

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Экономика и управление»

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 1-26 02 03 «Маркетинг»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2018

УДК 62
ББК 30.6
П 80

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Экономика и управление» «17» января 2018 г.
протокол № 5

Составитель ст. преподаватель Т. Ф. Ращенья

Рецензент канд. экон. наук, доц. Н. С. Желток

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для
студентов специальности 1-26 02 03 «Маркетинг».

Учебно-методическое издание

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ответственный за выпуск И. В. Ивановская

Технический редактор С. Н. Красовская

Компьютерная верстка М. М. Дударева

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/156 от 24.01.2014.

Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2018



Содержание

1 Методика определения массы заготовок и деталей	4
2 Подготовка исходных данных для разработки технологических процессов.....	5
3 Техничко-экономическое обоснование выбора рационального типа заготовок с использованием критерия минимума расхода материала.....	7
4 Определение затрат на материалы для различных типов производств.....	10
5 Выбор рационального варианта механической обработки детали по минимальной себестоимости.....	11
6 Экономическое обоснование выбора способа получения отливок	15
7 Технология получения композиционных материалов методом спиральной намотки	16
8 Нормирование и технико-экономическое обоснование технологического процесса	18
9 Оценка организационно-технического уровня производства.....	20
Список литературы.....	22
Приложение.....	23



1 Методика определения массы заготовок и деталей

Цель работы: изучить основные понятия производственного процесса и характеристику основных типов производства.

Определение типа производства может быть осуществлено для случая механической обработки детали. При этом величина партии деталей может быть определена по зависимости

$$n = \frac{N \cdot t}{F}, \quad (1.1)$$

где n – количество деталей одного наименования по годовой программе;

t – необходимый запас деталей на складе в днях: для крупных деталей – 2...3 дня; для средних деталей – 5 дней; для мелких деталей – 10...30 дней; крупные детали имеют массу более 8 кг; средние – 2...8 кг; мелкие – до 2 кг;

F – число рабочих дней в году; 253 дня при двух выходных днях и продолжительности рабочего дня 8 ч.

На рисунке 1.1 представлена геометрия детали.

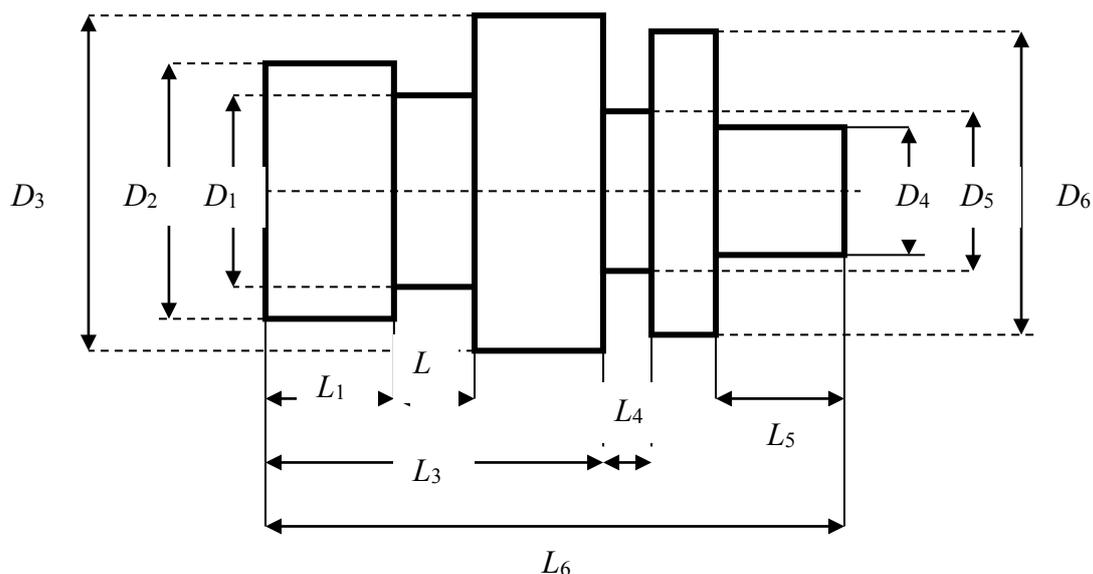


Рисунок 1.1 – Геометрия детали

Годовая программа выпуска представленной детали принимается $N = 5\,000$ шт. Для первого варианта исполнения детали масса может быть определена по формуле

$$M = V \cdot \rho, \quad (1.2)$$

где V – объем детали;

ρ – плотность материала детали $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$.

В таблице 1.1 представлены различные типы производства в зависимости от величины партии деталей.

Таблица 1.1 – Зависимость типа производства от партии деталей

Тип производства	Партия деталей		
	крупных	средних	мелких
Единичный	До 5	До 10	До 100
Серийный	5...1 000	10...5 000	100...50 000
Массовый	Более 1 000	Более 5 000	Более 50 000

В таблице 1.2 представлены геометрические параметры детали для нескольких вариантов расчетов.

Таблица 1.2 – Геометрические параметры детали, мм

В миллиметрах

Вариант	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
1	30	40	60	20	45	50	40	3	90	4	110	300
2	50	60	80	40	65	70	60	5	150	6	170	500
3	70	80	100	60	85	90	100	8	240	10	300	800
4	35	45	65	25	50	55	45	4	100	5	120	400
5	40	50	70	30	55	60	50	6	120	6	130	500
6	45	55	75	35	60	65	55	7	140	7	140	580
7	55	65	85	45	70	75	65	9	160	8	200	600
8	60	70	90	50	75	80	70	10	200	10	250	700

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.
- 2 Для заданного варианта взять исходные данные по геометрии детали из таблицы 1.2.
- 3 Рассчитать массу детали и партию деталей.
- 4 По таблице 1.1 установить тип производства.

2 Подготовка исходных данных для разработки технологических процессов

Цель работы: разработать три варианта технологической последовательности (маршрутную технологию) изготовления детали, представленной на рисунке 1.1. Принять, что деталь может быть изготовлена из готового сортамента (круг), из заготовок, полученных методом литья или штамповки путем токарной обработки.

Технологичностью изделий называется степень оптимальности и рациональности изготовления и сборки и как следствие наименьшая себестоимость.

Разработка технологии изготовления изделия является решением многовариантной задачи. Из исходных материалов и комплектующих по конструкторской документации создается готовое изделие. Технологических путей создания изделий множество. Необходимо выбрать оптимальный. Для оценки оптимальности используются различные критерии. В процессе разработки изделия и технологии его изготовления используется ряд принципов, повышающих технологичность изделия.

Технологичность изделия оценивается в соответствии с ГОСТ 142020–73. При этом вводятся следующие показатели и критерии:

- трудоемкость изготовления конструкции, которая характеризуется временем, затрачиваемым на изготовление и сборку изделия. Суммируя время определенных операций, может быть определена общая трудоемкость в нормо-часах;
- себестоимость изготовления деталей, сборочных единиц, изделия. Себестоимость изготовления изделия зависит от трудоемкости, квалификации рабочих и технико-экономических условий изготовления изделий;
- коэффициент использования материала *КИМ*

$$КИМ = \frac{q_0}{H_{\text{дем}}}, \quad (2.1)$$

где q_0 – полезный расход;

$H_{\text{дем}}$ – общий расход материала, включая потери и отходы;

- степень использования стандартных и нормализованных деталей и сборочных единиц. Чем больше использовано в изделии, тем выше его технологичность;
- процентное отношение количества деталей оригинальной и сложной конструкции к общему количеству деталей. Снижение количества оригинальных деталей повышает технологичность изделия.

В процессе создания изделий следует придерживаться определенных принципов для повышения технологичности конструкции. В качестве основных можно рекомендовать следующие принципы:

- максимально широкое использование унифицированных комплектующих деталей;
- снижение номенклатуры применяемых материалов, крепежных изделий, а также разнообразия деталей и узлов;
- конструкторская проработка, обеспечивающая создание деталей рациональной формы, обуславливающая минимум затрат на изготовление и простоту сборки и разборки изделия;
- наличие на деталях удобных базирующих поверхностей для изготовления;
- выбор рационального способа получения заготовок с размерами и формой, наиболее близкими к готовым деталям.

Готовый сортамент в виде прутка выпускается согласно принятых стандартов, представлен в таблице 2.1.



Таблица 2.1 – Стандартные размеры круглого сортового проката (ГОСТ 2590–88)

Стандартные размеры круглого сортового проката, мм									
60	62	63	65	67	68	70	72	75	78
80	82	85	87	90	92	95	97	100	105
110	115	120	125	130	135	140	145	150	155

При выборе диаметра прутка необходимо принимать число из размерного ряда, представленного в таблице, следующего за наибольшим размером детали D_3 .

Принять, что припуск на последующую обработку для боковых поверхностей заготовки, полученной методом литья, составляет 5 мм. Припуск учесть только для диаметров. Считать, что линейные размеры изготовлены без припуска на последующую механическую обработку. Таким образом диаметры заготовки составят $D_{загi} = D_i + 2 \cdot 5$.

Принять, что припуск на последующую обработку для боковых поверхностей заготовки, полученной методом штамповки, составляет 3 мм. Припуск учесть только для диаметров. Считать, что линейные размеры изготовлены без припуска на последующую механическую обработку. Таким образом диаметры заготовки составят $D_{загi} = D_i + 2 \cdot 3$.

Принять, что глубина резания составляет 3 мм.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.
- 2 Описать три варианта маршрутного технологического процесса изготовления детали из различного типа заготовок, соблюдая последовательность операций при изготовлении детали из заготовки.
- 3 Проанализировать полученные результаты для выбранного варианта, сделать выводы об эффективности и недостатках описанных технологий.

3 Технико-экономическое обоснование выбора рационального типа заготовок с использованием критерия минимума расхода материала

Цель работы: закрепить знания по основным методам производства заготовок, научиться проводить сравнительный технико-экономический анализ при выборе рационального типа заготовок.

Одной из основных тенденций ресурсосбережения является максимальное приближение размеров заготовок к размерам детали.

Для единичного и мелкосерийного типа производства характерно использование заготовок горячекатаного проката; отливок, полученных литьем в песчано-глинистые формы; паковок, получаемых свободной ковкой.



Для крупносерийного и массового производства выгодны горячая объемная штамповка, литье в кокиль, литье под давлением, литье по выплавляемым моделям.

Заготовка имеет припуск на последующую механическую обработку. Чем меньше припуск, тем выше степень использования материала.

Припуском называется слой металла, снимаемый с поверхности заготовки в процессе ее обработки для обеспечения формы и размеров, заданный на чертеже,

$$Z = R_z + h + p + E, \quad (3.1)$$

где Z – минимальный припуск на последующую механическую обработку;

R_z – средняя величина микронеровностей поверхностного слоя;

h – глубина дефектного поверхностного слоя;

p – суммарные отклонения расположения поверхностей (отклонение от поверхности, симметричности, соосности и т. д.);

E – погрешность установки заготовки в станке.

Расчетный наименьший размер заготовки может быть определен по формуле

$$D_{\text{заг}} = D_d + 2Z, \quad (3.2)$$

где $2Z$ – размер общего припуска на диаметр;

D_d – наибольший предельный размер детали по чертежу.

Значения параметров R_z и h представлены в таблицах 3.1–3.3.

Таблица 3.1 – Значения R_z и h для сортового проката

Диаметр проката, мм	Повышенная точность, мкм		Нормальная точность, мкм	
	R_z	h	R_z	h
До 30	80	100	125	150
30...80	125	150	160	250
80...180	160	200	200	300
180...350	250	300	320	400

Таблица 3.2 – Значения R_z и h дляковки на молотах, прессах и литья в песчано-глинистые формы

Наибольший размер поковок, мм	$R_z + h$, мкм
50...180	1000
180...500	1500
500...1200	2000



Таблица 3.3 – Значения R_z и h для штамповки

Масса поковки, кг	R_z , мкм	h , мкм
До 0,25	80	150
0,25...4	160	200
4...25	200	250
25...80	250	300

Дляковки на молотах и прессах принимаем $p + E = 1\ 000 \dots 1500$ мкм; для отливок в песчано-глинистые формы $p + E = 1\ 500 \dots 2\ 000$ мкм; для штамповки и сортового проката $p + E = 400 \dots 600$ мкм.

Пример расчета минимального припуска на последующую механическую обработку заготовки при использовании сортового проката и выбора заготовки из готового сортамента.

Для детали, представленной на рисунке 1.1 (таблица 3.2, вариант 1), осуществим расчет заготовки. В качестве расчетного принимается диаметр $D_3 = 60$ мм.

По таблице 3.1 для диаметра проката 30...80 мм и нормальной точности определим значения $R_z = 160$ мкм, $h = 250$ мкм.

В соответствии с рекомендациями принимаем:

$$p + E = 500 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min} = 160 + 250 + 500 = 910 \text{ мкм};$$

$$D_{\text{заг}} = 60 + 2 \cdot 0,91 = 61,82 \text{ мм}.$$

Заготовка из сортового сортамента в виде круга выпускается в соответствии с ГОСТ 2590–71.

По таблице 2.1 выбираем стандартную заготовку, ближайшую по диаметру к расчетно-определенному диаметру $D_{\text{заг}} = 61,82$ мм в сторону увеличения $D_{\text{з.станд}} = 63$ мм.

Определим действительный припуск на заготовку

$$Z_0 = (D_{\text{з.станд}} - D_3)/2 = (63 - 60)/2 = 1,5 \text{ мм}.$$

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.
- 2 Выбрать и проанализировать два типа заготовок. В качестве одного вида использовать сортовой прокат.
- 3 По формуле (3.1) определить Z_{\min} для двух выбранных вариантов.
- 4 По формуле (3.2) определить $D_{\text{заг}}$ для выбранных вариантов.
- 5 По таблице 2.1 определить диаметры заготовок по ГОСТ 2590–88.
- 6 Определить действительные припуски на заготовку.
- 7 Сделать анализ и выводы по величине припусков и количеству отходов для единичного и серийного производств.



4 Определение затрат на материалы для различных типов производств

Цель работы: определить нормы расхода материалов для заготовок, экономически обосновать выбор заготовки для последующей механической обработка и себестоимость заготовки.

При изготовлении детали из сортового проката, представленной на рисунке 1.1, необходимо определить длину заготовки по формуле

$$L_{заг} = L_д + 2 \cdot a + в, \quad (4.1)$$

где $L_{заг}$ и $L_д$ – длина заготовки и детали соответственно (см. таблицу 1.2);

a – припуск на механическую обработку торца, принимаем $a = 1$ мм;

$в$ – ширина реза при разрезке сортового проката на заготовки, принимаем $в = 3$ мм.

Зная длину заготовки, можно определить число деталей, изготавливаемых из одного прутка

$$n = \left(\frac{(L_{np} - l)}{L_{заг}} \right), \quad (4.2)$$

где L_{np} – стандартная длина прутка, $L_{np} = 3\,650$ мм (ГОСТ 2590–70);

l – величина отходов на зажим заготовки в патроне станка, $l = 35$ мм.

После определения n число округляется до целого в меньшую сторону. Затем определяем усредненную массу заготовки с учетом всех отходов по формуле

$$H_p = \left(\frac{M_{np}}{n} \right) = \frac{\pi D_{з.станд}^2 L_{np} \rho}{4n}, \quad (4.3)$$

где M_{np} – масса прутка;

$D_{з.станд.}$ – диаметр стандартной заготовки;

ρ – плотность материала заготовки.

Принимаем в качестве материала заготовки сталь 45, $\rho = 7,8$ г/см³.

В случае выбора в качестве заготовки паковки или штамповки норма расхода материала может быть определена по формуле

$$H_p = G_n + G_o + G_y, \quad (4.4)$$

где G_n – масса поковки с учетом припусков на последующую механическую обработку;

G_o – масса отходов в процессе штамповки,ковки, $G_o = 0,07 G_n$;



G_y – потеря на угар, $G_y = 0,01 G_n$.

Стоимость материала, необходимого на изготовление детали, может быть определена по формуле

$$S = K_1 \cdot (H_p \cdot S_m - (H_p - M) \cdot S_{omx}), \quad (4.5)$$

где S_m – стоимость металла;

M – масса готовой детали;

S_{omx} – стоимость отходов;

$K_1 = 1,05$ – коэффициент, учитывающий затраты на правку и калибровку заготовки.

Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.

2 Провести расчет по определению массы заготовки для двух вариантов изготовления: при использовании готового сортамента и для изготовления штамповкой.

3 Определить массу отходов для двух вариантов.

4 Определить стоимость расходуемых материалов для рассматриваемых вариантов изготовления.

5 Провести анализ чистого расхода материалов и отходов для двух вариантов заготовок. Сделать выводы по экономии материалов для различных технологий изготовления заготовок.

5 Выбор рационального варианта механической обработки детали по минимальной себестоимости

Цель работы: приобретение практических навыков расчета технологической себестоимости операций механической обработки и выбора рационального варианта операции по минимальной себестоимости обработки.

Варианты индивидуальных заданий на выполнение работы приведены в таблицах А.1 и А.2.

Наиболее выгодным признается тот вариант обработки, у которого величина приведенных затрат на единицу продукции будет минимальной. Часовые приведенные затраты $C_{пз}$ включают текущие затраты по наиболее часто изменяющимся статьям (заработную плату операторам и наладчикам, расходы по содержанию и эксплуатации машин, а также приведенные к текущим затратам и часу работы капитальные вложения, относящиеся к данному рабочему месту, в оборудование и здание):

$$C_{пз} = \frac{C_3}{M} + C_{чз} + E_H (K_C + K_3), \quad (5.1)$$



где C_3 – основная и дополнительная заработная плата с начислениями на социальное страхование и приработок, р./ч;

M – количество обслуживаемых одним рабочим станков, шт.;

$C_{чз}$ – практические часовые затраты по эксплуатации рабочего места, р./ч;

E_H – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, $E_H = 0,15$;

K_C – удельные капитальные вложения в станок, р./ч;

K_3 – удельные капитальные вложения в здание, р./ч.

Основная и дополнительная заработная плата с начислениями и приработком определяется по формуле

$$C_3 = 2,66 C_{ТФ} K, \quad (5.2)$$

где 2,66 – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, начисления на социальное страхование и приработок;

$C_{ТФ}$ – часовая тарифная ставка сдельщика-станочника соответствующего разряда, р./ч;

K – коэффициент, учитывающий зарплату наладчика.

Практические часовые затраты по эксплуатации рабочего места можно рассчитать по формуле

$$C_{чз} = C_{чз}^{БМ} K_M, \quad (5.3)$$

где $C_{чз}^{БМ}$ – практические часовые затраты на базовом рабочем месте, р./ч;

K_M – коэффициент, показывающий, во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше затрат на базовом рабочем месте.

Удельные часовые капитальные вложения в станок и здание для серийного производства соответственно определяются следующим образом:

$$K_C = \frac{Ц100}{\Phi_D \eta_3}; \quad (5.4)$$

$$K_3 = \frac{F250000 \cdot 100}{\Phi_D \eta_3}, \quad (5.5)$$

где $Ц$ – первоначальная балансовая стоимость станка, р.;

Φ_D – действительный фонд времени работы станка, ч;

η_3 – коэффициент загрузки станка;

250000 – средняя стоимость здания, приходящаяся на 1 м² производственной площади, р.;



F – производственная площадь, занимаемая станком с учетом проходов, м.
Первоначальная балансовая стоимость станка

$$Ц = P \cdot 1,1, \quad (5.6)$$

где P – оптовая цена станка по прейскуранту, р.;

1,1 – коэффициент, учитывающий затраты на транспортирование станка и его монтаж.

Производственная площадь с учетом проходов

$$F = f K_f, \quad (5.7)$$

где f – площадь станка в плане, м²;

K_f – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на проходы, проезды.

Технологическая себестоимость операции механической обработки по приведенным затратам рассчитывается по формуле:

$$C_o = \frac{C_{пз} T_{шт(шт.к)}}{60}, \quad (5.8)$$

где $T_{шт(шт.к)}$ – штучное или штучно-калькуляционное время на выполнение операции, мин;

60 – коэффициент для перевода стоимости станко-часа в станко-минуты.

Величина приведенной годовой экономии от применения более экономичного варианта обработки определяется по формуле

$$\mathcal{E}_r = (C_o^1 - C_o^2) N, \quad (5.9)$$

где C_o^1, C_o^2 – технологические себестоимости сравниваемых вариантов операций, р.;

N – годовая программа, шт.

Часовые тарифные ставки рабочих-станочников приведены в таблице А.3.

В серийном производстве наладка станка осуществляется самим оператором, и коэффициент, учитывающий зарплату наладчика, принимается $K = 1$. Количество станков, обслуживаемых одним рабочим, принимается в данной лабораторной работе $M = 1$.

Практические часовые затраты на базовом рабочем месте для крупносерийного производства равны 44,6 р./ч.

Основные сведения о металлорежущих станках и значения коэффициентов K_m приведены в таблице А.4.

Коэффициент загрузки станков рекомендуется принимать для крупносерийного производства равным 0,8, а действительный годовой фонд времени $\Phi_o = 4015$ ч.



Производственная площадь, занимаемая станком, с учетом проходов не может быть меньше 6 м². Поэтому если произведение ($f \cdot K_f$) окажется меньше этого значения, то производственную площадь принимают равной 6 м².

Площадь станка в плане определяется умножением габаритных размеров станка. Значения коэффициента K_f в зависимости от величины площади станка в плане принимаются по таблице А.5.

При анализе себестоимости сравниваемых операций, для наглядности, рекомендуется построить в одинаковом масштабе соответствующие диаграммы.

Структурные элементы технологической себестоимости для каждого варианта определяются по формулам:

– доля зарплаты в технологической себестоимости операции, р.,

$$C_{зд} = \frac{C_3 \cdot T_{шт.к.}}{60 \cdot M}; \quad (5.10)$$

– доля затрат по эксплуатации рабочего места, р.,

$$C_{чзд} = \frac{C_{чз} \cdot T_{шт.к.}}{60}; \quad (5.11)$$

– доля удельных капитальных вложений в станки, р.,

$$K_{сд} = \frac{E_H \cdot K_c \cdot T_{шт.к.}}{60}; \quad (5.12)$$

– доля удельных капитальных вложений в здание, р.,

$$K_{зд} = \frac{E_H \cdot K_3 \cdot T_{шт-к.}}{60}. \quad (5.13)$$

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.
- 2 Определить заработную плату по сравниваемым вариантам операций.
- 3 Определить часовые затраты по эксплуатации рабочих мест.
- 4 Определить удельные капитальные вложения в станки.
- 5 Определить удельные капитальные вложения в здание.
- 6 Определить часовые приведенные затраты по вариантам операций.
- 7 Определить технологическую себестоимость вариантов операций.
- 8 Определить годовой экономический эффект от применения более экономичного варианта операции.
- 9 Определить величину структурных элементов технологической себестоимости сравниваемых операций.



6 Экономическое обоснование выбора способа получения отливок

Цель работы: освоение методики сравнения вариантов получения отливок и выбора способа, обеспечивающего минимальную себестоимость изготовленных из них деталей.

Наиболее универсальным методом получения отливок является литье в земляные формы. Однако изготовление форм требует больших затрат времени и средств, кроме того, отливки в землю имеют сравнительно большие припуски на обработку и характеризуются низким коэффициентом качества.

Более производительным, точным и ресурсосберегающим методом является литье в облицованные и необлицованные кокили. Отливки из цветных металлов и сплавов изготавливают в необлицованных, а из черных металлов – предпочтительно в облицованных кокилях.

Выбор оптимального способа получения отливок, как и других видов заготовок, основывается на сравнении себестоимости изготовленных из них деталей. Предпочтение отдают способу, обеспечивающему минимальную себестоимость детали, а при равенстве себестоимостей – менее материалоемкому. Отливки из черных металлов, полученные литьем в кокиле, требуют последующего отжига для ликвидации отбеленного слоя, что несколько повышает их стоимость. Однако более высокая точность, уменьшенные величины припусков, производительность процесса компенсируют указанный недостаток и обеспечивают их экономичность.

Технологическую себестоимость деталей можно определить по формуле

$$C_T = S_{ЗАГ} C_{ДОП}, \quad (6.1)$$

где $S_{ЗАГ}$ – стоимость отливки, р.;

$C_{ДОП}$ – коэффициент, учитывающий стоимость дополнительной механической обработки заготовки до уровня готовой детали.

Стоимость заготовки $S_{ЗАГ}$ рекомендуется определять по формуле

$$S_{ЗАГ} = (C_i Q K_T K_c K_b K_m K_n) \cdot (Q q) \cdot S_{ОТХ}, \quad (6.2)$$

где C_i – базовая стоимость 1 кг заготовок, р.;

K_T, K_c, K_b, K_m, K_n – коэффициенты, зависящие соответственно от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса готовой детали, кг;

$S_{ОТХ}$ – цена 1 кг отходов, р.

Экономический эффект от применения выбранного метода получения отливки рассчитывается по формуле



$$\mathcal{E}_Г = (C'_T - C''_T)N_Г, \quad (6.3)$$

где C'_T и C''_T – технологические себестоимости деталей по вариантам;
 $N_Г$ – объем выпуска деталей, шт. / год.

Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.

2 Получить задание у преподавателя.

3 По сравниваемым вариантам получения заготовок рассчитать: массы заготовок Q , кг; стоимость заготовок $S_{ЗАГ}$, р.; технологическую себестоимость деталей C_T , р.; годовой экономический эффект $\mathcal{E}_Г$, р., от применения более экономичного технологического процесса.

4 Составить отчет.

7 Технология получения композиционных материалов методом спиральной намотки

Цель работы: определить геометрические размеры оправки для намотки изделий с учетом теплового расширения.

Полимерные композиционные материалы состоят из высокопрочной армирующей основы (~70 % объемных) и полимерного связующего (~30 % объемных) горячего отверждения. Наиболее распространена технология изготовления изделий из КМ методом намотки на пятикоординатных станках с программным управлением. Намотка осуществляется на одноразовую и многоразовую оправки. Наружная поверхность оправки отображает внутреннюю поверхность изделия из КМ. Точность и шероховатость поверхности оправки обеспечивают точность и качество внутренней поверхности изделия из КМ.

Намотка на оправку осуществляется по заранее разработанной программе. При намотке используется связующее горячего отверждения, полимеризующееся при температуре 130 °С в течение трех часов. При комнатной температуре связующее не полимеризуется, что обеспечивает почти неограниченное время технологического цикла намотки изделия. Метод мокрой намотки предполагает наличие на станке емкости со связующим, через которое для пропитки проходит лента из армирующего материала. Программа намотки обеспечивает требуемый профиль по толщине стенки наматываемого изделия. Параметрами, обеспечивающими требуемую геометрию, являются углы намотки, определяющие зону намотки, количество слоев намотки, ширина и толщина наматываемой ленты. После завершения процесса намотки изделие вместе с оправкой направляется на полимеризацию. После полимеризации изделие с оправкой при необходимости направляется на механическую обработку. Завершающим этапом является съем готового изделия с оправки.



Для того, чтобы окончательные размеры изделия из КМ соответствовали заданным в чертежах, необходимо размеры оправки при изготовлении уменьшить на величину ее температурного расширения, определяемого по формуле

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T, \quad (7.1)$$

где ΔL – величина изменения соответствующего линейного размера;
 α – коэффициент температурного расширения материала;
 ΔT – перепад температур.

Примем, что сферические части оправки изготовлены из алюминия.
 Цилиндрическая часть – из стали.

$$\text{Для алюминия } \alpha = 22 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{C}^\circ};$$

$$\text{Для стали } \alpha = 13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{C}^\circ};$$

Диаметр сферической части оправки равен $D = 500$ мм, длина цилиндрической части равна $U = 700$ мм., общая длина оправки равна $L = D + U$.

Индивидуальные задания отличаются коэффициентами, на которые следует умножить соответствующие выделенные цветом цифры. Коэффициенты даны в таблице 7.1

Таблица 7.1 – Индивидуальные задания

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент K	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

Порядок выполнения практической работы

- 1 Изучить методические рекомендации.
- 2 Описать виды оправок и технологию их изготовления и использования для изготовления баллона из КМ (стеклопластика) методом спиральной намотки.
- 3 Описать принцип работы станка намоточного для изготовления баллона.
- 4 Рассчитать численные значения корректировки размеров сферической D и цилиндрической U частей с учетом температуры полимеризации.
- 5 Представить схематично в масштабе эскиз: внутреннюю поверхность баллона, отразив только полусферические днища и цилиндрическую часть. Указать численные значения размеров D , U и L .
- 6 На эскизе внутренней части баллона нанести пунктиром эскиз оправки (сферические днища и цилиндрическую часть) с указанием расчетных размеров D , U и L (без соблюдения масштаба, обеспечив наглядность).
- 7 Представить оформленный отчет.



8 Нормирование и технико-экономическое обоснование технологического процесса

Цель работы: приобрести навыки нормирования технологического процесса точения, научиться оценивать технико-экономическую эффективность технологического процесса точения.

Точение (токарная обработка) – обработка поверхностей тел вращения резанием, характеризуемая вращательным движением заготовки и поступательным движением режущего инструмента – резца.

Токарная обработка осуществляется на станках токарной группы. Наибольшее применение в единичном и мелкосерийном производствах получили универсальные токарно-винторезные станки.

Процесс резания характеризуется тремя основными параметрами:

- скоростью резания;
- глубиной резания;
- подачей.

Под **технически обоснованной нормой** понимают такую норму времени, которая устанавливается на выполнение токарной операции при условии наиболее полного использования технических возможностей станка и инструмента, с учетом достижений передового опыта.

Для единичного и мелкосерийного производств в основу расчета принимают штучно-калькуляционное время $T_{шк}$, которое включает время, непосредственно связанное с процессом точения, время на установку и снятие детали, время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные надобности, а также подготовительно-заключительное время на обработку партии деталей.

Основное (технологическое) время T_0 определяется по формуле

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (8.1)$$

где i – количество рабочих ходов (проходов);

L – расчетная длина хода резца при обработке, мм;

n – частота вращения шпинделя станка, об/мин;

S – подача, мм/об.

В свою очередь, величина L зависит от глубины резания, геометрии резца, длины обработки по чертежу и определяется по формуле

$$L = L_{дет} + 5, \quad (8.2)$$

где $L_{дет}$ – длина обработки по чертежу, мм.

Количество проходов i зависит от величины припуска и глубины резания:



$$i = \frac{Z}{t}. \quad (8.3)$$

Укрупненно величину $T_{шк}$ можно определить, как долю основного (технологического) времени. В случае токарной обработки соотношение между $T_{шк}$ и T_o определяется следующей зависимостью:

$$T_{шк} = 2,14 \cdot T_o \quad (8.4)$$

где $T_{шк}$ – штучно-калькуляционное время, мин;

T_o – основное (технологическое) время, мин.

Экономичность технологического процесса точения оценивается путем анализа ряда технико-экономических показателей.

Коэффициент использования материала K_m характеризует технологичность изготовления детали и равен отношению массы детали m_d к массе заготовки m_3 :

$$K_m = \frac{m_d}{m_3}. \quad (8.5)$$

Коэффициент использования станка по основному (технологическому) времени T_o характеризуется отношением основного (технологического) времени $T_{шк}$ к штучно-калькуляционному времени

$$K_0 = \frac{T_o}{T_{шк}}. \quad (8.6)$$

Основным, комплексным показателем, характеризующим эффективность токарной обработки, является себестоимость. Под себестоимостью понимают величину материальных и трудовых затрат в денежном выражении, необходимых на производство и реализацию единицы продукции.

Стоимость токарной обработки определяется зависимостью

$$C_0 = \frac{C_{ПЗ} T_{шк}}{60}, \quad (8.7)$$

где $C_{ПЗ}$ – часовые приведенные затраты, р./ч.

Часовые приведенные затраты включают в себя затраты на основную и дополнительную зарплату рабочих, затраты на эксплуатацию рабочего места, капитальные вложения в токарный станок и другие факторы. Они характеризуют экономичность процесса обработки.

Задание

Выбрать оптимальные скорость резания, глубину резания и подачу для точения, определить основное (технологическое) время токарной обработки,



штучно-калькуляционное время, основные технико-экономические показатели технологического процесса точения.

Порядок выполнения работы

- 1 Получить у преподавателя индивидуальное задание.
- 2 Изучить методические рекомендации.
- 3 Определить основное (технологическое) время токарной обработки.
- 4 Рассчитать штучно-калькуляционное время и основные технико-экономические показатели технологического процесса точения.
- 5 Рассчитать стоимость токарной обработки детали.
- 4 Представить оформленный отчет.

9 Оценка организационно-технического уровня производства

Цель работы: научиться анализировать и оценивать организационно-технический уровень механообрабатывающего производства на основе определения уровня технологии процесса механической обработки.

Для оценки уровня технологии механообрабатывающего производства используют показатели:

- производительности труда

$$P_n = \frac{T}{Ч}, \quad (9.1)$$

где T – общая трудоемкость механообработки, нормо-час;

$Ч$ – численность промышленно-производственного персонала, чел.;

- применения прогрессивного технологического оборудования

$$P_o = \frac{T_o}{T}, \quad (9.2)$$

где T_o – трудоемкость механообработки на прогрессивном оборудовании, нормо-час;

T – общая трудоемкость механообработки, нормо-час;

- охвата рабочих механизированным и автоматизированным трудом

$$P_m = \frac{Ч_{м.а.}}{Ч_p}, \quad (9.3)$$

где $Ч_{м.а.}$ – число рабочих, занятых механизированным и автоматизированным трудом, чел.;

$Ч_p$ – общая численность производственных рабочих по данному виду производства, чел.;



– использования материалов

$$P_{им} = \frac{M}{H}, \quad (9.4)$$

где M – масса изделия, кг;

H – норма расхода металла на изделие, кг.

Уровень технологии механообрабатывающего производства определяется по формуле

$$U_T = 0,3 \frac{P_n}{P_n^H} + 0,3 \frac{P_0}{P_0^H} + 0,2 \frac{P_M}{P_M^H} + 0,2 \frac{P_{им}}{P_{им}^H}, \quad (9.5)$$

где $P_n^H, P_0^H, P_M^H, P_{им}^H$ – нормативные значения соответствующих показателей.

Нормативные значения показателей устанавливаются на основе статистической обработки данных о работе передовых предприятий и изучении прогноза развития технологических процессов. При этом учитывается тип и объем производства, характеристики выпускаемых изделий, а также другие параметры.

По величине уровня технологии аттестуемому производству присваивают следующие категории:

- высшую, если $0,88 < U_T \leq 1,00$;
- первую, если $0,68 < U_T \leq 0,88$;
- вторую, если $U_T \leq 0,68$.

Нормативные значения показателей механообработки в условиях серийного производства приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Нормативные значения показателей оценки уровня технологии механообрабатывающего производства

Наименование показателя	Нормативное значение
Показатель производительности труда	2 150
Показатель прогрессивности технологического оборудования	0,45
Показатель охвата рабочих мест механизированным и автоматизированным трудом	0,80
Показатель эффективности использования материалов	0,77

Гистограмма позволяет провести анализ влияния отдельных показателей на уровень технологии, определить основные направления повышения показателя уровня технологии.

Порядок выполнения работы

- 1 Получить у преподавателя индивидуальное задание.

2 Используя формулу (9.5), аттестовать механообрабатывающее производство и определить его категорию.

3 Построить гистограмму значений показателей и значение уровня технологии механообрабатывающего производства.

4 Провести анализ значений показателей уровня технологии, выявить направления повышения уровня технологии механообрабатывающего производства, проанализировать влияние уровня технологии на организационно-технический уровень производства.

Список литературы

1 **Анищик, В. М.** Инновационная деятельность: словарь-справочник / В. М. Анищик, А. В. Русецкий, Н. К. Толочко; под ред. Н. К. Толочко. – Минск: БГУ, 2006. – 176 с.

2 Производственные технологии. Общие основы: учебно-практическое пособие в 2 ч. / М. В. Самойлов [и др.]. – Минск: БГЭУ, 2005. – Ч. 2. – 88 с.

3 Производственные технологии в машиностроении: учебное пособие для вузов / А. А. Жолобов [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун.-т., 2007. – 352 с.

4 Производственные технологии: учебник для вузов / Под ред. В. В. Садовского. – Минск: БГЭУ, 2008. – 431 с.

Приложение А (обязательное)

Таблица А.1 - Варианты задач для сравнения себестоимости обработки цилиндрических поверхностей

Номер задачи	Размер		Вариант	Метод обработки и модель станка	Разряд	$T_{шт-к.}$, мин
	$d (D)$	L				
1	50 + 0,039	40	1	Тонкое растачивание на станке модели 16К04В	3	1,86
			2	Шлифование на станке модели 3К227В	3	4,6
2	50 + 0,039	40	1	Развертывание на станке модели 2Н135	2	3,8
			2	Протягивание на станке модели 7Б55	2	0,6
3	40 + 0,027	50	1	Развертывание на станке модели 2Н135	2	4,53
			2	Тонкое растачивание на станке модели 16К04В	3	2,2
4	40 + 0,027	30	1	Развертывание на станке модели 2Н135	2	2,86
			2	Шлифование на станке модели 3К227В	3	3,6
5	48+0,039	60	1	Тонкое растачивание на станке модели 16К04В	3	2,8
			2	Протягивание на станке модели 7Б55	2	0,8
6	80 – 0,03	50	1	Наружное шлифование на станке модели 3М151	3	3,2
			2	Тонкое точение на станке модели 16К04В	3	2,3
7	80 – 0,03	40	1	Наружное шлифование на станке модели 3М151	3	2,4
			2	Бесцентровое шлифование на станке модели 3М184	2	0,3
8	60 – 0,03	50	1	Тонкое точение наружной поверхности на станке модели 16К04В	3	2,4
			2	Бесцентровое шлифование на станке модели 3М184	2	0,4



Таблица А.2 – Варианты задач для сравнения себестоимости обработки цилиндрических поверхностей шатуна

Номер задачи	T , мм	Z , мм	R_a , мм	Вариант	Метод обработки и модель станка	Разряд	$T_{шт.к.}$, мин
1	0,12	0,3	2	1	Тонкое фрезерование на станке модели 6P10	3	3,0
				2	Наружное протягивание на станке модели 7Б74	2	0,4
2	0,35	2	12	1	Строгание на станке модели 7Е35	2	4,0
				2	Фрезерование на станке модели 6P11	2	1,0
3	0,07	0,2	1	1	Шлифование на станке модели 3Г71М	3	4,2
				2	Шлифование на станке с круглым столом модели 3Д756	3	0,3

Таблица А.3 – Часовые тарифные ставки рабочих, тыс. р.

Тарифный разряд	1	2	3	4	5	6
Тарифный коэффициент	1,0	1,6	2,0	2,15	2,49	2,89
Часовая тарифная ставка C_m	299	478	598	658	747	867

Таблица А.4 – Оптовые цены, габариты и значения коэффициента K_m металлорежущих станков

Наименование станка	Модель	Оптовая цена P , р.	Габариты $B \times H$, мм	K_m
Вертикально-сверлильный	2Н135	2 000	1 240 x 810	0,9
Бесцентрово-шлифовальный	3М184	3 300	3 500 x 2 200	3,3
Горизонтально-протяжной	7Б55	10 050	6 000 x 1 430	3,0
Внутришлифовальный	3К227В	5 595	2 300 x 1 280	2,2
Вертикально-фрезерный	6P10	2 800	1 720 x 1 750	1,2
Вертикально-фрезерный	6P11	2 600	2 100 x 1 780	0,9
Вертикально-протяжной	7Б74	9 000	2 210 x 1 435	2,5
Поперечно-строгальный	7Е35	3 100	2 470 x 1 260	0,9
Плоскошлифовальный	3Г71М	4 205	2 500 x 1 590	1,6
Плоскошлифовальный с круглым столом	3Д756	8 000	2 770 x 2 305	2,3
Круглошлифовальный	3М151	9 000	3 100 x 2 100	2,7
Токарно-винторезный высокой точности	16К04В	4 000	2 522 x 1 166	1,2

Таблица А.5 – Значения коэффициента K_f

Площадь станка в плане, m^2	До 2-х	2...4	4...6	6...10	10...20	Св. 20
K_f	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5