 51- 150 | 151- 300 | 301- 500 | 501- 750 | 751- 1000 | 1001- 1500 | 1501- 2000 |
| до 25 | 20 | 25 | - | - | - | - | - | - |
| 25-50 | 20 | 40 | 60 | 70 | - | - | - | - |
| 51-100 | 25 | 35 | 50 | 70 | 100 | 120 | - | - |
| 101-200 | 30 | 30 | 40 | 60 | 90 | 110 | 160 | 200 |
| 201-300 | 35 | 35 | 40 | 50 | 80 | 100 | 150 | 190 |
| 301-400 | 40 | 40 | 40 | 50 | 70 | 90 | 140 | 180 |
| 401-500 | 40 | 40 | 40 | 50 | 60 | 80 | 130 | 170 |
| 501-750 | 50 | 50 | 50 | 50 | 60 | 70 | 120 | 160 |
| 751-1000 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 60 | 110 | 150 |
| 1001-1250 | - | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 100 | 140 |

Таблица 7

Соотношение высоты нижних (h) и верхних (h_1) вертикальных знаков

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|
| h , мм | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| h_1 , мм | 15 | 15 | 20 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 |
| h , мм | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | | | | | |
| h_1 , мм | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 110 | 115 | 120 | | | | | |

Таблица 8

Уклоны стержневых знаков

| Высота знака h или h ₁ , мм | Стержень | | | |
|---|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| | вертикальный | | Горизонтальный | |
| | нижний | верхний | нижний | верхний |
| | α | β | α | β |
| до 20 | 10 ⁰ | 15 ⁰ | 10 ⁰ | 15 ⁰ |
| 21-50 | 7 ⁰ | 10 ⁰ | 7 ⁰ | 10 ⁰ |
| 51-100 | 6 ⁰ | 8 ⁰ | 6 ⁰ | 8 ⁰ |
| 101-200 | 5 ⁰ | 6 ⁰ | 5 ⁰ | 6 ⁰ |
| 201-300 | - | - | 5 ⁰ | 6 ⁰ |
| 301-500 | - | - | 4 ⁰ | 5 ⁰ |
| 501-800 | - | - | 3 ⁰ | 3 ⁰ 30' |
| более 800 | - | - | 2 ⁰ 30' | 3 ⁰ |

1.3.4 Разработка чертежа стержня

Если модель служит для получения наружной конфигурации будущей отливки, то стержень формирует ее внутренние очертания. Стержни изготовляют из специальных стержневых смесей. В зависимости от применяемых материалов они могут быть песчано-глинистыми, песчано-масляными, песчано-цементными, быстротвердеющими и т.д.

Для более высокой газопроницаемости в стержне делают вентиляционные каналы. Большая прочность, особенно крупных стержней, достигается использованием металлических каркасов (проволочных, сварных, литых). После изготовления отливки стержень, находящийся внутри нее, разрушается. Разрушение стержня в единичном производстве производится вручную, в серийном производстве - с помощью вибрационных машин или гидравлическим способом.

На чертеже стержня должны быть показаны вентиляционный канал и арматура.

1.3.5 Расчет литниковой системы

Расчет литниковой системы сводится к определению площадей поперечных сечений питателей ($\Sigma F_{пит}$), шлакоуловителя ($F_{шл}$) и стояка ($F_{ст}$). Суммарная площадь поперечных сечений питателей определяется по следующей зависимости:

$$\Sigma F_{лит} = \frac{Q}{\rho \mu \tau \sqrt{2gH}}, \text{ м}^2,$$

где Q , кг – масса отливки и прибыли,
 ρ , кг/м³ – плотность металла (для чугуна и стали $\rho \approx 7800$ кг/м³),

$\mu = 0,4 \div 0,6$ – коэффициент истечения,

$\tau = 4 \div 9$ с – время заливки формы,

$g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения,

H , м – средний напор (высота столба жидкого металла в литейной форме - расстояние от верхнего края воронки до центра масс отливки).

Средний напор определяется графически по чертежу литейной формы в сборе.

Площади поперечных сечений шлакоуловителя и стояка выбираются из соотношений:

1. для отливок из чугуна массой до 1 т и более 1 т соответственно $\Sigma F_{пит}:F_{шл}:F_{ст}=1:1,1:1,15$ и $\Sigma F_{пит}:F_{шл}:F_{ст}=1:1,2:1,4$;

2. для стального литья $\Sigma F_{пит}:F_{шл}:F_{ст}=1:1,3:1,6$.

Этими зависимостями следует руководствоваться при вычерчивании формы в сборе для примерного соблюдения соотношения сечений каналов литниковой системы.

1.3.6 Выбор опок

В зависимости от годовой программы можно подбирать опоки либо для изготовления одной отливки, либо для изготовления двух и более отливок одновременно в одной литейной форме. Это обстоятельство необходимо учитывать при расчете литниковой системы.

Данные для ориентировочного определения размеров опок представлены на рисунке 1 и в таблице 9.

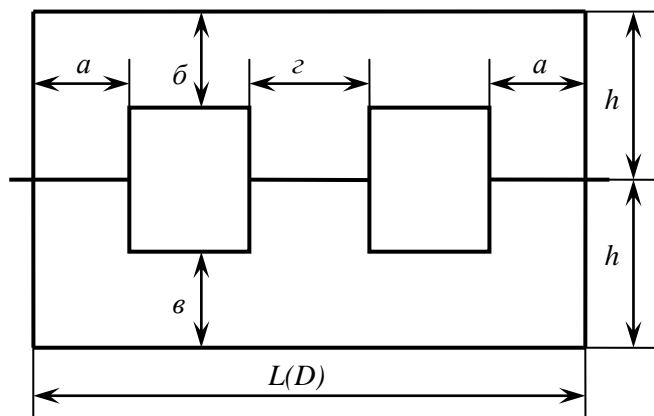


Рис. 1 Схема определения размеров опок

Таблица 9

| Вес отливок | Размеры литейной формы, мм | | | |
|--------------------|----------------------------|----------|----------|----------------------------------|
| | <i>a</i> | <i>б</i> | <i>в</i> | <i>z</i> |
| мелкие до 80 кг | 20-30 | 35-60 | 50-75 | 0,5 от высоты модели в полуформе |
| средние 80-500 кг | 50-70 | 75-100 | 100-125 | |
| крупные св. 500 кг | 125-175 | 150-200 | 175-200 | |

Высоту опоки h следует определять по той полуформе, в которой находится большая часть модели.

Оценив требуемые размеры опок и выбрав их форму (круглая или прямоугольная), необходимо выбрать подходящие

стандартные опоки по ГОСТ 14996-69...15013-69 или ГОСТ 20024-74...20053-74. При вычерчивании литейной формы в сборе следует руководствоваться уже не расчетными размерами, а размерами выбранных стандартных опок.

1.4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОВАННОЙ ЗАГОТОВКИ

Разработка технологического процесса производится в следующем порядке.

1. Назначить по ГОСТ 7062-90 припуски, допуски и напуски.
2. Вычертить эскиз поковки.
3. Определить массу поковки.
4. Определить объем и массу исходной заготовки (слитка или проката).
5. Выбрать тип и размеры кузнечного слитка или рассчитать размеры прокатной заготовки.
6. Составить график нагрева заготовки и охлаждения поковки, рассчитать продолжительность нагрева, выбрать режим охлаждения.
7. Составить схему технологических переходовковки.

1.4.1. Разработка эскиза поковки

Поковка отличается от готовой детали большими размерами, отличающимися на величину припуска на механическую обработку, менее жесткими допусками на размеры, наличием напусков в тех случаях, когда заданную конфигурацию после назначения припусков выполнить на имеющемся ковочном оборудовании и с помощью стандартных инструментов и приспособлений невозможно или экономически нецелесообразно.

Таблица 10

Припуски на механическую обработку и предельные отклонения размеров поковок, мм

| Длина детали, L , мм | Диаметр детали D (или размер сечения B и H) | | | | | | | | |
|------------------------|--|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | до 50 | 50-70 | 70-90 | 90-120 | 120-160 | 160-200 | 200-250 | 250-300 | 300-360 |
| | Припуск δ на диаметр и предельные отклонения $\pm \Delta/2$ | | | | | | | | |
| До 250 | 5±2 | 6±2 | 7±2 | 8±3 | 9±3 | – | – | – | – |
| 250-500 | 6±2 | 7±2 | 8±3 | 9±3 | 10±3 | 11±3 | 12±4 | 13±4 | 14±5 |
| 500-800 | 7±2 | 8±3 | 9±3 | 10±3 | 11±3 | 12±4 | 13±4 | 14±5 | 15±5 |
| 800-1200 | 8±3 | 9±3 | 10±3 | 11±3 | 12±4 | 13±4 | 14±5 | 15±5 | 16±6 |
| 1200-1700 | – | 10±3 | 11±3 | 12±4 | 13±4 | 14±5 | 15±5 | 16±6 | 17±6 |
| 1700-2300 | – | 11±3 | 12±4 | 13±4 | 14±5 | 15±5 | 16±6 | 17±6 | 18±6 |
| 2300-3000 | – | – | 13±4 | 14±5 | 15±5 | 16±6 | 17±6 | 18±6 | 19±7 |
| 3000-4000 | – | – | – | 15±5 | 16±6 | 17±6 | 18±6 | 19±7 | 20±7 |
| 4000-5000 | – | – | – | 16±6 | 17±6 | 18±6 | 19±7 | 20±7 | 21±8 |
| 5000-6000 | – | – | – | – | 18±6 | 19±7 | 20±7 | 21±8 | 22±8 |

Таблица 11

Дополнительный припуск δ' , мм

| Разность диаметров (размеров) наибольшего и рассматриваемого сечений | До 40 | 40-80 | 80-100 | 100-120 | 120-140 | 140-160 | 160-180 | Св. 180 |
|--|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Дополнительный припуск | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Дополнительные припуски назначаются на диаметры всех ступеней поковок ступенчатых валов, кроме базовой и служат для компенсации возможной несоосности. В качестве базовой обычно выбирают либо ступень с необрабатываемой поверхностью, либо ступень с наибольшим диаметром.

Назначив припуски и допуски, следует составить расчетные выражения, обозначая поковочные размеры так же, как и размеры готовой детали, но добавляя к обозначению штрих, например D_1 , L_1 – диаметр и длина детали, D'_1, L'_1 – соответствующие поковочные размеры.

Припуски и допуски на длины определяются следующим образом. На обрубаемые ступени припуск на длину (на сторону обработки) принимается равным 1,5 припускам на диаметр рассматриваемой ступени. На остальные ступени припуск на длину на сторону обработки принимается равным 0,75 от припуска на соответствующий диаметр. Отклонение на длину принимается равным трем отклонениям на диаметр.

На чертеже поковки над размерными линиями указываются размеры поковки с допусками, а под размерной линией в скобках указывают размер готовой детали.

После разработки чертежа поковки определяются объем и масса поковки.

Расчетная масса поковки:

$$M_p = V\gamma,$$

где $V, \text{ м}^3$ – объем поковки,

$\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали.

Окончательная масса поковки (с учетом массы галтелей и скосов):

$$M_{нок} = (1,02 \div 1,03)M_p.$$

1.4.2. Определение массы и размеров исходной заготовки

Исходной заготовкой при ковке средних и крупных поковок на прессах являются кузнечные слитки. Слитки подразделяются по назначению на кузнечные, прокатные и специальные, по конструкции на сплошные и полые, по конфигурации на укороченные, нормальные и удлиненные, по форме поперечного сечения на круглые, квадратные, прямоугольные, восьмигранные и многогранные (12 граней и более).

Наибольшее распространение в кузнечно-прессовых цехах получили нормальные и удлиненные слитки с восьмигранным поперечным сечением. Масса таких слитков колеблется от 1,0 до 350 т. Сортамент и характеристики нормальных и удлиненных слитков приведены в таблицах 1 и 2.

Слиток состоит из трех основных частей. Масса донной части обозначается $M_{дон}$, масса тела слитка M_T , масса прибыльной части M_{np} . Для нормальных слитков $M_{дон} = 5 \div 7\%$ и $M_{np} = 20 \div 25\%$

от массы всего слитка, для удлиненных слитков $M_{дон} = 2 \div 3\%$ и $M_{пр} = 10 \div 12\%$.

Масса слитка, необходимого для изготовления поковки:

$$M_{сл} = M_{пок} + M_{уг} + M_{отх} + M_{дон} + M_{пр},$$

где $M_{уг}$ – масса металла на угар (окалину) при нагреве; $M_{отх}$ – масса технологических отходов.

Отход металла на угар при нагреве слитков и заготовок в печах, работающих на жидком и газообразном топливе, составляет примерно 2% от массы поковки за первый нагрев (вынос) и 1,5% за каждый последующий нагрев, т.е.

$$M_{уг} = (0,02 + 0,015m)M_{пок},$$

где m – число подогревов в соответствии с выбранным технологическим процессом). В электропечах отход металла на угар составляет примерно 1,0% за каждый вынос.

В технологические отходы входят концевые обрубки (излишки металла, отрубаемые от концевых ступеней поковки), обсеки, получаемые при разрубке заготовок, выдры (металл, удаляемый из заготовки при образовании в ней отверстия) и т.д. Масса технологических отходов зависит от конфигурации и размеров поковки, формы и размеров слитка и других факторов и определяется индивидуально для каждого технологического процесса.

Обычно масса обсеков $M_{об}$ составляет 0 ÷ 5%, масса выдры $M_{в} = 8 \div 12\%$. При ковке сплошных поволоков масса выдры равна нулю, и в массу отходов входит только масса обсеков, которую определяют по специальным номограммам. Ориентировочно массу обсеков при ковке на прессах можно определить по следующим зависимостям:

при рубке поволоков круглого сечения диаметром D

$$M_{об} = \rho \cdot 0,21D^3,$$

при рубке поволоков прямоугольного сечения с размерами $B \times H$

$$M_{об} = \rho \cdot 0,28B^2H.$$

Зная, что масса тела слитка $M_T \geq M_{пок} + M_{уг} + M_{отх}$ выбираем по таблице 12 или 13 массу исходного слитка.

При выборе кузнечного слитка следует сначала попытаться подобрать удлиненный слиток, так как он имеет меньше отходов в виде прибыльной и донной части, а значит у него больше «выход годного».

В случае, если для изготовления поковки не нашлось подходящего слитка, то необходимо из одного слитка ковать несколько поковок.

Затем определяется разность $M_T - (M_{пок} + M_{уз} + M_{отх})$. Если эта разность больше 100-150 кг, то получающие излишки металла образуют годный остаток, который в дальнейшем может быть применен в качестве исходной заготовки дляковки мелких поковок.

После выбора кузнечного слитка необходима его проверка по величине укова:

$$k = \frac{F_{нач}}{F_{кон}} = \frac{D_{cp}^2}{d^2} > 1,$$

где $F_{нач}$ – площадь поперечного сечения до протяжки, при ковке из слитка – среднее его сечение; $F_{кон}$ – площадь поперечного сечения после протяжки; D_{cp} – средний диаметр тела слитка; d – диаметр поковки.

Величина укова во многом зависит от структурного строения стали: для углеродистых, низко- и среднелегированных конструкционных и инструментальных сталей $k = 2 \div 3\%$ (меньшее значение коэффициента принимают для удлиненных слитков); для высоколегированных и специальных сталей и сплавов $k \geq 3$.

Если получившейся в результате расчета величины k недостаточно, то ее можно увеличить, выбрав больший по сечению слиток или введя в технологический процесс промежуточную дополнительную операцию осадки заготовки.

Для полых заготовок типа втулок, колец и т.п. величина укова не подсчитывается, так как в технологическом процессе их изготовления операция осадки обязательна.

Затем составляется баланс металла кузнечного слитка:

| | Масса, кг | Масса, % |
|------------------|-----------|----------|
| Прибыльная часть | | |
| Донная часть | | |

| | | |
|------------------------|--|-----|
| Угар | | |
| Технологические отходы | | |
| Годный остаток | | |
| Поковка | | |
| Слиток | | 100 |

Таблица 12
Основные параметры обычных кузнечных слитков (номенклатура НЗЛ)

| Шифр изложницы | Масса слитка, кг | Основные размеры слитка, мм | | | | | | Масса тела слитка | | Масса прибыли | | Масса низа | | Конусность прибыли, % | Конусность тела, % | Конусность прибыли, % |
|----------------|------------------|-----------------------------|-------|----------|------|-------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|-----|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| | | d_1 | d_2 | d_{30} | h | h_1 | H | Выход годно-го, % | кг | Выход годно-го, % | кг | Выход годно-го, % | кг | | | |
| ПШ-3.5 | 3750 | 590 | 700 | 645 | 1060 | - | 1705 | 2955 | 78,8 | 676 | 18,0 | 120 | 3,2 | 10,4 | 20,0 | |
| ПШ-4.5 | 4680 | 640 | 760 | 700 | 1115 | - | 1770 | 3690 | 78,8 | 842 | 18,0 | 148 | 3,2 | 10,4 | 22,0 | |
| ПШ-5.0 | 5200 | 660 | 780 | 720 | 1170 | - | 1795 | 4110 | 79,1 | 936 | 18,0 | 164 | 2,9 | 10,8 | 23,0 | |
| ПШ-6-7 | 6000 | 725 | 850 | 787 | 1170 | - | 1915 | 4703 | 78,4 | 1080 | 18,0 | 217 | 3,6 | 10,7 | 15,0 | |
| | 7500 | 725 | 850 | 787 | 1170 | 264 | 2225 | 5933 | 79,1 | 1350 | 18,0 | 217 | 2,9 | 10,7 | 15,0 | |
| ПШ-8-10 | 8000 | 815 | 950 | 882 | 1255 | - | 2050 | 6270 | 78,4 | 1440 | 18,0 | 290 | 3,6 | 10,7 | 17,0 | |
| | 10500 | 815 | 950 | 882 | 1255 | 352 | 2595 | 8320 | 79,2 | 1890 | 18,0 | 290 | 2,8 | 10,7 | 17,0 | |
| ПШ-12-15 | 12000 | 915 | 1076 | 995 | 1480 | - | 2465 | 9405 | 78,4 | 2160 | 18,0 | 435 | 3,6 | 10,9 | 17,0 | |
| | 15000 | 915 | 1076 | 995 | 1480 | 340 | 3005 | 11865 | 79,1 | 2270 | 18,0 | 435 | 2,9 | 10,9 | 17,0 | |
| | 16000 | 1020 | 1190 | 1105 | 1600 | - | 2575 | 12540 | 78,4 | 2880 | 18,0 | 580 | 3,6 | 10,6 | 18,0 | |
| ПШ-16-20 | 20000 | 1020 | 1190 | 1105 | 1600 | 360 | 3120 | 15820 | 79,1 | 3600 | 18,0 | 580 | 2,9 | 10,6 | 18,0 | |
| | 21600 | 1020 | 1190 | 1105 | 1600 | 510 | 3345 | 17100 | 79,3 | 3920 | 18,0 | 580 | 2,7 | 10,6 | 20,0 | |

Таблица 13
Основные параметры удлиненных кузнечных слитков (номенклатура НЗЛ)

| Шифр изложницы | Масса слитка, кг | Основные размеры слитка, мм | | | | | | Масса тела слитка | | Масса прибыли | | Масса низа | | Конусность прибыли, % | Конусность тела, % | Конусность прибыли, % |
|----------------|------------------|-----------------------------|-------|----------|------|------|------|-------------------|------|-------------------|-----|-------------------|------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| | | d_1 | d_2 | d_{30} | h | H | | Выход годно-го, % | кг | Выход годно-го, % | кг | Выход годно-го, % | кг | | | |
| К-1,16 | 1160 | 325 | 400 | 362 | 1200 | 1560 | 986 | 83,5 | 163 | 14,0 | 29 | 2,5 | 6,25 | 6,25 | | |
| К-1,62 | 1620 | 360 | 445 | 402 | 1350 | 1740 | 1345 | 83,6 | 235 | 14,0 | 40 | 2,4 | 6,29 | 6,29 | | |
| К-2,12 | 2120 | 390 | 484 | 437 | 1500 | 1905 | 1770 | 84,0 | 307 | 14,0 | 43 | 2,0 | 6,26 | 6,26 | | |
| К-2,7 | 2700 | 430 | 530 | 480 | 1570 | 1965 | 2255 | 83,5 | 378 | 14,0 | 67 | 2,5 | 6,20 | 6,20 | | |
| К-3,55 | 3550 | 470 | 580 | 525 | 1750 | 2220 | 2951 | 83,6 | 494 | 14,0 | 85 | 2,4 | 6,29 | 6,29 | | |
| К-4,6 | 4600 | 515 | 635 | 575 | 1860 | 2360 | 3840 | 83,5 | 645 | 14,0 | 115 | 2,5 | 6,25 | 6,25 | | |
| К-5,9 | 5900 | 550 | 690 | 620 | 2100 | 2645 | 4920 | 83,4 | 826 | 14,0 | 154 | 2,6 | 6,70 | 6,70 | | |
| П-7,5 | 7500 | 578 | 760 | 669 | 2240 | 2920 | 6260 | 83,5 | 1050 | 14,0 | 190 | 2,5 | 8,00 | 30,0 | | |
| П-8,75 | 8750 | 608 | 790 | 699 | 2400 | 3120 | 7300 | 83,5 | 1230 | 14,0 | 220 | 2,5 | 7,50 | 30,0 | | |
| П-11,0 | 11000 | 678 | 860 | 769 | 2460 | 3270 | 9075 | 82,5 | 1650 | 15,0 | 275 | 2,5 | 7,30 | 31,0 | | |

1.4.3. Режим нагрева и охлаждения

Для нагрева слитков и заготовок перед ковкой служат кузнечные мазутные или газовые печи, которые по способу нагрева подразделяются на камерные и методические.

График горячей обработки слитка до момента получения заданной по чертежу поковки состоит из нескольких этапов (рисунок 4): 1 – нагрев заготовки до критической температуры; 2 – выдержка; 3 – нагрев до температурыковки с максимально возможной скоростью; 4 – выдержка; 5 – ковка; 6 – охлаждение поковки. Если поковка куется за несколько нагревов (выносов), то этапы 3, 4 и 5 повторяются на графике соответствующее количество раз.

Если слитки привозят к ковочному прессу нагретыми до температуры $650-700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (из сталеплавильного цеха или нагревательных печей предварительного нагрева), этапы 1 и 2 исключаются из графика.

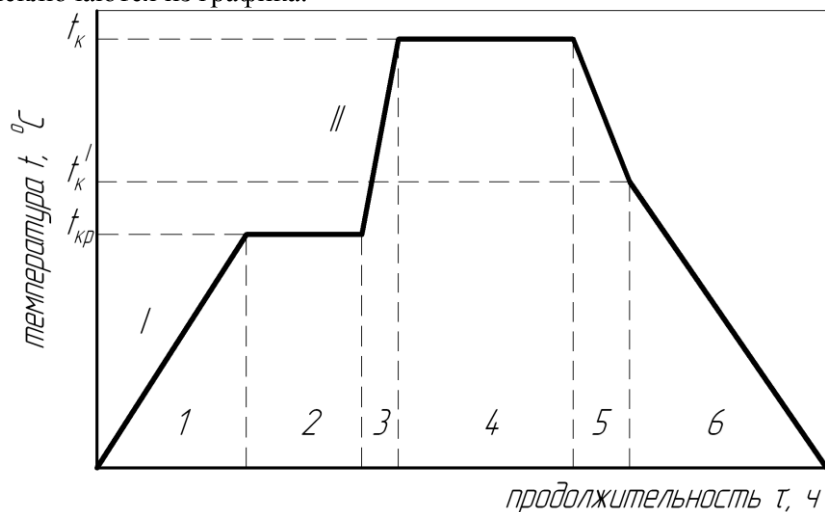


Рис. 4 График нагрева заготовки и охлаждения поковки

Критическая температура $t_{кр}$ – это температура структурных превращений в стали $A_{с1}$.

Ковочная температура $t_{к}$ – это температура нагрева слитка (или заготовки) перед ковкой. Превышение $t_{к}$ может привести к перегреву, сопровождающемуся ростом зерен. Это брак, исправляемый термической обработкой. Нагрев до более высокой

температуры может привести к окончательному браку, называемому пережогом (оплавление границ зерен).

Температура t'_k – это температура окончанияковки. Ниже этой температуры металл плохо деформируется, так как его пластические характеристики снижаются. Ковка при температуре ниже t'_k сопровождается упрочнением (наклепом) и появлением трещин.

Величины температур t_k и t'_k зависят от химического состава обрабатываемой стали. Температурный интервалковки выбирается по таблице 14.

При нагреве до ковочной температуры особое внимание следует обратить на два основных периода (рисунок 4).

I – нагрев до $t_{кр}$, который осуществляется с минимальной скоростью из-за низкой теплопроводности и малой пластичности холодной стали. Большая скорость нагрева может привести к трещинам в теле слитка (внутри заготовки).

II – нагрев до t_k , который производится с максимальной возможной для данного нагревательного устройства скоростью.

Общее время нагрева (до t_k) складывается из времени нагрева первого τ_1 и второго τ_2 периодов. Для углеродистых и низколегированных сталей $\tau_1 = \tau_2 = 5D\sqrt{D}$, где D – наименьший диаметр или меньшая сторона сечения слитка или заготовки, м. Для средне- и высоколегированных сталей $\tau_1 = 13,3D\sqrt{D}$; $\tau_2 = 6,7D\sqrt{D}$, т.е. $\tau_1 = 2\tau_2$.

Продолжительность выдержек при критической и ковочной температурах принимаются в пределах $\tau_1 + \tau_2$ в зависимости от нагреваемой стали. Наличие выдержек при температурах $t_{кр}$ и t_k вызвано необходимостью выравнивания разности температур по сечению слитка или заготовки. Эта разница температур всегда возникает при нагреве стали из-за ее ограниченной теплопроводности. Чем больше сечение нагреваемой заготовки, тем продолжительнее должна быть выдержка.

Важное значение для получения высококачественных поковок имеет правильный выбор режима их охлаждения. Чрезвычайно высокие термические напряжения, возникающие в

поковке при неправильном охлаждении, могут привести к появлению трещин.

В зависимости от химического состава стали и размеров сечения, поковки охлаждаются на воздухе, в колодцах, в колодцах с подогревом и в термических печах. Режим охлаждения поковки следует определять по таблице 15.

Таблица 14

Температурные интервалыковки

| Марка стали | $A_{c1}, ^\circ\text{C}$ | $t_k, ^\circ\text{C}$ | $t'_k, ^\circ\text{C}$ |
|---|--------------------------|-----------------------|------------------------|
| Углеродистые стали | | | |
| Ст. 2, 3, 4, 10, 15, 20, 25, 30, 35 | 730-735 | 1280 | 750 |
| 40, 45, 50 | 725-730 | 1250 | 780 |
| 55, 60 | 727 | 1220 | 800 |
| 65, 70, 75 | 727-730 | 1200 | 800 |
| У7А, У8А, У9А, У10А, У12А | 727-730 | 1150 | 800 |
| Низколегированные стали | | | |
| 15Х, 20Х, 20Г, 12ХМ, 15ХМ | 735 | 1260 | 800 |
| 35Х, 40Х, 45Х | 720-740 | 1240 | 800 |
| 30Г, 40Г, 50Г, 50Х, 20ХФ, 20ХМА, 30ХМА, 34ХМ, 35ХМ, 40ХМ, 40ХН, 40ХФА, 50ХГ, 60ХГ | 735-745 | 1220 | 800 |
| 65Г, 50С2, 55С2, 60С2, 38ХС, 50ХФ, 50ХН, 60ХН, 75ХМ | 735-745 | 1200 | 800 |
| Среднелегированные стали | | | |
| 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХГС, 38ХЮА, 25Х1М1Ф, 34ХН1М, ЭИ415 | 715-800 | 1240 | 800 |
| 12ХН2, 12ХН3, 20ХН3А, 18ХГТ, 25Х2М1Ф, 40ХНМА | 715-800 | 1220 | 800 |
| 30ХГС, 30ХНВ, 35ХГС, 38ХГН | 715-800 | 1200 | 800 |
| 5ХНВ, 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХГС, 5ХНТ, 5ХНМ2, 6ХНМ | 715-800 | 1200 | 800 |
| 7Х3, 8Х3, 9Х, 9Х2, 9ХФ, 9ХС | 715-800 | 1180 | 800 |
| Высоколегированные стали | | | |
| 20Х3МВФ, 34ХН3М | 750-900 | 1240 | 800 |
| 12Х2Н4А, 18Х2Н4ВА, 1Х13, 2Х13, 3Х13 | 750-900 | 1220 | 850 |
| 15Х11МФ, ЭИ268, ЭИ802 | 750-900 | 1220 | 900 |
| 35ХН1М2Ф, 35ХН3МФА, 36ХН1МФ, 38ХН3МФА, 38Х2Н3М, 45ХНФА | 750-900 | 1200 | 800 |
| Х18Н9Т, Х18Н10Т, Х18Н12М2Т, ЭИ572 | 750-900 | 1200 | 950 |

Таблица 15

Режим охлаждения поковок послековки

| Марка стали | Диаметр или меньшая сторона сечения поковки, мм | | | | | | |
|--|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | До 100 | 101-200 | 201-300 | 301-400 | 401-500 | 501-600 | Св. 600 |
| Ст.2,3,4 | | | | | | | |
| 10, 15, 20, 25 | | | | | | | |
| 30, 35 | | | | | | | |
| 40, 45 | | | | | | | |
| 50, 55, 60 | | | | | | | |
| 65, 70, 75 | | | | | | | |
| У7А, У8А | | | | | | | |
| У9А, У10А, У12А | | | | | | | |
| 15Х, 20Х, 20Г | | | | | | | |
| 12ХМ, 15ХМ, 20ХФ, 20ХМА, 35Х | | | | | | | |
| 40Х, 45Х, 50Х | | | | | | | |
| 30Г, 40Г, 50Г | | | | | | | |
| 30ХМА, 34ХМ, 35ХМ | | | | | | | |
| 38ХС, 40ХМ, 40ХФ, 50ХФ, 50ХГ | | | | | | | |
| 60ХН, 60ХГ, 75ХМ | | | | | | | |
| 65Г, 50С2, 55С2, 60С2 | | | | | | | |
| 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХГС | | | | | | | |
| 25Х1М1Ф, 38ХЮА, 34ХН1М | | | | | | | |
| 12ХН2, 12ХН3 | | | | | | | |
| 18ХГТ, 20ХН3А, 30ХН3А | | | | | | | |
| 30ХНВ, 35ХГС, 38ХГН, 40ХНМА | | | | | | | |
| 5ХНВ, 5ХНМ, 5ХНТ, 5ХГМ, 5ХГС, 5ХНМ2, 6ХНМ | | | | | | | |
| 7Х3, 8Х3, 9Х, 9Х2, 9ХФ, 9ХС | | | | | | | |
| 12Х2Н4А, 18Х2Н4ВА, 20Х3МВФ | | | | | | | |
| 1Х13, 2Х13, 3Х13 | | | | | | | |
| 15Х11МФ, ЭИ268, ЭИ802 | | | | | | | |
| 34ХН3М, 35ХН1М2Ф, 35ХН3МФА, 36ХН1МФ, 38ХН3МФА, 38Х2Н3М, 45ХНФА | | | | | | | |
| Х18Н9Т, Х18Н10Т, Х18Н12М2Т | | | | | | | |
| | Охлаждение на воздухе Охлаждение в колодце Охлаждение в термической печи Поковки не применяются | | | | | | |

Исходной заготовкой дляковки относительно мелких поковок служит простой сортовой прокат, чаще всего круглого, квадратного или прямоугольного сечения. Размеры прокатной заготовки определяются следующим образом.

Приковке вдоль оси заготовки необходимо решить систему уравнений, одно из которых представляет собой выражение для определения объема заготовки как геометрического тела, а второе – условие осадки. Например, в случае использования в качестве исходной заготовки проката круглого сечения система уравнений имеет вид.

$$\begin{cases} V_{заг} = \frac{\pi D_{заг}^2}{4} L_{заг}, \\ L_{заг} \leq 2,5D_{заг} \end{cases}$$

где $V_{заг}$, $D_{заг}$, $L_{заг}$ – соответственно объем, диаметр и длина исходной заготовки.

При определении размеров необходимо помнить, что диаметр проката должен соответствовать сортаменту.

Приковке поперек оси заготовки соотношение длины и диаметра проката могут быть любыми. В этом случае диаметр прокатной заготовки принимают равным ближайшему стандартному, большему максимального диаметра поковки, после чего рассчитывают длину исходной заготовки.

1.4.4. Определение последовательности кузнечных операций

При разработке последовательности кузнечных операций необходимо определить количество и очередность основных, вспомогательных и отделочных операций, выбрать кузнечный инструмент, необходимый для выполнения операций.

Основные технологические операции – это операции, связанные с изменением формы и размеров слитка или промежуточной заготовки, с целью получения поковки, соответствующей требованиям чертежа.

Вспомогательные операции – это операции, связанные с подготовкой слитка или промежуточной заготовки для выполнения последующих основных операций.

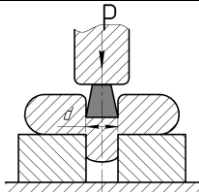
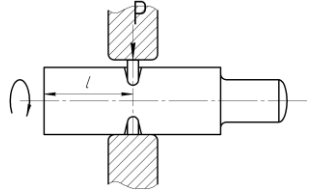
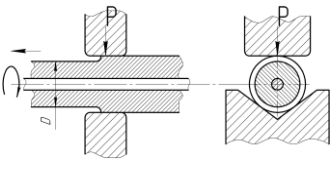
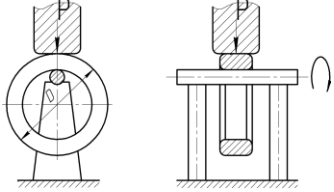
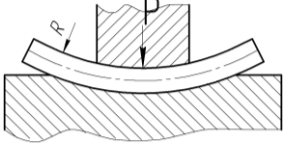
Отделочные операции - это операции, связанные с получением требуемого по чертежу качества поверхности поковки.

Выбор операций определяется конфигурацией и соотношением размеров поковки, величиной улова, техническими условиями на ее изготовление.

Таблица 16

Основные кузнечные операции

| Наименование операции | Эскиз операции | Применяемый инструмент | Назначение операции |
|---|----------------|---|--|
| Протяжка (вытяжка) слитка на диаметр D | | Бойки: верхний – плоский; нижний – вырезной | Получение ступеней с круглым или прямоугольным сечением за счет уменьшения размеров исходного сечения и увеличения длины |
| Протяжка (вытяжка) заготовки на размер $A \times B$ | | Бойки: верхний – плоский; нижний – плоский | Уменьшение высоты за счет увеличения площади поперечного сечения |
| Осадка слитка на кольцо на высоту H или до диаметра D | | Осадочная плита; осадочное кольцо | Уменьшение высоты за счет увеличения площади поперечного сечения |
| Осадка заготовки на высоту h или до диаметра D | | Осадочная плита; осадочный стол | Уменьшение высоты за счет увеличения площади поперечного сечения |

| | | | |
|--|---|--|--|
| <p>Прошивка сквозного отверстия диаметром d</p> |  | <p>Боек верхний плоский, прошивень, осадочное кольцо</p> | <p>Получение сквозного отверстия круглой или прямоугольной формы</p> |
| <p>Рубка слитка (или заготовки)</p> |  | <p>Бойки: верхний – плоский; нижний – вырезной (или плоский топор)</p> | <p>Разделение заготовки на части или отделение дефектных частей (прибыль, дно)</p> |
| <p>Вытяжка заготовки на оправке на диаметр D</p> |  | <p>Бойки: верхний – плоский, нижний – вырезной, оправка</p> | <p>Увеличение длины заготовки за счет уменьшения ее поперечного сечения</p> |
| <p>Раскатка заготовки на оправке на диаметр D</p> |  | <p>Верхний плоский боек, оправка, специальные стойки</p> | <p>Увеличение диаметра полой заготовки за счет уменьшения толщины стенки</p> |
| <p>Гибка заготовки на радиус R</p> |  | <p>Боек верхний – специальный радиусный, нижняя специальная плита</p> | <p>Изгиб заготовки по заданному контуру</p> |

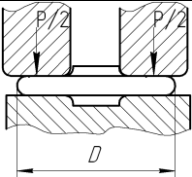
| | | | |
|---|---|--|---|
| <p>Разгонка полотна заготовки на диаметр D</p> |  | <p>Верхние бойки специальные раздвижные, поворотный стол</p> | <p>Увеличение диаметра заготовки за счет уменьшения ее высоты</p> |
|---|---|--|---|

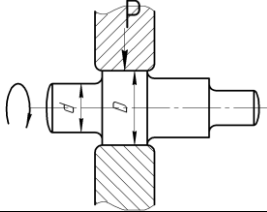
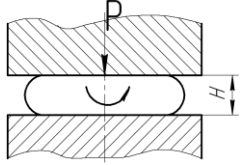
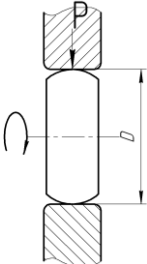
Таблица 17

Вспомогательные кузнечные операции

| Наименование операции | Эскиз операции | Применяемый инструмент | Назначение операции |
|--|----------------|---|---|
| Заделка цапфы под патрон или под осадочную плиту | | Бойки: верхний – плоский, нижний – вырезной | Для удобства проведения последующей протяжки или осадки |
| Биллетирование слитка | | Бойки: верхний – плоский, нижний – вырезной | Скругление граней слитка |
| Разметка заготовки с круглым или прямоугольным поперечным сечением | | Бойки: верхний – плоский, нижний – вырезной (или плоский); раскатка, пережимка | Распределение металла на необходимые объемы и уменьшение утяжки |
| Правка поковки | | Верхний плоский боек, нижняя плоская осадочная плита (или стол) | Устранение кривизны или несоосности ступеней поковки |

Таблица 18

Отделочные кузнечные операции

| Наименование операции | Эскиз операции | Применяемый инструмент | Назначение операции |
|---|---|---|--|
| Проглаживание (отделка) поковки или отдельных ее частей |  | Бойки: верхний – плоский, нижний – плоский или вырезной | Получение заданных по чертежу размеров и внешнего вида |
| Торцовка поковки |  | Верхний плоский боек; нижняя плоская осадочная плита (или стол) | Получение заданной высоты и внешнего вида торцевых поверхностей |
| Обкатка поковки по боковой поверхности |  | Бойки: верхний – плоский, нижний – вырезной или плоский (специальные) | Устранение сферической боковой поверхности (бочкообразности) до получения заданного диаметра |

1.5. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВКИ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКОЙ

Технологический процесс разрабатывают в следующем порядке.

1. Рассчитать массу детали.
2. Определить степень сложности поковки.

3. Определить припуски на механическую обработку, допуски и напуски, а также штамповочные уклоны и радиусы переходов.

4. Разработать чертеж поковки.

5. Рассчитать объем, массу и размеры исходной заготовки, определить режим нагрева заготовки.

6. Определить последовательность технологических переходов при штамповке, разработать чертеж финишного ручья штампа.

1.5.1. Разработка чертежа поковки

Поковки классифицируются по следующим признакам:

1) точность изготовления: I класс – повышенная; II класс – нормальная;

2) группа стали: M1 – углеродистая сталь, легированная сталь с содержанием углерода 0,45% и легирующих элементов 2%; M2 – легированная сталь, кроме стали указанной в группе M1;

3) степень сложности поковки: C1, C2, C3, C4;

4) Конфигурация поверхности разъема штампа: П – плоская; И – изогнутая.

Класс точности зависит от условий и характера производства (серийное или массовое), а также от требований к точности размеров поволоков, указываемых на чертеже поковки.

Конфигурация поверхности разъема штампа определяется формой поковки, способом и условиями штамповки. Плоская поверхность разъема предпочтительнее изогнутой, так как в последнем случае возникают усилия, сдвигающие верхнюю половину штампа относительно нижней.

Степень сложности поковки представляет собой отношение объема детали к объему геометрического тела, в которое вписывается данная деталь. Геометрическое тело, описывающее деталь, может быть цилиндром или параллелепипедом.

$$C = \frac{V_{дет}}{V_m},$$

где $V_{дет}$ – объем детали; V_m – объем тела, описанного вокруг детали.

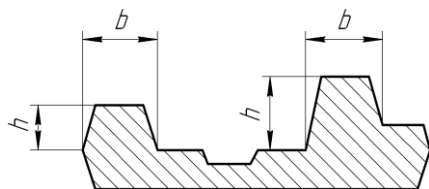


Рис. 4. Схема определения дополнительного критерия оценки сложности поковки

В зависимости от величины C поковке присваивается соответствующая степень сложности.

Для поковок, штампуемых на прессах и молотах, дополнительным критерием является размер выступов (рисунок 4).

Таблица 1:

Степени сложности поковок

| Степень сложности | Первая | Вторая | Третья | Четвертая |
|--------------------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| Обозначение | $C1$ | $C2$ | $C3$ | $C4$ |
| C | 0,63-1,0 | 0,32-0,63 | 0,16-0,32 | <0,16 |
| Высота выступа h | $\leq 0,3b$ | $\leq b$ | $\leq 1,5b$ | $> b$ |

Припуски на механическую обработку поковок, назначаются в зависимости от группы стали и степени сложности поковки. В таблице 2 приведены припуски для поковки из стали М1, нормального класса точности, средней сложности ($C1, C2$).

Таблица 2:

Припуски на механическую обработку на сторону поковки из углеродистой и низколегированной стали (М1) нормального класса точности, средней сложности ($C1, C2$), мм

| Масса детали, кг | Толщина (высота), длина или ширина поковки, мм | | | | | | |
|------------------|--|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | До 50 | 50-120 | 120-180 | 180-260 | 260-360 | 360-500 | 500-630 |
| 0,4-0,63 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 |
| 0,63-1,0 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 |
| 1,0-1,6 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 |
| 1,6-2,5 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 |
| 2,5-4,0 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 |
| 4,0-6,3 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,2 |
| 6,3-10,0 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 |

| | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 10,0-16,0 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,6 |
| 16,0-25,0 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,9 |
| 25,0-40,0 | 3,5 | 3,7 | 3,8 | 3,9 | 4,0 | 4,1 | 4,3 |
| 40,0-63,0 | 3,9 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,5 | 4,6 | 4,7 |

Допуски на размеры штампованных поковок приведены в таблице 3.

Таблица 3:

Допуски на штампованные поковки нормальной точности, мм

| Смещение, мм | Заусенец | Масса, кг | Размер, мм | | | | | | |
|--------------|----------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | До 50 | 50-120 | 120-180 | 180-260 | 260-360 | 360-500 | 500-630 |
| 0,4 | 0,6 | 0,4-0,63 | +0,8 -0,4 | +0,9 -0,5 | +1,1 -0,5 | +1,2 -0,6 | +1,3 -0,7 | +1,4 -0,8 | - |
| 0,5 | 0,7 | 0,63-1,0 | +0,9 -0,5 | +1,1 -0,5 | +1,2 -0,6 | +1,3 -0,7 | +1,4 -0,8 | +1,5 -0,9 | +1,6 -1,0 |
| 0,5 | 0,8 | 1,0-1,6 | +1,1 -0,5 | +1,2 -0,6 | +1,3 -0,7 | +1,4 -0,8 | +1,6 -0,8 | +1,6 -1,0 | +1,8 -1,1 |
| 0,6 | 0,9 | 1,6-2,5 | +1,2 -0,6 | +1,3 -0,7 | +1,5 -0,7 | +1,6 -0,8 | +1,7 -0,9 | +1,8 -1,1 | +2,0 -1,2 |
| 0,7 | 1,0 | 2,5-4,0 | +1,3 -0,7 | +1,5 -0,7 | +1,6 -0,8 | +1,7 -0,9 | +1,9 -1,0 | +2,0 -1,2 | +2,2 -1,4 |
| 0,8 | 1,1 | 4,0-6,3 | +1,5 -0,7 | +1,6 -0,8 | +1,7 -0,9 | +1,9 -1,0 | +2,0 -1,2 | +2,2 -1,4 | +2,5 -1,5 |
| 0,9 | 1,2 | 6,3-10,0 | +1,6 -0,8 | +1,7 -0,9 | +1,9 -1,0 | +2,1 -1,1 | +2,2 -1,4 | +2,5 -1,5 | +3,0 -1,5 |
| 1,0 | 1,4 | 10,0-16,0 | +1,7 -0,9 | +1,9 -1,0 | +2,1 -1,1 | +2,4 -1,2 | +2,5 -1,2 | +3,0 -1,5 | +3,0 -2,0 |
| 1,1 | 1,6 | 16,0-25,0 | +1,9 -1,0 | +2,1 -1,1 | +2,4 -1,2 | +2,5 -1,5 | +3,0 -1,5 | +3,0 -2,0 | +3,5 -2,0 |
| 1,2 | 1,8 | 25,0-40,0 | +2,1 -1,1 | +2,4 -1,2 | +2,5 -1,5 | +3,0 -1,5 | +3,5 -2,0 | +4,0 -2,0 | +4,0 -2,0 |
| 1,4 | 2,0 | 40,0-63,0 | +2,4 -1,2 | +2,5 -1,5 | +3,0 -1,5 | +3,5 -2,0 | +3,5 -2,0 | +3,5 -2,0 | +4,0 -2,5 |

При конструировании штампованных поковок необходимо учитывать, что на все поверхности поковки перпендикулярные ходу инструмента назначаются штамповочные уклоны, величина которых выбирается в зависимости от типа штамповочного оборудования

(таблица 4). На поковках не должно быть острых углов. Сопрягаемые поверхности должны иметь закругления, выполняемые радиусами. Величины радиусов закругления приведены в таблице 5.

Таблица 4:

Штамповочные уклоны

| Оборудование | Величина уклона, град. | |
|-----------------------------------|------------------------|------------|
| | Внешние | Внутренние |
| Молоты, прессы без выталкивателей | 7 | 10 |
| Прессы с выталкивателями | 5 | 7 |
| Горизонтально-ковочные машины | 5 | 7 |

Таблица 5:

Наименьшие радиусы закруглений внешнего угла поковок

| Масса поковки, кг | Наименьшие радиусы закругления R, мм при глубине плоскости ручья штампа, мм | | | |
|-------------------|---|-------|-------|--------|
| | До 10 | 10-25 | 25-50 | Св. 50 |
| До 1,0 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| 1,0-6,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,5 |
| 6,0-16,0 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 |
| 16,0-40,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| 40,0-100,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 7,0 |

Отверстия или углубления выполняются в том случае, если их оси совпадают с направлением движения инструмента. Диаметры отверстий и углублений должны быть больше или равны высоте поковки, но не менее 30 мм. Общая величина углублений должна быть не более 0,8 их диаметра.

1.5.2. Выбор исходной заготовки

В качестве заготовок для штамповки применяют прокат черных и цветных металлов разных профилей: сортовой и профильный прокат, прокат периодического профиля, полосовую заготовку. Прутки длиной 2-4 метра разделяют на заготовки мерной (необходимой) длины на ножницах, в штампах, в хладноломах, плазменной резкой, резкой на пилах, электроискровой и анодно-механической резкой и т.д.

Для определения массы исходной заготовки необходимо рассчитать ее объем. При штамповке вдоль оси (в торец) объем исходной заготовки определяется как:

$$V_{заг} = k(V_{пок} + V_{отх}),$$

где k – коэффициент, учитывающий угар металла, $k = 0,1$; $V_{пок}$ – объем холодной поковки, определяемый по чертежу (по номинальным размерам); $V_{отх}$ – объем отходов, $V_{отх} = V_{пер} + V_з$; $V_{пер}$ – объем перемычки (если поковка с отверстием), вычисляемый по чертежу поковки; $V_з$ – объем заусенца, $V_з = \psi S_k l_{ц}$; ψ – коэффициент, учитывающий степень заполнения накопителя, $\psi = 0,3$ для поковок простой формы, $\psi = 0,5$ для форм средней сложности, $\psi = 0,7$ для поковок сложной формы; S_k – площадь сечения накопителя; $l_{ц}$ – длина центров тяжести поперечных сечений заусенца. Ориентировочно объем заусенца можно принять равным 1,5-3,0% от объема холодной поковки.

При штамповке поперек оси, т.е. для длинноосных в плане поковок объем отходов рассчитывается несколько иначе:

$$V_{отх} = V_з + V_{кл} + V_{с.н.} + V_{пер},$$

где $V_{кл}$ – объем клещевого конца, $V_{кл} = \pi D_0^3 / 16$; D_0 – диаметр заготовки (прутка); $V_{с.н.}$ – объем соединительного напуска (если штампуются одновременно более одной поковки).

После определения объема и массы заготовки находят ее размеры по той же методике, которая приведена в п. 4.2. При штамповке в торец необходимо, чтобы длина заготовки не превышала 2,5 ее диаметра. В противном случае может произойти искривление продольной оси.

1.5.3. Особенности нагрева при штамповке

В отличие от двухстадийного нагрева, применяемого при свободной ковке крупных поковок, в штамповочном производстве широко практикуется одностадийный нагрев с максимальной допустимой скоростью, так как размеры сечений нагреваемых заготовок относительно невелики (до 200 мм).

Ориентировочно время нагрева кованных и катанных заготовок из углеродистой конструкционной стали при одиночном расположении в печи можно определить по таблице 6.

Таблица 6:
Время нагрева кованных и катанных заготовок (М1) при одиночном расположении в печи, мин

| Диаметр или сторона квадрата, мм | Температура рабочего пространства печи, °С | | | | | |
|--|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1200 | | 1300 | | 1400 | |
| | Температура нагрева, °С | | | | | |
| | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1200 | 1250 |
| 10 | 2,7/3,3 | 3,0/3,5 | 2,0/2,5 | 2,0/3,0 | 1,0/1,5 | 1,0/1,5 |
| 20 | 4,5/5,5 | 6,0/7,5 | 3,0/4,5 | 4,0/5,0 | 1,5/2,0 | 1,5/2,0 |
| 30 | 7,0/9,0 | 8,5/11,0 | 5,0/6,0 | 6,0/8,0 | 2,5/3,0 | 2,5/3,0 |
| 40 | 10,0/13,0 | 11,0/14,5 | 6,5/8,0 | 8,0/10,5 | 3,5/4,5 | 3,5/4,5 |
| 50 | 12,5/16,0 | 15,0/19,5 | 8,0/10,5 | 10,5/13,5 | 4,5/5,5 | 4,5/5,5 |
| 60 | 15,0/19,5 | 18,0/23,0 | 10,0/13,0 | 12,5/16,0 | 5,0/6,5 | 5,5/7,0 |
| 70 | 17,5/22,5 | 21,0/27,0 | 12,0/15,0 | 14,5/19,0 | 6,0/7,5 | 6,5/8,0 |
| 80 | 20,5/26,5 | 24,5/31,5 | 14,0/17,5 | 16,5/22,0 | 7,0/9,0 | 7,5/9,5 |
| 90 | 23,5/30,5 | 27,5/35,5 | 16,0/20,0 | 19,0/24,5 | 8,0/10,5 | 8,5/11,0 |
| 100 | 26,0/33,5 | 31,0/40,0 | 18,0/23,0 | 21,0/27,5 | 9,0/11,5 | 10,5/13,0 |
| 110 | 29,5/38,0 | 35,0/45,5 | 20,0/26,0 | 23,5/30,5 | 10,5/13,5 | 11,5/15,0 |
| 120 | 32,5/41,5 | 38,5/50,0 | 22,5/29,5 | 26,0/33,5 | 12,0/15,0 | 13,0/17,0 |
| 130 | 36,0/46,5 | 42,5/55,0 | 25,0/32,5 | 29,0/38,0 | 13,0/16,5 | 14,0/18,0 |
| 140 | 39,0/50,5 | 46,0/59,5 | 27,5/36,0 | 32,0/41,5 | 14,0/18,0 | 15,5/19,5 |
| 150 | 42,5/55,0 | 50,0/65,0 | 30,0/39,0 | 35,0/45,5 | 15,5/20,0 | 17,0/22,0 |
| 160 | 46,0/59,5 | 54,5/71,0 | 33,0/43,0 | 38,5/50,5 | 16,5/21,5 | 18,0/23,5 |
| 170 | 50,0/64,5 | 58,5/76,0 | 36,0/47,0 | 42,0/54,5 | 18,0/23,0 | 19,5/25,0 |
| 180 | 54,0/70,0 | 63,0/81,0 | 39,5/51,5 | 46,0/59,5 | 19,5/25,0 | 21,0/27,0 |
| 190 | 58,0/75,0 | 68,0/88,0 | 42,5/55,5 | 49,5/64,0 | 21,0/27,0 | 23,0/29,5 |
| 200 | 62,5/81,0 | 72,5/94,0 | 46,0/60,0 | 53,5/69,0 | 22,5/29,0 | 24,5/32,0 |

В числителе даны значения для заготовок круглого сечения, в знаменателе – квадратного.

1.5.4. Технологические операции

Технологические операции штамповки предназначены для приближения исходной заготовки к форме и размерам поковки. Каждая технологическая операция выполняется в соответствующем

ручье (полости) штампа. Наименование операции и соответствующего ей ручья одинаковы.

Все операции делятся на заготовительные и штамповочные. К заготовительным операциям относятся пережим, подкатка, протяжка, формовка, гибка, осадка, высадка, отрубка, прошивка, к штамповочным операциям – предварительная (черновая) и окончательная (чистовая) штамповка.

Предварительная штамповка производится в предварительном ручье штампа; окончательная – в окончательном ручье. Предварительный ручей отличается от окончательного большими радиусами закругления, штамповочными уклонами и отсутствием облойной канавки. Штамповка в штамповочных ручьях осуществляется нанесением нескольких ударов максимальной возможной силы.

1.6. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Предварительной термической обработке подвергаются заготовки деталей с целью устранения дефектов предыдущих операций горячей обработки (литья, штамповки,ковки) и подготовки структуры к последующей обработке резанием. Как правило, в качестве предварительной термической обработки используют полный отжиг или нормализацию, заключающиеся в нагреве заготовки в течение времени t_1 до температуры на 30 – 50 °С выше A_{c3} материала, выдержке при этой температуре заданное время (t_2) и охлаждения вместе с печью (при полном отжиге) или на спокойном воздухе (при нормализации).

Для определения времени t_1 можно воспользоваться эмпирической формулой

$$t_1 = KD,$$

где $K = 65$ с/мм для углеродистых сталей и 75 с/мм для легированных, D - диаметр изделия в мм.

Значения t_2 принимают равным 0,2 от t_1 .

Охлаждение вместе с печью проводят со скоростью 100 – 150 °С/час для углеродистых сталей и 40 – 60 °С/час для легированных. За скорость охлаждения заготовки при нормализации может быть принята величина $\sim 3^{\circ}\text{C}/\text{с}$.

1.7. Разработка технологического процесса механической обработки

В этом разделе должны быть определены: маршрут механической обработки, режимы, технологическое оборудование, режущий и мерительный инструмент, составлены операционные карты.

Технологический процесс механической обработки должен обеспечить: точность геометрических параметров поверхностей, качество поверхностей, заданную шероховатость. Принятые технологические решения должны соответствовать типу производства, обеспечивать минимальную себестоимость обработки при оптимальной производительности труда.

Следует начинать с разработки технологического маршрута обработки, обоснования последовательности всех операций.

По обоснованному технологическому маршруту следует выбрать модели станков, приспособлений, режущие и мерительные инструменты, назначить режимы резания.

Например, операция токарная черновая: диаметр детали 50 мм, длина 200 мм, припуск на обработку 3 мм, скорость резания 45 м/мин, подача 0,3 мм/об, станок токарно-винторезный 1К62, резец проходной Т5К10, инструмент мерительный - штангенциркуль.

При выборе оборудования необходимо исходить из того, что в единичном, мелкосерийном производствах используется универсальное, а в массовом - специализированное, специальное и агрегатное оборудование, автоматические линии станков. Серийное производство в зависимости от программы может приближаться к индивидуальному или к массовому типам производства.

Технические данные о металлорежущем оборудовании выбирают из паспортов или каталогов.

Форма операционной карты представлена на рисунке 4.

ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
(последующие листы)

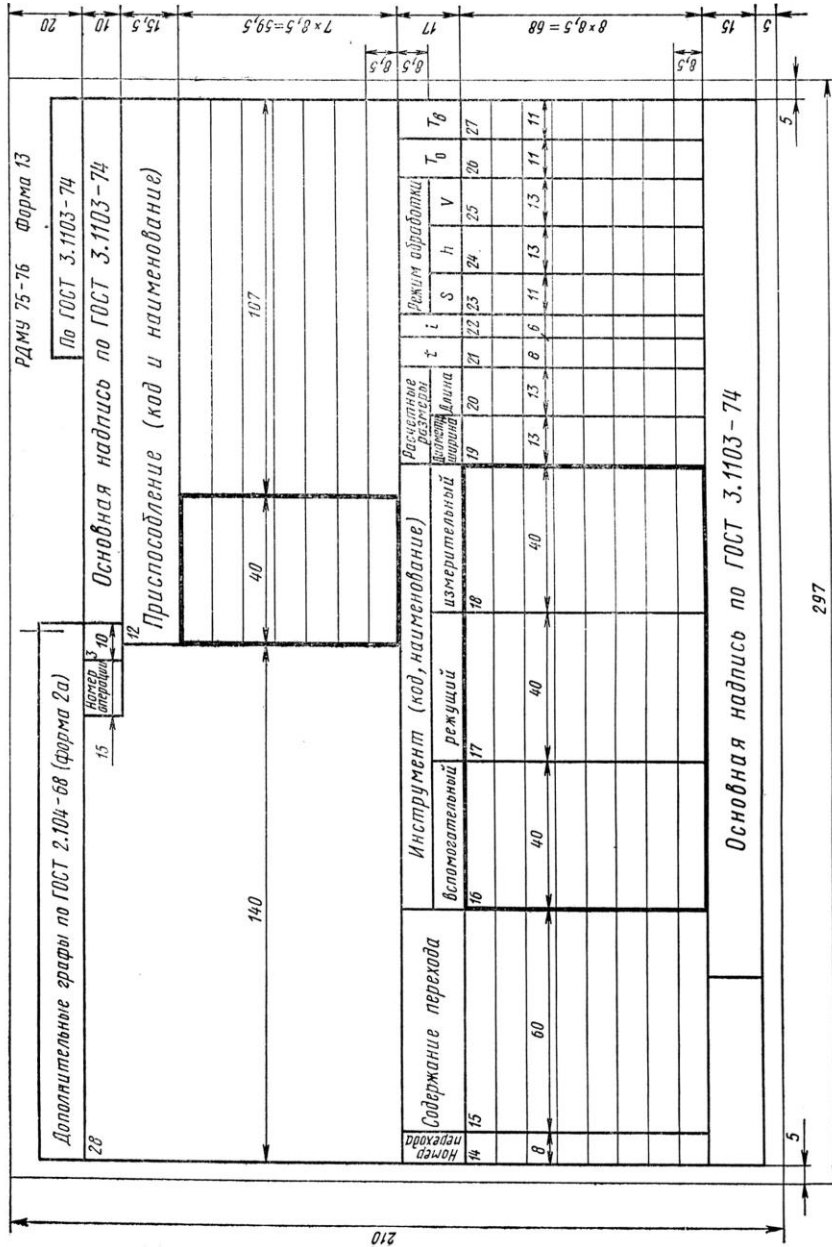


Рис. 1 Операционная карта

Количество операционных карт для детали должно соответствовать количеству используемых металлорежущих станков, количеству установов на каждом станке, а также учитывать наличие черновых и чистовых проходов. Например, для обработки короткого ступенчатого вала, не имеющего пазов, лысок и радиальных отверстий необходимо составить 4 операционные карты, так как потребуется только один станок – токарно-винторезный, потребуются два установа, и на каждом установе будут присутствовать как черновые, так и чистовые проходы.

В графе 28 операционной карты приводится операционный эскиз, представляющий собой эскиз детали (заготовки) с указанием способа ее закрепления, все поверхности которой, обрабатываемые с данного установа, выделяются линией основного контура и нумеруются. На эскизе проставляют только размеры, определяющие обрабатываемые с данного установа поверхности и их положение относительно баз. Размеры указывают в виде чисел с предельными отклонениями или с указанием полей допусков по ЕСДП. В графе 12 указываются применяемые при обработке приспособления, например, трехкулачковый самоцентрирующийся патрон, задний центр, люнет и т.д.

Содержание основных и вспомогательных переходов записывается в графе 15 в соответствии с ГОСТ 3.1702-79. Первой записью в графе должен быть вспомогательный переход, например «установить и закрепить заготовку», «установить, выверить и закрепить заготовку», «переустановить и закрепить заготовку». В конце перечня переходов по обработке следует написать «снять заготовку». Обозначают вспомогательные переходы заглавными буквами латинского алфавита. Основные переходы обозначают арабскими цифрами, запись перехода выполняют со ссылкой на условное обозначение конструктивного элемента детали, например: «точить поверхность 1», «фрезеровать паз 2», «фрезеровать лыску 3», «шлифовать поверхность 4» и т.д.

В графах 19 и 20 необходимо указать размеры обрабатываемой поверхности – те, которые получатся после выполнения данного перехода. В графе 21 указывается глубина резания за один проход, определяемая по условиям обработки, в графе 22 – количество проходов, в графе 23 – подача, в графе 25 –

скорость резания. Скорость резания и подачу определяют в зависимости от вида обработки по справочным таблицам [].

Содержание граф 14, 16, 17, 18 в пояснении не нуждается.

В графе 26 указывается основное (машинное) время на выполнения перехода с учетом времени на резание, и перебеги инструмента для всех видов обработки и на обратный ход для станков с возвратно-поступательным движением инструмента. Вид расчетных формул для определения машинного времени зависит от вида обработки []. Например, при точении цилиндрических поверхностей машинное время определяется по следующей зависимости:

$$T_m = \frac{Li}{ns}, \text{ мин}; \quad n = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/мин},$$

Где $L = l + l_1 + l_2$, мм - расчетная длина обработки,

l , мм - длина обрабатываемой поверхности,

$$l_1 = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi}, \text{ мм} - \text{величина врезания},$$

l_2 , мм - длина перебега, $l_2 \leq 3$ мм при продольном точении, $l_2 = 2 \dots 3$ мм при подрезке, прорезке и отрезке,

t , мм - глубина резания,

φ - главный угол резца в плане,

i - число проходов,

n , об/мин - частота вращения шпинделя,

s , мм/об - подача,

v , м/мин - скорость резания,

D , мм - диаметр обрабатываемой поверхности.

В графу 27 записывается вспомогательное время, учитывающее управление станком, а также выполнение вспомогательных переходов и контроля. Вспомогательное время T_v определяется по общемашиностроительным укрупненным нормативам времени, ориентировочно эту величину можно принять равной 5-15% от основного времени.

1.8. ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ (ХИМИКО - ТЕРМИЧЕСКАЯ) ОБРАБОТКА

Стальные детали, относящиеся к I-ой группе (цементуемые стали), подвергаются цементации (нитроцементации), полной закалке и низкому отпуску.

Оптимальная глубина цементованного слоя для большинства деталей горных машин 1,0-1,4 мм. Рекомендуется газовая цементация при температуре 930-950°C; время цементации зависит от глубины цементованного слоя (скорость цементации 0,1 мм/ч).

Нитроцементация проводится при температур 820-860°C со скоростью 0,15 мм/ч; глубина слоя 0,2-0,8 мм.

Среда и температурные режимы термической обработки деталей I-ой группы после цементации приведены в табл.4.

Таблица 4

Режимы термической обработки цементуемых сталей после цементации

| Марка стали | Термическая обработка | | |
|-------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| | вид * | температура, °C | среда охлаждения |
| 10 | З | 770 | вода |
| | О | 180 | воздух |
| 25 | З | 770 | вода |
| | О | 180 | воздух |
| 20Х | З | 820 | масло |
| | О | 200 | воздух |
| 18ХГТ | З | 850 | масло |
| | О | 200 | воздух |
| 12ХН3А** | О | 650 | воздух |
| | З | 820 | масло |
| | О | 200 | воздух |
| 18Х2Н4МА** | О | 650 | воздух |
| | З | 800 | масло |
| | О | 200 | воздух |

* Вид термической обработки: З - закалка, О - отпуск.

** Стали 12ХН3А, 18Х2Н4МА после цементации подвергаются промежуточному высокому отпуску для снижения количества остаточного аустенита в цементованном слое. Сталь 18Х2Н4МА имеет порог хладноломкости -80°C.

Времена нагрева деталей под закалку (t_1) и выдержки (t_2) при соответствующей температуре аналогичны, используемым при высоком

отжиге и нормализации при проведении предварительной термической обработки (см. п. 1.4). За скорость охлаждения детали в воде может быть принята величина $200\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$, в масле – $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$.

Времена нагрева (t_1) и выдержки (t_2) деталей при низком отпуске могут быть рассчитаны по формуле

$$t_1 = t_2 = 120 + \delta, \text{ мин,}$$

где δ – условная толщина (диаметр) детали в мм.

Детали II-ой группы изготавливаются из среднеуглеродистых и легированных сталей и подвергаются полной закалке и высокому отпуску (улучшению). Температурные параметры термической обработки наиболее широко применяемых улучшаемых сталей приведены в табл. 4

Таблица 4

Термическая обработка и механические свойства
улучшаемых сталей

| Марки стали | Термическая обработка | |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| | Закалка, $^{\circ}\text{C}$; среда | Отпуск, $^{\circ}\text{C}$; среда |
| 35 | 850; вода | 550; вода, масло |
| 45 | 850; то же | 550; то же |
| 40X | 860; масло | 500; то же |
| 50X | 830; то же | 520; то же |
| 40XH | 820; то же | 550; то же |
| 30XГСА | 880; то же | 540; то же |
| 40XНМА | 850; то же | 620; то же |
| 38XНЗМА | 850; то же | 600; воздух |

Времена нагрева (t_1) и выдержки (t_2) деталей при высоком отпуске могут быть рассчитаны по формуле

$$t_1 = t_2 = 10 + \delta, \text{ мин,}$$

где δ – условная толщина (диаметр) детали в мм.

Для повышения долговечности деталей II-ой группы (осей, валов, пальцев) может быть дополнительно рекомендована закалка с индукционным нагревом ТВЧ на толщину закаленного слоя 1-3 мм с твердостью 45-56 HRC. Однако метод поверхностной закалки малоэффективен для деталей сложной формы. В местах обрыва закаленного слоя, не охватывающего галтели, выточки и другие концентраторы, возникают высокие остаточные напряжения растяжения, снижающие выносливость. Этого недостатка нет при

химико-термической обработке, обеспечивающей равномерное упрочнение, высокую выносливость и износостойкость.

Среднеуглеродистые легированные стали азотируют на глубину 0,3-0,6 мм в среде аммиака при 480-520°C. Выдержка определяется глубиной слоя; скорость азотирования 0,01 мм/ч; охлаждение с печью до 100-150°C. До азотирования детали подвергают улучшению и чистовой механической обработке, после азотирования детали только шлифуют или полируют.

Высокую эффективность обеспечивает комбинированное упрочнение – закалка ТВЧ и поверхностное пластическое деформирование (ППД).

Детали группы III подвергают закалке в масле от 830-880°C и среднему отпуску при 450-480°C.

Времена нагрева (t_1) и выдержки (t_2) деталей при среднем отпуске могут быть рассчитаны по формуле

$$t_1 = t_2 = 20 + \delta, \text{ мин,}$$

где δ – условная толщина (диаметр) детали в мм.

Для снятия внутренних напряжений и стабилизации размеров отливки из серого чугуна подвергают низкому отжигу при 560°C. Для повышения механических свойств используют нормализацию или закалку с высоким отпуском. Для повышения износостойкости деталей, работающих в условиях трения (гильзы цилиндров, распределительные валы и другие детали двигателей), перлитные чугуны подвергают азотированию.

Термическая обработка высокопрочных чугунов аналогична.

2. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В графической части проекта объемом 1 лист формата А1 должны быть представлены: чертеж детали, чертеж отливки, чертеж модели, литейная форма в сборе, если заготовка литая; чертеж детали, чертеж поковки и схема технологических переходовковки, если заготовка ковкая; чертеж детали, чертеж поковки, чертеж штампа с разрезом по чистовому ручью или схема штамповки на ГKM, если заготовка штампованная.

Чертежи должны быть выполнены в соответствии со всеми нормами и требованиями ЕСКД.

