

Учебно–методический
комплекс по дисциплине
***«Проектирование и
производство заготовок»***

раздел 2, 2ч

*Выбор способа получения
заготовок*

Разработал:
к.т.н., профессор Денчик А.И.

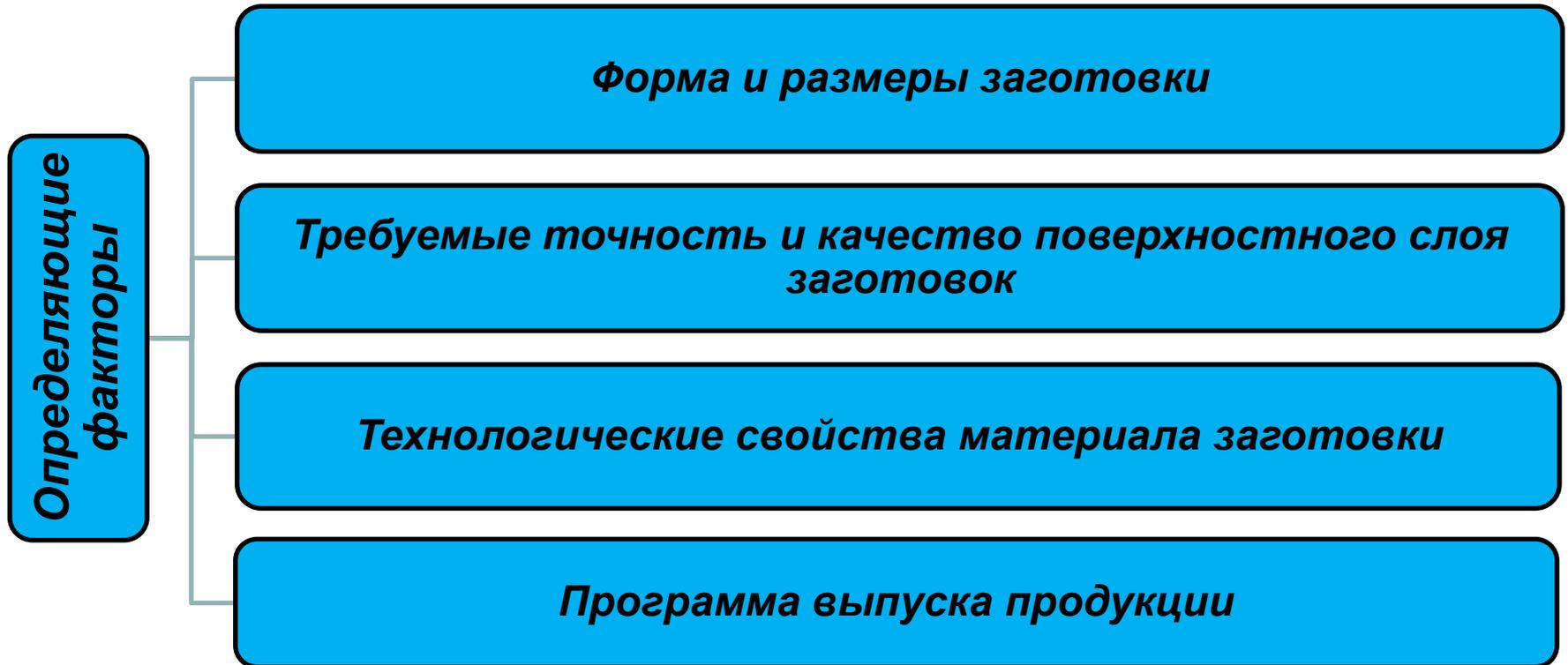
2.1 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

Одну и ту же деталь можно изготовить из заготовок, полученных различными способами. Одним из основополагающих принципов выбора заготовки является ориентация на такой способ изготовления, который обеспечит ей максимальное приближение к готовой детали. В этом случае существенно сокращается расход металла, объем механической обработки и производственный цикл изготовления детали. Однако при этом в заготовительном производстве увеличиваются расходы на технологическое оборудование и оснастку, их ремонт и обслуживание. Поэтому при выборе способа получения заготовки следует проводить технико–экономический анализ двух этапов производства – заготовительного и механообрабатывающего.

Разработка технологических процессов изготовления заготовок должна осуществляться на основе технического и экономического принципов. В соответствии с техническим принципом выбранный технологический процесс должен полностью обеспечить выполнение всех требований чертежа и технических условий на заготовку. В соответствии с экономическим принципом изготовление заготовки должно вестись с минимальными производственными затратами.

Из нескольких возможных вариантов технологического процесса при прочих равных условиях выбирают наиболее экономичный, при равной экономичности – наиболее производительный.

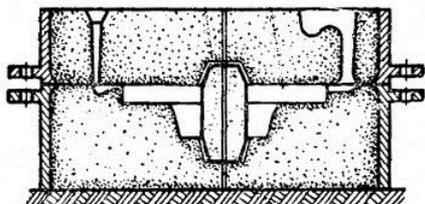
2.2 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК



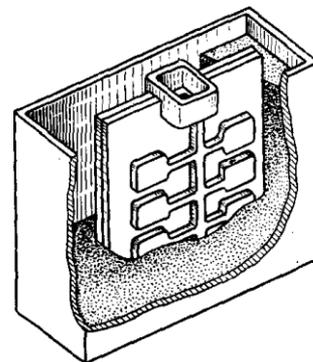
2.2 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

1 Форма и размеры заготовки.

Наиболее сложные по конфигурации заготовки можно изготавливать различными способами литья. Литье в песчаные формы и по выплавляемым моделям позволяют получать заготовки сложной формы с различными полостями и отверстиями. В то же время некоторые способы литья (например, литье под давлением) выдвигают определенные ограничения к форме отливки и условиям ее изготовления.



Литье в песчаную форму



Литье по выплавляемой модели

2.2 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

Заготовки, получаемые штамповкой, должны быть более простыми по форме. Изготовление отверстий и полостей штамповкой в ряде случаев затруднено, а использование напусков резко увеличивает объем последующей механической обработки.

Для простых по конфигурации деталей часто заготовкой является прокат – (прутки, трубы и т. п.). Хотя в этом случае объем механической обработки возрастает, такая заготовка может быть достаточно экономичной из-за низкой стоимости проката, почти полного отсутствия подготовительных операций и возможности автоматизации процесса обработки.

Для литья иковки размеры заготовки практически не ограничиваются. Нередко – ограничивающим параметром в этом случае являются определенные минимальные размеры (например, минимальная толщина стенки отливки, минимальная масса поковки). Штамповка и большинство специальных методов литья ограничивают массу заготовки до нескольких десятков или сотен килограммов.

Форма (группа сложности) и размеры (масса) отливок и поковок влияют на их себестоимость. Причем масса заготовки влияет активнее, так как с ней связаны расходы на оборудование, оснастку, нагрев и т. п. Значительное снижение стоимости изготовления литых и штампованных заготовок происходит при увеличении их массы от 2 до 30 кг.

2.2 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

2 Требуемые точность и качество поверхностного слоя заготовок.

Требуемая точность геометрических форм и размеров заготовок существенно влияет на их себестоимость. Чем выше требования к точности отливок, штамповок и других заготовок, тем выше стоимость их изготовления. Это определяется главным образом увеличением стоимости формообразующей оснастки (модели, штампы, пресс-формы), уменьшением допуска на ее износ, применением оборудования с более высокими параметрами точности (и, следовательно, более дорогого), увеличением расходов на его содержание и эксплуатацию. В оптовых ценах на заготовки это удорожание выражается в виде надбавок к базовой цене. Размеры надбавок составляют для отливок 3...6%, для штамповок - 5...15%.

Качество поверхностного слоя заготовки сказывается на возможности ее последующей обработки и на эксплуатационных свойствах детали (например, усталостная прочность, износостойкость). Оно формируется практически на всех стадиях изготовления заготовки. Технологический процесс определяет не только микрогеометрию поверхности, но и физико-механические свойства поверхностного слоя.

2.2 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

3 Технологические свойства материала заготовки.

Каждый способ производства заготовок требует от материала определенного комплекса технологических свойств. Поэтому часто материал накладывает ограничения на выбор способа получения заготовки. Так, серый чугун имеет прекрасные литейные свойства, но не куется. Титановые сплавы обладают высокими антикоррозионными свойствами, но получить из них отливки или поковки весьма затруднительно.

Технологические свойства оказывают влияние на себестоимость изготовления заготовок. Например, переход при изготовлении отливки от чугуна к стали повышает себестоимость литья (без учета стоимости материала) на 20...30%. Применение легированных и высокоуглеродистых сталей при производстве заготовок штамповкой повышает стоимость их изготовления на 5...7%.

2.2 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

Если заготовки из одного и того же материала получать различными способами (литье, обработка давлением, сварка), то они будут обладать неидентичными свойствами, т. к. в процессе изготовления заготовки происходит изменение свойств материала. Так, литой металл характеризуется относительно большим размером зерен, неоднородностью химического состава и механических свойств по сечению отливки, наличием остаточных напряжений и т. д. Металл после обработки давлением имеет мелкозернистую структуру, определенную направленность расположения зерен (волокнистость). После холодной обработки давлением возникает наклеп. Холоднокатаный металл прочнее литого в 1,5...3,0 раза. Пластическая деформация металла приводит к анизотропии свойств: прочность вдоль волокон примерно на 10...15% выше, чем в поперечном направлении.

Сварка ведет к созданию неоднородных структур в самом сварном шве и в околошовной зоне. Неоднородность зависит от способа и режима сварки. Наиболее резкие отличия в свойствах сварного шва получают при ручной дуговой сварке. Электрошлаковая и автоматическая дуговая сварки дают наиболее качественный и однородный шов.

2.2 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

4 Программа выпуска продукции.

Программа выпуска продукции, т. е. количество изделий, выпускаемых в течение определенного периода времени (обычно за год), является одним из важнейших факторов, определяющих выбор способа производства заготовок. Ее влияние для каждого технологического процесса легко проследить по себестоимости одной заготовки:

$$C_{заг} = a + b / \Pi$$

или производственной партии:

$$C = a\Pi + b,$$

где a – текущие затраты (стоимость расходуемого материала, заработная плата основных рабочих, расходы на эксплуатацию оборудования и инструмента и т. д.);

b – единовременные затраты (на оборудование, инструмент, его амортизацию и ремонт);

Π – размер производственной партии, шт.

2.2 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

Очевидно, что увеличение размера партии ведет к уменьшению себестоимости заготовки. Однако такое снижение себестоимости происходит не однозначно. При увеличении производственной партии свыше значения Π_i – требуется введение дополнительного оборудования, технологической оснастки. Зависимость себестоимости от размеров партии приобретает в этом случае более сложный (ступенчатый) характер (рисунок 2.1).

Сравнение двух (или нескольких) вариантов технологических процессов изготовления заготовок можно осуществить графически (рисунок 2.2). Точка пересечения дает критическую производственную партию Π_k , которая разделяет области рационального применения того или иного технологического процесса.

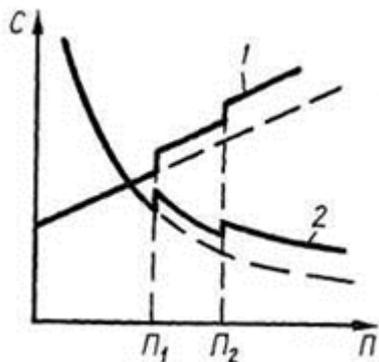


Рисунок 2.1 – Зависимость себестоимости C партии заготовок (1) и одной заготовки (2) от размера производственной партии Π : Π_1 , Π_2 – критические значения размеров партии

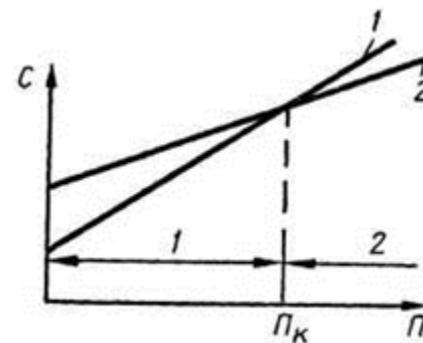


Рисунок 2.2 – Сравнение себестоимости C технологических процессов изготовления заготовки (варианты 1 и 2) в зависимости от размера производственной партии

2.2 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

Программа выпуска позволяет также определить экономически целесообразные пределы применения различных методов получения заготовок (рисунок 2.3).

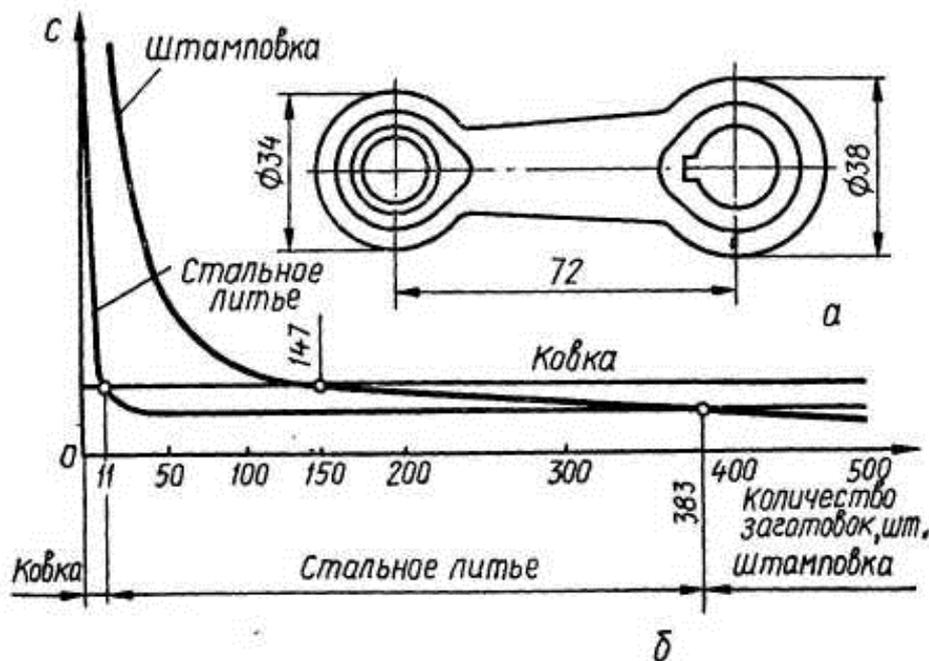


Рисунок 2.3 – Поводок (а) и зависимость себестоимости заготовки от метода ее изготовления и размера производственной партии (б)

2.3 МЕТОДИКА ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

На первом этапе тщательно анализируются детальные и сборочные чертежи изделия, взаимосвязи элементов конструкции при сборке, эксплуатации и ремонте. Анализ сопровождается критической оценкой чертежей с точки зрения технологичности и обоснованности технических требований. Все выявленные недостатки исправляются совместно с разработчиком конструкции.

Затем, исходя из заданной программы выпуска продукции, конфигурации и размеров основных деталей и узлов, а также производственных возможностей предприятия, устанавливается тип и характер будущего производственного процесса (единичное, серийное или массовое; групповое или поточное).

В соответствии с конструкцией детали и предъявляемыми техническими требованиями устанавливают основные факторы, определяющие выбор вида заготовки и технологии ее изготовления. Факторы желательно располагать в порядке убывания их значимости.

Анализируя степень влияния рассмотренных выше факторов, выбирают один или несколько технологических процессов, обеспечивающих получение заготовок требуемого качества. Одновременно проверяют возможность использования комбинированных заготовок. На предварительном этапе выбора оптимального способа получения заготовок можно воспользоваться так называемой матрицей влияния факторов (таблица 2.1).

2.3 МЕТОДИКА ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

Таблица 2.1 – Образец оформления матрицы влияния факторов

Способ изготовления заготовки	Факторы					Сумма
	Форма и размеры заготовки	Требуемые точность и качество поверхностного слоя	Технологические свойства материала	Годовая программа	Производственные возможности предприятия	
Литье:						
под давлением	+	+	-	-	-	2
по выплавляемым моделям	+	+	-	+	+	4
Ковка	++	-	++	-	++	3
Штамповка на ГКМ	+	-	+	+	-	3

Оценка каждого фактора в таблице производится «плюс – минус» или с помощью коэффициента удельного веса (от 0 до 1). Лучшим считается способ, набравший большее число плюсов или большую сумму коэффициентов.

2.3 МЕТОДИКА ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

После выбора нескольких вариантов получения заготовок для каждого из них конкретизируют: последовательность выполняемых операций (например, штамповка на прессе, затем на ГКМ; вальцовка, затем штамповка и сварка), используемое оборудование, основные и вспомогательные материалы. Если ни у одного из отобранных способов получения заготовок нет определенных преимуществ, укрупненно проектируют несколько наиболее приемлемых заготовок и технологических процессов их производства.

Для разработанных технологических процессов определяют основные технико-экономические показатели и на основании их анализа выбирают наиболее рациональный. Затем для выбранного способа производства разрабатывается подробный технологический процесс и делается его технико-экономический анализ.

2.4 НОРМА РАСХОДА МЕТАЛЛА И МАССА ЗАГОТОВКИ

Норму расхода материала, кг, на единицу продукции можно выразить такой формулой:

$$H = G_{д} + G_{т.о.} + G_{з.о.},$$

где $G_{д}$ – масса готовой детали;

$G_{т.о.}$ – масса технологического отхода;

$G_{з.о.}$ – масса заготовительного отхода.

Массу готовой детали $G_{д}$ можно рассчитать по формулам на основании данных чертежа или непосредственного обмера, а в случае особо сложной конфигурации детали – контрольным взвешиванием образца.

Масса технологического отхода $G_{т.о.}$, кг, представляет собой неизбежные для данного производства потери материала, которые можно рассчитать так:

$$G_{т.о.} = G_{т.п.з.} + G_{т.п.м.},$$

где $G_{т.п.з.}$ – технологические потери материала на угар, облой, прибыли, литниковую систему;

$G_{т.п.м.}$ – технологические потери материала в виде припусков и напусков.

2.4 НОРМА РАСХОДА МЕТАЛЛА И МАССА ЗАГОТОВКИ

Технологический отход находится в прямой зависимости от типа производства.

Масса заготовительного отхода $G_{з.о.}$ непосредственно с процессом изготовления детали не связана. Она определяется условиями поставки металла или материала. Например, отход прутка из-за неkratности его длины длине заготовки, полосовой отход при холодной вырубке деталей из листа и т. д.

Масса, с которой заготовка поступает на предварительную механическую обработку, называется массой заготовки. Масса заготовки:

$$G_з = G_д + G_{Т.П.М.}$$

2.5 ТРЕБОВАНИЯ К ЗАГОТОВКАМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

Помимо минимальной металлоемкости и трудоемкости к заготовкам предъявляют ряд требований с точки зрения их последующей механической обработки. К числу таких требований относятся: минимальные припуски на обработку; рациональное расположение литейных и штамповочных уклонов; повышенная точность размеров; минимизация или полное устранение дефектных слоев и др.

Минимизация припусков уменьшает количество проходов и переходов механической обработки и тем снижает ее стоимость.

Штамповочные и литейные уклоны ограничивают возможность использования отдельных поверхностей заготовки в качестве технологических баз при механической обработке, снижают точность обработки. Соответствующим выбором способа получения заготовки конструктор может создать наиболее приемлемую ее форму, позволяющую осуществить механическую обработку с наименьшими трудозатратами. Основным требованием здесь является такое расположение плоскости разъема штампа или литейной формы, при котором установочные поверхности заготовки будут лишены уклонов и следов разъема.

2.5 ТРЕБОВАНИЯ К ЗАГОТОВКАМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

Точность размеров заготовок, получаемых различными способами, колеблется от сотых долей до нескольких десятков миллиметров. Особенно возрастают требования к точности заготовок и стабильности размеров при обработке их на прутковых автоматах, станках типа «обрабатывающий центр», в гибких производственных системах, робототехнических комплексах и пр. Низкая точность заготовок в автоматизированном производстве часто является причиной отказа сложных систем и линий. Точность заготовок перед запуском их на обработку в автоматизированном производстве часто приходится повышать путем предварительной обработки базовых поверхностей.

Наличие дефектного слоя на поверхности, подлежащей механической обработке, с одной стороны, приводит к увеличению припусков, с другой – к снижению стойкости режущего инструмента. Дефектный слой у чугуновых отливок, получаемых в песчаных формах по деревянным моделям, составляет 1...5 мм, у поковок – 1,5...3 мм, у штампованных поковок – 0,5...1,5 мм, у горячекатаного проката – 0,5... 1,0 мм. Без учета влияния вышеперечисленных факторов на последующую механическую обработку невозможно квалифицированно выбрать способ получения заготовки.

2.6 ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗАГОТОВКИ НА СТРУКТУРУ ЕЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Поверхности деталей делятся на обрабатываемые и необрабатываемые. В этой связи все детали в машиностроении можно разделить на три группы.

1

Детали, точность и качество поверхностного слоя которых могут быть обеспечены тем или иным способом получения заготовки без какой-либо механической обработки (холодной штамповкой из пластмасс, металлических порошков черных и цветных металлов,).

2

Детали, у которых все поверхности должны быть обработаны механически.

3

Детали, у которых часть поверхностей не обрабатывается; а наиболее точные, исполнительные поверхности, подлежат обработке путем снятия стружки.

2.6 ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗАГОТОВКИ НА СТРУКТУРУ ЕЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Производство деталей первой группы обходится наиболее дешево. Оно открывает путь к безотходной или, по крайней мере, малоотходной технологии.

Основной тенденцией заготовительного производства является повышение точности и улучшение качества поверхностного слоя заготовок. Однако достижение этих качеств при малой программе выпуска может оказаться экономически невыгодным, так как расходы на оснастку для заготовительных процессов могут превысить экономию на механической обработке. Рассмотрим сказанное на примере детали (рисунок 2.4), всем обрабатываемым поверхностям которой присвоены номера.

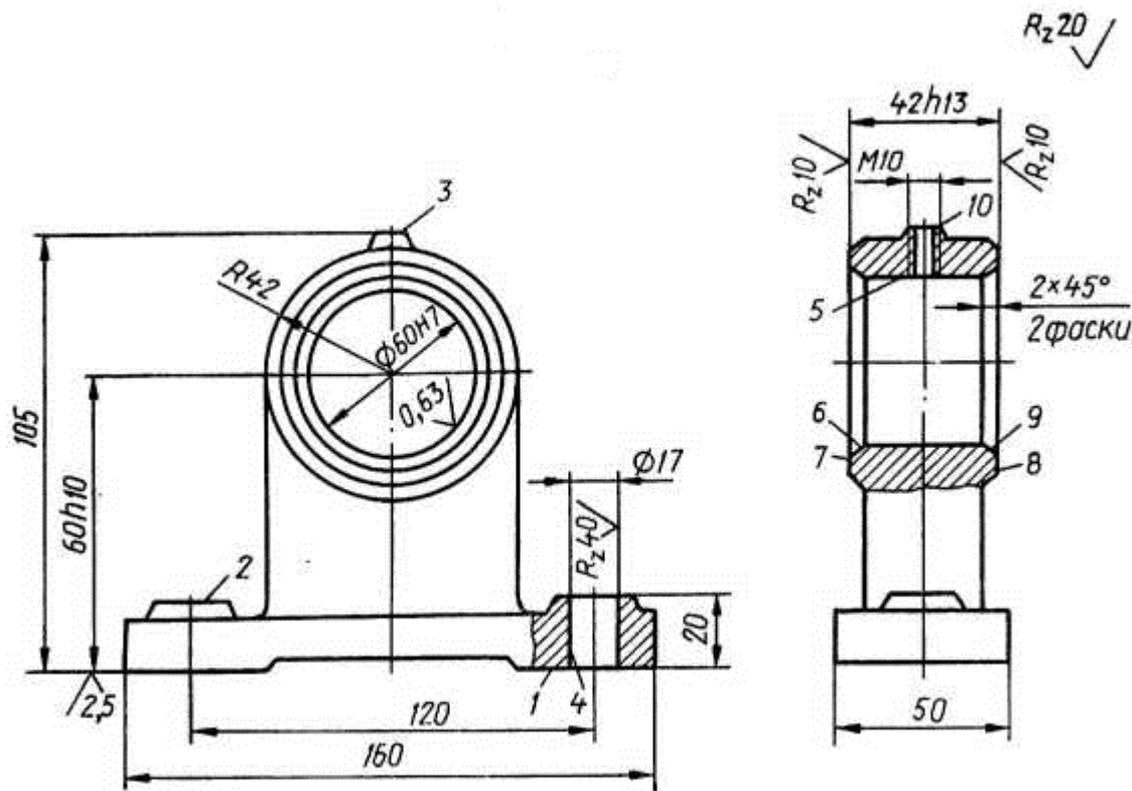


Рисунок 2.4 – Корпус подшипника

Точность и шероховатость пронумерованных поверхностей различны. Поверхности, 2, 3, 4, 6, 7, 8 и 9 нуждаются в однопереходной обработке (строгании, фрезеровании или точении). Поверхность 1, являющаяся базовой поверхностью, требует применения двухпереходной обработки (чистового и чернового фрезерования). Поверхность 5, являющаяся исполнительной, требует трех-, а в некоторых случаях и четырехпереходной обработки. Из этого следует, что маршрут обработки каждой из обрабатываемых деталей различен и определяется требуемыми качествами точности и шероховатостью.

2.6 ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗАГОТОВКИ НА СТРУКТУРУ ЕЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Заготовка в процессе ее превращения в готовую деталь проходит ряд этапов, каждый из которых обеспечивает получение определенной точности и качества поверхностей. Так, заготовительный этап при обычных методах получения заготовок устойчиво обеспечивает точность, соответствующую 15...17 квалитетам, чистовой – 7...9, отделочный – 5...7.

С учетом вышесказанного маршрут обработки поверхностей рассматриваемой детали можно представить графически (рисунок 2.5).

Квалитет точности по ГОСТ 25347-82	Номер поверхности										№ и наименование этапа обработки
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1. Заготовительный
16											
15											
14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2. Черновой
13											
12											
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4. Полу-чистовой
10											
9											
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	8. Чистовой
7											

Рисунок 2.5 – Маршрут поэтапной обработки поверхностей детали, изображенной на рисунке 2.4

2.6 ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗАГОТОВКИ НА СТРУКТУРУ ЕЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Из рисунка следует, что длительность технологического процесса изготовления детали определяется длительностью маршрута обработки наиболее ответственной (исполнительной) поверхности, в данном случае отверстия под подшипник. Все же остальные поверхности завершают свой маршрут на более ранних (черновой, получистовой) этапах. Если повысить точность изготовления отливки корпуса подшипника, применив какой-либо специальный метод литья, обеспечивающий получение точности всех размеров по 13 качеству, то необходимость в механической обработке поверхностей 2, 3, 4, 6, 7, 8 и 9 отпадает. Однако стоимость получения такой отливки резко возрастает.

В каждом конкретном случае надо искать такой компромиссный вариант получения заготовки, который обеспечивал бы минимальную себестоимость изготовления детали.

$$C_d = f(T),$$

где C_d – себестоимость изготовления детали;

T – точность заготовки, выраженная допуском соответствующего качества.

2.6 ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗАГОТОВКИ НА СТРУКТУРУ ЕЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Себестоимость детали можно представить в виде:

$$C_D = C_M + C_3 + C_{II} + C_{ч} + C_O,$$

где C_M – стоимость исходного материала, идущего на изготовление заготовки, тнг.;

C_3 – стоимость изготовления заготовки, тнг.;

C_{II} , $C_{ч}$, C_O – стоимость соответственно предварительной, чистовой и отделочной обработки, тнг.

Практика машиностроения показывает:

- с увеличением допуска T (простые и дешевые способы получения заготовок) увеличиваются затраты на материал C_M , затраты на получение заготовок C_3 уменьшаются, а затраты на механическую обработку C_{II} возрастают;
- с уменьшением допуска T уменьшаются расходы на материал C_M , затраты на предварительную C_{II} , а иногда и на чистовую $C_{ч}$ обработку отпадают, зато резко возрастают расходы на получение заготовки C_3 .

2.6 ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗАГОТОВКИ НА СТРУКТУРУ ЕЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Все изложенное выше можно проиллюстрировать графиком (рисунок 2.6), из которого следует, что всегда существует такой способ получения заготовки, при котором себестоимость изготовления детали будет минимальной.

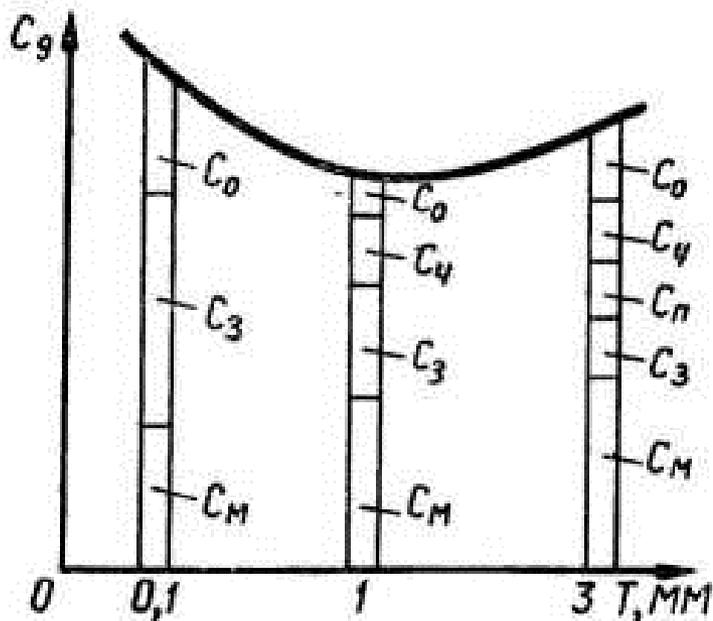


Рисунок 2.6 – Зависимость полной себестоимости детали C_d от допуска T на изготовление заготовки при постоянной программе выпуска

Контрольные вопросы

- 1 Основные принципы выбора способа получения заготовок.
- 2 Факторы, определяющие выбор способа получения заготовок.
- 3 Методика выбора способа получения заготовок.
- 4 Норма расхода металла и масса заготовки.
- 5 Требования к заготовкам с точки зрения последующей обработки.
- 6 Влияние точности и качество поверхностного слоя заготовки на структуру ее механической обработки.