

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра машиностроения

Валиев А.М., Кужагильдин Р.С., Панкратов Д.Л.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ГОРЯЧИМ ПЛАСТИЧЕСКИМ  
ДЕФОРМИРОВАНИЕМ**

**Методическое пособие к курсовой работе  
по дисциплине**

**«Теория и технология заготовительного производства»**

Набережные Челны, 2020

Разработка технологического процесса формообразования заготовок горячим пластическим деформированием. Методическое пособие к курсовой работе по дисциплине «Теория и технология заготовительного производства» для студентов Автомобильного отделения по направлению 15.03.01 «Машиностроение» / Составители: Валиев А.М., Кузагильдин Р.С., Панкратов Д.Л.

Методические указания составлены в соответствии с учебной программой дисциплины «Теория и технология заготовительного производства» профиля подготовки "Машины и технология обработки металлов давлением" по направлению 15.03.01 «Машиностроение»

В данной работе изложен порядок составления чертежа штампованной поковки, включающий: определение положения поверхности разъема, назначение припусков, кузнечных напусков, отклонений формы тела. Указаны основные требования по оформлению чертежей штампованной поковки и "горячей" поковки. В пособии использованы справочные материалы ГОСТа 7505-89 и научно-технической литературы. Данные в таблицах, взятые из ГОСТа 7505-89 имеют ограничения: они относятся к поковкам размерами до 630 мм и весом до 20 кг.

Методические указания предназначены для студентов 4 курса направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение» дневного и заочного обучения, выполняющих курсовые работы по дисциплине «Теория и технология заготовительного производства»

Пособие выполнено на кафедре «Машиностроение» Набережночелнинского института КФУ.

## Оглавление

Введение .....	4
1 Исходные данные для разработки технологического процесса .....	6
2 Основные этапы разработки технологического процесса (курсового проекта) .....	6
2.1 Выбор способа изготовления поковки .....	7
2.2 Выбор типа оборудования .....	7
2.3 Разработка чертежа поковки .....	7
2.4 Расчет массы и размеров заготовки и определение коэффициента использования металла.....	8
2.5 Выбор способа нагрева и температурного интервала формообразования пластическим деформированием .....	10
2.6 Расчет мощности оборудования.....	10
2.7 Выбор режимов охлаждения, термообработки и очистки поковок.....	10
3 Пример расчета (назначения) допусков и допускаемых отклонений и припусков на поковки .	11
Список литературы.....	13

## **Введение**

В настоящей работе перед студентами ставится задача освоения методики проектирования технологического процесса получения заготовки одной из типовых деталей машиностроительного назначения пластическим деформированием. Выбор решения необходимо осуществлять по результатам технического обоснования процесса с привлечением данных экономического анализа конкурирующих вариантов.

Выбор схемы штамповки и конструирование поковки является одним из этапов разработки технологии горячей объемной штамповки (ГОШ). По его результатам составляется чертеж поковки, который согласовывается с техническим отделом механического производства. По чертежу штампованные поковки принимаются механическим производством (цехом) для изготовления из них деталей, идущих на сборку изделий

Исходной информацией для разработки чертежа поковки является чертеж готовой (чистой) детали. Разработка чертежа поковки состоит в последовательном решении следующих вопросов: выбор конфигурации и положения поверхности разъема штампа; назначение припусков; назначение напусков; простановка размеров с допусками; оформление чертежа поковки и установление технических требований на изготовление, включая отклонения формы поковки и термообработку.

Когда мы говорим о выборе схемы штамповки, мы имеем в виду определение конструкции рабочей полости окончательного штамповочного ручья (гравюры), в которой заготовке, в соответствии с чертежом, придается форма поковки. В технологии горячей штамповки используются три схемы горячей объемной штамповки (ГОШ): открытая, закрытая, и выдавливанием. Они имеют следующие конструктивные признаки:

### ***1) схема открытой штамповки.***

Ручей, как правило, состоит из двух частей, расположенных соответственно в верхнем и нижнем инструменте (бойках или вставках). При смыкании, в момент окончания штамповки, они образуют полость, соответствующую форме сконструированной поковки;

Поверхность, по которой смыкаются инструменты, (плоскость разъема штампа) может быть плоской или иметь сложную форму. Инструменты, в момент окончания штамповки, могут иметь непосредственное соприкосновение по зеркалу (штамповка на паровоздушном штамповочном молоте - ПШМ) или между ними устанавливают гарантированный зазор, равный толщине мостика облойной канавки (штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе - КГШП, высадка на горизонтально-ковочной машине - ГКМ);

По периметру ручьев выполняется облойная канавка. Она имеет специальную форму: ближе к ручью расположен элемент (мостик), имеющий меньшую толщину. Он обеспечивает при штамповке более интенсивное остывание металла и как следствие его торможение и заполнение углов ручья штампа в период доштамповки. Далее расположен элемент с большей толщиной (магазин), где размещаются излишки металла заготовки. В машинах со свободным ходом (ПШМ) магазин выполняется закрытым, с регламентированным ходом (КГШП, ГКМ) – открытым со свободным выходом на боковую поверхность инструмента;

Элементы ручья имеют конструктивные особенности:

- боковые поверхности элементов выполняются наклонными для облегчения удаления поковки после штамповки (штамповка на ПШМ и КГШП);

- на месте сквозных отверстий у поковки, в силу невозможности их получения, конструируются углубления – наметки (пленки);

- места сопряжения элементов ручья (перепады высот) оформляются штамповочными радиусами, обеспечивающими течение металла и отсутствие образования дефектов структуры в виде зажимов.

Схема открытой штамповки применяется при штамповке на ПШМ, КГШП и частично на ГКМ.

## **2) *схема закрытой штамповки.***

Инструмент состоит из двух частей. Одна часть (пуансон) входит как по направляющей в полость другой части (матрицы или контейнера или вставки), которая может быть цельной или составной.

Поверхность направляющей полости, кроме направления, может одновременно являться рабочей и оформлять контур штампуемой поковки.

Величина штамповочных радиусов определяется спецификой процесса и зависит от соотношения размеров исходной заготовки и конфигурации рабочего элемента в нее внедряющегося.

В рабочую полость вводится дополнительный элемент (компенсатор) в виде отверстия или щели. Он предназначен для расположения излишнего объема металла заготовки и располагается в наиболее трудно заполняемых местах гравюры.

Схема открытой штамповки применяется при штамповке на КГШП, ГКМ и частично на ПШМ.

## **3) *схема штамповки выдавливанием.***

Штамповая оснастка конструктивно выполняется в виде штампа закрытой конструкции, но с наличием сквозной полости (отверстия, щели), через которое часть

металла выдавливается с целью образования стержневого элемента поковки. Как правило, при ГОШ эта схема применяется в комбинации с другими схемами штамповки

Схемы штамповки выдавливанием применяются на КГШП и частично на ГКМ.

### **1 Исходные данные для разработки технологического процесса.**

Для разработки технологического процесса обработки пластическим деформированием необходимо иметь следующие исходные данные:

- 1) чертеж готовой детали;
- 2) программу выпуска изделий;
- 3) для деталей ответственного назначения - требования по макро - и микроструктуре (ориентация волокна, величина уковки и степень карбидной неоднородности).

### **2 Основные этапы разработки технологического процесса (курсового проекта)**

Разработка технологического процесса изготовления заготовок машиностроительных деталей горячим пластическим деформированием предусматривает решение вопросов проектирование и расчёта в определённой последовательности:

- выбор способа изготовления поковки;
- выбор типа оборудования для изготовления поковки;
- разработка чертежа поковки с определением размеров, припусков и допусков;
- расчёт массы заготовки и определение коэффициента использования металла;
- выбор способа нагрева и температурного интервала формообразования пластическим деформированием;
- расчёт мощности оборудования;
- разработка и проектирование формообразующих операций процесса, расчет числа переходов формообразования;
- конструирование штампов. Выбор способа охлаждения и смазки штампа. Выбор смазок;
- разработка планировки рабочего места;
- составление технологической карты изготовления поковки;
- выбор режима охлаждения, термообработки и очистки поковки;
- расчет себестоимости изготовления поковки;
- Разработка чертежей штампа (по согласованию с руководителем).

Курсовой проект включает:

- 1) графическую часть – 4-5 листов формата А1;
- 2) расчетно-пояснительную записку – 50-60 стр.;

3) приложения: маршрутная карта ТП, компьютерные расчеты.

## **2.1 Выбор способа изготовления поковки**

В зависимости от формы, размеров, массы деталей и программы их выпуска для изготовления поковок могут быть использованы:

- свободная ковка и ковка в подкладных штампах при программе до сотен штук в месяц или для крупногабаритных поковок;
- различные методы штамповки при мелкосерийном, серийном и массовом производствах (при программе не менее тысячи поковок в месяц; если планировать запуск 1 раз в квартал месячная программа может быть значительно меньше);
- прокатка, вальцовка и др. высокопроизводительные методы при программах от сотен тысяч поковок в месяц и выше.

Выбор способа изготовления поковки во многом зависит также и от вида используемого материала и требований точности изготовления поковок.

## **2.2 Выбор типа оборудования**

Для свободной ковки и ковки в подкладных штампах могут быть использованы пневматические и паровоздушные молоты, а также гидравлические ковочные прессы. Первые применяются для изготовления мелких поковок, вторые - при весе поковок более 3т. При этом пневматические молоты используются для ковки поковок массой до нескольких десятков килограмм, а паровоздушные – для более массивных.

Для горячей штамповки могут быть использованы штамповочные молоты, кривошипные горячештамповочные прессы, горизонтально-ковочные машины, фрикционные прессы и молоты.

В настоящее время в практике кузнечно-штамповочного производства широко применяются машины специального и узкого назначения, такие же, как ковочные вальцы, раскатные станы, электровысадочные машины и т.п. Выбор машины производится исходя из технологических возможностей различных типов оборудования, их производительности и др. характеристик.

## **2.3 Разработка чертежа поковки**

Чертёж поковки выполняется согласно чертежа готовой детали. Разработка чертежа сводится к назначению припусков, напусков и допусков.

Размерные допуски - это отклонение от номинальных размеров поковки, обусловленные точностью выполнения кузнечных операций, дозировки металлозаготовки,

изготовления и износом штампов, колебаниями температурной усадки в процессе охлаждения поковки и др. Если допуски на размеры поковки, шероховатость её поверхностей, качества поверхностного слоя удовлетворяют требованиям, предъявленным к готовым деталям, то эти поверхности поковки в дальнейшем не подвергаются механической обработке. В противном случае предусматривается припуск на механическую обработку. Под припуском понимают толщину слоя, предназначенного для снятия при последующей механической обработке.

Величина припусков и допусков определяется по таблицам государственных стандартов:

ГОСТ 7062-69 - для повок, изготовленных свободной ковкой на прессах;

ГОСТ 7829-70 - для повок, изготовленных свободной ковкой на молотах;

ГОСТ 7505-89 - для повок, изготовленных объемной горячей штамповкой.

По результатам расчетов и справочным данным разрабатывается чертеж поковки, проставляются размеры и записываются технические требования к поковке.

В технических требованиях оговариваются допустимая величина поверхностных дефектов (окалина, зажим, раковины и др.), допустимы смещения одной части поковки относительно другой, коробление, эксцентриситет отверстий при прошивке и др.

#### **2.4 Расчет массы и размеров заготовки и определение коэффициента использования металла**

Масса заготовки под горячую объемную штамповку и ковку складывается из массы поковки, массы угара и массы обсечки. Если поковку получают из слитков, то дополнительно следует учесть массу прибыльной и донной частей слитка.

$$G_{заг} = G_{пок} + G_{уг} + G_{обс} + G_{приб} + G_g,$$

где  $G_{заг}$  – масса заготовки;

$G_{пок}$  – масса поковки;

$G_{уг}$  – масса угара;

$G_{обс}$  – масса обсечки;

$G_{приб}$  – масса прибыльной части слитка;

$G_g$  – масса донной части;

Масса поковки определяется по известному объему  $V$  и удельной массе  $\rho$  материала (для углеродистых сталей  $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ ).

Масса угара рассчитывается в процентах от массы поковки зависит от способа нагрева:

- при пламенном нагреве 5...7%



- при скоростном пламенном нагреве 3...5%
- при нагреве в электроустановках 1...3%
- при индукционном нагреве 0,5...1%

В массу обесечки входят масса облоя при штамповке и масса отходов при прошивке и рубке.

Площадь поперечного сечения заготовки определяют в зависимости от типа поковки и способа формообразования. Размер расчетного поперечного сечения округляют до ближайшего большого стандартного, приведенного в таблице 1.

Таблица №1

Ряд стандартных размеров диаметра и длин проката:

Концевые длины проката, мм	Стандартные диаметры проката, D, мм
3 ÷ 10	5;8;10;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31;32;33; 34;35;36;37;38;39;40;41;42;43;44;45;46;47;48;50;52;53;54;55;56;58;60;62; 63;65;67;68;70;72;75;78;80;82;85;90;95;100;105;110;115; 120;125;130;135; 140;150;160;170;180;190;200;220;230;240;250.

Зная массу заготовки и ее диаметр, подсчитывают длину заготовки:

$$L = \frac{4G_{нок}}{\pi D^2 \rho}$$

Далее выполняют эскиз заготовки и проставляют размеры.

Теперь можно определить коэффициент использования материала:

$$K_m = \frac{G_{дет}}{G_{расх}}$$

где  $G_{дет}$  – масса детали;

$G_{расх}$  – норма расхода металла.

$$G_{расх} = mG_{заг}; \quad m = \frac{L_T}{L_T - L_K},$$

где  $G_{заг}$  – масса заготовки;

$m$  – коэффициент перерасхода металла при рубке проката;

$L_T$  – торговая длина штанги (см. табл. 1);

$L_K$  – средняя длина концевого отхода при рубке.

Для коротких заготовок ( $L < 200$  мм)  $L_K = 0,5L$ . При ковке крупных поковок из проката концевые отходы, как правило, используются дляковки более мелких, поэтому:

$$K_M = \frac{G_{дет}}{G_{заг}}$$

## **2.5 Выбор способа нагрева и температурного интервала формообразования пластическим деформированием**

При индивидуальном и мелкосерийном производствах, а также для нагрева заготовок больших габаритов используются каменные печи, работающие на жидком и газообразном топливе.

В массовом производстве применяются нагревательные устройства с непрерывной загрузкой и выгрузкой заготовок, так называемые установки проходного типа. К ним относятся методические печи, электроиндукционные и электроконтактные нагреватели и др.

Температура нагрева заготовок перед обработкой пластическим деформированием определяется видом материала, размерами заготовки, способом и продолжительностью деформирования. С повышением температуры нагрева снижается сопротивление деформированию, повышается, как правило, пластичность. Максимальная температура нагрева ограничивается явлениями порчи металла (перегрев, пережег). Для углеродистых сталей максимальная температура заготовки должна быть на 100...200°С ниже линии солидуса АНЖЕ на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C. Важное значение имеет температура окончания пластического деформирования, от которой зависят не только пластичность и сопротивление деформации, но и свойства готовых поковок. Нижняя граница температурного интервала обработки пластическим деформированием для углеродистых сталей близка к прямой и расположена для малоуглеродистых сталей (0,1 ÷ 0,25%С) в районе 750°С, а для высокоуглеродистых сталей(>0,6%С) – около 900°С.

Для выбора температурного интервала пластического деформирования заданной марки стали, следует пользоваться диаграммой состояния Fe-Fe<sub>3</sub>C.

## **2.6 Расчет мощности оборудования**

Осуществляется по известным расчетным формулам. После расчетов и выбора оборудования необходимо сравнить размеры штампового пространства оборудования с размерами заготовки и поковки. Если размеры поковки или заготовки не согласуются с размерами рабочего пространства машины, необходимо перейти к следующему типоразмеру оборудования.

## **2.7 Выбор режимов охлаждения, термообработки и очистки поковок**

Режим охлаждения, способ термообработки и очистки поковок выбирают в

соответствии с материалом и требуемым уровнем механических свойств поковки.

### 3 Пример расчета (назначения) допусков и допускаемых отклонений и припусков на поковки

Шестерня привода (рис. 1).

Штамповочное оборудование - горячештамповочный автомат.

Нагрев заготовок - индукционный.

1. Исходные данные по детали

1.1. Материал - сталь 30ХМА (по ГОСТ 4543): 0,17-0,37% Si; 0,26-0,33% C; 0,4-0,7% Mn; 0,8-1,1% Cr; 0,15-0,25% Mo.

1.2. Масса детали - 0,390 кг.

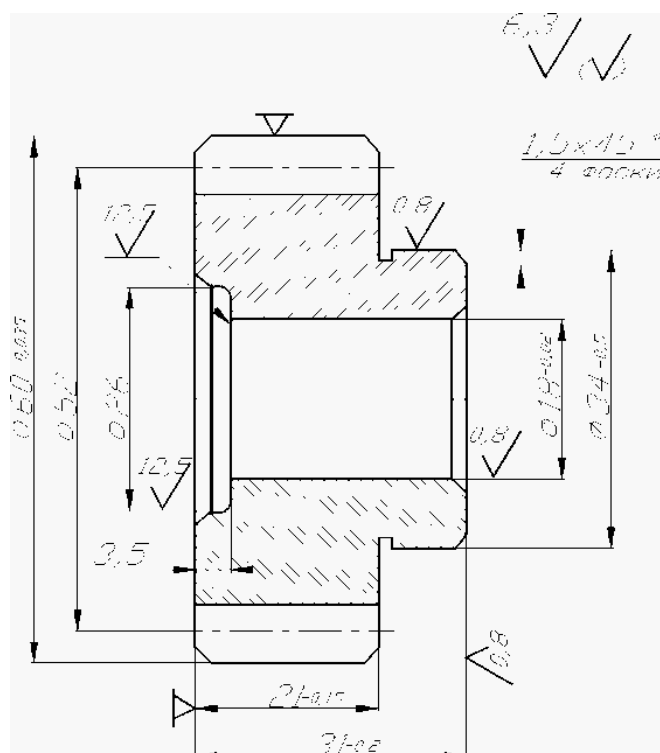


Рис. 1. Чертеж детали

2. Исходные данные для расчета

2.1. Масса поковки (расчетная) - 0,620 кг:

расчетный коэффициент  $K_p$  (см. приложение 3 ГОСТ 7505-89) - 1,6;

$$0,390 \times 1,6 = 0,620 \text{ кг.}$$

2.2. Класс точности - Т3 (см. приложение 1 ГОСТ 7505-89).

2.3. Группа стили - М1 (см. табл. 1 ГОСТ 7505-89).

Средняя массовая доля углерода в стали 30ХМА 0,3% C, а суммарная массовая доля легирующих элементов - 1,9% (0,27% Si; 0,46% Mn; 0,96% Cr; 0,25% Mo).

2.4. Степень сложности - С1 (см. приложение 2 ГОСТ 7505-89).

Размеры описывающей поковку фигуры (цилиндр), мм:

диаметр - 63 (60x1,05);

длина - 32,5 (31x1,05) (где 1,05 - коэффициент).

Масса описывающей фигуры (расчетная) - 0,780 кг;

$$G_n : G_\phi = 0,620 : 0,780 = 0,79$$

2.5. Конфигурация поверхности ренина штампа П (плоская) - (см. табл. 1 ГОСТ 7505-89).

2.6. Исходный индекс - 6 (см. табл. 2 ГОСТ 7505-89).

3. Припуски и кузнечные напуски

3.1. Основные припуски на размеры (см. табл. 3 ГОСТ 7505-89), мм:

1,0 - диаметр 60 мм и чистота поверхности 6,3;

1,0 - диаметр ступицы 34 мм и чистота поверхности 0,8;

1,0 - толщина 31 мм и чистота поверхности 6,3;

1,1 - толщина 31 мм и чистота поверхности 0,8;

0,9 - толщина 21 мм и чистота поверхности 6,3.

3.2. Дополнительный припуск, учитывающий отклонение от плоскостности - 0,2 мм (см. табл. 14 ГОСТ 7505-89).

4. Размеры поковки и их допускаемые отклонения (см. рис. 2)

4.1. Размеры поковки, мм:

диаметр $60+1,0 \times 2=62$	принимается 62;
диаметр $34 + 1,0 \times 2=36$	» 36;
толщина $21 + (0,9+0,2) \times 2=23,2$	» 23;
толщина $31 + 1,0+1,1+0,2 \times 2=33,5$	принимается 33,5

4.2. Радиус закругления наружных углов - 2,0 мм (минимальный) принимается 3,0 мм (см. табл. 7 ГОСТ 7505-89).

4.3. Допускаемые отклонения размеров (см. табл. 8 ГОСТ 7505-89), мм:

диаметр  $62_{-0,3}^{+0,6}$ ; диаметр ступицы  $36_{-0,3}^{+0,5}$ ; толщина  $23_{-0,3}^{+0,5}$ ;

»  $33,5_{-0,3}^{+0,5}$ .

4.4. Неуказанные предельные отклонения размеров - по п. 5.5 ГОСТ 7505-89.

4.5. Неуказанные допуски радиусов закругления - по п. 5.23 ГОСТ 7505-89.

4.6. Допускаемая высота торцового заусенца - 3,0мм (см. табл, 11 ГОСТ 7505-89).

4.7. Допускаемое отклонение от плоскостности - 0,5 мм (см. табл. 13 ГОСТ 7505-89).

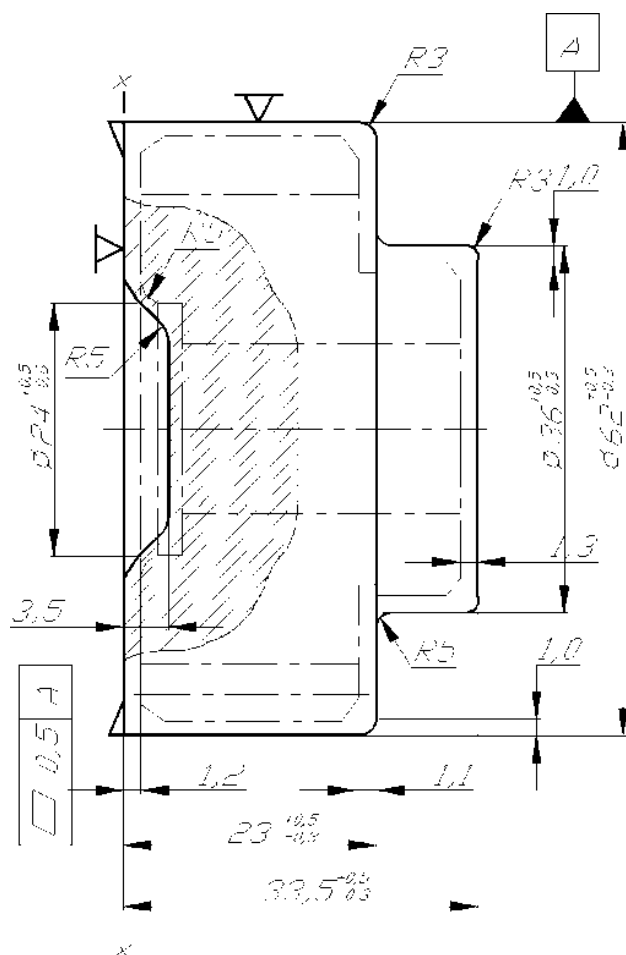


Рис. 2. Чертеж поковки

### Список литературы

1. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка. – М.: «Машиностроение», 1975. – 282 с., ил.
2. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски / ГОСТ 7505-89 – М.: Государственный комитет по управлению качеством продукции и стандартам, 1990.
3. . Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т/Ред. совет: Е.И. Семенов (пред) и др.- М.: Машиностроение, 1987 – т.1. Нагрев и металлы / Под ред. Е.И. Семёнова.
4. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./ ред. совет: Е.И.Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1986, - Т.2. Горячая штамповка /Под ред. Е.И.Семенова, 1986, - 592с.
5. ГОСТ 8479 -70. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1970. -15с.