

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. С. П. КОРОЛЕВА

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

А. Е. ВИШНЯКОВ

# Технико-экономическое обоснование выбора способа получения заготовки

*Учебное пособие*

Вишняков А. Е. | Технико-экономическое обоснование выбора способа получения заготовки. Куйбышев: КуАИ, 1981. с. 68.

В учебном пособии на основе предложенной классификации описаны способы получения заготовок для изготовления деталей авиационных двигателей. Дана методика технико-экономического обоснования вариантов заготовок; приведены необходимые справочные материалы и примеры расчета стоимости заготовок, получаемых литьем, горячим деформированием и из проката; показаны примеры оформления чертежей заготовок, согласно последним стандартам.

Пособие предназначено для студентов специальности «Авиационные двигатели», выполняющих курсовой и дипломный проекты по технологическим темам.

Темплан 1980, поз. 103.

Под редакцией В. А. Шм а н е в а

Рецензент М. А. А р а н з о н

Утверждено редакционно-издательским советом института  
28.XI.79 г.

*Завершенность жизни, и краткой и долгой, определяется только целью, ради которой она прожита...*

## **1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ**

---

### **1.1. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

Технический анализ с целью выбора наиболее рационального способа получения заготовки и ее формы базируется на материале, приведенном в соответствующей технической литературе (список литературы по выбору наиболее распространенных заготовительных процессов дан в методических указаниях по курсовому проектированию [1, 2]), и на результатах изучения передового производственного опыта. Дополнением к этому послужат рекомендации, справочный материал и краткие сведения о способах получения заготовок различными методами литья и горячим деформированием, приведенные в данном пособии.

При выборе способа получения заготовки и определении ее формы необходимо принимать во внимание следующие исходные данные:

- материал детали;
- конструктивная форма детали и ее размеры;
- условия работы детали;
- технические требования (ТТ) к детали, относящиеся к заготовке и ее термообработке;
- годовая программа (тип производства).

При выборе вариантов заготовки необходимо одновременно учитывать все перечисленные исходные данные, так как между ними существует тесная взаимосвязь.

**Материал детали.** Материал указан в чертеже детали, он выбирается конструктором из условия обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик. В основном от

материала, его химического состава, механических и теплофизических характеристик, определяющих технологические свойства, зависит выбор способа получения заготовки и ее формы. По технологическим свойствам металлы и их сплавы подразделяются на деформируемые и литейные. Заготовки из деформируемых металлов и сплавов изготавливают холодной\* и горячей штамповкой, из литейных — различными методами литья. В связи с этим в расчетно-пояснительной записке должны быть приведены и проанализированы все необходимые данные, характеризующие материал детали: марка материала, его химический состав, механические и теплофизические параметры [3], возможные способы получения заготовки, виды термообработки. Для жаропрочных и титановых сплавов, теплоустойчивых сталей и т. п. целесообразно показать характер изменения механических свойств по температуре.

Конструктивная форма и размеры детали, условия ее работы. При выборе способа получения заготовки и ее формы необходимо учитывать данные технологического анализа конструкции детали и условий ее эксплуатации. Так, обработка деталей сложной конфигурации на металлорежущих станках требует значительной затраты времени и применения специального оборудования и оснастки. Поэтому целесообразно использовать способы получения заготовок, позволяющие максимально приблизить конфигурацию заготовки к требуемой по чертежу детали (объемная штамповка в открытых и закрытых штампах, литье в кокиль, литье по выплавляемым моделям, литье под давлением и др.). При этом необходимо учитывать, что для деталей, работающих в сложных условиях знакопеременных (циклических) напряжений, переход от методов горячего деформирования к литью может привести к существенному снижению несущей способности детали и уменьшению ее работоспособности. Высоконагруженные детали двигателей летательных аппаратов, например, зубчатые колеса, необходимо получать только методами горячего деформирования, поскольку применение операций штамповки (ковки) позволяет обеспечить благоприятное расположение волокон металла, а следовательно, наилучшие прочностные характеристики зубчатых колес.

---

\* Способы получения заготовок холодной штамповкой из листовых материалов подробно рассмотрены в работе Ю. В. Явницкого. Штамповка деталей авиадвигателей из листового материала. Методические указания по курсовому проектированию. Куйбышев; КуАИ, 1980.

Технические требования (ТТ) к детали (заготовке). При выборе и назначении способа получения заготовки и определении ее формы обязательно следует учитывать все ТТ к детали, относящиеся к заготовке и ее термообработке. При этом принимается во внимание заданная точность получения заготовки, требования к чистоте поверхностей, категория и группа контроля качества материала и др. Так, если для заготовки из алюминиевого литейного сплава АЛ4 в ТТ к детали задана точность ЛТ6, то заготовка может быть получена литьем либо в землю, либо в кокиль. Если задана точность ЛТ5, то предпочтение следует отдать литью в кокиль. Необходимо помнить о том, что если в ТТ указана «группа контроля 1», то необходимо вырезать индивидуальный образец из каждой заготовки и их совместную термообработку производить в одном режиме\*. Следовательно, заготовка должна иметь размеры и форму, позволяющие вырезать индивидуальный образец и получить готовую деталь.

В ряде случаев указания в ТТ могут быть определяющими для назначения способа получения заготовки. Так, если в ТТ к детали есть указание о том, что заготовка должна быть получена штамповкой, то использование других способов, в частности способов литья, недопустимо. В отдельных случаях ТТ регламентируют конкретные методы получения заготовки, например, — штамповка с высокотемпературной термомеханической обработкой (ВТМО),\*\* горячее гидродинамическое выдавливание (ГГДВ) [4], литье по выплавляемым моделям, литье с направленной кристаллизацией и т. д.

Следовательно, назначение того или иного способа получения заготовки должно выполняться в строгом соответствии с ТТ чертежа детали.

Годовая программа (тип производства). Годовая программа предопределяет тип производства: единичное, мелко-, средне-, крупносерийное и массовое. Для каждого типа производства необходимо соответствующее заготовительное оборудование и оснастка. На основании данных о годовой программе и типе производства производится выбор таких способов получения заготовки, которые обеспечивают необходимую производительность, и принимается решение о целесообразности (или нецелесообразности) применения высокопро-

---

\* Группы контроля качества материала заготовок регламентируются ОСТом 1.000.21-72 «Термическая и химико-термическая обработка».

\*\* См. [3], «Термомеханическая обработка металлов», т. 3, (с. 315—317).

изготовительного заготовительного оборудования и оснастки (штампов, металлических литейных форм для литья под давлением, кокилей и т. п.).

Так, если производство относится к единичному или мелко-серийному, то для получения заготовки из литейного алюминиевого сплава АЛ4 целесообразно литье в землю; если же характер производства средне- или крупносерийный, то предпочтение следует отдавать литью в кокиль или под давлением (если это допускается конструкцией детали и условиями ее работы).

Рассмотрим способы получения заготовок литьем и горячим деформированием.

## 1.2. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ЛИТЬЕМ [5]

Литые заготовки получают литьем в землю (песчано-глинистые формы), в оболочковые формы, в металлическую форму—кокиль, по выплавляемым моделям, под давлением и т. д. Точность геометрических параметров литья из цветных сплавов определяется классами точности (ЛТ1...ЛТ7) по ОСТу 1.41154-72, а стальных отливок — классами I, II, III по ГОСТу 2009-55. Величины допустимых отклонений по указанному ГОСТу даны в справочнике ([6], т. 1, с. 105). Примерное сравнение классов точности на литье с системой допусков и посадок (ОСТ и ЕСДП СЭВ) дано в табл. 1 и табл. 1 (прил. 1).

Литье в землю. Литьем в землю изготавливают отливки различной конфигурации и веса. Для индивидуального и мелко-серийного производства применяется ручная формовка, для крупносерийного — машинная. Формовка производится по моделям из различных пород дерева или из металла, обычно алюминия. Литье в землю характеризуется основными показателями, приведенными в табл. 2.

Величина допускаемых отклонений по ГОСТу 2009-55 для стальных отливок приведена в табл. 3 ([6], т. 1, с. 105).

Литье в оболочковую форму. Метод литья в оболочковую форму отличается от литья в землю тем, что вместо земляной формы применяется более прочная и легкая форма, представляющая собой оболочку толщиной 6—8 мм. Формы изготавливаются по металлическим моделям, укрепленным на подмодельной плите. Материалом оболочковой формы служит смесь песка с терморезактивной смолой. Литье в оболочковые формы рекомендуется применять в серийном

Система допусков	Класс (квалитет) точности					
	<i>Цветное литье</i>					
ОСТ 1.41154-72 (на цветное литье)	ЛТ1	ЛТ2	ЛТ3	ЛТ4	ЛТ5	ЛТ6
ОСТ	3а	4	5	7	8	9
Ст СЭВ	IT10	IT11	IT12	IT14	IT15	IT16
	<i>Стальное литье</i>					
ГОСТ 2009-55 (на стальное литье)	1	2	3*			
ОСТ	7	8	9			
Ст СЭВ	IT14	IT15	IT16			

Таблица 2

Материал отливки	Класс точности		Шерохова- тость по ГОСТу 2789-73 <i>R<sub>z</sub></i> , мкм	Применяе- мая оснастка	Срок службы
	литейный	примерный по ОСТу 1010 (Ст СЭВ145-75)			
Серый чугун	1—2-й кл. по ГОСТу 1855-55	7—9-й кл. (IT14—IT16)	320	Деревянные и металличе- ские модели и стержне- вые ящики	1-й группы 3.000 съёмов  металличе- ские 5.000 съёмов
Сталь	1—2-й кл. по ГОСТу 2009-55	7—9-й кл. (IT14—IT16)	320		
Цветные сплавы	ЛТ4, ЛТ5, ЛТ6 и ЛТ7	7—9-й кл. (IT14—IT16)	320		

и массовом производствах, так как при изготовлении форм возможно применение механизации.

Показатели литья в оболочковую форму приведены в табл. 3.

\* 3-й класс точности применяют обычно при получении литья в мелко-серийном и единичном производстве с использованием деревянных моделей.

Материал отливки	Класс точности		Шерохова- тость по ГОСТу 2789-73 $R_z$ , мкм	Применяе- мая оснастка	Срок службы (кол-во заготовок)
	литейный	примерный по ОСТу 1010 (СТСЭВ 145-75)			
Сталь	1-й кл. по ГОСТу 2009-55	7-й кл. (IT14)	40..80	Металличе- ские модели	5.000
Медные сплавы	ЛТ3, ЛТ4	5—7-й кл. (IT13—IT14)	40	(стальные или чугу- ные)	
Алюминие- вые сплавы	ЛТ4, ЛТ5	7—8-й кл. (IT14—IT15)	10..20		
Магние- вые сплавы	—	—	—	То же	

Примечание. Выбирая отливку, изготовленную этим методом, для технологического процесса изготовления заготовки, необходимо кроме стоимости линейной оснастки учитывать также и стоимость терморепактивной смолы.

Литье в кокиль. Кокильное литье — это такой технологический процесс изготовления отливки, при котором жидкий металл под действием собственного веса заливается в постоянною металлическую предварительно подогретую форму — кокиль.

Показатели литья в кокиль приведены в табл. 4.

Фасонные титановые отливки, отлитые в кокиль из чугуна и стали, получают достаточно высокого качества: они не подвержены образованию трещин, расслоений, пористости и при затвердевании имеют небольшую усадку. Отливки в графитовый кокиль имеют гладкую поверхность без пригара, пор, раковин. Плавка и разлив титановых сплавов производится в атмосфере нейтральных газов или в вакууме.

Литье по выплавляемым моделям. Процесс литья по выплавляемым моделям заключается в изготовлении модели путем запрессовки в пресс-форму легкоплавного модельного состава на восковой или парафиновой основе (применяется также мочевина).



Материал отливки	Класс точности		Шерохова- тость по ГОСТу 2789-73 $R_z$ , мкм	Материал кокиля	Стойкость кокиля (кол-во отливок до полно- го износа)
	литейный	примерный по ОСТу 1010 (СТСЭВ 145-75)			
Серый чугун	1-й кл. по ГОСТу 1855-55	7-й кл. (IT14)	80...160	Сталь 3Х2В8 Чугун	8.000 2.000
Сталь	1-й кл. по ГОСТу 1855-55	—	80...320	Чугун	500...700
Медные сплавы	ЛТ3—ЛТ4	—	80	Чугун Сталь 3Х2В8	8.000 10.000
Магние- вые сплавы	ЛТ4—ЛТ5	7-8-й кл. (IT14-IT15)	80	Сталь 3Х2В8 3Х1Н14	50.000
Алюмини- евые сплавы	ЛТ4—ЛТ5	—	—	Сталь 5ХВС, 3Х2В8	75.000
Цинковые сплавы	ЛТ3—ЛТ4	7-й кл. (IT14)	—	Сталь У8А 30ХГСА	150.000
Титановые сплавы	ЛТ3—ЛТ4	—	20 80 80	Электродный графит Сталь Чугун	—

Изготовленную модель покрывают огнеупорным слоем и формируют; после формовки модель выплавляют, а в полость огнеупорной формы заливают металл.

Показатели литья по выплавляемым моделям приведены в табл. 5.

Литье под давлением. Суть метода заключается в том, что металл при выпуске из литейной машины заполняет полость пресс-формы под большим удельным давлением (максимальное — 3500 кгс/см<sup>2</sup>) и с высокой скоростью (порядка 10—40 м/с). Эти условия обеспечивают мгновенное заполнение всей полости формы любой конфигурации.

Таблица 5

Материал отливки	Класс точности		Шерохова- тость по ГОСТу 2789-73, мкм	Линейная усадка металла, %	Коробление отливок, мм
	литейный	примерный соответств. по ОСТу 1010 (СТ СЭВ145- 75)			
Сталь	1-й кл. по ГОСТу 2009-55	5—7-й кл. (IT12—IT14)	$R_z = 20;$ $R_a = 1,25$	1,8...2,4	
Медные сплавы	ЛТЗ	5-й кл. (IT12)	—	1,45...2,5	0,1...0,2
Магние- вые сплавы	ЛТ1, ЛТ2	3а—4-й кл. (IT10—IT11)	—	1,8	
Алюмини- евые сплавы	То же	То же	—	1,75	
Титановые сплавы	—	—	—	—	
Жаропроч- ные сплавы	—	—	—	—	

Пресс-форма состоит из неподвижной и подвижной частей, разъем формы обеспечивает беспрепятственное удаление отливки.

Показатели литья под давлением приведены в табл. 6.

Таблица 6

Материал отливки	Класс точности		Шерохова- тость по ГОСТу 2789-73, $R_{a0}$ мкм	Материал оснастки (пресс- формы)	Срок службы оснастки (кол-во отли- вок)
	литейный	примерный соответств. по ОСТу 1010 (СТ СЭВ145- 75)			
Медные сплавы	ЛТ1, ЛТ2	3а—4-й кл. (IT10—IT11)	2,5...1,25	Ст. 3Х2В8	5.000
Магние- вые сплавы	—	—	1,25...0,63	Ст. 5ХНМ 3Х2В8	40.000
Алюмини- евые сплавы	—	—	—	Ст. 3Х2В8 5ХНМ	45.000
Цинковые сплавы	—	—	—	Ст. 5ХНМ	150.000

Таблица 7

Марка сплава	Температура заливки, °С	Удельное давление, кгс/см <sup>2</sup>	Выдержка под давлением, с	Скорость прессования, м/с	Класс точности по ОСТу 1010 (СТСЭВ 145-75)	Шероховатость по ГОСТу 2789-73, R <sub>z</sub> , мкм	Срок службы штампов (кол-во заготовок)
Алюминиевые сплавы	680...720	1000...1500	3...6	0,2...0,4	7-й кл. (П14)	20...40	—
Латуни	1020...1050						
ЛН56-3	980...1060						
ЛМц58-2							
ЛМц53-3-1	980...1080	2000	3...6	0,2...0,4	—	—	5000...6000
ЛК80-3/Л	980...1060						
Л168	1100...1160						
Бронза	1120...1150	2800	3...6	0,2...0,4	—	—	5000...6000

Штамповка жидкого металла — это промежуточный метод изготовления заготовки между литьем под давлением и горячей штамповкой. Суть метода заключается в том, что жидкий металл (сплав) заливают без давления в открытую, подогретую до 150—200°C матрицу, а затем под давлением пуансона металл заполняет образованную матрицей и пуансоном рабочую полость формы.

Этот метод применяется для изготовления заготовок простой и средней сложности из литейных и деформируемых сплавов и стали.

Сведения, характеризующие заготовку, изготовленную методом штамповки жидкого металла, приведены в табл. 7.

При таком способе литья назначаются штамповочные уклоны: наружный — 0°30'—1°, внутренний — до 5° и материалы оснастки: пуансон и матрица из стали ХВГ. Штамповка жидкого металла позволяет изготавливать заготовки повышенной плотности (без усадочных раковин) и без литниковой системы.

Удельное давление при литье штамповкой жидкого металла в 5—8 раз ниже, чем при прессовании металла в пластическом состоянии (при горячей штамповке).

Выбор метода получения отливки в значительной степени зависит от материала заготовки, так как применяемые литейные материалы имеют неодинаковые технологические характеристики (температуру плавления, линейные свойства и др.).

На основании технологических характеристик литейных материалов составлена табл. 8, по которой можно установить, какими методами можно получить отливки из заданного металла или сплава.

Таблица 8

Марка сплава	Температура заливки, °С	Методы литья				
		в землю	в оболочку-вую форму	в кокиль	по выплавл. моделям	под давлением
1	2	3	4	5	6	7

*Стальные и чугунные отливки*

Углеродистая сталь СТ10Л-55Л	1590...1550	+	+	+	+	—
Легированная сталь	1570...1530	+	+	+	+	—

1	2	3	4	5	6	7
Высоколегированная сталь	1600...1580	+	+	+	+	—
Чугун СЧ	1400	+	+	+	+	—
<i>Отливки из алюминиевых сплавов</i>						
АЛ2	800...810	+	+	+	+	+
АЛ4	680...700	+	+	+	+	+
АЛ9	730...750	+	+	+	+	+
АЛ5	680...700	+	+	+	+	+
АЛЗ-1	680...750	+	+	+	+	+
АЛ10В	680...700	+	+	+	+	+
АЛ8	680...710	+	+	+	+	—
АЛ13	680...710	+	+	+	+	+
АЛ22	680...710	+	+	+	+	+
АЛ7	720...730	+	+	+	+	—
АЛ11	730...750	+	+	+	+	+
АЛ1	720...730	+	+	+	+	+
<i>Отливки из магниевых сплавов</i>						
МЛ3	750...800	+	+	—	+	—
МЛ4	—	+	+	—	+	—
МЛ5	—	+	+	+	+	+
МЛ6	—	+	+	+	+	+
МЛ7-1	—	+	+	—	+	—
МЛ12	—	+	+	+	+	—
МЛ15	—	+	+	+	+	—
МЛ11	—	+	+	+	+	—
МЛ14	—	+	+	+	+	—
ВМЛ-1	—	+	+	+	+	+
МЛ9	—	+	+	+	+	—
МЛ10	—	+	+	+	+	—
<i>Отливки из латуни</i>						
ЛА67-2,5	920...1000	+	+	+	+	—
ЛАЖМЦ	—	—	—	—	—	—
66-6-3-2	—	+	+	+	+	—

1	2	3	4	5	6	7
ЛАЗ						
60-1-1Л	—	+	+	+	+	—
ЛК80-3Л	920...950	+	+	+	+	—
ЛКС						
80-3-3	—	+	+	+	+	—
ЛМЦС						
58-2-2	920...1000	+	+	+	+	—
ЛМЦЖ						
55-3-1	—	+	+	+	+	—
ЛС59-1Л	1000...1050	+	+	+	+	—
<i>Отливки из специальных бронз, не содержащих олова</i>						
БрАЖ9-4Л	1100...1140	+	+	+	+	—
БрАМц9-2	1120...1150	+	+	+	+	—
БрАЖМц						
10-3-1,5	1120...1150	+	+	+	+	—
БрАЖН						
10-4-4	1120...1200	+	+	+	+	—
<i>Отливки из цинковых сплавов</i>						
ЦА-4	430...450	—	—	—	—	+
ЦА 0,1	—	—	—	—	—	+
ЦАМ 1	—	—	—	—	—	+
ЦАМ 4-3	—	—	—	—	—	+
ЦАМ 4-1	—	—	—	—	—	+
ЦАМ 5-10	—	—	—	—	—	+
<i>Отливки из титановых сплавов</i>						
ВТ3-1Л	1680	—	—	+	+	—
ВТ5Л	1650	—	—	+	+	—
ВТ20Л	1680	—	—	+	+	—
ВТ9Л	1680	—	—	+	+	—

Примечание. Знак «+» — применяется, знак «—» не применяется соответственно из-за низкой стойкости пресс-формы и ее высокой стоимости, ввиду плохих литейных свойств.

### 1.3. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ГОРЯЧИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Как способ придания металлу требуемой формы обработка давлением успешно соперничает с литейным производством и уступает ему только по сложности конфигурации получаемых заготовок, по качеству металла отлитые заготовки обычно уступают штампованным. Механические свойства (ударная вязкость, усталостная прочность и др.) металла кованных и штампованных деталей после соответствующей термической обработки, как правило, выше, чем металла литых деталей.

Для получения заготовок горячим деформированием применяют штамповку на горизонтально-ковочных машинах, ковку, штамповку на молотах и прессах, раскатку, горячее гидродинамическое выдавливание, электровысадку и др. Возможна комбинация названных способов.

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Поковки, изготавливаемые на ГКМ, обычно имеют форму тел вращения с прямой осью, направленной по оси исходного прутка. В качестве исходной заготовки в основном применяют прутковый металл круглого профиля и реже — трубы.

Штамповкой на ГКМ получают поковки весом (массой) 0,1—100 кг с максимальным диаметром 315 мм. Это один из производительных способов, но рентабельный только для определенного вида заготовок. Производительность процесса — 200—300 поковок в час. Штамповка производится из прутков и труб горячекатаного металла повышенной точности длиной до 4000 мм и диаметром от 20 до 270 мм. Иногда используются холоднотянутые прутки, это повышает точность поковки. На ГКМ изготавливаются заготовки конических и цилиндрических колес с валом, шестерен с фланцем, двухвенцовых шестерен, втулок с квадратным фланцем, рессор, различных валов с фланцами и утолщениями и т. д.

Заготовки, получаемые на ГКМ, по форме могут быть отнесены к двум основным группам: 1 — поковки типа стержня сплошного сечения с одним или несколькими утолщениями, причем в стержневой части площадь поперечного сечения должна быть постоянной, а утолщения, если они располагаются на концах поковки, могут быть полыми со стороны концов; 2 — поковки со сквозным отверстием (более детальная клас-

сификация приведена на рис. 1, где в группах III и IV представлены детали со смешанными признаками I и II групп).

Назначают следующие штамповочные уклоны на участках поковки, формируемых в полости пуансона [7]: наружные —  $15' - 1^\circ$ ; внутренние —  $30' - 2^\circ$ . Для участков, формируемых в матрице, наружные уклоны не предусматриваются, а внутренние составляют  $1 - 5^\circ$ . Наружные радиусы закруглений принимаются примерно равными величине припуска на

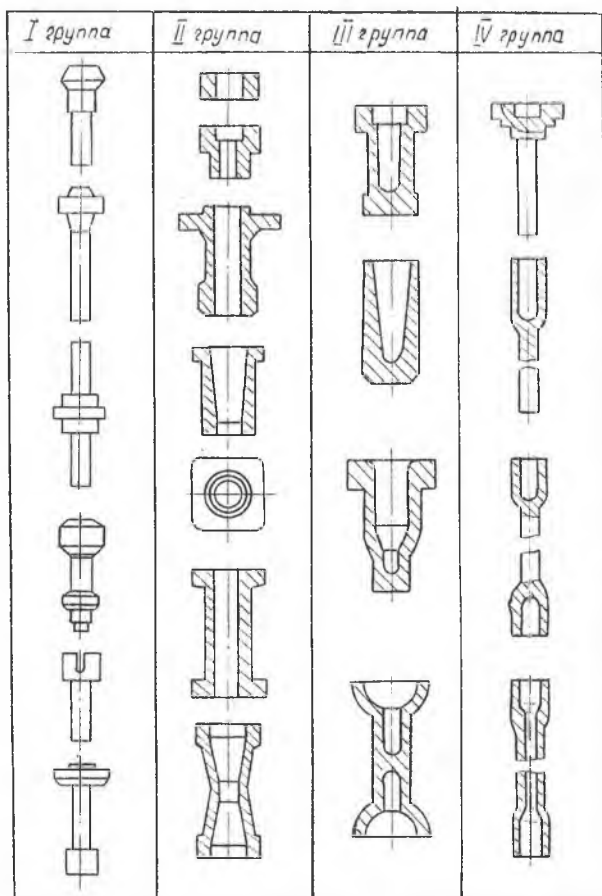


Рис. 1. Классификация поковок, питаемых на горизонтально-ковочных машинах [1]



механическую обработку, внутренние — в 1,5—2 раза большими.

**Ковка.** Свободной ковкой изготовляют поковки от самых малых размеров до самых крупных, массой до 250—300 т.

Мелкие и средние поковки куют соответственно на пневматических и ковочных паровоздушных молотах двойного действия.

Исходным материалом дляковки чаще всего является прутковый материал, парезанный на заготовки.

В технологический процесс свободнойковки входят в различном сочетании и последовательности ряд ковочных операций, из которых основными являются осадка, протяжка, прошивка, гибка, скручивание и отрубка.

С помощью свободнойковки можно получить практически такие же по конфигурации заготовки, как при штамповке (рис. 2), однако, получение таких заготовок связано с высокой трудоемкостью ручных работ. Кроме того, из-за более низкой точности изготовления заготовок допуски на размеры и припуски на механическую обработку выше, чем в случае применения штамповки. Это приводит к повышенному расходу металла на получение каждой заготовки и увеличению трудоемкости механической обработки.

Свободнуюковку обычно применяют при относительно небольшом объеме производства (единичное и мелкосерийное производство, реже — среднесерийное), т. е. в случаях, когда нецелесообразны затраты на изготовление дорогостоящих штампов.

**Штамповка на молотах и прессах.** При объемной штамповке (в отличие от свободнойковки) поковку требуемой формы и размеров изготовляют с помощью специальных инструментов—штампов. Применяют два типа штампов: открытые и закрытые.

Штамповка в открытых штампах наиболее применима, так как при этом упрощается процесс штамповки и увеличивается срок службы штампа, но в то же время снижается точность заготовки и увеличивается расход металла.

Особенность штамповки в открытом штампе заключается в том, что избыточный объем металла вытекает в заусенец (обычно в полости разъема штампов).

Применение закрытых штампов позволяет получать точную (безоблойную) заготовку, отличающуюся высоким качеством материала и повышенной геометрической точностью. Процесс точной (безоблойной) штамповки заключается в

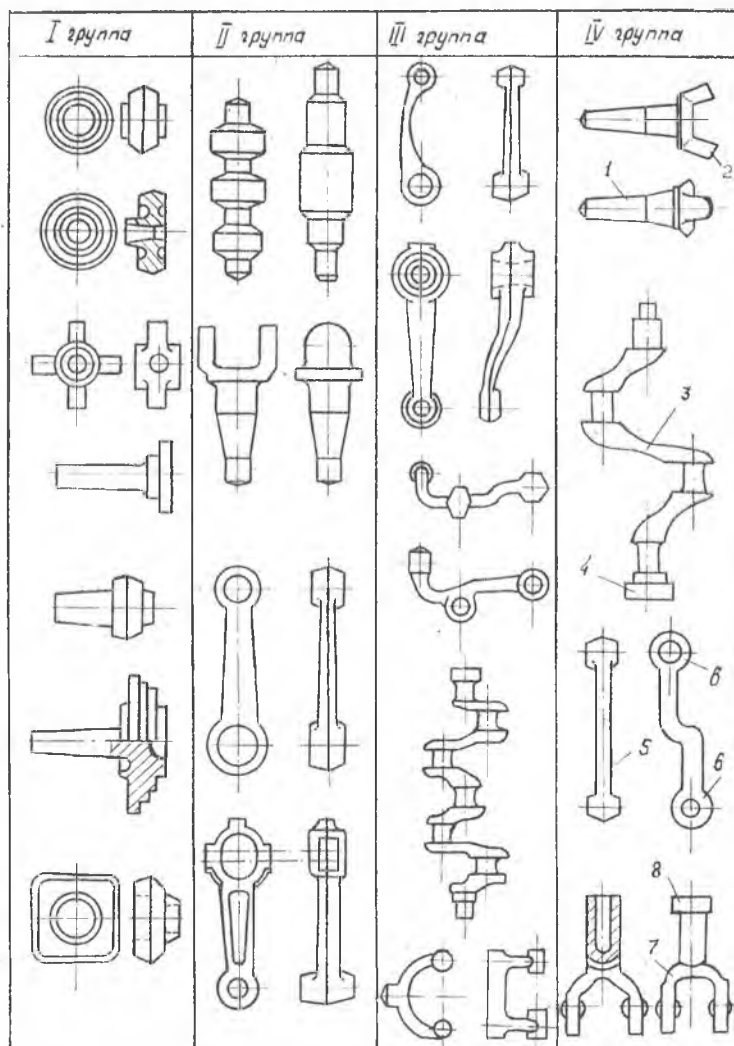


Рис. 2. Классификация заготовок—штамповок, получаемых на кривошипных горячештамповочных прессах и молотах:

*I* — заготовки, получаемые преимущественно на прессах; *II* — заготовки, получаемые преимущественно на молотах; *III* — заготовки, получаемые на прессах и молотах; *IV* — заготовки, получаемые на оборудовании различных типов: 1 — хвостовик, штампованный на прессе; 2 — головка, штампованная на молоте; 3 — коленчатый вал, штампованный на прессе; 4 — головка, высаженная на ГКМ; 5 — стержень, согнутый на горизонтально-гибочной машине; 6 — головки, последовательно штампованные на ГКМ и КГШП; 7 — поковка, штампованная на молоте; 8 — головка, высаженная на ГКМ

объемном деформировании металла между пуансоном и матрицей. Размеры заготовки определяются из условия равенства двух объемов: объема штампованной заготовки с учетом припусков на обработку и объема отрезанной от прутка исходной заготовки. Диаметр ее должен приближаться к диаметру рабочей полости матрицы. В закрытом штампе избыточный объем металла выходит в предусмотренное для этого отверстие, образуя, так называемый, отросток. Если такой отросток не предусмотрен в чертеже готовой поковки, то он называется компенсатором.

Исходным материалом для объемной штамповки (как правило) является прутковый металл преимущественно круглого сечения, разрезанный на заготовки.

Объемную штамповку обычно выполняют на молотах и кривошипных горячештамповочных прессах.

Штамповка на молотах до последнего времени остается еще достаточно широко распространенным способом горячей объемной штамповки. Применяются в основном паровоздушные штамповочные молоты двойного действия или фрикционные штамповочные молоты.

Поковки, изготавливаемые на молотах, по конфигурации (при всем разнообразии) могут быть отнесены к двум основным группам: 1 — круглые и квадратные в полости разъема (или близкие к ним); 2 — удлиненные в полости разъема, иногда с прямой или изогнутой в плоскости разъема осью, с отростками и развилками, расположенными также в плоскости разъема. Кроме того, имеются поковки промежуточной и смешанной групп.

В первую основную группу входят поковки зубчатых колес, дисков, фланцев, втулок, ступиц, чашек и т. п. Ко второй группе, к удлиненным с прямой осью поковкам, относятся валы, прямые рычаги и балки и т. п.; к удлиненным с изогнутой осью поковкам — изогнутые рычаги, кривошипы, коленчатые валы и т. п.; к поковкам с отростками — прямые и изогнутые рычаги, имеющие один или несколько отростков у средней по длине части рычага; к поковкам с развилками относятся всевозможные вилки, шатуны без крышек и другие детали развилками на концах (см. рис. 2).

При штамповке стальных поволоков обычно применяют уклоны, равные 3, 5, 7 и 10°. Максимально допустимые уклоны: установлены ГОСТом 7505-74 и составляют 7° для наружных и 10° для внутренних стенок.

Острые кромки на поверхности поковок необходимо закруглить. Отсутствие закруглений при работе штампа ведет к быстрому образованию в нем трещин. Радиусы закруглений наружных поверхностей должны на 0,5—1 мм превышать величину нормального припуска на механическую обработку, внутренние радиусы закруглений на поковках должны быть примерно в 3—4 раза больше принятых для данной поковки наружных радиусов закруглений.

Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) позволяет получать заготовки весом (массой) до 200 кг самой различной конфигурации.

Значительно большая, чем на молоте, точность горизонтальных размеров поковок, штампованных на прессах, объясняется тем, что жесткое и надежное направление ползуна позволяет применять штампы с направляющими колонками и втулками, которые ограничивают относительные сдвиги верхней и нижней частей поковки до десятых долей миллиметра.

У поковок, получаемых на прессах с мощными механическими выталкивателями, штамповочные уклоны в 2—3 раза меньше, чем у поковок, получаемых на молотах.

Прессовые поковки (как и молотовые) по форме могут быть также отнесены к двум основным группам: 1 — круглые и квадратные в плоскости разъема, или близкие к ним; 2 — удлиненные в плоскости разъема, включая все разновидности.

Перевод штамповки с молотов на КГШП дает значительную экономию металла в основном за счет уменьшения массы поковок, отходов на заусенцы, упрощения отходов на клещевину, ненужную при работе с выталкивателями, и более широкого применения штамповочных ручьев.

Перевод штамповки с молотов на прессы приводит также к значительному снижению расходов на штампы, главным образом, за счет применения сборных конструкций, позволяющих каждый ручей и каждую деталь штампа использовать до полного износа, а в отдельных случаях за счет повышения стойкости штамповочных ручьев, благодаря меньшим штамповочным уклонам.

На КГШП можно штамповать заготовки типа плоских поковок (штампуются в торец), заготовки деталей типа шестерен, крестовин с круглой ступицей, круглых и квадратных фланцев со ступицами, ступенчатых валов, валов-шестерен, поворотных кулаков, рычагов, шатунов, коленчатых валов и т. д. Примерный тип заготовок, которые могут быть получены на КГШП, показан на рис. 2.

Штамповка на КГШП в 2—3 раза производительнее, припуски и допуски на 20—30% меньше по сравнению со штамповкой на молотах, расход металла на поковки снижается на 10—15%. При штамповке целесообразно использовать профильный прокат.

Допуски на размеры и припуски на механическую обработку штампованных заготовок, получаемых на молотах и прессах, регламентированы ОСТом 1.41187-78 «Заготовки штампованные, допуски на размеры, припуски на механическую обработку, конструктивные элементы» (прил. 2).

**Раскатка.** Раскатные заготовки наиболее рационально применять для кольцевых деталей диаметром более 200 мм, имеющих постоянный профиль в радиальном сечении. Изготавливаются они из материалов, подвергающихся горячему деформированию, обычно в два этапа. Вначале методом свободной ковки или штамповки выполняется кольцевая заготовка, приблизительно копирующая поперечный (радиальный) профиль детали. Затем способом горячей раскатки на профильных роликах заготовке придается форма, близкая к форме детали. В отдельных случаях раскатная заготовка получается из прессованного профиля с последующей его формовкой в виде кольцеобразной заготовки, затем производится сварка, зачистка сварного шва, термообработка с целью снятия внутренних напряжений и раскатки (калибровки) на раскатной роликовой машине. Этот способ позволяет обеспечивать достаточно близкое приближение формы заготовки к форме готовой детали.

**Горячее гидродинамическое выдавливание (ГГДВ).** Для получения заготовок с постоянным по длине фасонным профилем поперечного сечения у наружной поверхности и отверстия (в том числе, спиральной формы), имеющих относительно небольшой габарит (размер поперечного сечения до 80—120 мм и длина до 150—200 мм), в настоящее время успешно применяется метод ГГДВ [4]. В качестве материалов для получения заготовок этим методом могут быть использованы углеродистые и легированные стали, деформируемые алюминиевые сплавы, титановые сплавы.

**Электровысадка.** Электровысадка чаще всего применяется для получения цилиндрических заготовок с отформованными головками типа болтов. Операция обычно выполняется на установках, работающих в полуавтоматическом или автоматическом режиме и обеспечивающих нагрев зоны деформации в заданном интервале температур. В качестве ис-

ходных используются предварительно нарезанные заготовки определенной длины из холоднотянутых прутков (легированные стали, жаропрочные и титановые сплавы).

Материалы, применяемые для получения заготовок горячим деформированием, обладают различной обрабатываемостью давлением. В табл. 9 приведены справочные данные в виде классификации деформируемых металлов и сплавов с указанием температурных интервалов горячего деформирования и их обрабатываемости в горячем состоянии. Поскольку ряд пластичных материалов может успешно применяться для получения заготовок холодной штамповкой, в таблице даны и необходимые характеристики их способности деформироваться в холодном состоянии [5].

Таблица 9

Марка сплава	Холодная штамповка		Горячая штамповка температури. интервал, °С	Обрабатываемость давлением	
	разделительные операции	формующие операции		в холодном состоянии	в горячем состоянии
1	2	3	4	5	6

*Стальная штамповка*

Сталь с содержанием углерода до 0,3%	+	+	1200...800	хорошая	хорошая
0,3...0,5%	+	+	1150...800	—	—
0,5...0,9%	+	+	1100...800	—	—
0,9...1,5%	+	+	—	—	—
Низколегированная сталь	+	+	1100...825	—	—
Среднелегированная сталь	+	+	1100...850	—	—
Пержавеющая сталь	+	+	1150...900	удовл.	удовл.
Кислотостойкая сталь	+	+	1180...900	—	—

*Штамповка из алюминиевых сплавов*

АМц	+	+	510...300	удовл.	неудовл.
АМг	+	+	510...300	—	—
АМГ5	+	+	450...410	—	удовл.

1	2	3	4	5	6
АК6	—	—	490...420	хорошая	хорошая
Д1	+	+	470...400	—	—
Д16	+	+	—	—	—
АК8	—	—	470...400	—	хорошая
АК2	—	—	490...380	—	—
АК4	—	—	490...380	—	—
В95	+	—	430...350	хорошая	хорошая
<i>Штамповки из латуни</i>					
Л180	+	+	870...600	хорошая	хорошая
Л168	+	+	800...600	—	—
Л162	+	+	850...600	удовл.	хорошая
ЛЛ1159-3-2	+	+	750...700	—	отличная
ЛП165-5	+	+	870...800	отличная	—
ЛЖМц59-1-1	+	+	730...680	удовл.	хорошая
ЛМц58-2	+	+	730...650	—	удовл.
ЛМцА57-3-1	+	+	730...650	—	хорошая
ЛК80-3	+	+	850...750	хорошая	—
ЛС59-1	+	+	750...600	—	—
<i>Штамповка из бронзы</i>					
Бр.Б2	+	+	750...650	отличная	отличная
БрАМц9-2	+	+	850...800	—	—
БрАЖ9-4	+	+	850...750	—	хорошая
БрАЖМц10-3-1,5	+	+	825...775	—	—
БрАЖН10-4-4	+	+	900...850	—	—
БрКМц3-1	+	+	850...800	хорошая	—
БрОФ4-0,25	+	+	850...800	удовл.	—
БрОЦ4-3	+	+	750...600	—	—
<i>Штамповки из титановых сплавов</i>					
ВТ1-0 и ВТ1-00*)	+	+	1000...750	хорошая	хорошая
ВТ5-1*)	+	+	1080...1050	понижен.	хорошая
ОТ4*)	+	+	950...900	—	—
ВТ5	+	—	1150...970	весьма низкая	—

1	2	3	4	5	6
BT6	+	—	980...960	—	—
BT14	+	+	960...940	низкая	удовл.
BT20*)	+	+	1050	удовл.	хорошая
BT16	+	—	900	низкая	—
BT22	+	—	950...830	—	—
BT23	+	—	1000...900	—	—
BT8	+	—	1040...1000	весьма низкая	—
BT9	+	—	1040...100	—	—
BT25	+	—	1050	весьма низкая	хорошая
BT18	+	—	1080	весьма низкая	хорошая
BT15	+	—	1000...870	удовл.	—
BT30	+	—	—	—	—
<i>Штамповка из цинковых сплавов</i>					
ЦАМ 0,2—1	+	+	300...200	хорошая	хорошая
ЦАМ 4—1	—	—	300...200	—	—
ЦАМ 10—2	—	—	—	—	—
ЦА 15	—	—	—	—	—
ЦМ 1	—	—	—	—	—
ЦАМ 10—5	—	—	—	—	—

## Примечания.

1. В табл. 4 добавлен ряд марок современных титановых сплавов [8, 9]. Температурный интервал горячего деформирования уточнен на основании данных, приведенных в [10].

2. В качестве исходных заготовок предполагается использовать прутковый материал. Сплавы, помеченные \*, выпускаются также в виде листов.

3. Сплавы BT15, BT30 являются титановыми сплавами с преобладанием  $\beta$  — фазы. Удовлетворительная пластичность может быть получена после закалки.

4. Сплавы BT8, BT9, BT25, BT18, OT4 относятся к группе жаропрочных.



#### 1.4. РАСХОД МАТЕРИАЛА НА ЗАГОТОВКУ

При выборе способа получения заготовки и определении ее формы (конфигурации) необходимо стремиться к наибольшему приближению формы и размеров заготовки к параметрам готовой детали. Это способствует уменьшению расхода материала на получение заготовки и обуславливает снижение трудоемкости операций механической обработки.

Для оценки расхода материала на получение заготовки применяются две характеристики: коэффициент использования материала и коэффициент использования заготовки.

Коэффициентом использования материала (КИМ)\* называется отношение чистого веса (массы) детали или изделия к норме расхода материала на изготовление этой детали или изделия.

Коэффициентом использования заготовки (КИЗ) называется отношение чистого веса (массы) детали к весу (массе) заготовки.

Коэффициент использования материала определяется на основании зависимости

$$\text{КИМ} = \frac{G_d}{G_m}, \quad (1)$$

где  $G_d$  — чистый вес (масса) готовой детали, кг;

$G_m$  — норма расхода материала на получение заготовки, кг.

Под нормой расхода материала подразумевается полный расход металла на получение самой заготовки и дополнительный расход материала на образование системы литников и выпоров при получении отливки, потери материала при пробивке отверстия и в облой при штамповке, затраты на резку прутка и т. д.

Коэффициент использования заготовки может быть определен по формуле

$$\text{КИЗ} = \frac{G_d}{G_z}, \quad (2)$$

где  $G_z$  — вес (масса) заготовки, поступившей на обработку, кг.

Определение КИМ при курсовом проектировании в ряде случаев затруднено из-за сложности определения нормы рас-

\* Определения КИМ и КИЗ даны согласно ОСТам 1.41005-72-ОСТ 1.41009-72.

хода материала на получение заготовки  $G_m$ . Как отмечалось, она включает в себя не только вес (массу) заготовки, поступающей в механический цех, но и дополнительные затраты металла, связанные с получением заготовки (литники и выпоры для литых заготовок, переемычки пробиваемых отверстий и облой для штампованных заготовок, которые удаляются перед отправкой заготовки в механический цех, отход металла на разрезку прутка и др.). Не зная технологии получения заготовки (она разрабатывается технологом заготовительного цеха), естественно, невозможно точно установить перечисленные дополнительные затраты металла, а, следовательно, и определить  $G_m$ . Поэтому при курсовом проектировании удобно пользоваться величиной КИЗ, определяемой по формуле (2).

Предпочтительнее следует отдавать тем способам получения заготовки, которые при всех прочих равных условиях (высокая надежность работы детали в эксплуатации, производительность получения заготовки и ее стоимость, трудоемкость механической обработки) обеспечивают большие значения КИМ и КИЗ. Это имеет первостепенное значение для экономии дорогостоящих материалов (жаропрочные и титановые сплавы, высоколегированные стали, алюминиевые и магниевые сплавы и т. д.).

### **1.5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПО ВЫБОРУ ВАРИАНТОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ**

В расчетно-пояснительной записке должны быть приведены все необходимые сведения, предопределяющие выбор возможных способов получения заготовки и ее формы, т. е. изложены результаты технического анализа, сделанного на основе материала, приведенного в 1.1 с учетом справочных данных (1.2, 1.3).

По результатам технического анализа для сравнения выбираются 2—3 наиболее целесообразных способа получения заготовки и ориентировочно\* определяется ее форма (конфи-

\* Для определения формы и размеров выбранных для сравнения вариантов заготовок можно воспользоваться величинами допусков на размеры и припусков на механическую обработку, указанными в приложениях 1 и 2. Окончательные размеры и форма заготовки определяются после расчета межоперационных припусков по методике, приведенной в [11, 12].

гурация). Если в качестве базовой принимается заготовка, действующая в производстве, то для сравнения необходимо выбрать еще один—два по возможности более прогрессивных способа получения заготовки.

Затем необходимо привести краткое описание выбранных способов получения заготовки с указанием их достоинств и недостатков. Целесообразно также дать эскизы вариантов заготовок (упрощенной конфигурации) с указанием их принципиального отличия.

После этого производятся экономические расчеты, на основании которых определяется оптимальный вариант заготовки.

гурация). Если в качестве базовой принимается заготовка, действующая в производстве, то для сравнения необходимо выбрать еще один—два по возможности более прогрессивных способа получения заготовки.

Затем необходимо привести краткое описание выбранных способов получения заготовки с указанием их достоинств и недостатков. Целесообразно также дать эскизы вариантов заготовок (упрощенной конфигурации) с указанием их принципиального отличия.

После этого производятся экономические расчеты, на основании которых определяется оптимальный вариант заготовки.

готовки, характеризующейся высоким коэффициентом использования металла (КИМ, КИЗ) и меньшей стоимостью. В тех случаях, когда в каком-либо из сравниваемых вариантов необходимо учесть затраты на дополнительную черновую механическую обработку (например, дополнительные проходы при черновой токарной обработке, фрезеровании и т. п., сверление центрального отверстия и др.), ориентировочный расчет норм времени  $T_{ш.к}$  может быть выполнен на основании зависимостей, приведенных в приложении 3. Для перевода норм времени в денежное выражение необходимо воспользоваться часовыми тарифными ставками  $C_{тф}$  (прил. 4).

Таким образом, затраты на дополнительную черновую обработку определяются по формуле

$$C_d = \frac{T_{ш.к} C_{тф}}{60}, \quad (3)$$

где  $T_{шт}$  — штучно-калькуляционное время, мин;

$C_{тф}$  — часовая тарифная ставка, руб./ч.

Для расчета затрат на дополнительную черновую механическую обработку принимают разряды работы 1—3 (в зависимости от сложности выполняемой обработки). Дополнительные затраты на разметку отливок могут быть также подсчитаны по формуле (3). При этом в зависимости от сложности заготовки принимают  $T_{ш.к} = 6—20$  мин, разряд работы — 3—5. Аналогично могут быть подсчитаны и другие дополнительные затраты.

Если сравниваемые варианты заготовок с учетом дополнительных затрат оказываются практически равноценными, предпочтительным следует считать вариант заготовки с более высоким КИМ (КИЗ).

В третьем случае вопрос о целесообразности применения определенного вида заготовки может быть решен лишь после расчета технологической себестоимости детали по сравниваемым вариантам.

Расчет технологической себестоимости детали обычно выполняется раздельно. Сначала по приведенной методике определяется стоимость вариантов заготовки, а затем варианты технологических процессов изготовления детали сравниваются по методике, изложенной в [13, 14, 15, 16].

Предпочтительна заготовка, обеспечивающая меньшую суммарную технологическую себестоимость (стоимость заготовки и себестоимость варианта техпроцесса изготовления детали). Если же сопоставляемые варианты по суммарной тех-

нологической себестоимости оказываются практически равноценными, то предпочтительным следует считать вариант заготовки с более высоким КИМ (КИЗ).

В тех случаях, когда деталь изготавливается из проката, затраты на заготовку определяются по весу проката, требующегося на изготовление детали без веса сдаваемой стружки. При этом учитывается стандартная длина прутков:

$$M = G_3 S - (G_3 - G_d) \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (4)$$

где  $G_3$  — вес (масса) заготовки, поступающей в механический цех, кг;

$S$  — цена 1 кг материала заготовки, руб;

$G_d$  — вес (масса) готовой детали, кг;

$S_{отх}$  — цена 1 т отходов, руб.

Стоимость некоторых металлов и сплавов и заготовительные цены 1 т стружки черных и цветных металлов (в рублях) приводятся в табл. 10, 11.

Таблица 10

Наименование материала	Марка материала	Цена за 1 т. руб.	
		от	до
1	2	3	4

*Сталь обыкновенная*

углеродистая круглая и квадратная	Ст. 0	83—90	95—104
	Ст. 3, 4, 5	92—30	104

*Сталь качественная углеродистая, (круглая, квадратная, шестигранная)*

	Ст. 10, 20, 30, 40, 45, 50, 55	106 130	122 157
	легированная 15X, 20X, 30X, 35X, 40X, 45X, 50X	118	134
легированная	18ХГТ	178	119
	30ХГТ	178	199
	20ХГТ	126	143
	15ХГС, 30ХГСА	128	153
	12ХНЗА, 20ХНЗА	241	266
	20ХНР	158	175
автоматная	Ст. А12, А20, А30, А40Г	117	135

1	2	3	4
шарикоподшипниковая	ШХ9, ШХ15	152	173
	ШХ15С	611	629
	ШХ15СТ	158	181
<i>Сталь инструментальная</i>			
углеродистая	У7-У13	115	139
	У7А-У13А	131	157
легированная быстрорежущая прутки Ø32...50 мм	ХВГ	326	360
	Р18	2510	
	Р9	1770	
	Р6М5, Р9Ф5	2210	
	Р9К10	5680	
<i>Сталь калиброванная (холоднотянутая)</i>			
углеродистая	Ст. 35, 40, 45, 50, 55, 60	125	160
	А12, А20	131	166
автоматная	ШХ9, ШХ15	213	294
<i>Цветные металлы и сплавы</i>			
прутки латунные, 4-й кл. Ø17...20 мм 35...40	Л62		915
			900
латунные Ø17...20 мм 35...40	ЛС59-1, ЛСЖ58-1-1		775
			770
из алюминиево-магниевого сплава Ø13...19 мм Ø28...44	АМГ-3		1130
			1040
бронзовые тянутые Ø17...20 мм 35...40	БрОЦ4-3		1750
			1690
из алюминиевого сплава	В95	800	830
	ДЦТ	1064	1134
	АК4	1370	1440
	АК6	944	1360
алюминиевые сплавы (чушки)	АК4, АЛ5	600	670
	АЛ2	400	500

1	2	3	4
<i>Трубы стальные бесшовные (цены за 10 погонных метров трубы)</i>			
стальные холодноотянутые Ø55, стенка 10 мм	Ст. 08-60	21—90	
стальные холодноотянутые Ø70 мм, стенка 10 мм 90 — 10	Ст. 08-60		29—50 37
стальные горячекатаные Ø102 мм, стенка 20 мм 121 — 25 152 — 36			144 141 136
подшипниковые ≤ Ø91 мм, стенка 10...11 мм 91 — 18...19	ШХ15		293 258
магниево-алюминиевые сплавы (чушки)	МЛ5 МЛ9	640 2500	670 3500

*Жаропрочные и титановые сплавы*

прутки из жаропрочных сплавов	ХН77ТЮР (ЭИ437Б)	1000	4500
	ХН170МВТЮБ (ЭИ598)	7530	7550
жаропрочный литейный сплав (чушки)	ЖС6К	5600	
прутки из титанового сплава	ОТ4		7200
	ВТ3-1		8000
	ВТ8		8600
	ВТ9		9600
	ВТ18	11990	12300
	ВТ20	7510	7770
	ВТ5	5910	6020
титановый сплав литейный (чушки)	ВТ5Л		3830
	ВТ20Л		4740

Примечание. При определении цен следует учитывать, что пределы «от» и «до» за тонну стали указаны для диаметров от 8 до 250 мм, большие цены принимаются для меньших диаметров прутков стали. По автоматным сталям принимаются диаметры от 8 до 100 мм.



Тип отхода	Цена за 1 т, руб
Стальная и чугунная стружка для доменных печей	14,4
Лом и отходы легированной стали	29,8
Лом и отходы шарикоподшипниковой стали	38
Латунная стружка	319
Лом и отходы бронзы	
оловянистой	443
безоловянистой	282
бериллиевой	1168
свинцовой	255
Лом и отходы алюминиевых сплавов (стружка)	240...283
Лом и отходы магниевых сплавов	145...180
Титановые сплавы (стружка)	190...230
Жаропрочные сплавы	307

## 2.2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА СТОИМОСТИ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДАМИ ЛИТЬЯ И ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Стоимость заготовок, получаемых такими методами, как литье в обычные земляные формы и кокили, литье по выплавляемым моделям, под давлением, горячая штамповка на молотах, прессах и ГКМ, раскатка, ГГДВ, а также электровысадкой можно с достаточной точностью определить по формуле

$$S_z = \frac{C_i}{1000} G_z K_r K_c K_b K_m K_n - (G_z - G_d) \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (5)$$

где  $C_i$  — базовая стоимость 1 т заготовок, руб;

$K_r$  — коэффициент, зависящий от класса точности заготовки;

$K_r, K_b, K_m, K_n$  — коэффициенты, учитывающие соответственно группу сложности, вес заготовки, марку материала, объем производства заготовок;

$G_d$  — чистый вес (масса) детали, кг;

$S_{отх}$  — цена за 1 т отходов, руб (табл. 11).

Для определения веса (массы) заготовки  $G_z$  рекомендуются два приема:

1. Если деталь (заготовка) имеет сложную конфигурацию (литые корпуса или поковки сложной формы и т. п.), то  $G_3$  определяется как сумма чистого веса (массы) детали  $G_d$  и весов (масс) припусков на технологических поверхностях, где они предусмотрены при проектировании заготовки. Как правило, объемы припусков удается представить в виде простых объемных фигур. Значение  $G_d$  берется из чертежа детали.

2. Если заготовка имеет относительно простую конфигурацию, ее вес (массу) можно подсчитать условно, разбив ее на простые объемные фигуры. Для облегчения расчета объемов простых фигур можно воспользоваться справочной литературой (А. А. Рывкин, А. З. Рывкин, Л. С. Хренов. Справочник по математике. М.: Высшая школа, 1975, с. 196—200 и др.).

Коэффициенты  $K_r, K_{ct}, K_v, K_m, K_{II}$  определяются при выполнении конкретных расчетов стоимости заготовки. При переходе от объема к весу (массе) могут быть приняты следующие значения плотностей (удельных весов) металлов и сплавов (табл. 12).

Т а б л и ц а 12

Материал	Плотность, г/см <sup>2</sup>	Материал	Плотность, г/см <sup>2</sup>
Сталь	7,8	Алюминиевые сплавы	2,6...2,8
Чугун серый	6,8...7,2	Магниеые сплавы	1,7...1,8
ковкий	7,2...7,4		
Жаропрочные сплавы на никелевой основе	7,9...8,0	Латуни	8,4...8,8
Титановые сплавы	4,5...4,8	Бронзы	8,0...9,0

Пр и м е ч а н и е Группа сложности отливок устанавливается по следующим признакам [1]:

I г р у п п а — удлиненные детали типа тел вращения, которые можно отливать не только стационарным, но и центробежным способом. К ним относятся простые и биметаллические вкладыши, некоторые втулки, гильзы, трубы, цилиндры и т. п. Отношение длины к диаметру у таких деталей больше единицы.

II г р у п п а — детали типа дисков: маховики и диски муфт сцепления, шкивы, диски, а также корпуса подшипников.

III г р у п п а — простые по конфигурации коробчатые детали, для формовки которых не требуется большого количества стержней. К этой группе относятся крышки двигателей, коробок скоростей и передач и других корпусных деталей, кронштейны, планки, вилки, рычаги.

IV группа — закрытые корпусные детали коробчатого типа, внутри которых монтируются механизмы машин. Это — блоки и головки цилиндров двигателей, корпуса коробок передач, картеры двигателей и другие детали сложной формы, для изготовления которых требуется значительное количество стержней при формовке. Группа сложности заготовок, получаемых горячим деформированием, может быть установлена с достаточной точностью на основании классификации, приведенной на рис. 1 и 2.

### 2.2.1. Расчет стоимости отливок, получаемых литьем в обычных земляных формах и металлических формах — кокилях

Исходные данные для расчета:

а) Базовая стоимость одной тонны отливок  $C_1 = 290$  руб (отливки из серого чугуна СЧ-00; СЧ12-28; СЧ-15-32; СЧ18-36 весом (массой) 1—3 кг, 3-го класса точности по ГОСТу 1855-55, 3-й группы сложности и 3-й группы серийности). Прейскурант № 25-01, 1970 г.

б) Коэффициент  $K_T$  (в зависимости от класса точности отливок) для отливок из черных металлов: 1-й кл. точности — 1,06; 2-й кл. точности — 1,03; 3-й кл. точности — 1,0.

Для отливок из цветных металлов (АН-1026-55):

4-й кл. точности (ЛТ4 по ОСТ1 41154-72) — 1,1;

5-й кл. точности (ЛТ5 по ОСТ1 41154-72) — 1,05;

6-й кл. точности (ЛТ6 по ОСТ1 41154-72) — 1,0.

в) Коэффициент  $K_M$  (в зависимости от марки материала отливок):

Ч у г у н:

СЧ12-28; СЧ15-32; СЧ18-36	— 1,0
СЧ24-44; СЧ32-52; СЧ28-48	— 1,09
СЧ35-56; СЧ38-60	— 1,1
КЧ30-6; КЧ33-8; КЧ35-10; КЧ37-12	— 1,15

С т а л ь: углеродистая — 1,21; низколегированная — 1,60; легированная — 2,20—2,60.

Цветные сплавы: алюминиевые — 6,0—8,0; магниевые — 8—12; медноцинковые и бронзы оловянистые — 4,15; бронзы оловянисто-свинцовые — 5,40; цинковые — 3,40.

г) Значения коэффициентов  $K_c$ ,  $K_v$  и  $K_n$  в зависимости от группы сложности отливок, их веса (массы) и объема производства принимаются по табл. 13, 14, 15.

Чтобы определить коэффициент  $K_n$ , за объем производства можно принять годовую программу. Для этого необходимо сначала установить группу серийности, а затем найти значение  $K_n$ .

Группы серийности отливок в зависимости от способа их получения и объема производства приведены в табл. 16.

Таблица 13

Материал отливки	Значение коэффициента $K_c$ для группы сложности			
	1	2	3	4
Чугун, сталь	0,7	0,83	1	1,2
Алюминиевые сплавы	0,82	0,89	1	1,1
Магниевые сплавы	0,82	0,90	1	1,11
Медные сплавы и бронза	0,97	0,98	1	1,02
Цинковые сплавы	0,92	0,96	1	1,05

Таблица 14

Вес (масса) отливки, кг	Значение коэффициента $K_v$ для материала отливок				
	Чугун	Сталь	Алюминиевые сплавы	Магниевые сплавы	Бронза и цинковые сплавы
0,5...1,0	1,1	1,07	1,05	1,07	1,01
1,0...3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3,0...10	0,91	0,93	0,96	0,97	0,99
10...20	0,84	0,87	0,94	0,94	0,99
20...50	0,8	0,82	0,92	0,91	0,98
50...200	0,74	0,78	0,89	0,88	0,97

Таблица 15

Материал отливки	Значение коэффициента $K_p$ для группы серийности				
	1	2	3	4	5
Чугун	0,52	0,76	1,0	1,2	1,44
Сталь	0,50	0,77	1,0	1,2	1,48
Алюминиевые сплавы	0,77	0,9	1,0	1,11	1,22
Магниеые сплавы	0,82	0,92	1,0	1,1	1,17
Медноцинковые сплавы	0,91	0,96	1,0	1,05	1,08
Сплавы из цинка	0,85	0,93	1,0	1,06	1,14

Таблица 16

Вес (масса) отливки, кг	Объем (тыс. шт.) при группах серийности			Вес (масса) отливки, кг	Объем (тыс. шт.) при группах серийности			
	1	2	3		1	2	3	
<i>Литье в обычные земляные формы и кокилы</i>	0,5...1,0	>500	100...500	<100	1,0...2,0	>12	9...12	<9
	1,0...3,0	>350	75...350	<75	2,0...5,0	>10	7...10	<7
	3,0...10	>200	30...200	<30	5,0...10	>4	3...4	<3
	10...20	>100	15...100	<15	Более 10	>3	2...3	<2
	20...50	>60	10...60	<7,5				
50...200	>40	7,5...40	<4,5					
<i>Литье по выплавляемым моделям</i>	0,1...0,2	>400	300...400	<300	<i>Литье под давлением</i>			
	0,2...0,5	>300	225...300	<225	0,1...0,2	>600	450...600	<450
	0,5...1,0	>15	11...15	<11	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	

### 2.2.2. Расчет стоимости отливок, получаемых литьем по выплавляемым моделям

Исходные данные для расчета:

а) Базовая стоимость одной тонны отливок  $C_2 = 1600$  руб (отливки из углеродистой стали весом (массой) 0,1—0,2 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности). Прейскурант 25-01, 1970 г.

б) Коэффициент  $K_T$  (в зависимости от класса точности отливок):

- 1-й кл. точности (по ГОСТ 1855-55) — 1,1  
 2-й кл. точности (по АН 1026-55) — 1,05  
 3-й кл. точности (по АН 1026-55) — 1,0  
 в) Коэффициент  $K_m$  (в зависимости от марки материала отливки):  
 Сталь углеродистая (низколегированная) — 1,0—1,04  
 Сталь высоколегированная — 1,23  
 Бронзы безоловянистая и оловянистая — 1,52—1,83  
 Титановые сплавы — 8...10  
 Жаропрочные сплавы на никелевой основе — 4...6  
 г) Значения коэффициентов  $K_c$  и  $K_b$  в зависимости от группы сложности и веса отливок (массы отливок принимаются по табл. 17 и 18).

Таблица 17

Материал отливок	Значение коэффициента $K_c$ для группы сложности			
	1	2	3	4
Сталь углеродистая	0,86	0,92	1,0	1,12
Сталь низколегированная	0,86	0,93	1,0	1,11
Сталь высоколегированная	0,85	0,90	1,0	1,12
Медные сплавы	0,865	0,925	1,0	1,15
Бронза безоловянистая	0,9	0,95	1,0	1,08
Бронза оловянистая	0,92	0,95	1,0	1,10
Титановые сплавы	0,94	0,98	1,0	1,2
Жаропрочные сплавы на никелевой основе	0,96	0,99	1,0	1,3

Таблица 18

Вес (масса) отливки, кг	Значение коэффициента $K_b$ для материала отливок					
	Сталь углеродистая, низколегированная	Сталь высоколегированная	Бронза безоловянистая	Бронза оловянистая	Титановые сплавы	Жаропрочные сплавы
0,05...0,10	1,37	1,31	1,30	1,30	1,4	1,6
0,10...0,20	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,20...0,50	0,75	0,78	0,79	0,83	0,90	0,92
0,50...1,0	0,7	0,74	0,76	0,80	0,88	0,90
1,0...2,0	0,62	0,63	0,71	0,76	0,76	0,80
2,0...5,0	0,50	0,53	0,64	0,70	0,72	0,76
5,0...10	0,45	0,48	0,61	0,67	0,70	0,72
>10	0,38	0,40	0,57	0,64	0,68	0,70

Коэффициент  $K_{II}$  для отливок, получаемых по выплавляемым моделям, определяется независимо от марки материала отливки. Группа серийности, на основании которой выбирают значения коэффициента  $K_{II}$ , приведена в табл. 16.

Значения коэффициента  $K_{II}$  в зависимости от группы серийности составляют: 1-я группа серийности — 0,83; 2-я группа серийности — 1,00; 3-я группа серийности — 1,23.

### 2.2.3. Расчет стоимости отливок, получаемых литьем под давлением

Исходные данные для расчета:

а) Базовая стоимость одной тонны отливок  $C_3 = 1780$  руб (отливки из алюминиевых сплавов весом (массой) 0,1—0,2 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности). Прейскурант 25-01, 1970 г.

б) Коэффициент  $K_T$  (в зависимости от класса точности по АН1026-55):

1-й кл. точности (ЛТ1 по ОСТ 1.41154-72) — 1,05

2-й кл. точности (ЛТ2 по ОСТ 1.41154-72) — 1,0

в) Коэффициент  $K_M$  (в зависимости от марки материала отливок):

Алюминиевые сплавы — 1,0...1,5

Магниеые сплавы — 1,5...2,0

Медные сплавы — 0,93

Цинковые сплавы — 0,81

г) Значения коэффициентов  $K_C$ ,  $K_{II}$ ,  $K_{II}$  в зависимости от группы сложности, веса заготовок и объема производства принимаются по табл. 19, 20, 21. Группа серийности принимается по табл. 16.

Таблица 19

Материал отливки	Значение коэффициента $K_C$ для группы сложности			
	1	2	3	4
Алюминиевые сплавы	0,88	0,94	1,0	1,07
Магниеые сплавы	0,85	0,92	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 20

Вес (масса) отливки, кг	Значение коэффициента $K_p$ для материала отливок			
	Алюми- ниевые сплавы	Магниевые сплавы	Медные сплавы	Цинко- вые сплавы
0,1...0,2	1,0	1,0	1,0	1,0
0,2...0,5	0,90	0,85	0,89	0,91
0,5...1,0	0,81	0,75	0,81	0,82
1,0...2,0	0,75	0,68	0,75	0,75
2,0...5,0	0,69	0,61	0,71	0,70
5,0...10	0,64	0,57	0,67	0,63
>10	0,62	0,55	0,65	0,61

Таблица 21

Материал отливки	Значение коэффициента $K_p$ для группы серийности		
	1	2	3
Алюминиевые сплавы	0,92	1,0	1,09
Магниевые сплавы	0,88	1,0	1,08
Медные сплавы	0,93	1,0	1,07
Цинковые сплавы	0,93	1,0	1,07

**2.2.4. Расчет стоимости заготовок, получаемых горячим деформированием на молотах, прессах, горизонтально-ковочных машинах, раскатыванием, горячим гидродинамическим выдавливанием, электровысадкой**

Исходные данные для расчета:

а) Базовая стоимость одной тонны штамповки  $C_4 = 315$  руб [штамповки из конструкционной углеродистой стали весом (массой) 2,5—4 кг, 2-го класса точности по ГОСТ 7505-74, 3-й группы сложности и 2-й группы серийности]. Прейскурант № 25—01, 1970 г.

б) Коэффициент  $K_T$  (в зависимости от класса точности штамповок по ГОСТ 7505-74):

1-й кл. точности	—1,05...1,15
(4-й кл. точности по ОСТ 1.41187-78)	
2-й кл. точности	—1,0



(5-й кл. точности по ОСТ 1.41187-78)	
3-й кл. точности	—0,85...0,90
(6-й кл. точности по ОСТ 1.41187-78)	
в) Коэффициент $K_M$ (в зависимости от марки материала штамповки):	
Углеродистая сталь 0,8—85	—1,0
Сталь 15X—50X	—1,2...1,4
Сталь 18ХГТ—30ХГТ	—1,3...1,6
Сталь ШХ15	—1,62
Сталь 12ХНЗА—30ХНЗА	—2,0...2,4
Алюминиевые сплавы	
Д1Т, В95	—4,0...5,0
АК4, АК6	—5,0...6,0
Титановые сплавы	
ОТ4, ВТ5, ВТ20	—30...35
ВТЗ-1, ВТ8, ВТ9, ВТ18	—35...40
Жаропрочные сплавы на никелевой основе типа ХН77ТЮР (ЭИ437Б), ХН70МВТЮБ (ЭИ598)	—35...40.
г) Значение коэффициентов $K_c$ и $K_b$ в зависимости от группы сложности и веса (массы) штамповок принимаются по табл. 22, 23.	

Таблица 22

Материал штамповки	Значение коэффициента $K_c$ для группы сложности			
	1	2	3	4
Сталь углеродистая 08-85	0,75	0,84	1,0	1,15
Сталь 15X—50X	0,77	0,87	1,0	1,15
Сталь 18ХГТ—30ХГТ	0,78	0,88	1,0	1,14
Сталь ШХ15	0,77	0,89	1,0	1,13
Сталь 12ХНЗА—30ХНЗА	0,81	0,90	1,0	1,10
Титановые сплавы	0,85	0,93	1,0	1,25
Жаропрочные сплавы на никелевой основе	0,90	0,96	1,0	1,30
Алюминиевые сплавы	0,7	0,80	1,0	1,15

Таблица 23

Вес (масса) штамповки, кг	Значение коэффициента $K_v$ для материала штамповок					
	Сталь 08-85	Сталь 18ХГТ— 30ХГТ	Сталь 12ХН3А— 30ХН3А	Титано- вые сплавы	Жаро- прочные сплавы	Алюми- ниевые сплавы
≤0,25	2	1,94	1,62	2,1	2,2	1,5
0,25...0,63	1,85	1,61	1,42	1,9	1,95	1,25
0,63...1,6	1,33	1,29	1,25	1,5	1,6	1,20
1,60...2,5	1,14	1,15	1,11	1,2	1,25	1,10
2,50...4,0	1,0	1,0	1,00	1,0	1,0	1,0
4,0...10	0,89	0,89	0,90	0,90	0,95	0,85
10,0...25	0,80	0,79	0,80	0,80	0,85	0,75
25...63	0,73	0,74	0,75	0,72	0,75	0,7
63...160	0,70	0,72	0,70	0,70	0,72	0,6

д) Коэффициент  $K_n$  в зависимости от объема производства штамповок.

Коэффициент  $K_n$  определяется из следующего условия. Если объем производства заготовок (годовая программа) больше значений, указанных в табл. 24, то принимают  $K_n = 0,8$ . В остальных случаях можно принимать  $K_n = 1,0$ .

Объем производства штамповок, соответствующий 2-й группе сложности, показан в табл. 24.

Таблица 24

Вес (масса) штамповки, кг	Объем производ- ства, тыс. шт	Вес (масса) штамповки, кг	Объем производ- ства, тыс. шт
≤0,25	15...300	4...10	3,5...75
0,25...0,63	8...300	10...25	3,0...50
0,63...1,60	5...150	25...63	2,0...30
1,60...2,50	4,5...120	63...160	0,6...1,0
2,50...4,0	4...100		

Примечание. В связи с тем, что раскатные заготовки получают в два этапа (получение кольцевой заготовки штамповкой или свободной ковкой с последующей раскаткой), расчет стоимости следует производить, как для штамповки или свободнойковки с введением дополнительного правочного коэффициента  $K_{раск}$ , учитывающего дополнительные затраты на выполнение раскатки. В зависимости от сложности профиля раскатной заготовки значение этого коэффициента можно принять равным 1,05—1,25.

### 2.3. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

Результаты экономического расчета, связанного с определением и назначением наиболее рационального способа получения заготовки, целесообразно свести в таблицу по прилагаемой форме (табл. 25).

При сопоставлении сравниваемых способов получения заготовки (когда технологический процесс механической обработки не претерпевает принципиальных изменений) экономия в рублях может быть рассчитана на одну заготовку и на годовую программу по двум вариантам.

Т а б л и ц а 25

Наименование показателей	Единица измерения	1 вариант	2 вариант
Способ получения заготовки	—		
Материал заготовки	—		
Чистый вес (масса) детали	кг		
Вес (масса) заготовки	кг		
Экономия материала			
на одну заготовку	кг		
на годовую программу	кг		
КИМ (КИЗ)	—		
Стоимость заготовки, $S_3$	руб.		
Дополнительные затраты на:			
механическую обработку	руб.		
разметку	руб.		
Стоимость заготовки с учетом дополнительных затрат, $S'_3$	руб.		
Экономия на одну заготовку	руб.		
Экономия на годовую программу	руб.		

Экономия на одну заготовку и на годовую программу может быть рассчитана на основании следующих зависимостей:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E}_3 &= S'_3 - S_3; \\ \mathcal{E}_r &= (S'_3 - S_3) N, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где  $\mathcal{E}_3$  и  $\mathcal{E}_r$  — экономия соответственно на одну заготовку и на годовую программу, руб;

$S'_{3_1}$  и  $S'_{3_2}$  — стоимости сопоставляемых вариантов заготовок с учетом дополнительных затрат на механическую обработку, разметку и др., руб;

$N$  — годовая программа, шт.

В тех случаях, когда выбранные для экономического сравнения способы получения заготовки диктуют необходимость разработки принципиально отличных технологических процессов, вопрос о целесообразности применения того или иного вида заготовки может быть решен только после расчета технологической себестоимости по сравниваемым вариантам (см. указания на с. 29). Результаты расчета целесообразно свести в таблицу по прилагаемой форме (табл. 26).

Т а б л и ц а 26

Наименование показателей	Единица измерения	1 вариант	2 вариант
Способ получения заготовки	—		
Стоимость заготовки, $S_3$	руб.		
Отличающиеся операции при обработке заготовки			
1-я операция,			
стоимость обработки	руб.		
2-я операция,			
стоимость обработки	руб.		
остальные операции по сравниваемым вариантам одинаковы			
Технологическая себестоимость сравниваемых вариантов			
$C_0 = S_3 + C_{об}$	руб.		
Экономия на одну деталь	руб.		
Экономия на годовую программу	руб.		

Подсчет экономии по результатам, занесенным в табл. 26, может выполняться, как и в предыдущем случае, на одну заготовку и на годовую программу.

Экономия на одну заготовку и на годовую программу определяется на основании следующих зависимостей:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E}_3 &= C_{0_1} - C_{0_2}; \\ \mathcal{E}_r &= (C_{0_1} - C_{0_2}) N, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где  $C_0$  и  $C_0'$  — технологическая себестоимость сравниваемых вариантов, включающая соответственно по вариантам стоимости заготовок и обработки по сравниваемым операциям, руб;  
 $N$  — годовая программа, шт.

#### 2.4. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СТОИМОСТИ ЗАГОТОВОК

Рассмотрим типичные примеры сравнительных расчетов стоимости заготовок, полученных различными способами литья и горячего деформирования.

##### Пример 1.

На рис. 3 и 4 показаны два варианта получения заготовки корпуса из магниевого сплава МЛ5Т6 [чистый вес (масса) детали 7,2 кг].

Первый вариант (рис. 3) — отливка в земляную форму, вес (масса) заготовки  $G_{з1} = 11,2$  кг.

Второй вариант (рис. 4) — отливка в металлическую форму — кокиль, вес (масса) заготовки  $G_{з2} = 10$  кг.

При указанных вариантах получения заготовок технологический процесс изготовления детали будет одинаковым. Поэтому сравнительный экономический расчет выполняется по стоимости приведенных вариантов с учетом дополнительных затрат. В качестве дополнительных затрат, относящихся к первому варианту (отливка в землю), можно принять затраты на разметку. Объясняется это тем, что при отливке в кокиль операцию разметки, как правило, удается отменить.

Расчет стоимости заготовок для первого и второго вариантов обработки производится по уравнению (5):

$$S_3 = \frac{C_1}{1000} G_3 K_T K_C K_B K_M K_n - (G_3 - G_4) \frac{S_{отк}}{1000}$$

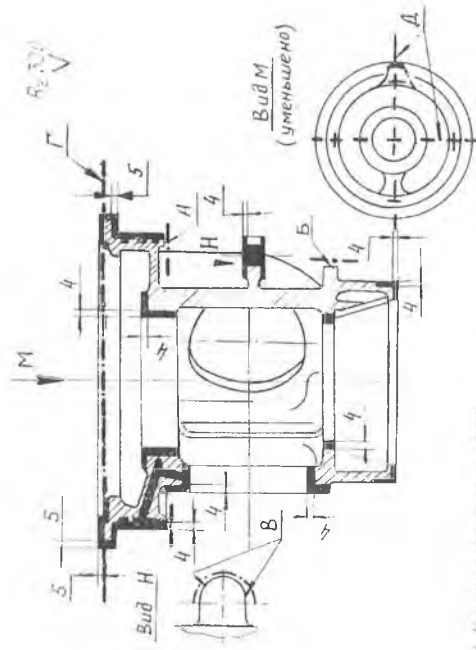
с учетом коэффициентов, приведенных в 2.2.1.

Основные данные для расчета целесообразно свести в таблицу (табл. 27).

Определим стоимости заготовок по первому и второму вариантам:

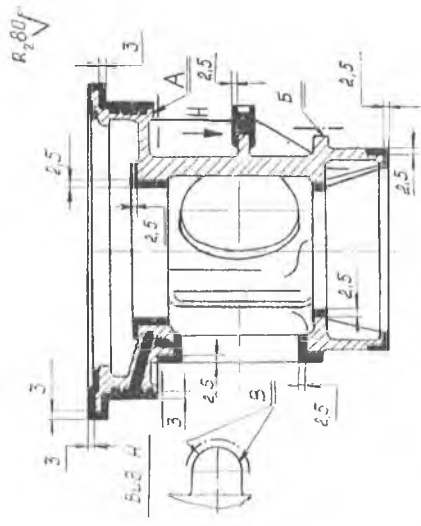
$$S_1 = \frac{290}{1000} 11,2 \cdot 1,0 \cdot 8,5 \cdot 1,11 \cdot 0,94 \cdot 1,0 - 4,0 \frac{160}{1000} = 28,11;$$

$$S_2 = \frac{290}{1000} 10 \cdot 1,05 \cdot 8,5 \cdot 1,11 \cdot 0,94 \cdot 1,0 - 2,8 \frac{160}{1000} = 26,45.$$



1. Класс точности ЛТБ.
2. Термодраблитель № 70.
3. Группы контроля Ш.
4. Базы для механической обработки:
5. Базы для механической обработки: ов. д. в. в.
6. Детали литника и выворов д. ... 5 мм.
7. Качество зачеканки литейных поверхностей должно соответствовать установленному стандарту.
8. Все остальные размеры по чертежу детали № ... корпус.
9. Кус = 0,6.

Рис. 3. Эскиз заготовки корпуса, получаемой литьем в земляную форму



1. Класс точности ЛТБ.
2. Термодраблитель № 70.
3. Группы контроля Ш.
4. Базы для механической обработки: ов. д. в. в.
5. Детали литника и выворов д. ... 4 мм.
6. Качество зачеканки литейных поверхностей должно соответствовать установленному стандарту.
7. Все остальные размеры по чертежу детали № ... корпус.
8. Кус = 0,7.

Рис. 4. Эскиз заготовки корпуса, получаемой литьем в кокиль

Наименование показателей	Единица измерения	1 вариант (отливка в земляную форму)	2 вариант (отливка в кокиль)
Вес (масса) заготовки, $G_3$	кг	11,2	10
Вес (масса) детали, $G_d$	кг	7,2	7,2
Базовая стоимость одной тонны отливок, $C_1$	руб.	290	290
Коэффициент, учитывающий точность отливок, $K_T$		1,0 (ЛТ6)	1,05 (ЛТ5)
Коэффициент, учитывающий марку материала, $K_M$		8,5 (магниевого сплавы)	
Коэффициенты, зависящие от группы сложности веса (массы) отливок и объема производства, $K_C$ $K_B$ $K_P$		1,11 (табл. 13, магниевые сплавы I...V гр. слож.) 0,94 (табл. 14) 1,0 (табл. 15)	
Вес (масса) отходов $G_3 - G_d$	кг	4	2,8
Стоимость 1 т отходов, $S_{отх}$ табл. 11	руб.	160	160

Расчет дополнительных затрат производится применительно к операции «Разметка» для первого варианта (отливка в земляную форму) по формуле (3):  $C_d = \frac{T_{шк} C_{тф}}{60}$ .

Учитывая, что рассматриваемую заготовку корпуса можно отнести к категории сложности выше средней, трудоемкость операции «Разметка»  $T_{шк}$  можно принять равной 15 мин, часовую тарифную ставку  $C_{тф} = 0,67$  руб/ч (прил. 4, разряд 5).

Следовательно,  $C_d = \frac{15 \cdot 0,67}{60} = 0,17$  руб.

Результаты расчета целесообразно свести в табл. 28, аналогичную табл. 25.

Таблица 28

Наименование показателей	Единица измерения	1 вариант (отливка в земляную форму)	2 вариант (отливка в кокиль)
1	2	3	4

Материал заготовки

Магниевый сплав МЛ5-Т6

Чистый вес (масса) детали

кг

7,2 кг

1	2	3	4
Вес (масса) заготовки	кг	11,2	10
Экономия материала	—		
на одну заготовку	кг	11,2 — 10 = 1,2	
на годовую программу	кг		1,2 <i>N</i>
КИЗ		0,6	0,7
Стоимость заготовки	руб.	28,11	26,45
Дополнительные затраты на:			
механическую обработку	кг	—	—
разметку	кг	0,17	
Стоимость заготовки с учетом допол- нительных затрат, $S_3'$	кг	28,28	26,45
Экономия на одну заготовку	руб.	28,28 — 26,45 = 1,83	
Экономия на годовую программу	руб.		1,83 <i>N</i>

На основании выполненных расчетов можно утверждать, что из двух выбранных для сравнения вариантов лучшим является 2-й вариант заготовки (отливка в кокиль), имеющий меньшую стоимость и больший КИЗ.

### Пример 2

На рис. 5 и 6 представлены эскизы двух вариантов получения заготовки шестерни из стали 38ХМЮА, чистый вес (масса) детали — 0,54 кг.

Первый вариант (рис. 5) — штамповка в открытом штампе на КГШП, вес (масса) заготовки  $G_3 = 2,98$  кг;

второй вариант (рис. 6) — поковка, полученная свободной ковкой, вес (масса) заготовки  $G_3 = 4,05$  кг.

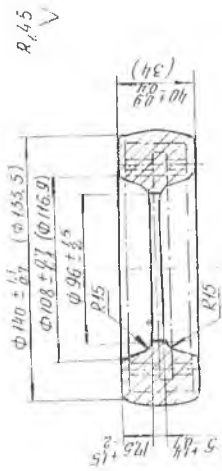
При этих вариантах получения заготовки не возникает необходимости разработки принципиально отличных техпроцессов. Следовательно, сравнительный экономический расчет выполняется по стоимости приведенных вариантов с учетом дополнительных затрат на механическую обработку заготовки, полученной свободной ковкой (второй вариант).

Расчет стоимости заготовок по первому и второму вариантам производится по формуле (5):

$$S_3 = \frac{C_1}{1000} G_3 K_r K_c K_b K_m K_n - (G_3 - C_d) \frac{S_{отх}}{1000}$$

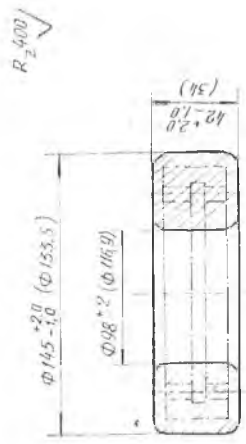
с учетом коэффициентов, приведенных в п. 2.2.4.





1. Грубые концы 2.
2. Смещение шестерни в плоскости разреза не более 0,4.
3. Высотные отбоя до 1,2 на спирину.
4. Неукрепленные радиусы R = 4 мм.
5. Дефекты допускаются на глубину до половины толщины осевого сечения.
6. Твердость HB = 190... 255.
7. Штампованные радиусы: внутренняя - 4, внешняя - 6.
8. В свободных радиусах типовые размеры детали.
9. АЧЗ = 0,181.

Рис. 5. Эскиз заготовки шестерни, полученной штамповкой на КГШП



1. Грубые концы 2.
2. Неукрепленные радиусы до 3... 5 мм.
3. Смещение оси центрального отверстия не более 0,5 мм.
4. Дефекты допускаются на глубину до половины толщины осевого сечения.
5. Твердость HB = 190... 255.
6. В свободных радиусах типовые размеры детали.
7. АЧЗ = 0,153.

Рис. 6. Эскиз заготовки шестерни, полученной свободной ковкой

Основные данные для расчета стоимости заготовок целесообразно свести в таблицу (табл. 29).

Т а б л и ц а 29

Наименование показателей	Единица измерения	1 вариант (штамповка на КГШП)	2 вариант (свободная ковка)
Вес (масса) заготовки, $G_3$	кг	2,98	4,05
Вес (масса) детали, $G_d$	—	0,54	0,54
Базовая стоимость одной тонны штамповок, $C_1$	руб	315	315
Коэффициент, учитывающий класс точности заготовки, $K_T$		1,0 (2 кл. точн.)	0,85 (3 кл. точн.)
Коэффициент, учитывающий марку материала, $K_M$		2,3	2,3
Коэффициенты, зависящие от группы сложности и веса заготовок и от объема производства: $K_c$		0,81 (рис. 2, 1 группа)	0,81 (рис. 2, 1 группа)
$K_B$		1,0	0,9
$K_n$		1,0	1,0
Вес (масса) отходов, $(G_3 - G_d)$	кг	2,44	3,51
Стоимость 1 т отходов (табл. 11)	руб	29,8	29,8
$S_{отх}$			

Определим стоимости заготовок по первому и второму вариантам:

$$S_1 = \left( \frac{315}{1000} \cdot 2,98 \cdot 1,0 \cdot 2,3 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - 2,44 \frac{29,8}{1000} = 1,68 \text{ р.}$$

$$S_2 = \left( \frac{315}{1000} \cdot 4,05 \cdot 0,85 \cdot 2,3 \cdot 0,81 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \right) - 3,51 \frac{29,8}{1000} = 1,72 \text{ р.}$$

При расчете дополнительных затрат учитываются дополнительные черновые проходы при расточке отверстия, обточке верха и подрезке торцов у заготовки, полученной свободной ковкой.

$$\text{Расчет ведется по формуле (3): } C_d = \frac{T_{шк} C_{шп}}{60}.$$

Штучно-калькуляционное время определяется на основе зависимости (прил. 3)  $T_{шк} = T_0 \varphi_k$ , где  $\varphi_k = 2,14$  (прил. 3, табл. 13).

Значения  $T_0$  рассчитываются на основе приближенных формул для определения норм времени по обрабатываемой поверхности (прил. 3).

При черновой обточке верха за один проход основное технологическое время

$$T_o = 0,00017 D l = 0,00017 \cdot 145 \cdot 42 = 1,04 \text{ мин.}$$

При черновой подрезке двух торцов

$$T_o = 2 \cdot 0,000037 (D^2 - d^2) = 2 \cdot 0,000037 \cdot (145^2 - 98^2) = 0,85 \text{ мин.}$$

При черновом растачивании отверстия в 2 прохода

$$T_o = 2 \cdot 0,0002 D l = 2 \cdot 0,0002 \cdot 98 \cdot 42 = 1,65 \text{ мин.}$$

Таким образом, суммарное основное время

$$T_{o \text{ сумм}} = 1,04 + 0,85 + 1,65 = 3,54 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шк} = T_{o \text{ сумм}} \cdot Z_k = 3,54 \cdot 2,14 = 7,58 \text{ мин.}$$

Примем 2-й разряд работы, тогда  $C_{тф} = 0,548$  руб/ч (прил. 4).

$$\text{Следовательно, } C_x = \frac{T_{шк} C_{тф}}{60} = \frac{7,58 \cdot 0,548}{60} = 0,07 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов целесообразно свести в табл. 30, аналогичную табл. 25.

Таблица 30

Наименование показателей	Единица измерения	1 вариант (штамповка на КГШП)	2 вариант (свободная ковка)
Способ получения заготовки	—	—	—
Материал заготовки сталь 38ХМЮА	—	—	—
Чистый вес (масса) детали	кг	0,54	—
Вес (масса) заготовки	кг	2,98	4,05
Экономия материала на: одну заготовку	кг	4,05—2,98 =	—
годовую программу	—	1,07	—
№ = ... шт.	кг	1,07 А	—
КНЗ	—	0,181	0,133
Стоимость заготовки	руб	1,68	1,72
Дополнительные затраты на: механическую обработку	руб	—	0,07
разметку	руб	—	—
Стоимость заготовки с учетом дополнительных затрат $S_3'$	руб	1,68	1,79
Экономия на одну заготовку	руб	1,79—1,68 =	—
		0,11	—
Экономия на годовую программу	руб	0,11 А	—

Несмотря на близкие значения стоимости двух вариантов получения заготовок, стоимость 1 варианта меньше (штамповка на КГШП). Кроме того, для этого варианта необходим меньший расход металла.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ ОТЛИВОК ИЗ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ, МАГНИЯ, ТИТАНА, МЕДИ, СВИНЦА И ЦИНКА

Настоящее приложение разработано на основе отраслевого стандарта ОСТ 1.41154-72 «Отливки из сплавов на основе алюминия, магния, титана, меди, свинца и цинка. Допуски на размеры и припуски на механическую обработку».

Припуски на механическую обработку отливок приведены в табл. 1 (приложения).

Таблица 1

Наибольший габаритный размер отливки, мм	Припуск на одну сторону для различных классов литья			
	ЛТ1, ЛТ2, ЛТ3	ЛТ4, ЛТ5	ЛТ6, ЛТ7	
до 60	0,5	2,0	2,5	
60...100	0,5	2,0	3,0	
100...160	0,5	2,5	3,5	
160...250	0,7	2,5	4,0	
250...400	1,0	2,5	4,0	
400...630	1,5	3,0	5,0	
630...1000	—	3,0	5,5	
1000...1250	—	4,0	6,0	

Примечание. При необходимости разрешается оговаривать в чертеже заготовки технологические припуски, напуски и т. п., превышающие значения величин, указанных в таблице.

## Приложение 2

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ НАЗНАЧЕНИЯ ДОПУСКОВ НА РАЗМЕРЫ ШТАМПОВАННЫХ ЗАГОТОВОК И ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ

Настоящее приложение разработано на основе отраслевого стандарта ОСТ1.41187-78 «Заготовки штампованные. Допуски на размеры, припуски на механическую обработку, конструктивные элементы».

Данный ОСТ предназначается для определения линейных отклонений размеров штампованных заготовок из стали, алюминиевых, медных и титановых сплавов, изготавливаемых на молотах и прессах, а также для назначения припусков на механическую обработку. Стандарт не распространяется на заготовки лопаток, заготовки, получаемые прямым и обратным выдавливанием, и на предварительно механически обработанные заготовки.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к деталям, установлено шесть классов точности изготовления штампованных заготовок:

первый и второй классы — для элементов штампованных заготовок, подвергнутых холодной плоскостной калибровке (чеканке) соответственно повышенной и обычной точности;

третий класс — для элементов штампованных заготовок, подвергаемых горячей плоскостной калибровке;

четвертый класс — для штампованных заготовок, изготавливаемых обычными методами горячей штамповки с применением в большинстве случаев калибровочных операций;

пятый и шестой классы — для штампованных заготовок, изготавливаемых обычными методами горячей штамповки с применением в отдельных случаях калибровочных операций.

Пятый класс точности предпочтителен для штамповок, получаемых на прессах; шестой класс — для штамповок, получаемых на молотах.

В связи с тем, что заготовки, изготовленные по 4, 5, 6 классам точности, являются наиболее распространенными в авиадвигателестроении, в настоящем приложении приведены справочные таблицы, относящиеся к этим классам точности.

Все размеры штампованных заготовок подразделяются на две группы: вертикальные (перпендикулярные плоскости разреза штампа —  $H, H_1, H_2, h, h_1, S$  (рис. 1, прил.);

горизонтальные (параллельные плоскости разреза) —  $D, D_1, d, в, A$  (рис. 1),  $L, L_1, в_1$  (рис. 2, приложение).

Размеры поверхностей этих групп заготовок зависят от двустороннего износа штампов —  $H, H_1, H_2, S, D, D_1, d$  (рис. 1, приложение) и одностороннего износа штампов (износ в одном направлении) —  $h_1, h$  (рис. 1),  $L, L_1$  (рис. 2, приложение); они не зависят от износа штампов —  $A$  (см. рис. 1, приложение).

### Допуски на размеры штампованных заготовок

1. Допуски на вертикальные размеры  $H, H_1, H_2$  и  $S$  (рис. 1, приложение), определяющие толщину штампованных заготовок и характеризующие двусторонний износ штампов

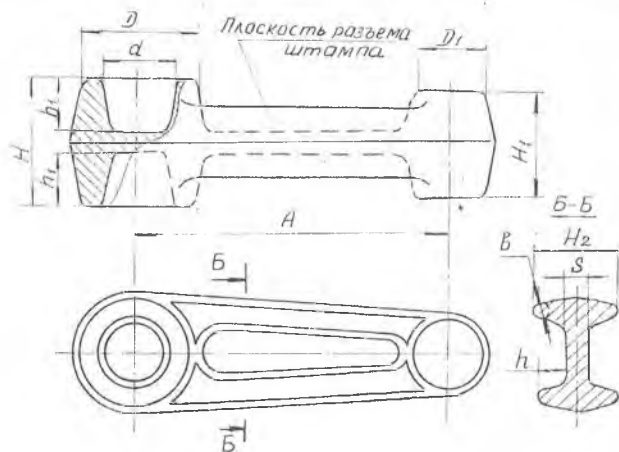


Рис. 1

пов, определяются в зависимости от площади проекции штампованной заготовки на плоскость разреза штампа по табл. 1 (для алюминиевых, магниевых и медных сплавов) по табл. 2 (для стали и титановых сплавов). Приложение.

2. Допуски на вертикальный размер  $h$ , определяющий высоту ребра (или другого элемента) штампованной заготовки и характеризующие износ штампа в одном направлении, устанавливаются в зависимости от площади проекции штампованной заготовки на плоскость разреза штампа по табл. 3 (для алюминиевых и медных сплавов) и по табл. 4 (для стали и титановых сплавов). Приложение.

3. Допуск на вертикальный размер  $h_1$ , определяющий глубину выемки штампованной заготовки и характеризующий

износ штампа в одном направлении, устанавливается в зависимости от площади проекции штампованной заготовки на плоскость разреза штампа по табл. 3, 4 (приложение) с коэффициентом 1,5 и проставляется с обратным знаком.

4. Допуски на горизонтальные размеры  $D$  и  $D_1$  (см. рис. 1), определяющие длину, ширину или диаметр штампованной заготовки и характеризующие двусторонний износ штампа, устанавливаются в зависимости от величины соответствующего размера по табл. 5 (для алюминиевых, магниевых и медных сплавов) и по табл. 6 (для сталей и титановых сплавов). Приложение.

5. Допуски на горизонтальный размер  $d$  (см. рис. 1, приложение), определяющие длину, ширину или диаметр выемки в штампованной заготовке и характеризующие двусторонний износ штампа, устанавливаются в зависимости от величины соответствующего размера по табл. 5 и 6 и принимаются с обратным знаком.

6. Допуски на горизонтальные размеры  $b$  (см. рис. 1) и  $b_1$  (см. рис. 2), определяющие длину, ширину или диаметр

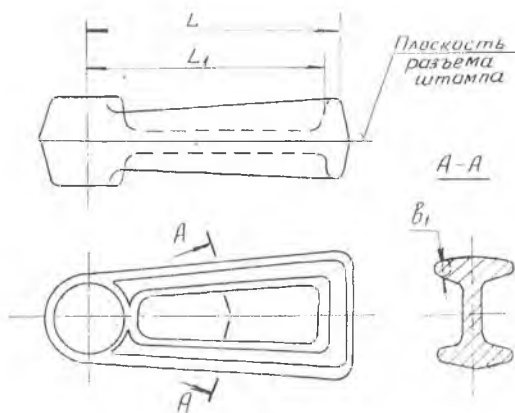


Рис. 2

элемента штампованной заготовки и характеризующие двусторонний износ штампа, устанавливаются по табл. 5 и 6 (приложение) в зависимости от величины соответствующего размера.

7. Если горизонтальные размеры характеризуют односторонний износ штампа (размеры  $L$  и  $L_1$  на рис. 2, приложение),

то для определения допусков на них следует взять удвоенный размер ( $2L$  и  $2L_1$ ), по нему по табл. 5, 6 (приложение) определить предельные отклонения. Допуски принимаются равными половине отклонения. Полученные значения являются искомыми и проставляются в чертеже штампованной заготовки. Для размера  $L$  отклонения принимаются с тем же знаком, а для размера  $L_1$  — с обратным знаком.

8. Допуск на горизонтальный размер  $A$  (см. рис. 1), определяющий расстояние между центрами бобышек или других элементов и не зависящий от износа штампа, устанавливается в зависимости от величины соответствующего размера по табл. 7 (для алюминиевых и медных сплавов) и по табл. 8 (для сталей и титановых сплавов, приложение).

9. Допуски на смещение штампованных заготовок в плоскости разреза штампа устанавливаются в зависимости от площади проекции штампованной заготовки по табл. 9 (приложение), они не зависят от других допусков и являются дополнением к ним.

10. Допускаемая величина остатка от облоя устанавливается по наибольшему габаритному размеру штампованной заготовки по табл. 10 (приложение). Остаток от облоя не зависит от других допусков и является дополнением к ним.

11. Допускаемые отклонения от соосности прошиваемых отверстий устанавливаются в зависимости от наибольшего габаритного размера штампованной заготовки по табл. 11 (приложение).

Таблица 1

Площадь проекции штампованной заготовки на плоскость разреза штампа, см <sup>2</sup>	Предельные отклонения (мм) для классов точности		
	4	5	6
до 16	+0,2	+0,3	+0,5
	-0,1	-0,2	-0,3
св. 16 до 25	+0,25	+0,4	+0,6
	-0,15	-0,2	-0,3
св. 25 до 40	+0,3	+0,5	+0,7
	-0,15	-0,3	-0,4
св. 40 до 80	+0,35	+0,6	+0,9
	-0,2	-0,3	-0,5



Продолжение табл. 1

Площадь проекции штампованной заго- товки на плоскость разъема штампа, см <sup>2</sup>	Предельные отклонения (мм) для классов точности		
	4	5	6
св. 80 до 160	+0,45	+0,7	+1,1
	-0,2	-0,4	-0,6
св. 160 до 320	+0,55	+0,9	+1,4
	-0,25	-0,5	-0,7
св. 320 до 480	+0,7	+1,1	+1,8
	-0,35	-0,6	-0,9

Таблица 2

Площадь проекции штампованной заго- товки на плоскость разъема штампа, см <sup>2</sup>	Предельные отклонения (мм) для классов точности		
	4	5	6
до 16	+0,25	+0,4	+0,6
	-0,10	-0,2	-0,3
св. 16 до 25	+0,30	+0,5	+0,7
	-0,15	-0,3	-0,4
св. 25 до 40	+0,35	+0,6	+0,9
	-0,2	-0,3	-0,4
св. 40 до 80	+0,45	+0,7	+1,1
	-0,2	-0,4	-0,6
св. 80 до 160	+0,55	+0,9	+1,4
	-0,25	-0,4	-0,7
св. 160 до 320	+0,7	+1,1	+1,8
	-0,35	-0,5	-0,9
св. 320 до 480	+0,85	+1,3	+2,1
	-0,4	-0,6	-1,1

Таблица 3

Площадь проекции штампованной заго- товки на плоскость разъема штампа, см <sup>2</sup>	Предельные отклонения (мм) для классов точности		
	4	5	6
до 16	±0,05	±0,10	±0,15
св. 16 до 25	+0,05 -0,10	+0,10 -0,15	+0,15 -0,2
св. 25 до 40	+0,10 0,15	+0,15 0,2	+0,20 -0,25
св. 40 до 80	+0,1 -0,15	+0,15 -0,2	+0,25 -0,3
св. 80 до 160	+0,1 -0,15	+0,20 -0,25	+0,3 -0,4
св. 160 до 320	+0,15 -0,2	+0,25 -0,3	+0,35 -0,5
св. 320 до 480	+0,20 -0,25	+0,3 -0,4	+0,45 -0,65

Таблица 4

Площадь проекции штампованной заго- товки на плоскость разъема штампа, см <sup>2</sup>	Предельные отклонения (мм) для классов точности		
	4	5	6
до 16	+0,05 -0,10	+0,1 -0,15	+0,15 -0,2
св. 16 до 25	+0,10 -0,15	+0,15 -0,20	+0,20 -0,25
св. 25 до 40	+0,10 -0,15	+0,15 -0,25	+0,2 -0,3
св. 40 до 80	+0,1 -0,20	+0,20 -0,25	+0,3 -0,4
св. 80 до 160	+0,15 -0,20	+0,2 -0,3	+0,35 -0,5
св. 160 до 320	+0,20 -0,25	+0,25 -0,4	+0,45 -0,6
св. 320 до 480	+0,2 -0,3	+0,3 -0,45	+0,55 -0,70

Таблица 5

Размер штампованной заготовки, мм	Пределные отклонения (мм) для классов точности		
	4	5	6
до 16	+0,2 -0,1	+0,3 -0,2	+0,4 -0,2
св. 16 до 25	+0,3 -0,15	+0,4 -0,2	+0,6 -0,3
св. 25 до 40	+0,35 -0,15	+0,5 -0,3	+0,7 -0,4
св. 40 до 60	+0,4 +0,2	+0,6 -0,3	+0,8 -0,5
св. 60 до 100	+0,55 -0,3	+0,7 -0,4	+0,9 -0,6
св. 100 до 160	+0,7 -0,4	+0,9 -0,5	+1,1 -0,7
св. 160 до 250	+0,85 -0,55	+1,1 -0,7	+1,4 -0,9
св. 250 до 360	+1,1 -0,7	+1,3 -0,8	+1,8 -1,1
св. 360 до 500	+1,3 -0,85	+1,5 -1,1	+2,1 -1,4

Таблица 6

Размер штампованной заготовки, мм	Пределные отклонения (мм) для классов точности		
	4	5	6
до 16	+0,3 -0,15	+0,4 -0,2	+0,5 -0,3
св. 16 до 25	+0,35 -0,2	+0,5 -0,3	+0,6 -0,4
св. 25 до 40	+0,4 -0,25	+0,6 -0,4	+0,7 -0,5
св. 40 до 60	+0,55 -0,3	+0,7 -0,5	+0,9 -0,6
св. 60 до 100	+0,7 -0,4	+0,9 -0,6	+1,1 -0,7
св. 100 до 160	+0,85 -0,55	+1,1 -0,7	+1,3 -0,9

Продолжение табл. 6

Размер штампованной заготовки, мм	Предельные отклонения (мм) для классов точности		
	4	5	6
св. 160 до 250	+1,1 -0,7	+1,3 -0,9	+1,6 -1,1
св. 250 до 360	+1,3 -0,85	+1,5 -1,1	+1,8 -1,3
св. 360 до 500	+1,5 -1,1	+1,8 -1,3	+2,1 -1,6

Таблица 7

Размер штампованной заготовки, мм	Предельные отклонения (мм) для классов точности		
	4	5	6
до 40	$\pm 0,05$	$\pm 0,10$	$\pm 0,15$
св. 40 до 60	$\pm 0,10$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$
св. 60 до 100	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,30$
св. 100 до 160	$\pm 0,20$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$
св. 160 до 250	$\pm 0,25$	$\pm 0,40$	$\pm 0,70$
св. 250 до 360	$\pm 0,35$	$\pm 0,55$	$\pm 0,90$
св. 360 до 500	$\pm 0,45$	$\pm 0,7$	$\pm 1,1$

Таблица 8

Размер штампованной заготовки, мм	Допустимые смещения (мм) для классов точности		
	4	5	6
до 40	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$
св. 40 до 60	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,30$

Продолжение табл. 8

Размер штампованной заготовки, мм	Допустимые смещения (мм) для классов точности		
	4	5	6
св. 60 до 100	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,35$
св. 100 до 160	$\pm 0,25$	$\pm 0,35$	$\pm 0,5$
св. 160 до 250	$\pm 0,35$	$\pm 0,5$	$\pm 0,7$
св. 250 до 360	$\pm 0,45$	$\pm 0,7$	$\pm 0,9$
св. 360 до 500	$\pm 0,55$	$\pm 0,90$	$\pm 1,2$

Таблица 9

Площадь проекции штампованной заготовки на плоскость разъема штампа, см <sup>2</sup>	Допустимые смещения (мм) для классов точности		
	4	5	6
до 16	0,15	0,2	0,3
св. 16 до 25	0,15	0,2	0,4
св. 25 до 40	0,2	0,3	0,5
св. 40 до 80	0,2	0,3	0,6
св. 80 до 160	0,25	0,4	0,7
св. 160 до 320	0,25	0,5	0,8
св. 320 до 480	0,3	0,6	1,0

Таблица 10

Наибольший габаритный размер штампованной заготовки, мм	Допустимые смещения (мм) для классов точности		
	4	5	6
до 25	0,2	0,3	0,5
св. 25 до 40	0,3	0,4	0,6
св. 40 до 60	0,4	0,6	0,8
св. 60 до 100	0,6	0,9	1,3
св. 100 до 160	0,8	1,2	1,7
св. 160 до 250	1,0	1,5	2,0
св. 250 до 360	1,2	1,8	2,4
св. 360 до 500	1,4	2,0	2,8

Таблица 11

Наибольшие габаритные размеры штампованной заготовки, мм	Допустимые смещения (мм) для классов точности		
	4	5	6
до 60	0,5	0,8	1,2
св. 60 до 100	0,6	1,0	1,5
св. 100 до 160	0,8	1,5	2,5
св. 160 до 250	1,2	2,0	3,0
св. 250 до 360	1,6	2,5	3,5
св. 360 до 500	2,0	3,0	4,5

### Припуски на механическую обработку

Припуски на механическую обработку устанавливаются в зависимости от материала штампуемой заготовки и ее наибольшего габаритного размера и требуемой чистоты обработки (шероховатости поверхности) по табл. 12 (приложение).

Указанные в таблице величины припусков назначаются на каждую обрабатываемую поверхность.

Таблица 12

Наибольший габаритный размер штампованной заготовки, мм	Припуски на мех. обработку для					
	стали и титановых сплавов			алюминиевых, магниевых и медных сплавов		
	при шероховатости обработанной поверхности (ГОСТ 2789-73)					
	$R_z$ 40	$R_a$ 2,5	$R_a$ 0,63	$R_z$ 40	$R_a$ 2,5	$R_a$ 0,63
до 60	1,0	1,5	1,75	0,8	1,25	1,5
св. 60 до 100	1,25	1,75	2,0	1,0	1,5	1,75
св. 100 до 160	1,5	2,0	2,25	1,25	1,75	2,0
св. 160 до 250	1,75	2,25	2,5	1,5	2,0	2,25
св. 250 до 360	2,0	2,5	2,75	1,75	2,25	2,5
св. 360 до 500	2,25	2,75	3,25	2,0	2,5	3,0

### Приложение 3

Приближенные формулы для определения норм основного технологического времени  $T_0$  (мин) для обрабатываемой поверхности [14]

Черновая обточка за один проход	$T_0 = 0,00017 D l$
Черновая подрезка торца за один проход	$T_0 = 0,00063 (D^2 - d^2)$
Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	$T_0 = 0,000037 (D^2 - d^2)$
Шлифование отверстия черновое	$T_0 = 0,00007 d l$
Сверление отверстия	$T_0 = 0,00052 d l$
Черновое растачивание отверстия за один проход	$T_0 = 0,0002 d l$
Строгание черновое на продольно-строгальном станке	$T_0 = 0,000065 a l$
Фрезерование черновое торцевой фрезой за один проход	$T_0 = 0,006 l$
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой за один проход	$T_0 = 0,007 l$
Шлифование плоскости торцом круга	$T_0 = 0,0025 l$

Здесь  $d$  — диаметр отверстия (наименьший), мм;

$D$  — диаметр обрабатываемого торца, мм;

$(D-d)$  — разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца;

$l$  — длина обрабатываемой поверхности, мм;

$a$  — ширина обрабатываемой поверхности, мм.

Примечание. При обработке жаропрочных сплавов основное технологическое время  $T_0$  следует увеличить на 20—30%, а при обработке высокопрочных сталей и титановых сплавов на 10—20%.

Штучно-калькуляционное время рассчитывается по уравнению

$$T_{шк} = \varphi_k T_0.$$

Значения коэффициента  $\varphi_k$  приведены в табл. 13.

Таблица 1

Виды станков	Зависимость значения $\varphi_k$ от типа производства	
	единичное и мелкосерийное	крупносерийное
Токарные	2,14	1,36
Токарно-револьверные	1,98	1,35
Токарно-многорезцовые	—	1,50
Вертикально-сверлильные	1,72	1,30
Радиально-сверлильные	1,75	1,41
Расточные	3,25	—
Круглошлифовальные	2,10	1,55
Строгальные	1,73	—
Фрезерные	1,84	1,51
Зуборезные	1,66	1,27

#### Приложение 4

Часовые тарифные ставки  $C_{тф}$  рабочих машиностроительных предприятий при нормальных условиях труда, руб/ч [16]

Таблица 1

Категория рабочих	Часовые тарифные ставки в руб. для разрядов работы					
	1	2	3	4	5	6

*Основные производственные рабочие—станочники*

Сдельщики	0,503	0,548	0,606	0,670	0,754	0,863
Повременщики	0,471	0,512	0,566	0,627	0,705	0,807

*Основные производственные рабочие, не являющиеся станочниками*

Сдельщики	0,447	0,487	0,539	0,596	0,670	0,767
Повременщики	0,418	0,455	0,503	0,557	0,627	0,717



## ЛИТЕРАТУРА

1. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Изд. 3-е, переработанное и дополненное. Под общей ред. канд. техн. наук А. Ф. Горбачевича. — Минск: Вышэйшая школа, 1975, с. 287.
2. Шманев В. А., Захаров В. А. Технология двигателей летательных аппаратов. Учебное пособие. Куйбышев: КуАИ, 1980, с. 80.
3. Конструкционные материалы. Справочник в 3-х томах. — М.: Советская энциклопедия, т. 1, 1963; т. 2, 1964; т. 3, 1965.
4. Северденко В. П., Мурач В. С., Суходрев Э. Ш. Горячее гидродинамическое выдавливание режущего инструмента. Минск: Наука и техника, 1974, с. 254.
5. Паршиков А. А. Выбор заготовок. Методическое пособие для курсового проектирования по специальной технологии. Под ред. проф., докт. техн. наук А. Н. Гаврилова. — М.: МАИ, 1973, с. 66.
6. Справочник технолога машиностроителя в двух томах. Под ред. канд. техн. наук А. Г. Косиловой и Р. К. Мешерякова. — М.: Машиностроение, 1973.
7. Брюханов А. Н. Ковка и объемная штамповка. Издание 2-е, переработанное и дополненное. — М.: Машиностроение, 1975, с. 408.
8. Глазунов С. Г., Моисеев В. Н. Конструкционные титановые сплавы. — М.: Металлургия, 1974, с. 368.
9. Солонина О. П., Глазунов С. Г. Жаропрочные титановые сплавы. — М.: Металлургия, 1976, с. 447.
10. Никольский Л. А., Фиглин С. З., Бойцов В. В., Калкин Ю. Г., Бахурев А. В. Горячая штамповка и прессование титановых сплавов. — М.: Машиностроение, 1975, с. 285.
11. Иващенко И. А. Технологические размерные расчеты. Учебное пособие. Куйбышев: КуАИ, 1968, с. 85.
12. Иващенко И. А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. — М.: Машиностроение, 1975, с. 219.
13. Тиллес С. А. Экономика технологических процессов механической обработки. — М.: Машиностроение, 1964.
14. Гамрат—Курек Л. И., Иванов К. Ф., Червинская Ю. Ю. Выбор варианта изготовления изделий и коэффициенты затрат. — М.: Машиностроение, 1968.
15. Баргашов Л. В. Справочник конструктора и технолога по технико-экономическим расчетам. — М.: Машиностроение, 1979.
16. Великанов К. М., Власов В. Ф., Карандишова К. С. Экономика и организация производства в дипломных проектах. — Л.: Машиностроение, 1977, с. 206.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ . . . . .	3
1.1. Указания по выполнению технического анализа . . . . .	3
1.2. Методы получения заготовки литьем [5] . . . . .	6
1.3. Методы получения заготовок горячим деформированием . . . . .	15
1.4. Расход материала на заготовку . . . . .	25
1.5. Оформление результатов технического анализа по выбору вариантов получения заготовки . . . . .	26
2. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ . . . . .	28
2.1. Методика расчета стоимости заготовок, получаемых из проката . . . . .	28
2.2. Методика расчета стоимости заготовок, получаемых методами литья и горячего деформирования . . . . .	33
2.3. Пример оформления результатов экономического расчета . . . . .	43
2.4. Примеры расчета стоимости заготовок . . . . .	45
Приложения: . . . . .	52
Рекомендуемые припуски на механическую обработку отливок из сплавов на основе алюминия, магния, титана, меди, свинца и цинка . . . . .	52
Основные положения назначения допусков на размеры штампованных заготовок и припусков на механическую обработку . . . . .	53
Приближенные формулы для определения норм основного технологического времени $T_0$ (мин) для обрабатываемой поверхности [14] . . . . .	63
Часовые тарифные ставки $C_{тф}$ рабочих машиностроительных предприятий при нормальных условиях труда, руб/ч [16] . . . . .	64
Литература . . . . .	65

*Вишняков Анатолий Евгеньевич*

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

*Учебное пособие*

Редактор Э. Г р я з н о в а

Техн. редактор Н. К а л е н ю к

Корректор С. Р у б а н

ЕО00200. Сдано в набор 20.03.81 г. Подписано в печать 30.06.81 г.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага писчая белая. Литературная гарнитура.  
Высокая печать Усл. п. л.4,0. Уч.-изд. л. 4,5.  
Тираж 800 экз. Заказ № 344. Цена 15 к.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт им. С. П. Королева,  
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

---

Типография УЭЗ КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.