



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
В Г. ВОЛГОДОНСКЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

(Институт технологий (филиал) ДГТУ в г. Волгодонске)



УТВЕРЖДАЮ
Директор
И.В. Столяр
4 «26» апреля 2022 г.

Методические указания

по дисциплине

«Проектирование заготовок»

для обучающихся по направлению подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных

производств

профиль Технология машиностроения

2022 года набора

Волгодонск
2022

Лист согласования

Методические указания по дисциплине «Проектирование заготовок» составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности)

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «ТСиИТ» протокол № 9 от

«26» апреля 2022 г.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

- 1.1.** Чертежи деталей для проектирования литой и штампованной заготовки (берутся на предприятии или выдаются преподавателем).
- 1.2.** Тип производства или программа выпуска изделий. (Узнается на предприятии или задается преподавателем. В случае отсутствия данных принять тип производства – среднесерийный, программу выпуска – 30000 шт/год).
- 1.3.** Справочные материалы и ГОСТы.

2. ВЫБОР МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

Сложность выбора метода получения заготовки состоит в том, что зачастую сталкиваются противоположные требования. Решение вопроса о выборе метода получения заготовки имеет множество вариантов, при этом выбор одного из вариантов не очевиден и часто основан на инженерной интуиции и практическом опыте. Кроме того, принятие решений происходит в условиях ограниченных материальных и энергетических ресурсов, экономических возможностей, наличия квалифицированных кадров, транспортных расходов, возможностей кооперации, времени для подготовки производства и т.п.

Заготовки получают в основном двумя методами – литьем или обработкой давлением (пластическим деформированием).

На первом этапе выбора метода получения заготовки исходят из физико-механических свойств материала детали, а именно из пластичности материала и его литейных свойств. Для ряда материалов их низкая пластичность определяет отсутствие альтернативы в выборе метода получения заготовки и единственно возможным методом является литье. Это относится, в первую очередь, к чугуну, отдельным маркам стальных высоколегированных сплавов и некоторым сплавам цветных металлов.

В случае, когда свойства материала допускают использование и литья, и методов пластического деформирования, то выбор должен опираться, в первую очередь, на особенности формы детали. Если имеются полости сложной формы, а также выступы и впадины на боковых наружных и внутренних поверхностях часто единственно возможным является метод литья. Причем, обязательно с применением формы разового использования, так как для извлечения отливки форма и стержни, с помощью которых получают отверстия, должны быть разрушены.

При выборе метода получения заготовки также необходимо учитывать эксплуатационную нагруженность детали в СЕ. Следует определить характер нагрузок, которые испытывает деталь. При литье структура металла, а, следовательно, и механические свойства деталей ниже, чем при обработке металлов давлением. Литые заготовки предназначены чаще всего для деталей, испытывающих статические, вибрационные, небольшие ударные нагрузки, работающих чаще всего в узлах трения и т.д.

Особо ответственные детали, к которым предъявляются высокие требования по размеру зерна, направлению волокон, уровню механических свойств, испытывающие при эксплуатации переменные нагрузки и т.д. необходимо изготавливать методом пластического деформирования, в том числе ковкой и горячей объемной штамповкой.

3. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ОТЛИВКИ

3.1. Выбор способа получения литой заготовки.

При выборе способа получения литой заготовки следует учитывать: тип производства; достигаемые параметры качества заготовок (точность размеров и шероховатость поверхности); конструктивные особенности детали (масса, габаритные размеры, конфигурацию, минимальный диаметр отверстия, минимальную толщину стенки, наличие полостей и поднутрений).

В единичном и мелкосерийном производстве характерно применение одноразовой, не высокой точности оснастки, в крупносерийном и массовом – точной многократной литей-

ной оснастки. Чем точнее способ литья, тем ближе формы и размеры заготовки к детали, тем менее припуски на механическую обработку.

Каждый способ литья обладает определенными технологическими возможностями. Это необходимо учитывать при выборе способа. Ориентировочно способ изготовления отливки можно выбрать из следующей таблицы:

Способ изготовления отливки	Материал	Масса отливки, кг	Тип производства, объем рентабельной партии	Область применения
Литье в песчано-глинистые формы	Черные металлы	0,05÷200000	Все типы производства	Станины, корпуса, рамы, цилиндры, зубчатые колеса, крышки, кронштейны и т.д.
	Цветные сплавы	0,05÷1000		
Литье в оболочковые формы	Черные металлы, алюминиевые сплавы	0,03÷250	Все серийные типы производства, массовое производство	Рычаги, крышки, муфты, диски, втулки, кронштейны, рукоятки и т.д.
Литье в кокиль	Чугун	до 100	Все серийные типы производства, массовое производство	Кривошпы, кронштейны, втулки, крышки, корпуса, рычаги, шкивы и т.д.
	Сталь	до 50		
	Цветные металлы	до 500		
Литье по выплавляемым моделям	Черные металлы, цветные сплавы	0,07÷300	Все типы производства	Отливки повышенной точности, тонкостенные
Литье под давлением	Цветные металлы и сплавы	0,05÷100	Массовое и крупносерийное производство	Отливки с малой толщиной стенок повышенного качества
Центробежное литье	Черные металлы, цветные сплавы	0,05÷1000	Все типы производства	Тела вращения: трубы, гильзы, шкивы, маховики, муфты и т.д.

Способ литья можно выбрать, используя метод весовых коэффициентов.

Суть метода в следующем. Заготовка характеризуется рядом критериев, отражающих её форму, массу, габаритные размеры, сложность и параметры качества. Каждый критерий выбора имеет несколько уровней значений. Каждому уровню критерия выбора и типу производства соответствует ряд весовых коэффициентов, значение которых зависит от способа изготовления заготовки. В табл. 3.1 приведены значения весовых коэффициентов для различных способов получения литых заготовок.

Группы сложности отливок:

I группа - удлиненные детали типа тела вращения, которые можно отливать не только стационарным, но и центробежным способом. К ним относятся простые и биметаллические вкладыши, некоторые втулки и гильзы, трубы, цилиндры, некоторые типы шпинделей с фланцами, коленчатые валы и распределительные валы и др. Отношение длины к диаметру у таких деталей больше единицы.

II группа - детали типа дисков: маховики, и основные диски муфт сцепления, шкивы, диски, корпуса подшипников.

III группа - простые по конфигурации коробчатые плоские детали, для формовки которых не требуется большого количества стержней. К этой группе относятся передние, боковые

и нижние крышки двигателей; крышки коробок скоростей, передних бабок других корпусных деталей; суппорты станков; кронштейны; планки; вилки; рычаги.

IV групп - закрытые корпусные детали коробчатого типа, внутри которых монтируются механизмы машин. Это - блоки и головки цилиндров автомобильных, тракторных и других двигателей; корпуса коробок передач; картеры рулевого управления; передние бабки, коробки подач и фартуки токарных станков; коробки скоростей и подач сверлильных станков и другие детали сложной формы, для изготовления которых требуется значительное количество стержней при формовке.

V группа - крупные и тяжелые коробчатые детали, на которых обычно монтируются узлы и механизмы машин. К ним можно отнести коробчатые литые рамы тракторов и сельскохозяйственных машин, станины металлорежущих станков и литейных машин, а также прессов, компрессоров и других машин. Внутри таких деталей обычно не монтируются какие-либо механизмы, т.е. они служат как несущие конструкции.

Таблица 3.1

Весовые коэффициенты критериев выбора способа изготовления отливки

Номер и наименование критерия выбора	Уровень, градация и значение критерия выбора	Способ изготовления литой заготовки						
		ЛПФ		ЛОФ	ЛВМ	ЛК	ЛПД	ЦЛ
		РФ	МФ					
1. Тип производства	1. Единичное, мелко-серийное	2	0	0	0	0	0	0
	2. Среднесерийное	1	1	1	1	1	1	1
	3. Крупносерийное, массовое	0	2	2	2	1	2	1
2. Материал детали	1. Сталь	1	1	0	1	1	0	0
	2. Чугун	1	1	1	0	1	0	1
	3. Цветные сплавы	1	1	1	1	1	1	1
3. Масса детали, кг	1. до 60 кг	1	1	1	1	1	1	1
	2. 60 ... 120	1	1	1	1	1	0	1
	3. 120 ... 320	1	1	1	0	1	0	0
	4. 320 ... 600	1	1	1	0	0	0	0
4. Группа сложности отливки	1. 1	1	1	0	0	1	0	1
	2. 2	1	1	0	0	1	1	2
	3. 3	1	1	1	1	0	1	0
	4. 4	1	1	1	1	0	1	0
	5. 5	1	1	0	0	0	0	0
5. Параметр R _a самой чистой поверхности детали, мкм	1. 0,63 ... 1	0	0	0	0	0	2	0
	2. 1,6 ... 5	0	0	0	2	0	1	0
	3. 6,3 ... 12	0	1	2	1	2	0	1
	4. 12,5 ... 20	2	2	1	0	1	0	1
6. Форма детали	1. Тела вращения	1	1	1	1	1	1	1
	2. Корпусные	1	1	1	0	1	1	0
	3. Рычаги	1	1	1	1	1	1	0
	4. Фасонные	1	1	1	1	0	1	1
7. Максимальные габаритные размеры, мм	1. До 25	0	0	0	1	0	1	1
	2. 25 ... 50	0	1	1	1	0	1	1
	3. 50 ... 120	1	1	1	1	1	1	1
	4. 120 ... 400	1	1	1	0	1	1	1
	5. 400 ... 1600	1	1	0	0	0	0	0

8.Квалитет точности размеров необрабатываемых поверхностей или наибольший квалитет точности размеров детали	1. 11 ... 13	0	0	0	1	0	1	0
	2. 13 ... 15	0	0	1	1	1	1	0
	3. 15 ... 17	0	1	1	0	1	0	1
	4. 17 ... 20	1	1	0	0	0	0	1
<i>Примечание.</i> ЛПФ – литьё в песчаные формы; РФ – ручная формовка; МФ – машинная формовка; ЛОФ – литьё в оболочковые формы; ЛВМ – литьё по выплавляемым моделям; ЛК – литьё в кокиль; ЛПД – литьё под давлением; ЦЛ – центробежное литьё.								

Для того, чтобы воспользоваться таблицей, необходимо выбрать значение критерия, выписать соответствующие коэффициенты, а затем, для каждого способа литья посчитать значение коэффициента в столбик.

Наилучшим считается способ с наибольшим весовым коэффициентом.

Если конкурирующие способы набирают одинаковую сумму, то выбирается тот из них, который обеспечивает минимум затрат на изготовление заготовки и её механическую обработку.

Для выполнения центрального отверстия в детали, как правило, необходимо предусмотреть стержень. Выбор материала, из которого изготавливается стержень зависит от способа получения заготовки (песчаный, металлический, керамический и др.)

3.2. Назначение общих припусков на механическую обработку, определение допусков размеров и массы заготовки.

Припуски на механическую обработку назначают только на те поверхности, шероховатость и точность размеров которых невозможно получить литьем. На необрабатываемые поверхности (если позволяет точность выбранного вида литья) можно припуск не назначать.

Назначение припусков на механическую обработку производится в соответствии с ГОСТ Р 53464-2009 в следующей последовательности:

А) Выбирают «Класс размерной точности отливки» по Приложению А, таблице А1 по способу литья, наибольшему габаритному размеру и типу сплава с учетом примечания к таблице. Например, для литья в песчано-глинистые сухие формы, наибольшего габаритного размера 145 мм и термообрабатываемого чугуна класс размерной точности отливки находится в пределах 9т-13. С учетом примечания 1 к таблице А1 принимаем класс размерной точности 11.

Б) Аналогично выбирают степень точности поверхностей отливок по табл. В1 приложения В с учетом примечания к таблице.

В) Класс точности массы отливки выбирают по таблице Д1 приложения Д с учетом примечания к таблице.

Для этого определяют приближенную наименьшую массу отливки из соотношения:

$$m_{отл.} = (1,3 - 1,8) \cdot m_{дет.}$$

Например, для интервала номинальных масс отливок «свыше 1,0 до 10 кг», термообрабатываемого чугуна класс точности массы отливки находится в пределах 7-15. С учетом примечания к таблице Д1 назначаем 11.

Г) Ряд припусков выбирают по таблице Е1 приложения Е по степени точности поверхности отливки с учетом примечания к таблице.

Д) Для наглядности определения припусков поверхности детали, подверженные механической обработке, нумеруют и расчеты сводят в таблицу 3.3:

- В первую колонку заносят размер детали с допуском (данные берут из чертежа детали).

- Во вторую колонку допуск размера детали (определяется по таблице 3.2 или с чертежа детали).

- В третью колонку – допуск размера заготовки, который определяют по табл. 1 ГОСТ Р 53464-2009 с учетом п.5.2.

-Значение колонки 4 определяется как результат отношения колонки 2 к колонке 3.

- Значение пятой колонки определяется по таблице 7 ГОСТ Р 53464-2009.

- В шестую колонку заносятся номера поверхностей, образующих соответствующий размер (для цилиндрических поверхностей 1 номер, для плоских – 2 номера).

- В седьмую колонку заносится припуск на сторону, который определяется по таблице 6 ГОСТ Р 53464-2009 с учетом п.7.2. и п.7.6., в которых сказано, что припуски на сторону назначают дифференциально на каждую поверхность отливки. Так, общие припуски назначают по полным значениям общих допусков во всех случаях, кроме тех, когда поверхности являются телами вращения; противоположными поверхностями, используемыми в качестве взаимных баз при обработке и при индивидуальной обработке отливок с установкой их с выверкой обрабатываемой поверхности относительно номинальной поверхности. В этих случаях общие припуски назначают по половинным значениям общих допусков.

- Колонка 8 заполняется следующим образом. Припуски на размеры цилиндрических поверхностей определяются удвоением припуска на сторону и прибавляются для валов или вычитаются для отверстий к размерам деталей. Припуски на линейные размеры определяются состоянием поверхностей, которыми эти размеры связаны. При назначении величины припуска на поверхность, положение которой определяется двумя и более размерами отливки, устанавливается наибольшее значение припуска для данной поверхности.

- В колонке 9 указывается размер заготовки и его допуск (назначается симметричным исходя из данных в колонке 3).

Таблица 3.2

Значения допусков (в мкм) по ГОСТ 25346—82

Интервалы размеров, мм	Квалитет									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14
Св. 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
» 6 » 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
» 10 » 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
» 18 » 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
» 30 » 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
» 50 » 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
» 80 » 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
» 120 » 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
» 180 » 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
» 250 » 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
» 315 » 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
» 400 » 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97

Интервалы размеров, мм	Квалитет									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
До 3	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	
Св. 3 до 6	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	
» 6 » 10	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	
» 10 » 18	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	
» 18 » 30	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	
» 30 » 50	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	
» 50 » 80	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	
» 80 » 120	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	
» 120 » 180	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	
» 180 » 250	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	
» 250 » 315	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	
» 315 » 400	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	
» 400 » 500	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	

Таблица 3.3

Расчет припусков и размеров отливки

Чертежный размер детали (номинал, качество, предельные отклонения), мм	Допуск размера детали, мм	Допуск размера заготовки, мм	Соотношение колонки №2 к колонке №3	Вид окончательной механической обработки	№ поверхностей, образующих размер	Припуск на сторону, мм	Припуск на размер, мм	Размер заготовки, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Например								
Ø62Н7(+0,03)	0,03	2,4	0,0125	Тонкая	1	2,7	2,7·2=5,4	Ø56±1,2
41Н14(+0,62)	0,620	2,4	0,258	Черновая	2 3	2,5 2,5	2,5-2,5=0	41±1,2

Е) Шероховатость поверхностей отливки определяется по таблице Г1 приложения Г по степени точности поверхностей отливки.
В рассматриваемом примере Ra = 63 мкм.

3.3. Проверка возможностей выбранного способа литья на получение необходимых размеров отверстий, полостей, толщины стенки детали.

Толщина стенок отливки должна быть меньше минимальной, определяемой материалом, габаритными размерами отливки и теплофизическими характеристиками литейной формы. В противном случае возможно возникновение недолива.

Габаритный размер отливки N определяется по формулам:

– для прямоугольных в плане отливок

$$N = \frac{2l + b + h}{3},$$

– для круглых в плане отливок

$$N = \frac{3d + h}{3},$$

где l , b , h , d – длина, ширина, высота и диаметр отливки соответственно, мм.

Условно принимают, что при $N < 200$ мм отливка является мелкой, при $200 < N < 1000$ мм – средней, при $N > 1000$ мм – крупной. Минимальные толщины стенок отливки приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Минимальные толщины стенок отливок, мм						
Сплав	Размер отливки	Способ литья				
		ЛПГФ	ЛОФ	ЛК	ЛВМ	ЛД
Чугун	мелкий	4÷5	2,5÷4,0	4÷6	-	-
	средний	6÷10	4÷8	8÷10	-	-
	крупный	12÷20	10÷15	-	-	-
Сталь	мелкий	5÷6	3,0÷4,5	8÷10	2÷4	-
	средний	8÷12	5÷10	12÷15	4÷6	-
	крупный	15÷30	12÷18	20÷30	-	-
Сплавы меди	мелкий	3÷4	2,5÷4,0	4÷6	-	1,5÷2,5
	средний	5÷8	3÷8	8÷10	-	-
	крупный	10÷15	8÷12	-	-	-
Сплавы алюминия	мелкий	2,5÷4,0	2,5÷4,0	2,5÷4,0	-	1,0÷1,6
	средний	5÷8	4÷7	3÷5	-	2÷3
	крупный	10÷15	8÷10	6÷10	-	-

Отверстия, выполняемые в отливке, должны иметь диаметр больший, чем минимально допустимый для данного способа литья и материала d_{\min} (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Минимальные диаметры отливаемых отверстий				
Способ литья	Материал	d_{\min} , мм	При глубине отверстия	
			глухого	сквозного
ЛПГФ	Чугун	10	$l \leq 3 \cdot d$	$l \leq 6 \cdot d$
	Сталь	15÷20		
ЛОФ	Чугун, сталь	8÷10	$l \leq 5 \cdot d$	$l \leq 10 \cdot d$
ЛК	Чугун	10	$l \leq 2 \cdot d$	$l \leq 3 \cdot d$
	Сталь	12		
ЛВМ	Сталь	6	$l \leq 2 \cdot d$	$l \leq 3 \cdot d$
ЛД	Алюминиевый сплав	2÷3	$l \leq 4 \cdot d$	$l \leq 8 \cdot d$
ЦЛ	Чугун, сталь	100	-	$l \leq 2 \cdot d$

При принятии решения о выполнении или невыполнении отверстия в отливке следует принимать во внимание, что наличие отверстия способствует выравниванию толщины стенок отливок и это благоприятно сказывается на свойствах отливки. Однако получение отверстия связано с дополнительными затратами. Для литья в песчано-глинистые формы это затраты на изготовление модельной оснастки, сборку, контроль литейной формы, выбивку стержней и т.д.

3.4. Назначение литейных уклонов, радиусов, закруглений, сопряжений по ГОСТ 3212-92, РТМ 12-60, ОСТ 3-1284-72.

Переходы между стенками отливки должны выполняться закругленными, причем радиус сопряжения зависит от типа соединения, материала отливки и толщин сопрягаемых элементов.

Минимальные радиусы скругления ориентировочно для ЛПГФ, ЛОФ и ЛВМ – 5 мм, ЛК – 3 мм, ЛД – 0,5 мм. Значения геометрических параметров сопряжений элементов для отливок из чугуна и алюминиевых сплавов приведены в табл. 3.6, а для отливок из стали и медных сплавов эти значения увеличивают на 15-20 %. Определенные значения по табл. 3.6 округляют до ближайшего значения из нормального ряда чисел: 1, 2, 3, 5, 8, 10, 16, 20, 25 и т.д.

Таблица 3.6

Геометрические параметры сопряжений элементов отливки

Соотношение толщин сопрягаемых элементов		Значения геометрических параметров
$A/a \leq 1,75$	$A/a > 1,75$	
		$C \approx 0,6 \cdot A$ $h \geq 6 \cdot (C - a)$ $r \approx (A + a) / 4$ $r_1 \approx (A + a) / 5$ $R \approx (A + a) / 2$
		$C \approx 0,6 \cdot A$ $h \geq 4 \cdot (C - a)$ $r \approx (A + a) / 4$ $r_1 \approx (A + a) / 4$ $R \approx (A + a) / 2$
		$C \approx 0,6 \cdot A$ $h \geq 4 \cdot (C - a)$ $r \approx (A + a) / 4$ $r_1 \approx (A + a) / 5$ $R \approx (A + a) / 2$
		$h \geq 4 \cdot (0,6 \cdot A - a)$ $H \geq 6 \cdot (0,6 \cdot A - a)$ $r \approx (A + a) / 4$ $R \approx (A + a) / 2$

3.5. Выбор поверхности разъема формы.

При выборе поверхности разъема формы необходимо руководствоваться следующими правилами:

- поверхность разъема должна обеспечивать наименьшие трудности изготовления ее формы и простоту стержней;
- модель должна свободно извлекаться из формы, согласно правилу световых теней;
- для обеспечения направленной кристаллизации наиболее массивные части отливки располагаются сверху или сбоку по разъему;
- ответственные части отливки следует располагать внизу или наклонно по отношению к плоскости разъема формы;
- линия разъема не должна находиться на черновой технологической базе (ЧТБ);
- при проектировании ступенчатых размеров заготовок необходимо учитывать, что если разность размеров двух соседних ступеней меньше допуска одного из них, то две ступени выполняются в одну.

3.6. Назначение технологических требований на отливку по ГОСТ Р 53464-2009

Степень коробления элементов отливки определяется по таблице Б1 приложения Б по величине отношения наименьшего размера отливки к наибольшему (толщины или высоты к длине).

Допуск смещения отливки по плоскости разъема в диаметральном выражении устанавливается по таблице 1 ГОСТ Р 53464-2009 на уровне класса размерной точности отливки по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, выходящей на разъем или пересекющей его.

3.7. Оформление чертежа отливки

Чертеж отливки выполняется по ГОСТ 3.1125-88. Разъем модели и формы показывают отрезком или ломаной штрих-пунктирной линией, заканчивающейся знаком

X---X, над которой указывается буквенное обозначение разъема формы – МФ, для неразъемных моделей Ф, направление разъема, показывается сплошной линией, перпендикулярной к линии разъема.

Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией. Допускается выполнять линию припуска красным цветом. Величину припуска на механическую обработку указывают цифрой перед знаком шероховатости поверхности детали. Допускается при несложных отливках припуски на механическую обработку не изображать, а указывать только величину припуска цифрой. Технологический припуск указывают цифрой со знаком (+) или минус (-) и буквой «Т» и проставляют на продолжении размерной линии или на поле линии-выноски, если нельзя размесить надпись и цифру на продолжении размерной линии.

Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые при отливке детали, зачеркивают сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять красным цветом.

Графическое изображение отливок должно быть выполнено на карте эскизов в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Допускается графический документ на отливку изображать на учетной копии чертежа, при этом элементы отливки следует выполнять красным цветом.

При вычерчивании отливки следует учитывать все припуски с указанием их величины.

Внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, впадин и выточек, не выполняемых в литье, изображают сплошной тонкой линией. Допускается при несложных отливках перечисленные элементы не изображать.

Стержни и знаки модели изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять синим цветом. Стержни в разрезе следует штриховать только у контурных линий.

На чертеже отливки указывают технические требования, которые включают:

- пределы твердости материала отливки;
- сведения о материале-заменителе;
- обозначение точности отливки по ГОСТ Р 53464-2009. Приводятся в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы и допуск смещения. (например, точность отливки 11-8-16-11 СМ2,4 ГОСТ Р 53464-2009.).
- допуск неровностей поверхностей отливки;
- указания об отделке необрабатываемых поверхностей;
- сведения о виде, количестве, размерах и местах расположения допускаемых литейных дефектов (раковины, трещины и т.п.) и возможных способах их устранения;
- формовочные уклоны (ГОСТ 3212–92), радиусы закруглений и т.п.;
- указание о маркировании;
- ссылки на другие документы, содержащие технические требования, (на отливки из стали ГОСТ 977–88, на отливки из чугуна – ГОСТ Р 534640-2009).

4. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ШТАМПОВАННОЙ ЗАГОТОВКИ.

4.1. Выбор способа получения штампованной заготовки.

Выбор способа получения заготовки зависит от следующих факторов:

- типа производства;
- достигаемых параметров качества заготовок (шероховатости поверхности, точности размеров);
- конструктивных особенностей детали;
- типа применяемого оборудования;
- вида оснастки (открытый, закрытый, штамп выдавливания, количество ручьев штампа);
- вида нагрева заготовки перед штамповкой (газопламенная, индукционная печь и т.д.);
- количества переходов штамповки детали.

Так как технологический процесс обработки давлением основан на применении высокопроизводительного и сравнительно дорогого оборудования, а также дорогого инструмента (штампов), на первом этапе выбора решающее значение приобретает тип производства рассматриваемой детали. В единичном и мелкосерийном производстве оборудование должно быть универсальным и сравнительно недорогим, а его производительность не столь существенна, как, например, в массовом производстве. Деформирующий инструмент также должен иметь, по возможности, универсальное применение, простую форму и невысокую стоимость.

Этим условиям отвечает свободная ковка на ковочных молотках, а также ковка с применением подкладных штампов.

В серийном производстве целесообразно применять штамповочные молоты различных видов, а процесс формообразования производить в штампах, половины которых закрепляются на столе и на бабе молота и могут иметь до пяти ручьев сложной формы.

В крупносерийном и массовом производстве производительность штамповки и точ-

ность поковок при использовании штамповочного молота уже недостаточна. Поэтому наиболее рациональным является применение кривошипных кузнечно-прессовых машин: кривошипного горячештамповочного прессы (КГШП), горизонтально-ковочной машины (ГКМ), также специализированных высокопроизводительных машин (раскатной машины, ковочных вальцов и т.п.).

Высказанные соображения имеют силу для большинства мелких и средних деталей, используемых в машиностроении, однако в ряде случаев приходится отступать от намеченной схемы.

Тенденция современного машиностроения к увеличению мощности отдельных машин (двигатели, турбины, транспортные машины и т.п.) приводит к тому, что для пластического деформирования ряда деталей недостаточно усилия, развиваемого молотами и кривошипными машинами. Поэтому для больших деталей (например, диаметром свыше 1000 мм) приходится использовать ковку или штамповку на гидравлических прессах, несмотря на их сравнительную тихоходность (свободную ковку для индивидуального и мелкосерийного производства, а штамповку - для серийного, крупносерийного и массового производства).

Если детали по размеру невелики, но имеют сложную форму и по условиям эксплуатации должны иметь очень плотную структуру металла, то заготовки для них нужно изготавливать с помощью закрытой штамповки в разъемных матрицах. Наиболее удобно для такого способа штамповки использовать винтовой фрикционный пресс (в мелкосерийном и серийном производстве) или специализированный полуавтомат кривошипного типа (в массовом производстве). Особую группу по форме деталей составляют длинные поковки с фланцем, а также поковки со сквозными и глухими отверстиями для деталей типа втулок, полумуфт, колец подшипников и т.п. Для них рекомендуется выбирать способ штамповки на горизонтально-ковочной машине, так как наличие в ней разъемной матрицы и горизонтальное расположение главного ползуна позволяет получать поковки сложной формы с минимальными отходами металла.

Наконец, независимо от типа производства и размеров детали низкая пластичность материала требует применения гидравлического прессы, поскольку только гидравлический пресс может обеспечить плавную работу и достаточно низкую скорость пластической деформации, при которой не образуются микротрещины и другие дефекты в поковках.

Способ штамповки определяет также наименьшие диаметры отверстий, которые могут быть получены пластическим деформированием заготовок. При свободной ковке на молотах и гидравлических прессах минимальный диаметр отверстия равен 80 мм, при штамповке на молотах - 50 мм, а при штамповке на кривошипных машинах - 35 мм.

Предпочтение должно быть отдано тем способам, которые обеспечивают максимальное приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам детали.

Окончательно способ изготовления заготовки устанавливается после сравнительного технико-экономического расчета нескольких вариантов получения поковок.

Исходными заготовками дляковки и объемной штамповки служат слитки и сортовой прокат. Слиток является заготовкой для крупных поковок. Сортовой прокат используют для большинства штампованных и мелких ковочных поковок. Длина прутка составляет 2-6 м. Горячекатаный прокат имеет квадратное или круглое поперечное сечение, размеры (диаметр, сторона квадрата) устанавливаются стандартами.

На рис. 4.1 и 4.2 приведены классификации поковок, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах (рис. 4.1) и на молотах, а также на горячештамповочных прессах (рис. 4.2).

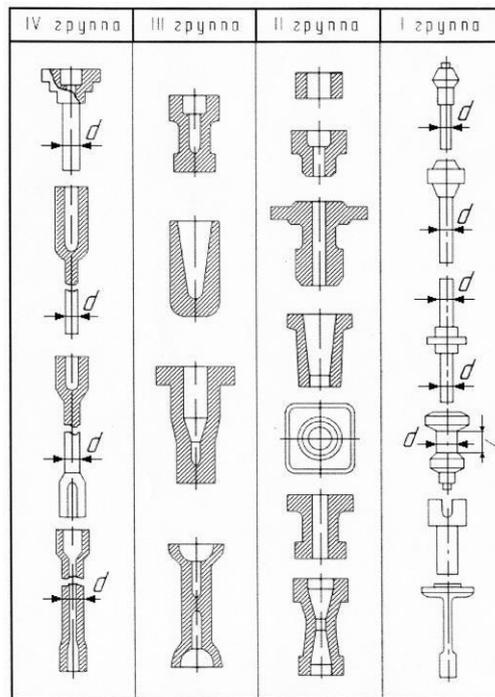


Рис. 4.1. Классификация поковок, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах

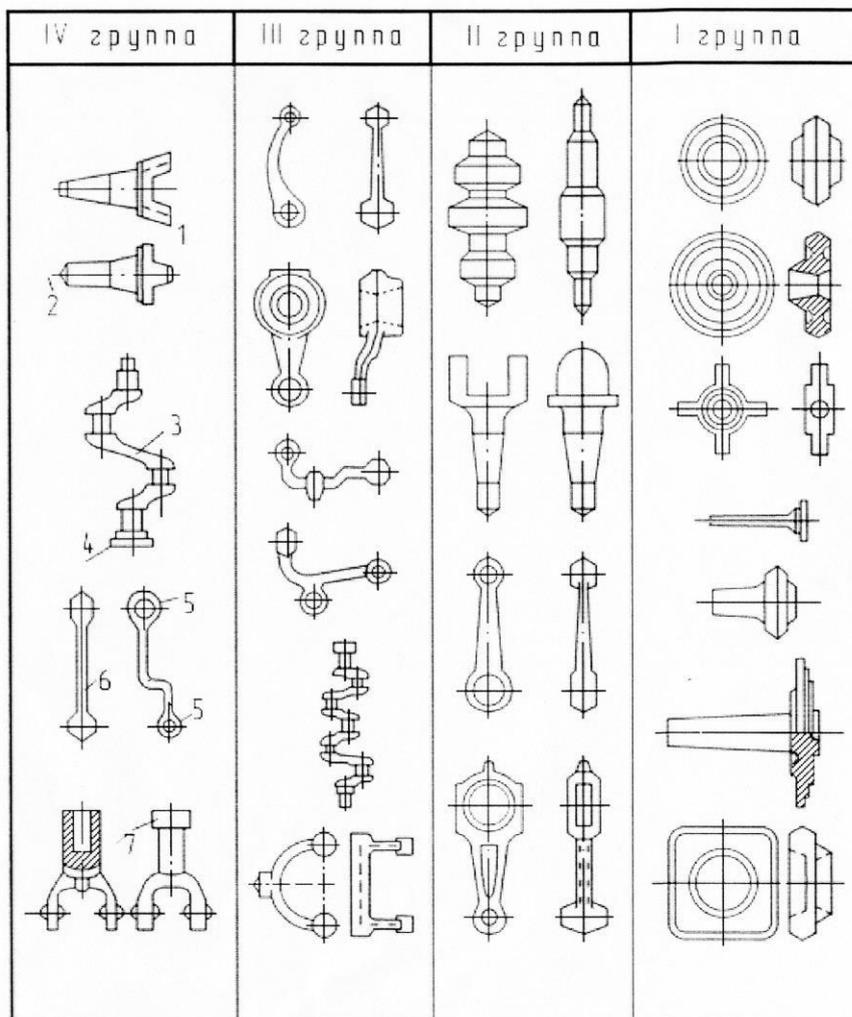


Рис. 4.2. Классификация поковок, штампуемых на молотах и кривошипных горячештамповочных прессах

4.2. Назначение припусков на механическую обработку

Назначение припусков производится по ГОСТ 7505-89. Стандарт распространяется на заготовки из черных сплавов. Для назначения припусков на заготовки из цветных сплавов используются отраслевые стандарты (ОСТы).

А) Допуски, припуски и кузнечные напуски устанавливаются в зависимости от конструктивных характеристик поковки и определяют исходя из шероховатости обработанной поверхности детали, а также в зависимости от величины размеров и следующие характеристики.

Класс точности определяют по приложению 1, табл. 19 ГОСТ 7505-89.

Группу стали определяют по табл.1 ГОСТ 7505-89.

Степень сложности поковки определяют по Приложению 2 ГОСТ 7505-89 путем вычисления отношения массы (объема) поковки к массе (объема) геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки:

$$C = \frac{m_{\text{пок.}}}{m_{\text{опис.ф.}}}$$

Ориентировочная расчетная масса поковки ($m_{\text{пок.}}$) определяется по формуле:

$$m_{\text{пок.}} = m_d \cdot K_p,$$

где m_d – масса детали; K_p – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с приложением 3 (табл.20 ГОСТ 7505-89).

Для удлиненной формы детали с прямой осью $K_p = 1,3-1,6$.

Определяем массу описанной фигуры (для цилиндрической детали - цилиндра):

$$m_{\text{опис.ф.}} = 3,14 \cdot R^2 \cdot H \cdot \gamma,$$

где R – радиус описанной фигуры; H – высота описанной фигуры; γ - плотность материала заготовки.

Расчетное значение C сравним с табличным.

Б) Определение исходного индекса

Исходный индекс для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки по формуле

$$\text{ИН} = \text{НИ} + (\text{MS} - 1) + (\text{ST} - 1) + (\text{КТ} - 1)$$

где НИ – номер интервала, в который попадает масса поковки

Таблица 4.1

Номер интервала	Масса в кг.									
	До 0.5	Св. 0.5 до 1	Св. 1 до 1.8	Св. 1.8 до 3.2	Св. 3.2 до 5.6	Св. 5.6 до 10	Св. 10 до 20	Св. 20 до 50	Св. 50 до 125	Св. 125 до 250
НИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

MS - группа стали (MS=1 для группы стали М1, MS=2 для группы стали М2, MS=3 для группы стали М3);

ST – степень сложности поковки (ST=1 для С1, ST=2 для С2, ST=3 для С3, ST=4 для С4);

КТ – класс точности (КТ=1 для Т1, КТ=2 для Т2, КТ=3 для Т3, КТ=4 для Т4).

Для рассматриваемого червяка ИН=5.

В) Определение припусков на механическую обработку.

Основные припуски на механическую обработку поковок в зависимости от исходного индекса, линейных размеров и шероховатости поверхности устанавливают по табл. 3 ГОСТ 7505-89, для наглядности определения припусков все поверхности детали нумеруют и расчеты сводят в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

Определение припусков и размеров поковки

Размер детали, мм	№ поверхности	Шероховатость поверхности, Ra, мкм	Припуск на сторону, мм	Припуск на размер, мм	Размер заготовки, мм
Например					
$\varnothing 15 \pm 0,006$	1	0,8	0,9	$0,9 \cdot 2 = 1,8$	$\varnothing 16,8^{+0,5}_{-0,2}$
$60 \pm 0,02$	5 6	0,8 0,8	1,0 1,0	$1,0 + 1,0 = 2,0$	$62^{+0,5}_{-0,3}$

Допуски и предельные отклонения размеров устанавливаются по табл. 8 ГОСТ 7505-89. Две ступени, имеющий незначительный перепад размеров, следует изготавливать в одну.

Г) Определение минимальной величины радиусов закругления наружных узлов поковки в зависимости от глубины полости ручья штампа выполняется по табл. 7 ГОСТ 7505-89.

Д) Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа определяется по табл. 9 ГОСТ 7505-89.

Е) Допускаемая величина высоты заусенца на поковке по контуру обрезки облоя определяется в п.5.10 ГОСТ 7505-89.

Ж) Кузнечные напуски выполняются согласно п.6. ГОСТ 7505-89. Кузнечные напуски могут быть образованы на поковке штамповочными уклонами, радиусами закругления внутренних углов, непробиваемой перемычкой в отверстиях и невыполнимыми в штамповочных операциях поднутрениями и полостями.

З) Штамповочные уклоны не должны превышать величины, установленной в таблице 18 ГОСТ 7505-89. У изготовленных на штамповочных молотах и прессах без выталкивателей поковок, имеющих элементы в виде ребра, выступа, реборды с отношением их высоты к ширине более 2,5, допускается штамповочный уклон до 10° на внешней поверхности и до 12° на внутренней поверхности.

Впадины и углубления в поковке, когда их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа, а диаметр или наименьший поперечный размер не менее 30 мм, выполняют глубиной до 0,8 их диаметра или наименьшего поперечного размера – при изготовлении на молотах и прессах и до трех диаметров – при изготовлении на горизонтально-ковочных машинах.

В поковке выполняют сквозные отверстия при двухстороннем углублении, если при ее изготовлении их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа диаметр сквозного отверстия не менее 30 мм, а толщина поковки в месте пробивки – не более диаметра пробиваемого отверстия.

Е) Шероховатость поверхности штампованной заготовки ориентировочно можно определить как:

- для горячей объемной штамповки: без калибровки – Ra10-80, на молотах и прессах – Rz 20...160 мкм, на ГKM – Rz 20...160 мкм, выдавливанием – Rz 20-80 мкм;
- дляковки – Ra 80 и более, горячаяковка в штампах – Ra – 20-40 мкм;
- для листовой штамповки и выдавливания Ra 5-20 мкм, высадки – Ra 2.5-5 мкм, вытяжки полых деталей и вырубки – Ra 5-25 мкм.
- для раскатки – Ra20-80 мкм,
- для вальцовки – Ra 40-80 мкм

4.3. Установленные линии разъема штампа

При штамповке на молотах и КГШП штамп состоит из верхней и нижней части. Поверхность раздела этих частей называется поверхностью разъема штампа, которая назначается с учетом:

- возможности свободного извлечения поковки из штампа;
- расположения более глубоких труднозаполняемых полостей в верхней части молотового штампа, т.к. при штамповке под молотом металл лучше течет вверх;
- упрощения конструкции молотового и обрезного штампов;
- снижения отходов в облой за счет уменьшения его периметра соответствующим расположением поковки в ручье;
- удобством обрезки облоя;
- уравнивания сдвигающих усилий;
- требуемой направленности волокон в поковке;
- недопустимостью совпадения с черновой технологической базой.

Целесообразно, чтобы плоскость разъема совпадала с плоскостью двух наибольших габаритных размеров детали.

Примеры выбора плоскости разъема штампа приведены в таблице 4.3

Таблица 4.3

Выбор поверхности разъема штампа

Неправильно	Правильно
Не на одной высоте	На одной высоте
Менее 4ϕ	ϕ До 3ϕ (допустимо 4ϕ)
Более 4ϕ	Более 4ϕ
Менее 3ϕ	До 2ϕ Допустимо 3ϕ
Более 3ϕ	Более 3ϕ

4.4. Оформление чертежа поковки по ГОСТ 3.1126-88.

На чертеже поковки допускается наносить контур детали, выполняя его тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками, при этом допускается не изображать отдельные элементы детали. Чертеж поковки должен содержать все данные, необходимые для ее изготовления, контроля и приемки. Допускается наносить под размерами поковки размеры детали в круглых скобках. Расположение плоскости разъема формообразующих поверхностей штампа следует изображать тонкой штрихпунктирной линией, обозначенной на концах знаком X---X

Допуски формы и расположения поверхностей поковки выполняются согласно ГОСТ 2.308-79.

В технических требованиях указывают:

- группу по видам испытаний (ГОСТ 8479–70);
- класс точности поковки, группа стали,
- степень сложности;
- исходный индекс (ГОСТ 7505–89);
- вид термообработки;
- неуказанные предельные отклонения размеров, радиусов закруглений, штамповочных уклонов;
- допускаемые отклонения расположения по ГОСТ 2.308-68;
- допускаемую величину заусенца;
- допускаемые смещения по поверхности разъема штампа;
- виды и величины внешних дефектов;
- состояние поверхности и способ ее очистки;
- место маркировки (шифр детали, клеймо ОТК),
- ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данные изделия, но не приведенные на чертеже (ГОСТ 8479-70).

5. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

При выборе заготовки необходимо производить технико-экономические расчеты и искать наиболее выгодный вариант. Выбор оптимального способа производства заготовок осуществляют путём сопоставления технико-экономических показателей рассматриваемых технологических вариантов.

Оценку различных вариантов получения заготовок чаще всего производят по двум показателям:

1) коэффициенту использования материала заготовки:

$$K_{им} = q/Q,$$

где q и Q - соответственно масса детали и заготовки;

Лучшим считается вариант с наибольшим коэффициентом использования материала.

2) себестоимости изготовления детали $C_{д}$.

Сравнение вариантов обычно производят не по полной себестоимости, а по так называемой технологической себестоимости деталей $C_{дт}$ из заготовок, полученных различными способами. Лучшим считается вариант с наименьшей себестоимостью.

Технологическая себестоимость включает только те статьи затрат, величина которых меняется при переходе от одного процесса к другому. При этом расчёт себестоимости должен учитывать затраты как в заготовительной фазе производства, так и при последующей механической обработке. Только в случаях, когда себестоимость механической обработки не зависит от способа производства заготовки, допускается вести расчёт только по затратам заготовительного производства, т.е определять $C_{зт}$.

Затраты на заготовку $C_{\text{заг}}$ определяются в зависимости от материала, вида и способа получения заготовки. Вначале устанавливают материал заготовки, её тип (отливка, поковка, фасонный прокат, труба и т.п.), разрабатывают чертёж заготовки и определяют её массу Q . Масса заготовки – сумма массы детали и массы всего припуска, оставленного под механическую обработку.

При выполнении экономического обоснования в контрольной работе необходимо выполнить сравнение отливки с прокатом или штампованной заготовки с прокатом.

Для расчета затрат используются прејскуранты, применяемые в СССР, в связи с тем, что для современного производства единых прејскурантов не существует.

5.1. Определение затрат на заготовки из проката

Если заготовкой является проволока, прокат, труба и т. п., то в зависимости от материала, формы поперечного сечения, размеров и точности проекта по прејскурантам определяют оптовую цену единицы массы заготовки $C_{\text{пр}}$. Технологическая себестоимость заготовки $C_{\text{зт}}$ в этом случае определяется исходя из стоимости проката, требующегося на изготовление детали как:

$$C_{\text{зт}} = C_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ф}} \cdot Q - (Q - q) \cdot C_{\text{отх}} + \Sigma C_{\text{оз}},$$

где $C_{\text{пр}}$ - цена одного кг материала заготовки из проката, руб.; $K_{\text{ф}}$ - коэффициент, учитывающий форму заказа металлопроката; $C_{\text{отх}}$ - цена 1 кг отходов материала, руб; $\Sigma C_{\text{оз}}$ - технологическая себестоимость операций правки, калибрования прутков, разрезки их на штучные заготовки:

$$C_{\text{оз}} = C_{\text{пз}} \cdot \frac{t_{\text{шт}}}{60 \cdot k_{\text{вн}}},$$

где $C_{\text{пз}}$ – часовые приведенные затраты на рабочем месте, руб/ч; $t_{\text{шт}}$ – штучное или штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции (правки, калибрования, резки и др.), мин. (В случае отсутствия данных принять равным 5 мин.); $k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм, обычно принимается равным 1,3.

Приведенные затраты, приходящиеся на 1 ч работы заготовительного оборудования, имеют значения, указанные в табл.5.1.

Таблица 5.1

Приведенные затраты на рабочем месте в руб/ч

Заготовительные операции	$C_{\text{пз}}$
Резка заготовок диаметром до 55 мм на ножницах сортовых модели Н1834	8,83
Резка заготовок диаметром до 140 мм на ножницах сортовых модели 1838	16,29
Резка на отрезных станках, работающих дисковыми пилами	1,21
Правка на автоматах	2 ... 2,5

Трудоёмкость выполнения операций может быть определена с помощью укрупнённых нормативов.

Применяют различные формы заказа металлопроката. В зависимости от условий, оговариваемых заказчиком, металлопрокат поставляется нормальной (немерной), кратной и мерной длины.

Значения коэффициента $K_{\text{ф}}$ составляют:

для проката нормальной длины	-1,0
для проката кратной длины	-1,03
для проката мерной длины	-1,06

Стоимость некоторых металлов $C_{\text{пр}}$ приводится в таблице 5.2. (Прејскуранты № 01-02, 01-03, 01-04, 02-06). При пользовании таблицы необходимо учитывать, что пределы цен от и до указаны для сталей диаметром от 8 до 250 мм. Большие цены для меньших диаметров. По автоматным сталям диаметры от 8 до 100 мм.

Таблица 5.2

Оптовые цены на некоторые металлы

Наименование	Цена за 1 кг в руб.
1	2
Сталь обыкновенного качества круглая и квадратная	
Углеродистая Ст 0, Ст 3	0,106÷0,124
Углеродистая Ст 3, Ст 4, Ст 5	0,114÷0,132
Сталь качественная круглая, квадратная и шестигранная	
Углеродистая 10, 20, 30, 40, 45, 50, 55	0,136÷0,185
Легированная 15Х, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 50Х	0,141÷0,168
Легированная 18ХГТ, 30ХГТ, 20ХГР	0,147÷0,171
Легированная 15ХГС, 30ХГС	0,170÷0,203
Легированная 12ХНЗА, 30ХНЗА	0,279÷0,309
Легированная 20ХНР	0,187÷0,215
Автоматная А12, А20, А30, А40Г	0,131÷0,157
Шарикоподшипниковая ШХ9, ШХ15	0,207÷0,259
Шарикоподшипниковая ШХ15СГ	0,224÷0,287
Сталь высокоуглеродистая круглая	
Качественная У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13	0,156÷0,187
Высококачественная У7А, ..., У13А	0,167÷0,198
Легированная ХВГ	0,506÷0,555
Сталь качественная калиброванная (холоднотянутая) круглая	
Углеродистая 35, 40, 45, 50, 55, 60	0,176÷0,263
Автоматная А12, А20	0,171÷0,235
Шарикоподшипниковая ШХ9, ШХ15	0,260÷0,364
Трубы горячедеформированные, Сталь 15 ... 25 (цена за 1 м)	
Ø 54 мм, стенка 10 мм.	2,28
Ø 70 мм, стенка 10 мм.	2,94
Ø 89 мм, стенка 10 мм.	3,77
Трубы холоднокатаные, Сталь 15 ... 25 (цена за 1 м)	
Ø 102 мм, стенка 20 мм.	9,23
Ø 120 мм, стенка 24 мм.	11,3
Ø 150 мм, стенка 24 мм.	21,9
Трубы горячедеформированные из стали ШХ15 (цена за 1 м)	
Ø 90 мм, стенка 11 мм.	6,3
Ø 90 мм, стенка 19 мм.	11,9
Прутки из цветных сплавов	
Латунные Ø 17...50 мм Л62, ЛС59-1, ЛСЖ58-1-1	1,140÷1,180
Алюминиевые Ø 11 ... 44 мм АМГ-3	1,180÷1,230
Бронзовые Ø 17 ... 40 мм БР Б2	7,910÷7,960
Примечание. Большие значения цен указаны для сталей Ø 10 мм, меньшие – для автоматных сталей Ø 100 мм, для остальных - Ø 250 мм.	

Заготовительные цены на стружку чёрных и цветных металлов приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Заготовительные цены на стружку чёрных и цветных металлов
(прейскуранты 01-03 и 02-05 1980 г.)

Вид стружки	Цена за 1 кг, руб
Чугунная	0,0248
Стальная	0,0226 ... 0,0281
Латунная	0,341 ... 0,404
Бронзовая	0,507 ... 1,083
Алюминиевая	0,240 ... 0,315

5.2. Определение затрат на литые заготовки

Если заготовкой является отливка то в зависимости от материала, массы и группы сложности по прейскуранту №25-01 определяют базовую оптовую цену данного типа заготовок, отнесённую к единице массы. Затем в зависимости от типа производства и группы серийности определяют доплату к базовой цене (в процентах) и фактическую оптовую цену заготовки $C_{опт}$, с помощью которой вычисляют себестоимость спроектированной заготовки $C_{зт}$.

Стоимость заготовок, получаемых такими методами, как литье в обычные песчано-глинистые формы и кокили, литье по выплавляемым моделям, литье под давлением, с достаточной для стадии проектирования точностью можно определить по формуле:

где $C_{от}^6$ - базовая стоимость одного кг литых заготовок, руб; $k_T, k_C, k_B, k_M, k_{п}$ - коэффициенты

доплат, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объёма производства заготовок.

Заготовительные цены $C_{отх}$ на стружку чёрных и цветных металлов приведены в табл. 5.3.

5.2.1. Литьё в песчано-глинистые формы

Для отливок, полученных литьем в обычных песчано-глинистых формах, рекомендуется пользоваться ниже приведенными данными.

Базовая стоимость одного кг отливок $C_{от}^6 = 0,36$ руб. (отливки из серого чугуна марок СЧ10; СЧ15; СЧ18 массой 1...3 кг, 13-го класса точности по ГОСТ 26695-85, 3-й группы сложности и 3-й группы серийности. Прейскурант № 25-01, 1980 г.).

Коэффициенты k_T, k_C, k_B, k_M и $k_{п}$ выбираются по данным табл. 5.4-5.7.

Таблица 5.4.

Значения коэффициента k_T

Материал отливки		кг
чёрные металлы	цветные металлы	
класс точности отливки	класс точности отливки	
4 ... 7	3т ... 5т	1,1
7 ... 11т	5 ... 9т	1,05
11 ... 15т	9 ... 13	1,0

Таблица 5.5.

Значения коэффициента k_C

Материал отливки	Группа сложности				
	I	II	III	IV	V
Чугун, сталь	0,7	0,83	1,0	1,2	1,45
Алюминиевые сплавы	0,82	0,89	1,0	1,1	1,22
Медные сплавы и бронза	0,97	0,98	1,0	1,02	1,04

Таблица 5.6

Значения коэффициента k_v

Масса отливки, кг	Материал отливок:			
	чугун	сталь	алюминиевые сплавы	бронза
0,5-1,0	1,1	1,07	1,05	1,01
1,0-3,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3,0-10,0	0,91	0,93	0,96	0,99
10,0-20,0	0,84	0,87	0,94	0,99
20,0-50,0	0,8	0,82	0,92	0,98
50-200	0,74	0,78	0,89	0,97
200-500	0,67	0,74	0,87	0,96

Таблица 5.7

Значения коэффициента k_m

Вид материала	Марка материала	k_m
Чугун	СЧ10, СЧ15, СЧ18	1,0
	СЧ20, СЧ25, СЧ30	1,04
	СЧ35, СЧ40, СЧ45	1,08
	ВЧ45-5, ВЧ50-2	1,19
	КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10	1,12
Сталь	углеродистая	1,22
	низколегированная	1,26
	легированная	1,93
Сплав цветных металлов	алюминиевый	5,94
	медноцинковый	5,53
	бронза оловянисто-свинцовая	6,72

Таблица 5.8.

Значения коэффициента k_n

Материал отливки	Группа серийности				
	массовое	кр-серий.	серийное	мелко-сер.	единичн.
Чугун	0,52	0,76	1,0	1,2	1,44
Сталь	0,5	0,77	1,0	1,2	1,48
Алюминиевые сплавы	0,77	0,9	1,0	1,11	1,22
Медноцинковые сплавы и бронза	0,82	0,92	1,0	1,1	1,17

Чтобы определить коэффициент k_n необходимо сначала установить группу серийности по табл. 5.9, а затем на основании группы серийности по табл. 5.8 найти значения k_n .

Таблица 5.9

Группы серийности отливок в зависимости от способа получения и объема производства

Масса отливки, кг	Объем (тыс. шт.) при группах серийности:		
	1-масс. и крупносер.	2-серийное	3-единичное
Литье в обычные земляные формы и кокили			
0,5-1,0	>500	100-500	<100
1,0-3,0	>350	75-350	<75
3,0-10	>200	30-200	<30
10-20	>100	15-100	<15
20-50	>60	10-60	<10
50-200	>40	7,5-40	<7,5
200-500	>25	4,5-25	<4,5
Литье по выплавляемым моделям			
0,1-0,2	>400	300-400	<300
0,2-0,5	>300	225-300	<225
0,5-1,0	>15	11-15	<11
1,0-2,0	>12	9-12	<9
2,0-5,0	>10	7-10	<7
5,0-10	>4	3-4	<3
>10	>3	2-3	<2
Литье под давлением			
0,1-0,2	>600	450-600	<450
0,2-0,5	>500	375-500	<375
0,5-1,0	>400	300-400	<300
1,0-2,0	>300	225-300	<225
2,0-5,0	>200	150-200	<150
5,0-10	>100	75-100	<75
>10	>50	35-50	<35

При отсутствии нормативных данных для расчёта фактической стоимости литья $C_{от}$ можно воспользоваться ориентировочными ценами на отливки, изготавливаемые в песчаных формах, которые приведены в табл. 5.10.

Таблица 5.10

Оптовые цены на отливки, руб. за тонну

Сплав	Масса одной отливки, кг	Группа сложности				
		1	2	3	4	5
Чугун						
СЧ-10	3-10	1950	2400	2850	3360	3900
СЧ-20	10-20	1750	2150	2600	3100	3650
СЧ-30	50-200	1650	2000	2450	2950	3450
и др.						

Сталь 15Л,20Л 25Л,30Л 35Л, 40Л 45Л,50Л 55Л	3-10 10-20 20-50 50-200	2200 2000 1850 1750	2650 2450 2300 2150	3250 3050 2850 2700	3950 3700 2500 3300	4750 4600 4300 4100
Алюминиевые сплавы АЛ-2, АЛ-4, АЛ-9 и др.	0,5-1,0 1-3 3-10 10-20 20-50	11850 11400 10900 10600 10350	13000 12550 12050 11750 1150	11300 13850 13350 13050 12800	15700 15250 14750 14450 14200	17300 16860 16350 16050 15700

5.2.2. Литье по выплавляемым моделям

Для отливок, полученных литьем по выплавляемым моделям, за базовую принята стоимость одного кг. $C_{от} = 1,985$ руб. (отливки из углеродистой стали, массой 0,1-0,2 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности. Прейскурант 25-01, 1980 г.).

Коэффициенты k_T , k_c , k_v , k_m и k_n выбираются по следующим данным.

Независимо от точности отливок значения коэффициента k_T принимаются равными 1.

В зависимости от материала отливок значения коэффициента k_m следующие:

Сталь углеродистая	1,00
Сталь низколегированная	1,08
Сталь высоколегированная	1,10
Медные сплавы	2,44
Бронза безоловянистая	2,11
Бронза оловянистая	2,40

Коэффициенты, зависящие от группы сложности отливок k_c и массы k_v принимаются по табл. 5.11 и 5.12.

Таблица 5.11

Значения коэффициентов k_c

Материал отливки	Группа сложности:				
	I	II	III	IV	V
Сталь углеродистая	0,86	0,92	1,0	1,12	1,24
Сталь низколегированная	0,86	0,93	1,0	1,11	1,23
Сталь высоколегированная	0,85	0,90	1,0	1,12	1,26
Медные сплавы	0,865	0,925	1,0	1,15	1,26
Бронза безоловянистая	0,9	0,95	1,0	1,08	1,19
Бронза оловянистая	0,92	0,95	1,0	1,10	1,15

Значение коэффициентов k_B

Масса отливки, кг	Материал отливок:				
	сталь углеродистая и низколегированная	сталь высоколегированная	медный сплав	бронза Безоловянистая	бронза оловянистая
0,05-0,10	1,37	1,31	1,20	1,30	1,30
0,10-0,20	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,20-0,50	0,75	0,78	0,95	0,79	0,83
0,50-1,0	0,7	0,74	0,89	0,76	0,80
1,0-2,0	0,62	0,63	0,86	0,71	0,76
2,0-5,0	0,50	0,63	0,82	0,64	0,70
5,0-10,0	0,45	0,48	0,78	0,61	0,67
>10,0	0,38	0,40	0,72	0,57	0,64

Коэффициент k_n для отливок, получаемых по выплавляемым деталям, определяется независимо от марки материала отливки. Группа серийности, на основании которой выбираются значения коэффициента k_n , приведены в табл. 16. Значения коэффициента k_n в зависимости от группы серийности составляют:

1-я группа серийности	0,83
2-я группа серийности	1,00
3-я группа серийности	1,23

5.2.3. Литьё в оболочковые формы

Для отливок, получаемых литьём в оболочковые формы, в качестве базовой принята стоимость одного кг отливок $C_{от}^{\delta} = 0,534$ руб/ (отливки из серого чугуна марок СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18, массой 1...2,5 кг, 11...15т классов точности по ГОСТ Р 53464-2009, 3-й группы сложности, 5-й группы серийности, Прейскурант № 25-01, 1980г.).

Коэффициенты k_T , k_C , k_B , k_M , и k_n выбираются по следующим данным.

Коэффициент k_T , зависящий от класса точности, для отливок из чёрных металлов принимается по табл.5.4.

Коэффициент k_C , зависящий от группы сложности отливок, определяется по табл. 5.13.

Таблица 5.13

Значение коэффициента k_C

Материал отливки	Группа сложности				
	I	II	III	IV	V
Чугун серый	0,78	0,9	1	1,14	1,3
Сталь углеродистая	0,8	0,91	1	1,15	1,27
Сталь легированная	0,7	0,85	1	1,15	1,24

Коэффициент k_B , зависящий от массы отливок, определяется по табл. 5.14.

Таблица 5.14

Значение коэффициента k_b

Масса отливки, кг	Материал отливки		
	чугун	сталь легированная	сталь углеродистая
0,4...1	1,08	1,16	1,1
1...2,5	1	1	1
2,5...4	0,94	0,96	0,96
4...10	0,86	0,9	0,86
10...25	0,78	0,84	0,78
25...63	0,72	0,78	0,69
63...250	0,69	0,73	0,6

Коэффициент k_m принимается в зависимости от марки материала:

СЧ10, СЧ15, СЧ 18 – 1;

СЧ20, СЧ25, СЧ30 – 1,04;

СЧ35, СЧ40, СЧ45 – 1,11;

сталь 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л, 55Л – 1,36;

сталь легированная – 2,67.

Коэффициент k_n определяется по табл. 5.15 в зависимости от группы серийности отливки.

Таблица 5.15

Значение коэффициентов k_n для отливок в оболочковые формы

Материал отливки	Группа серийности отливки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чугун и углеродистая сталь	0,75	0,82	0,88	0,94	1	1,06	1,1	1,15	1,2	1,25
Легированная сталь	0,88	0,92	0,95	0,97	1	1,03	1,05	1,07	1,1	1,15

5.2.4. Литьё в кокиль необлицованный

Для отливок, полученных литьём в кокиль необлицованный, за базовую принята стоимость одного кг отливок $C_{от}^6 = 0,318$ руб (отливки из чугуна СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18, массой 1...4 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности. Прейскурант № 25-01, 1980 г.).

Независимо от класса точности отливок значение коэффициента k_T принимается равным 1.

Коэффициенты, зависящие от группы сложности отливок k_c и их массы k_b , принимаются по табл. 5.16 и 5.17.

Таблица 5.16

Значения коэффициентов k_c для отливок в необлицованный кокиль

Материал отливки	Группа сложности				
	I	II	III	IV	V
Чугун и сталь	0,69	0,83	1	1,18	1,4
Алюминий	0,84	0,91	1	1,05	1,11
Латунь	0,89	0,95	1	1,06	1,13
Бронза	0,95	0,97	1	1,03	1,065

Таблица 5.17

Значения коэффициентов k_b , для отливок в необлицованный кокиль

Масса, кг	Отливки чугунные	Отливки стальные	Отливки алюмин., латун. и бронз.
0,4...1	1,11...1,06	1,12...1,05	1,02
1...4	1	1	1
4...10	0,9	0,9...0,95	0,9
10...25	0,84	0,8...0,9	0,98
25...63	0,78	0,78...0,85	0,97
63...250	0,72	0,72...0,8	0,96
250...630	0,66	0,64...0,74	0,95

Примечание. Коэффициенты k_b представлены в виде предельных значений: первые относятся к 1-й группе сложности; вторые - 5-й. Коэффициенты для остальных групп сложности можно определить интерполяцией.

Таблица 5.18.

Группы серийности отливок, получаемых в оболочковых формах

Масса отливки, кг	Группа серийности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	количество отливок, тыс. шт.									
До 0,25	≥2000	1000-2000	500-1000	200-500	100-200	35-100	15-35	2,5-15	0,5-2,5	≤0,5
0,25...0,63	1400	700-1400	400-700	150-400	70-150	30-70	12-30	2-12	0,4-2	0,4
0,63...1	1000	500-1000	300-500	100-300	40-100	20-40	8-20	1,5-8	0,3-1,5	0,3
1...2,5	700	350-700	200-350	75-200	20-75	12-20	4-12	1-4	0,2-1	0,2
2,5...1,0	400	200-400	100-200	30-100	12-30	6-12	2-6	0,5-2	0,12-0,5	0,12
10...25	200	100-200	50-100	15-50	8-15	3-8	1-3	0,3-1	0,07-0,3	0,07
25...63	120	60-120	30-60	10-30	6-10	2-6	0,8-2,5	0,2-0,8	0,05-0,2	0,05
63...100	80	40-80	20-40	7,5-20	4-7,5	1,5-4	0,6-1,5	0,1-0,6	0,04-0,1	0,04
100...160	50	25-50	12-25	5,5-12	2,5-5,5	1-2,5	0,45-1	0,7-0,4	0,03-0,07	0,03

Значения коэффициента k_m , в зависимости от материала отливок следующие:

СЧ10, СЧ15, СЧ18 - 1;

СЧ 20, СЧ 25, СЧ30 - 1,06;

СЧ35, СЧ40, СЧ45 - 1,09;

ВЧ48-17, Т 45-5, ВЧ 50-2 - 1,21;

КЧ 30-6, КЧ30-4, КЧ63-2 - 1,13;

сталь 15Л... 55Л - 1,18;

низкоуглеродистая 35ХГСЛ и др. - 1,2;

алюминиевые сплавы АЛ-2, АЛ-4, АЛ-9 - 4,23;

латунь ЛС59-1, ЯС74-3 и др. - 4,25;

бронза оловянисто-свинцовая литейная - 5,64.

Значения коэффициента k_n для отливок в необлицованный кокиль в зависимости от группы серийности следующие: 1-й - 0,95; 2-й - 1; 3-й - 1,15. Группа серийности отливок определяется по табл. 5.19.

Таблица 5.19.

Группы серийности отливок в кокиль

Масса, кг	Группа серийности		
	1	2	3
	Количество отливок, тыс. шт.		
0,25...0,63	≥ 70	15...70	≤ 15
0,63.. 1	≥ 40	10...40	≤ 10
1.. 2,5	≥ 20	6...20	≤ 6
2,5...10	≥ 12	3...12	≤ 3
10...25	≥ 8	1,5...8	$\leq 1,5$
25...63	≥ 6	1,2...6	$\leq 1,2$
63...160	≥ 4	0,75...4	$\leq 0,75$
160...630	$\geq 2,5$	0,5...2,5	$\leq 0,5$

5.2.5. Литьё в кокиль облицованный

Для отливок в облицованный кокиль за базовую принята стоимость одного кг $C_{от}^6 = 0,456$ руб. (отливки из чугуна СЧ10, СЧ 15, СЧ 18, массой 1...4кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности. Прейскурант № 25-01, 1980г.). Коэффициент k_T для всех классов точности принимается равным 1. Коэффициенты, зависящие от группы сложности отливок k_c и их массы k_b , определяется по табл. 5.20 и 5.21.

Таблица 5.20

Значения коэффициента k_c , для отливок в облицованный кокиль

Материал отливки	Группа сложности				
	I	II	III	IV	V
Чугун серый СЧ 10...СЧ 45	0,79	0,89	1	1,12	1,27
Высокопрочный чугун ВЧ 38-17...ВЧ 50-2	0,81	0,9	1	1,09	1,23

Таблица 5.21

Значения коэффициента k_b для отливок

Масса отливки, кг	Чугун серый и высокопрочный
0,4...1	1,07
1...4	1
4...10	0,93
10...25	0,88
25...63	0,84
63... 250	0,8
250...630	0,77

Значения коэффициента k_m в зависимости от материала отливок следующие:

СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18 - 1

СЧ 20, СЧ 25, СЧ 30 - 1,03;

СЧ 35, СЧ 40, СЧ 45 - 1,045;

ВЧ 38-17, ВЧ 45-5, ВЧ 50-2 - 1,1

Значения коэффициента $k_{п}$ для отливок в облицованный кокиль в зависимости от группы серийности следующие: 1-й - 0,97; 2-й - 1; 3-й - 1,1

Группа серийности отливок в облицованный кокиль определяется по табл.26.

5.2.6. Литьё под давлением

Для отливок, полученных литьем под давлением, в качестве базовой принята стоимость одного кг отливок $C_{от}=1,265$ руб. (отливки из алюминиевых сплавов, массой 0,1-0,2 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности. Прейскурант 25-01, 1980 г.).

Коэффициенты $k_{т}$, $k_{с}$, $k_{в}$, $k_{м}$, $k_{п}$ выбираются по следующим данным.

Независимо от класса точности значения коэффициента $k_{т}$ принимают равными 1.

В зависимости от материала отливок значение коэффициента $k_{м}$ принимается следующим:

Алюминиевые сплавы	1,0
Медные сплавы	1,11
Цинковые сплавы	1,29

Значения коэффициентов $k_{с}$, $k_{в}$ и $k_{п}$ приведены в табл. 5.22, 5.23, 5.24.

Таблица 5.22

Значения коэффициентов $k_{с}$

Материал отливки	Группы сложности:			
	I	II	III	IV
Алюминиевые сплавы	0,88	0,94	1,0	1,07
Медные сплавы	0,90	0,95	1,0	1,07
Цинковые сплавы	0,88	0,93	1,0	1,07

Таблица 5.23

Значения коэффициентов $k_{в}$

Масса отливки, кг	Материал отливки:		
	алюминиевые сплавы	медные сплавы	цинковые сплавы
0,1-0,2	1,0	1,0	1,0
0,2-0,5	0,90	0,89	0,91
0,5-1,0	0,81	0,81	0,82
1,0-2,0	0,75	0,75	0,75
2,0-5,0	0,69	0,71	0,70
5,0-10,0	0,64	0,67	0,63
>10,0	0,62	0,65	0,61

Таблица 5.24

Значение коэффициентов $k_{п}$

Материал отливки	Группа серийности:		
	1	2	3
Алюминиевые сплавы	0,92	1,0	1,09
Медные сплавы	0,93	1,0	1,07
Цинковые сплавы	0,93	1,0	1,07

5.3. Определение затрат на горячештампованные заготовки

Если заготовкой является поковка, то в зависимости от материала, массы и группы сложности по прейскуранту №25-01 определяют базовую оптовую цену $C_{шт}^6$ данного типа заготовок, отнесённую к единице массы. Затем в зависимости от типа производства и группы серийности определяют доплату к базовой цене (в процентах) и фактическую оптовую цену заготовки $C_{шт}$, с помощью которой вычисляют себестоимость спроектированной заготовки $C_{зт}$.

Стоимость горячештампованных заготовок, полученных на молотах, прессах, горизонтально-ковочных машинах и электровысадкой, определяется также по формуле:

где $C_{шт}^6$ - базовая стоимость одного кг штампованных заготовок, руб.; k_t, k_c, k_v, k_m, k_p - ко-

эффициенты доплат, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объёма производства заготовок.

За базу принимается стоимость одного кг штамповок $C_{шт}^6 = 0,373$ руб. (штамповки из конструкционной углеродистой стали, массой 2,5-4 кг, 3-го класса точности по ГОСТ 7505-89, 3-й группы сложности и 2-й группы серийности. Прейскурант №25-01, 1980 г.).

Коэффициенты k_t, k_c, k_v, k_m и k_p выбираются по следующим данным.

В зависимости от класса точности штамповок по ГОСТ 7505-89 значения коэффициента k_t принимаются:

класс точности Т1	1,05
класс точности Т2	1,02
класс точности Т3	1,00
класс точности Т4	0,98
класс точности Т5	0,95

В зависимости от марки материала штамповки значения коэффициента k_m составляют:

Углеродистые стали 08 ... 85	1
Стали 15Х ... 50Х	1,13
Стали 18ХГТ ... 30ХГТ	1,21
Сталь ШХ15	1,77
Стали 12ХНЗА ... 30ХНЗА	1,79

Группа сложности поковок может быть найдена с достаточной для проектирования точностью на основании классификации поковок, приведенной на рис. 1 и 2.

Значения коэффициентов k_c и k_v приводятся в табл. 5.25, 5.26

Таблица 5.25

Значения коэффициентов k_c

Материал штамповки	Группа сложности			
	С1	С2	С3	С4
Стали углеродистые 08 ... 85	0,75	0,84	1	1,15
Стали 15Х ... 50Х	0,77	0,87	1	1,15
Стали 18ХГТ ... 30ХГТ	0,78	0,88	1	1,14
Сталь ШХ 15	0,77	0,89	1	1,13
Стали 12ХНЗА ... 30ХВЗА	0,81	0,90	1	1,1

Значения коэффициентов k_b

Масса штамповки, кг	Материал штамповок				
	Сталь 08...85	Сталь 15X...50X	Сталь 18ХГТ...30ХГТ	Сталь ШХ15	Сталь 12ХНЗА...30ХНЗА
<0,25	2	2	1,94	1,82	1,62
0,25-0,63	1,85	1,64	1,61	1,52	1,42
0,63-1,6	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
1,60-2,5	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11
2,5-4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
4,0-10,0	0,87	0,89	0,89	0,88	0,9
10,0-25,0	0,8	0,8	0,79	0,76	0,8
25,0-63,0	0,73	0,73	0,74	0,71	0,75
63,0-160,0	0,7	0,7	0,72	0,65	0,7

Коэффициент k_n определяется из условия: если объем производства заготовок (годовая программа) больше значений, указанных в таблице 5.27, то принимают $k_n = 0,8$, в остальных случаях можно принимать $k_n = 1,0$.

Таблица 5.27

Объем производства штамповок, соответствующий 2-й группе серийности

Масса штамповки, кг	Объем производства, тыс. шт
Не более 0,25	15 ... 500
0,25 ... 0,63	8 ... 300
0,63 ... 1,6	5 ... 150
1,6 ... 2,5	4,5 ... 120
2,5 ... 4	4 ... 100
4 ... 10	3,5 ... 75
10 ... 25	3 ... 50
25 ... 63	2 ... 30
63 ... 160	0,6 ... 1

Заготовительные цены $C_{отх}$ на стружку чёрных и цветных металлов приведены в табл. 5.3.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов».
- ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные».
- Радкевич Я.М. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении / Я.М. Радкевич и др.. М.: Высш. Шк., 2004 г. - 238 с.