

АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления вала редуктора общего назначения.

Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2018.

В бакалаврской работе представлена технология изготовления вала редуктора общего назначения для серийного производства.

Ключевые слова: деталь, заготовка, технологический процесс, оснастка, инструмент, производственное времени и проектирование переходов.

В рамках данной работы было выполнено следующее:

- в разделе 1 данной работы произведен анализ исходных данных для проектирования техпроцесса детали - «Вал редуктора общего назначения»;

- в разделе 2 данной работы разработан технологический процесс изготовления вала;

- в разделе 3 данной работы спроектировано зажимное приспособление, для закрепления детали - «Вал редуктора общего назначения», при обработке на станке, а также произведен расчет режущего инструмента;

- в разделе 4 данной работы выработаны мероприятия по охране труда при проектировании техпроцесса изготовления детали - «Вал редуктора общего назначения»;

- в разделе 5 данной работы подтверждена экономическая эффективность представленной технологии изготовления вала.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку в размере 57 страниц, содержащей 13 таблиц, 5 рисунков, и графическую часть, содержащую 7 листов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Описание исходных данных	5
2 Технологическая часть работы	12
3 Проектирование приспособления и усовершенствование режущего инструмента	30
4 Безопасность и экологичность технического объекта	41
5 Экономическая эффективность работы	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	51
ПРИЛОЖЕНИЯ	54

ВВЕДЕНИЕ.

Современный уровень развития машиностроительного производства подразумевает применение силовых машин в различных аспектах деятельности людей. Одним из необходимых элементов таких машин, необходимых для нормальной работоспособности силовых машин, являются – редуктора. Редуктора имеют различное назначение и место применения, однако чаще всего, на практике, используют редуктора общего назначения.

В своей конструкции редуктора имеют целый спектр типовых деталей, таких как корпуса, шестерни, подшипники, крышки и многие другие. Особое место в данных конструкциях занимают – валы, которые обеспечивают работоспособность редукторов, путем передачи крутящего момента. На основании этого, можно говорить, что актуальными являются вопросы проектирования технологических процессов (ТП) таких деталей, а особенно ТП изготовления валов. При проектировании таких ТП особо важной и актуальной задачей является обеспечение качества, при этом, необходимо обеспечивать необходимую производительность, и при всем при этом, обеспечение наименьших затрат.

Таким образом, сформируем цель бакалаврской работы: «Технологический процесс изготовления вала редуктора общего назначения» как разработку технологического процесса вала с максимальным качеством и минимальной себестоимостью.

1 Описание исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения детали

Деталь – «Вал редуктора общего назначения», является одной из деталей редуктора, который состоит из нескольких передач. Вал, является главной деталью редуктора, который обеспечивает функционирование силового агрегата в целом. Для изготовления вала используется сталь 45. Общий вид данной детали представлен на рисунке 1.1.

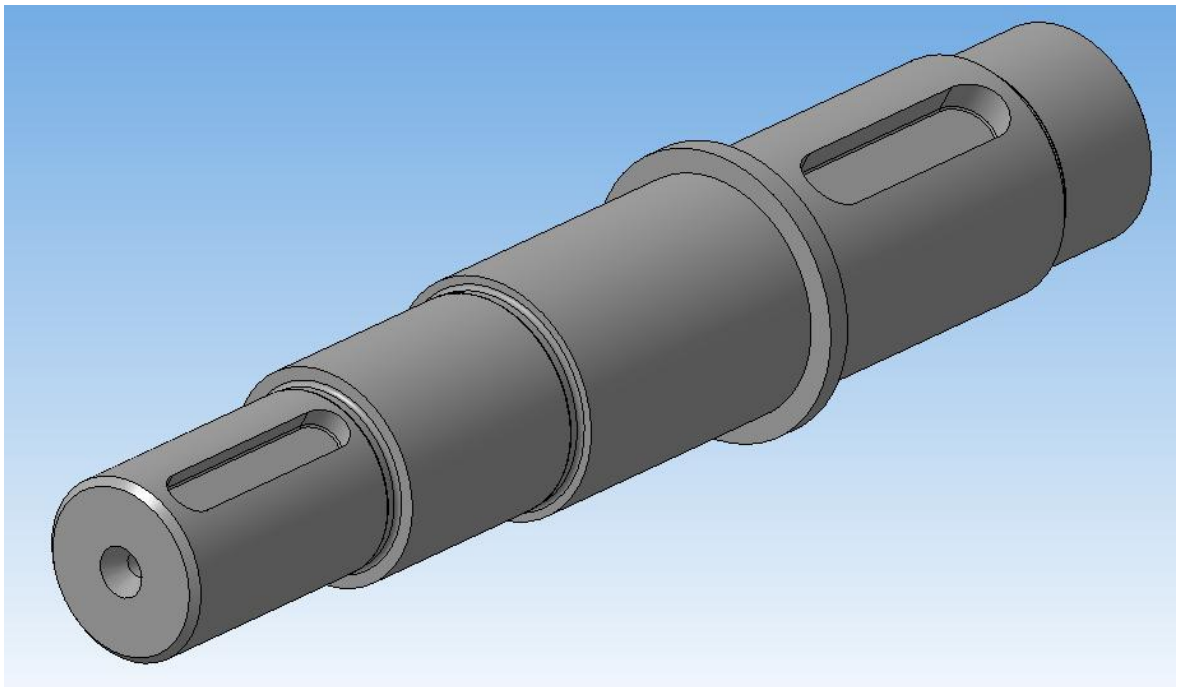


Рисунок 1.1 – Эскиз детали - вал

1.2 Материал вала, его анализ

Вал редуктора общего назначения изготавливается из конструкционной углеродистой стали марки 45 ГОСТ 1050-88. В таблице 1.1. представлена

диаграмма ингредиентов, составляющих сталь 45. Как видно из диаграммы основу стали 45 составляет железо и углерод, кроме этого имеются добавки хрома, никеля, кремния и марганца, а также различных примесей в виде фосфора и серы.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 45



Кроме этого данный материал обладает достаточно высокими механическими свойствами, а так как функционирование узла осуществляется в производственном помещении, то в данном случае не важны требования по коррозионной стойкости. В целом можно сказать, что сталь 45 удовлетворяет нас для изготовления детали – «Вал редуктора общего назначения». Кроме этого возможно для данной детали использовать такую разновидность данной стали, как сталь 45Л или 45ХЛ.

1.3 Классификация поверхностей детали

Для выявления поверхностей, которые имеют важнейшее значение для нормального выполнения валом редуктора своего служебного назначения, систематизируем поверхности детали в соответствии с рисунком 1.2. и таблицей 1.2.

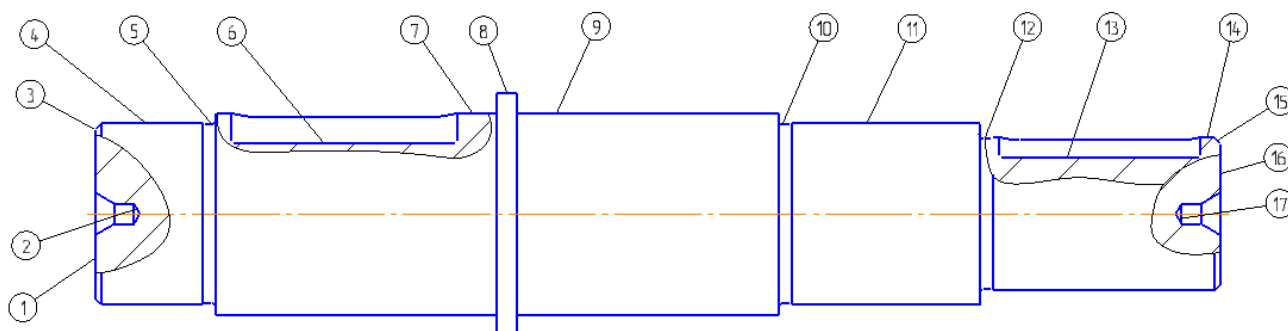


Рисунок 1.2 – Кодированный эскиз детали

Таблица 1.2 – Классификация поверхностей

№ п/п	Типы поверхности детали	Номера поверхностей
1	Основные конструкторские базы	пов.4, пов.14 пов.11
2	Исполнительные поверхности	пов.6, пов.13
3	Вспомогательные конструкторские базы	пов.9
4	Свободные поверхности	пов.1, пов.2, пов.3, пов.5, пов.7, пов.8, пов.9, пов.10, пов.12, пов.15, пов.16, пов.17

Анализируя данные таблицы 1.2, можно сказать, что особое внимание, при изготовлении вала следует обратить на поверхности с номерами –

4,6,9,11,13,14, которые обеспечивают качество и детали и работоспособность редуктора в целом.

1.4 Технологичность детали

Анализируя технологичность данной детали, можно сказать, что она обладает высокой степенью технологичности, так как деталь в своей конструкции, не имеет элементов, которые затрудняют обработку, не имеет большие габариты, что не требует для ее производства специального оборудования. Шпоночные пазы 14N9 и 10N9 предназначены для соединения вала с зубчатым колесом и муфтой, в котором использованы дополнительные конструктивные элементы - шпонки, предназначенные для предотвращения их взаимного поворота. Два центровых отверстия предназначены для обработки вала в центрах, так как это наиболее распространенный способ обработки на токарных станках.

Для количественной оценки технологичности, проводится расчет по следующим показателям, представленным в формулах 1.1-1.3.

Коэффициент унификации:

$$K_y = \frac{N_y}{N_{\text{ОБЩ}}} \quad (1.1)$$

где N_y и $N_{\text{ОБЩ}}$ – соответственно число унифицированных и общее число поверхностей;

Подставим данные в формулу 1.1., получим:

$$K_y = \frac{17}{17} = 1$$

Коэффициент точности:

$$K_T = \frac{\sum N_I IT_I}{N_{ОБЩ}} \quad (1.2)$$

где IT – квалитет точности;

Подставим данные в формулу 1.2., получим:

$$K_T = \frac{14 \cdot 8 + 9 \cdot 3 + 7 \cdot 4 + 6 \cdot 2}{17} = 10,5$$

Коэффициент чистоты обработки:

$$K_T = \frac{\sum N_I Ra_I}{N_{ОБЩ}} \quad (1.3)$$

где Ra , мкм – параметр шероховатости;

Подставим данные в формулу 1.3., получим:

$$K_T = \frac{1,6 \cdot 4 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 15}{17} = 10,9$$

Вывод: по данным показателям – «Вал редуктора общего назначения» технологичен.

Вал редуктора общего назначения является деталью типа тела вращения. Деталь состоит только из цилиндрических поверхностей. Для изготовления детали не потребуются использования специальных методов обработки и инструментов. На шейках вала предусмотрены канавки для выхода режущего инструмента. Все конструктивные элементы унифицированы.

Все поверхности вала возможно изготовить с применением обычных

универсальных станков. Все элементы вала выполняются стандартным режущим инструментом. Поверхности вала имеют степени точности, качества и шероховатости, которые соответствуют их служебному назначению. Максимальные значения данных параметров следующие:

- шероховатость Ra 1,6 мкм на поверхностях 4, 7 и 11;
- качество IT6 имеют поверхности 4,7,11;
- допуск цилиндричности поверхностей 4, 7 и 11 - 0,01мм;
- допуск соосности поверхностей 4 и 7 - 0,01мм.

Отсюда можно сделать вывод, что шероховатость и точность поверхностей Вала редуктора общего назначения и заданы довольно жесткими, однако это позволит изготовить данную деталь их на станках нормальной точности.

Обрабатываемость стали 45 относительно удовлетворительная.

На основании вышеизложенного, следует вывод, что конструкция - «Вала редуктора общего назначения» технологична.

1.5 Задачи работы

Для достижения цели бакалаврской работы, сформулированной в разделе «Введение» настоящей работы, необходимо решить следующие задачи: 1. Определить тип производства и выбрать стратегию разработки технологического процесса;

2. Выбрать оптимальный метод получения заготовки и маршрут обработки поверхностей;

3. Разработать технологический маршрут и схемы базирования заготовки;

4. Выбрать оборудование, приспособления, режущий инструмент, средства контроля;

5. Назначить припуски на мехобработку;

6. Рассчитать и спроектировать станочное приспособление;

7. Спроектировать инструмент;

8. Рассмотреть мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности технического объекта;

9. Определить экономическую эффективность.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор типа производства

Определим общие критерии выбора ТП изготовления вала, в зависимости от типа производства. Для этого выберем тип производства по массе детали и ее программе выпуска. Масса детали составляет 3,64 кг, а годовая программа выпуска $N_{Г} = 10000$ шт. Исходя из этого производство принимаем среднесерийное.

По формуле определяем объем партии запуска детали,

$$n = N \cdot a / D, \text{ шт.} \quad (2.1)$$

где D – число дней работы.

a - систематичность запуска в днях;

N - программа выпуска, шт/год;

Принимаем $a = 12$, $D = 248$.

Тогда $n = 10000 \cdot 12 / 248 = 483,9$, принимаем 484 детали.

2.2 Выбор метода получения заготовки

Данную деталь «Вал редуктора общего назначения» возможно изготавливать поковкой, которая получается методом горячей объемной штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП), а так же из проката. Проведем технико-экономическое сравнение двух вариантов заготовок и выберем наиболее оптимальный вариант.

2.2.1 Получение заготовки штамповкой

Первый способ получения заготовки поковки – открытая штамповка на КГШП. Расчеты ведем по ГОСТ 7505-89 Поковки штампованные. Принимаем степень точности поковки Т4 для открытой (облойной) штамповки. Тогда массу штамповки $M_{ШТ}$, кг определим по формуле:

$$M_{ШТ} = M_{д} \cdot K_{р}, \text{ кг}, \quad (2.2)$$

где $M_{д}$ – масса детали, кг;

Согласно чертежу $M_{д} = 3,64$ кг;

$K_{р}$ – расчетный коэффициент массы, принимается $K_{р} = 1,5$ [Ошибка! Источник ссылки не найден., стр.256] .

Таким образом $M_{ШТ} = 3,6 \cdot 1,5 = 5,46$ кг.

Рассчитаем массу фигуры (цилиндра), которая описывает заготовку «Вал редуктора общего назначения» в соответствии с формулой:

$$M_{\Phi} = \frac{\pi \cdot d_{\Phi}^2}{4} \cdot L_{\Phi} \cdot \rho, \text{ кг}, \quad (2.3)$$

Где L_{Φ} – длина цилиндра, который описывает заготовку, в миллиметрах. Для его расчета примем длину «Вал редуктора общего назначения», увеличенную в 1,05 раза, то есть $L_{\Phi} = 280 \cdot 1,05 = 294$ мм;

d_{Φ} – диаметр цилиндра, который описывает заготовку, в миллиметрах. Принимаются как максимальный диаметр «Вала редуктора общего назначения», который надо увеличить в 1,05 раза, то есть $d_{\Phi} = 60 \cdot 1,05 = 63$ мм;

$\rho=7850 \cdot 10^{-9}$ кг/мм³ – удельный вес стали 45.

Таким образом
$$M_{\Phi} = \frac{3,14 \cdot 63^2}{4} \cdot 294 \cdot 7850 \cdot 10^{-9} = 7,19 \text{ кг}$$

$$M_{\text{шт}}/M_{\Phi}=5,46/7,19=0,76.$$

Выбираем группа стали 45. Так как данная сталь содержит массовую долю углерода свыше 0,35 %, но не более 0,65 % принимается группа стали – М2.

2.2.2 Получение заготовки прокаткой

При получении заготовки из проката массу заготовки $M_{\text{ПР}}$, кг, определяем по формуле:

$$M_{\text{ПР}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{ПР}}^2}{4} \cdot L_{\text{ПР}} \cdot \rho, \quad (2.4)$$

где $D_{\text{ПР}}$ - диаметр сортового проката, в миллиметрах, принимаем диаметр детали, увеличенный в 1,05 раза;

$L_{\text{ПР}}$ - длина заготовки из сортового проката, в миллиметрах, принимаем длину детали, увеличенную в 1,05 раза;

Таким образом $D_{\text{ПР}}=60 \cdot 1,05=63$ мм, по ГОСТ 2590-71 принимаем прокат обычной точности диаметром 65 мм; $L_{\text{ПР}}=280 \cdot 1,05=294$ мм, принимаем 300мм.

$$M_{\text{ПР}} = \frac{3,14 \cdot 65^2}{4} \cdot 300 \cdot 7850 \cdot 10^{-9} = 7,81 \text{ кг}$$

2.2.3 Экономическое сравнение вариантов заготовок получения заготовок

Используя данные пунктов 2.2.1 и 2.2.2 определяем, стоимость заготовок:

Технологическая себестоимость, определяется по формуле (2.5):

$$C_m = \frac{q}{R_M} [C_{заг} + C_{мех} - C_{отх}] - K_M \quad (2.5)$$

где $C_{заг}$, $C_{мех}$, $C_{отх}$ - соответственно стоимости килограмма заготовок, механической обработки и килограмма отходов, руб./кг.

Для стали 45: $C_{отх} = 11,4$ руб./кг.

Стоимость обработки определим по формуле (2.6):

$$C_{мех} = C_c + E_H \cdot C_k \quad (2.6)$$

где $C_c = 25$ - затраты для съема одного килограмма стружки с штамповки, руб./кг;

$E_H = 0,1$ – коэфф. нормативной коррекции эффективности вложений в основной капитал;

$C_k = 22$ руб./кг. - капитальные затраты на один килограмм стружки,

Тогда по формуле, стоимость обработки составляет (2.6):

$$C_{мех} = 25 + 0,1 \cdot 22 = 27,2$$

Стоимость одного кг заготовки, полученной методом КГШП, находится по формуле (2.7):

$$C_{\text{заг1}} = C_{\text{отл}} \times K_T \times K_C \times K_B \times K_M \times K_{\Pi} \quad (2.7)$$

где $C_{\text{отл}}$ - стоимость килограмма поковок, $C_{\text{отл}} = 29$ руб. – для заготовок получаемым КГШП;

K_T – коэффициент коррекции, учитывающий точность штамповки, здесь

$K_T = 1,0$ - для 2-го класса точности;

K_C - коэффициент коррекции, учитывающий сложность штамповки, здесь

$K_C = 1,2$ - для 4-ой группы сложности штамповки;

K_B - коэффициент коррекции, по массе штамповки, здесь

$K_B = 1,6$;

K_M - коэффициент коррекции, по материалу штамповки, здесь

$K_M = 0,5$ - для стали;

K_{Π} - коэффициент коррекции, учитывающий группу серийности, здесь

$K_{\Pi} = 0,5$

Подставим значения в формулу (2.7):

$$C_{\text{заг.лит.}} = 29 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,6 \times 0,5 \times 0,5 = 13,92 \text{ руб.}$$

Общая технологическая себестоимость заготовки по формуле (2.5) будет равна:

$$C_{T_1} = \frac{7,64}{0,89} [3,92 + 7,2 - 11,4 - 0,89] = 728,72 \text{ руб.}$$

Стоимость одного кг заготовки, полученной методом прокатки, находится по формуле (2.8):

$$C_{\text{заг1}} = C_{\text{отл}} \times K_T \times K_C \times K_B \times K_M \times K_{\Pi} \quad (2.8)$$

где $C_{\text{отл}}$ - стоимость килограмма прутка, $C_{\text{отл}} = 65$ руб. – для заготовок, получаемых прокаткой;

K_T – коэффициент коррекции, учитывающий точность прокатки, здесь

$K_T = 1,0$ - для 2-го класса точности;

K_C - коэффициент коррекции, учитывающий сложность прокатки, здесь

$K_C = 1,2$ - для 4-ой группы сложности прокатки;

K_B - коэффициент коррекции, по массе прокатки, здесь

$K_B = 1,6$;

K_M - коэффициент коррекции, по материалу прутка, здесь

$K_M = 0,5$ - для стали;

K_{Π} - коэффициент коррекции, учитывающий группу серийности, здесь

$$K_{\text{п}} = 0,5$$

Подставим значения в формулу (2.8):

$$C_{\text{заг.2}} = 65 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,6 \times 0,5 \times 0,5 = 31,2$$

Тогда, по формуле (2.5):

$$C_{T_2} = \frac{7,81}{0,89} [1,2 + (7,2 - 11,4) \times 0,89] = 737,4 \text{ руб.}$$

Таблица 2.1 – Анализ двух вариантов получения заготовки

Показатель	Вариант получения заготовки	
	Прокат	Штамповка
Масса заготовки, кг	7,81	7,64
КИМ	0,47	0,67
Стоимость детали, руб	737,40	728,72

Проведя анализ двух вариантов заготовок по себестоимости их изготовления можно сделать заключение, что более эффективно изготовить заготовку методом открытой штамповки на КГШП.

Определим годовой экономический эффект $\mathcal{E}_Г$, руб., от внедрения штамповки по сравнению с прокатом:

$$\mathcal{E}_{Г_1} = (C_{T_2} - C_{T_1}) \times N_G = (737,4 - 728,72) \times 10000 = 86800 \text{ руб.} \quad (2.9)$$

Основываясь на данных формулы (2.9) окончательно в качестве заготовки для данной детали принимаем – штамповку. Чертеж заготовки – штамповки приведен в графической части бакалаврской работы.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Выбираем методы обработки поверхностей, обеспечивающие минимум затрат на обработку при достижении заданной точности. Составляем таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - Методы обработки поверхностей.

№ поверхности	Вид поверхности	Размер	Квалитет точности	Шероховатость, Ra	Последовательность обработки
1	2	3	4	5	6
1	Торец	Ø280	14	12,5	Подрезать однократно
2	Отверстие центровое	5	14	12,5	Сверлить
3	Фаска	1,6x45 ⁰	14	12,5	Точить однократно
4	Шейка	Ø45k6	6	1,6	Точить однократно начерно Точить однократно начисто Шлифовать однократно начерно Шлифовать однократно начисто
5	Канавка	Ø44,5x3,2 5	14	12,5	Точить однократно
6	Паз	14N7	7	6.3	Фрезеровать однократно

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
7	Шейка	Ø50p6	6	1,6	Точить однократно начерно Точить однократно начисто Шлифовать однократно начерно Шлифовать однократно начисто
8	Наружная поверхность	Ø60	14	12,5	Точить однократно
9	Шейка	Ø50	14	12,5	Точить однократно
10	Канавка	Ø44,5x3,25	14	12,5	Точить однократно
11	Шейка	Ø45k6	6	1,6	Точить однократно начерно Точить однократно начисто Шлифовать однократно начерно Шлифовать однократно начисто
12	Канавка	Ø37,5x3,25	14	12,5	Точить однократно
13	Паз	10N7	7	6.3	Фрезеровать однократно
14	Шейка	Ø38 k6	6	1,6	Точить однократно начерно Точить однократно начисто Шлифовать однократно начерно Шлифовать однократно начисто

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
15	Фаска	1,6x45 ⁰	14	12,5	Точить однократно
16	Отверстие центровое	5	14	12,5	Сверлить
17	Торец	280	14	12,5	Подрезать однократно

2.4 Определение припусков и проектирование заготовки

Выбор размеров поковки ведем по ГОСТ 7505-89.

Вначале назначим дополнительные припуски [16]:

1. Дополнительный припуск, который учитывает изогнутость поковки, для нашего случая принимаем - 0,5 мм;

2. Дополнительный припуск, который учитывает смещение по плоскости разъема штампа КГШП, принимаем - 0,3 мм.

Припуски, допуски и размеры штамповки сведем в таблицу 2.3.

Основные параметры заготовки принимаем по ГОСТ 7505-89. Нагрев заготовки принимаем индукционный.

Таблица 2.3 – Назначение припусков, допусков и размеров заготовки

припуск на сторону, мм	размер, мм	допуск, мм
1	2	3
$Z_1=1,9+0,8=2,7$	285,4	+2,1 -1,1
$Z_2=1,7+0,8=2,5$	Ø50	+1,4 -0,8
$Z_3=1,7+0,8=2,5$	Ø55	+1,4 -0,8
$Z_4=1,4+0,8=2,2$	Ø64,4	+1,4 -0,8

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3
$Z_5=1,4+0,8=2,2$	Ø54,4	+1,4 -0,8
$Z_6=1,4+0,8=2,2$	Ø49,4	+1,4 -0,8
$Z_{10}=1,7+0,8=2,5$	Ø43,0	+1,4 -0,8
$Z_{11}=1,3+0,8=2,1$	30,6	+1,4 -0,8
$Z_{12}=1,4+0,8=2,2$	100,5	+1,6 -0,9
$Z_{13}=1,4+0,8=2,2$	60,5	+1,4 -0,8
$Z_{14}=1,5+0,8=2,3$	110,4	+1,6 -0,9
$Z_{14}=1,7+0,8=2,5$	175,2	+1,8 -1,0

2.5 Разработка технологического маршрута и плана изготовления

Разрабатываем ТП изготовления вала, этапы данной разработки представлены ниже.

2.5.1 Маршрут обработки вала

Маршрут обработки вала показан в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 – Маршрут обработки детали - вал

№	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности	№ опер.	Наименование операции
1	2	3	4	5
1	Обработка давлением	1,4,7,8,9,11,14,16	005	Заготовительная

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
2	Механическая обработка	1,2,16,17	010	Фрезерно-центровальная
3	Механическая обработка	9,10,11,12,14,15	015	Токарная
4	Механическая обработка	3,4,5,7,8	020	Токарная
5	Механическая обработка	6	025	Фрезерная
6	Механическая обработка	13	030	Фрезерная
7	Механическая обработка	6,13	035	Слесарная
8	Механическая обработка	4,7	040	Кругло-шлифовальная
9	Механическая обработка	4,7	045	Кругло-шлифовальная
10	Механическая обработка	11,14	050	Кругло-шлифовальная
11	Механическая обработка	11,14	055	Кругло-шлифовальная
12			060	Моечная
13			065	Контрольная

2.5.2 План изготовления детали

На основе маршрутной технологии проектируем план изготовления детали, который представлен в графической части работы. В плане изготовления указываем наименование и номер операции, применяемое оборудование, операционный эскиз с указанием баз, операционных размеров, получаемой шероховатости, технических требований. Деталь показываем в положении, которое она занимает в приспособлении станка. Обрабатываемые поверхности на каждой операции выделяем линиями двойной толщины.

2.5.3 Разработка схем базирования

В качестве черновых технологических баз, которые применяются однократно, примем наиболее протяженные, удобные для закрепления в стандартной технологической оснастке – в данном случае поверхность 7 и центровое отверстие 17, которые позволят равномерно распределить припуск на все поверхности обрабатываемой детали.

В таблице 2.5 распишем все технологические базы с их целевой принадлежностью.

Таблица 2.5 – Выбор технологических баз

Номер операции	Номера опорных точек	Наименование базы	Характер проявления		Реализация			Единство баз	Постоянство баз
			явная	скрытая	естественная	искусственная	станочные приспособления		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010	1,2,3,4 5 6	2Н У О	+		+		Токарный трехкулачковый самоцентрирующий патрон, вращающийся центр	+	+
015 Уст. А	1,2,3,4 5 6	2Н У О	+	+	+		Токарный трехкулачковый самоцентрирующий патрон, вращающийся центр	+	+
015 Уст.Б	1,2,3,4 5 6	2Н У О	+	+	+		Токарный трехкулачковый самоцентрирующий патрон, вращающийся центр	+	+
020 Уст. А	1,2,3,4 5 6	2Н У О	+	+	+		Токарный трехкулачковый самоцентрирующий патрон, вращающийся центр	+	+
020 Уст.Б	1,2,3,4 5 6	2Н У О	+	+	+		Токарный трехкулачковый самоцентрирующий патрон, вращающийся	+	+

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
							центр		
025	1,2,3,4 5 6	2Н У О	+		+	+	Приспособление специальное с призматическим зажимом	+	+
030	1,2,3,4 5 6	2Н У О	+		+	+	Приспособление специальное с призматическим зажимом	+	+
040	1,2,3,4 5 6	2Н У О	+		+	+	Поводковый патрон, вращающийся центр	+	+
045	1,2,3,4 5 6	2Н У О	+		+	+	Поводковый патрон, вращающийся центр	+	+
050	1,2,3,4 5 6	2Н У О	+		+	+	Поводковый патрон, вращающийся центр	+	+
055	1,2,3,4 5 6	2Н У О	+		+	+	Поводковый патрон, вращающийся центр	+	+
Примечания: У – база установочная, 2О – база двойная опорная, О – база опорная; 2Н – база двойная направляющая									

2.6 Выбор средств технологического оснащения

Проведем выбор оборудования, режущего инструмента и средств контроля.

2.6.1 Выбор оборудования

На основании проведенного анализа в качестве мер по увеличению точности и скорости обработки предлагаем использовать станки с ЧПУ, которые на данном участке можно будет догрузить типовыми деталями (валы). Результаты выбора оборудования представлены в таблице 2.6.

2.6.2 Выбор приспособлений

С учетом схемы базирования выбираем станочную оснастку - механизированные специализированные групповые переналаживаемые приспособления, которые применяются для обработки однотипных заготовок. Отличие только в размерах и некоторыми конструктивных элементах.

2.6.3 Выбор режущего инструмента

При выборе режущего инструмента для каждой операции опираемся на метод обработки поверхности, ее расположение и конфигурацию. Учитываем состояние обрабатываемой поверхности и чистоту обработки.

2.6.4 Выбор средств контроля.

При выборе режущего контрольного инструмента ориентируемся на его точность и производительность. Результаты выбора контрольного инструментария, представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Выбор средств технологического оснащения

№ наименования операции	Наименование, модель оборудования	Наименование станочного приспособления	Наименование и типоразмер измерительного средства, № стандарта или чертежа	Наименование и размер инструмента, марка материала, № стандарта или чертежа
1	2	3	4	5
005 Заготовительная	КГШП	-	-	-
010 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный станок МР-71м	Тиски	Штангенциркуль ШЦ-III	Фреза торцевая SANDVIK Ø100 мм с z-10 2214-033 Центровочное сверло Ø5

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5
				SANDVIK
015 Токарная	Токарный станок GME-6132 CNC8	Патрон самоцентрирующий токарный 3-х кулачковый	Штангенциркуль ШЦ-III	Резец с пластиной SANDVIK
020 Токарная	Токарный станок GME-6132 CNC8	Патрон самоцентрирующий токарный 3-х кулачковый	Штангенциркуль ШЦ-III	Резец с пластиной SANDVIK Резец канавочный 3 2x20x170 левый T15K6
025 Фрезерная	Вертикально-фрезерный станок 6P81	Приспособление фрезерное специальное	Шаблон ГОСТ 519-77	Фреза концевая Ø14 2510-4084 ГОСТ 9140-80
030 Фрезерная	Вертикально-фрезерный станок 6P81	Приспособление фрезерное специальное	Шаблон ГОСТ 519-77	Фреза концевая Ø10 2510-4084 ГОСТ 9140-80
035 Слесарная	Электрохимический станок для удаления заусенец 4407			
040 Кругло-шлифовальная	Универсальный круглошлифовальный станок STUDER RHU 450	Патрон поводковый ГОСТ 16157-70	Штангенциркуль ШЦ-III	Круг шлифовальный 1-100×63×205 91AF90L9B
045 Кругло-шлифовальная	Универсальный круглошлифовальный станок STUDER RHU 450	Патрон поводковый ГОСТ 16157-70	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73	Круг шлифовальный 1-100×63×205 91AF90L9B

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5
050 Кругло-шлифовальная	Универсальный круглошлифовальный станок STUDER RHU 450	Патрон поводковый ГОСТ 16157-70	Штангенциркуль ШЦ-III	Круг шлифовальный 1-100×63×205 91AF90L9B
055 Кругло-шлифовальная	Универсальный круглошлифовальный станок STUDER RHU 450	Патрон поводковый ГОСТ 16157-70	Штангенциркуль ШЦ-III	Круг шлифовальный 1-100×63×205 91AF90L9B

2.7 Проектирование операций

Режимы обработки представим в виде таблицы 2.7, где расчет данных режимов проводился при помощи специального интернет приложения.

Таблица 2.7 - Результаты расчета параметров резания

№	Наименование операции	S	n, об/мин	V, м/мин
1	2	3	4	5
005	Заготовительная	75м/мин	-	-
010	Фрезерно-центровальная	0,4 мм/об	1000	250
015	Токарная	0,2 мм/об	1250	196,3
		0,1 мм/об	1600	244,3
020	Токарная	0,2 мм/об	1250	196,3
		0,1 мм/об	1500	233,9
025	Фрезерная	0,4мм/зуб	500	23,8
030	Фрезерная	0,4мм/зуб	500	23,8

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5
040	Шлифовальная	20м/мин	400	80
		15м/мин	750	60
045	Шлифовальная	20м/мин	400	80
		15м/мин	750	60
050	Круглошлифовальная	20м/мин	400	80
		15м/мин	750	60
055	Круглошлифовальная	20м/мин	400	80
		15м/мин	750	60

Время на операциях ТП, представлено в таблице 2.8, где расчет данных времен, проводился при помощи специального интернет приложения

Таблица 2.8 - Результаты расчета параметров резания

№	Наименование операции	T ₀ , мин	T _{шт} , мин
005	Заготовительная	-	-
010	Фрезерно-центровальная	1,5	2,35
015	Токарная	1,33	2,65
020	Токарная	0,82	1,67
025	Фрезерная	0,5	0,84
030	Фрезерная	0,5	0,84
040	Шлифовальная	1,8	3,65
045	Шлифовальная	1,7	3,64
050	Круглошлифовальная	1,6	3,46
055	Круглошлифовальная	2,2	5

3 Проектирование контрольного приспособления и усовершенствование режущего инструмента

3.1 Проектирование контрольного приспособления

В ТП изготовления вала производится контроль нескольких параметров – несоосность, нецилиндричность и непараллельность. Для этой цели проектируем специальное приспособление – контрольное приспособление, приведенное в графической части данной работы.

Проведем выбор схем для контроля формы и расположения поверхностей вала.

Контрольно-измерительные приспособления устанавливаются на контрольном столе. Деталь устанавливается в призмах, которые фиксируются на плите монтажной с помощью винтов и штифтов. На штативе закрепляется индикатор часового типа ИЧ-10, который щупом по переходной резьбовой втулке производит измерение. Принятые конструктивные решения оформляем в виде таблицы 3.1.

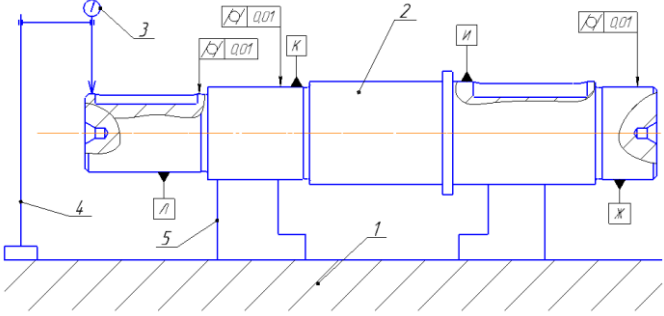
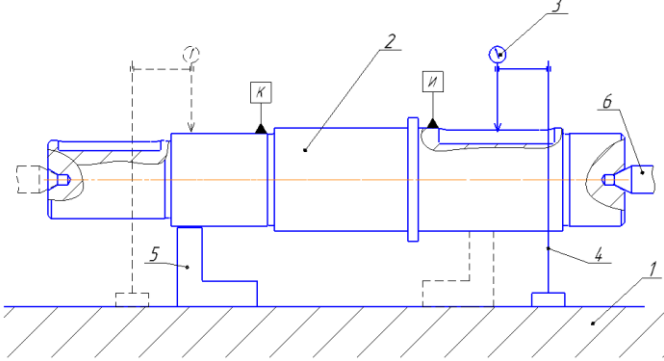
3.2 Усовершенствование инструмента

Совершенствование инструмента – резцов применяемых в ТП изготовления корпуса поворотного стола, имеет своей целью увеличение стойкости и производительности обработки. Данное усовершенствование, является результатом анализа патентного фонда РФ и других мировых источников, в части касающейся решения данного вопроса.

Усовершенствование относится к области технологических процессов и может быть использовано для лазерного отжига пластин из полупроводниковых, керамических и стеклообразных материалов. Техническим результатом изобретения является исключение разрушения пластин термоупругими напряжениями в процессе обработки и повышение

выхода годных пластин.

Таблица 3.1 – Схемы контроля отклонений формы и расположения поверхностей

Контр ольные параметры	Средства реализации методики	Методика контроля отклонений, ее схема
<p>Нецилиндричность по поверхностям Ж и К</p>	<p>точечное измерительное приспособление с измерительной головкой (Индикатор ИЧ 10 кл. 0 ГОСТ 577-68).</p>	 <p>1 - плита; 2-деталь; 3-индикатор; 4-штатив; 5-призмы</p> <p>Численное значение биения определяется как полуразность наибольшего и наименьшего показаний индикатора.</p>
<p>относительно поверхности Ж, Допуск соосности поверхности Ж, относительно поверхности К,</p>	<p>точечное измерительное приспособление с измерительной головкой (Индикатор ИЧ 10 кл. 0 ГОСТ 577-68).</p>	 <p>1 - плита; 2-деталь; 3-индикатор; 4-штатив; 5-призма; 6-центр</p> <p>Численное значение соосности определяется как полуразность наибольшего и наименьшего показаний индикатора.</p> <p>Измерения повторяются на второй шейке</p>

Продолжение таблицы 3.1

<p>Параллельность стенок шпоночного паза 0,012 И Симметричность паза 0,055 И</p>	<p>точечное измерительное приспособление с измерительной головкой (Индикатор ИЧ 10 кл. 0 ГОСТ 577-68).</p>	 <p>1 - плита; 2-деталь; 3-индикатор; 4-штатив; 5-призма; 6-вставка в шпоночный паз</p> <p>В процессе контроля детали, неподвижно установленной в призмах, фиксируют разность между наибольшим и показаниями индикатора.</p> <p>Численное значение перпендикулярности определяется как полуразность наибольшего и наименьшего показаний индикатора.</p> <p>Измерения повторяются на второй боковине шпоночного паза.</p>
--	--	--

Технический результат достигается тем, что свободную поверхность облучают непрерывным лазерным излучением с плотностью энергии, достаточной для достижения поверхностью пластины температуры отжига. Предварительно рассчитывают условие термопрочности пластины по уравнению, связывающему механические свойства материала и функцию от критерия Фурье, и, при его невыполнении, предварительно нагревают пластину до температуры, определяемой из условия термопрочности.

Известен способ обработки неметаллических материалов, применяемый

для аморфизации кремния и заключающийся в облучении поверхности пластины импульсом лазерного излучения с плотностью энергии, достаточной для плавления поверхностного слоя. Известен также способ обработки неметаллических материалов, применяемый для отжига ионно-легированного кремния. Недостатком указанных способов является то, что они не учитывают термоупругие напряжения, возникающие в пластинах в процессе обработки. Так как обрабатываемые материалы являются частично прозрачными для воздействующего излучения, возможны такие режимы, при которых термоупругие напряжения, способные разрушить пластины, будут определяющими в технологических процессах.

Также известен способ обработки неметаллических материалов, в котором обработка пластин осуществляется путем облучения поверхности импульсом лазерного излучения. Временная форма импульса описывается определенным соотношением в зависимости от плотности потока энергии лазерного излучения, констант b_1 и b_2 , характеризующих фронт и спад лазерного импульса, от длительности лазерного импульса, текущего времени от начала воздействия, плотности энергии и максимального значения плотности потока лазерного излучения в импульсе. Эффект достигается тем, что формируют лазерный импульс, временная форма которого описывается соотношением:

$$q(t) = \begin{cases} te^{-bt} \times b_1 & 0 \leq t \leq \tau \\ 0, & t > \tau \end{cases} \quad (3.1)$$

где $q(t)$ - плотность мощности лазерного излучения, Вт/м²;

τ - длительность импульса лазерного излучения, с;

b_1 и b_2 - константы, характеризующие фронт и спад лазерного импульса;

e - основание натурального логарифма;

t - текущее время от начала воздействия, с.

Указанный способ позволяет минимизировать термоупругие напряжения в поглощающем слое материала. Но этот способ не работает, когда длительность лазерного импульса составляет $\sim 10^{-2}$ - 10^{-6} с или осуществляется отжиг в непрерывном режиме воздействия лазерного излучения в течение нескольких секунд, когда необходимо рассматривать квазистатическую задачу термоупругости.

Известен способ лазерной обработки, используемый для лазерного отжига неметаллических пластин излучением непрерывного СО₂-лазера, в котором плотность энергии на поверхности пластины определяют по соотношению:

$$W_f = \frac{(T_f - T_0) \times h c \rho \tau}{(1 - R) f_f \times (\tau)} \quad (3.2)$$

где W_f - плотность энергии лазерного излучения, необходимая для достижения поверхностью пластины температуры отжига;

T_f - температура отжига;

T_0 - начальная температура;

h - толщина пластины;

c и ρ - удельная теплоемкость и плотность материала пластины соответственно;

$\tau = at/h^2$ - критерий Фурье;

a - коэффициент температуропроводности материала пластины;

t - время воздействия лазерного излучения;

R - коэффициент отражения материала пластины;

$$f_f = \tau + \frac{1}{3} - \frac{2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} n^{-2} e^{-\pi^2 n^2 \tau} \quad (3.3)$$

e - основание натурального логарифма;

n - натуральное число 1, 2, 3

Этот способ выбран в качестве прототипа. Недостатком указанного способа является то, что он не исключает разрушения пластин термоупругими напряжениями в процессе обработки. Техническим результатом изобретения является повышение выхода годных пластин из неметаллических материалов за счет исключения их разрушения термоупругими напряжениями при лазерном отжиге.

Технический результат достигается тем, что в способе лазерной обработки неметаллических пластин, имеющих свободную поверхность, заключающемся в облучении их поверхности непрерывным лазерным излучением с плотностью энергии, определяемой по уравнению

$$W_f = \frac{(T_f - T_0) \times h \times c \times \rho \times \tau}{(1 - R) f_f \times (\tau)} \quad (3.4)$$

где W_f - плотность энергии лазерного излучения, необходимая для достижения

поверхностью пластины температуры отжига;

T_f - температура отжига;

T_0 - начальная температура;

h - толщина пластины;

c и ρ - удельная теплоемкость и плотность материала пластины соответственно;

$\tau = at/h^2$ - критерий Фурье;

a - коэффициент температуропроводности материала пластины;

t - время воздействия лазерного излучения;

R - коэффициент отражения материала пластины;

$$f_f = \tau + \frac{1}{3} - \frac{2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} n^{-2} e^{-\pi^2 n^2 \tau} \quad (3.5)$$

e - основание натурального логарифма;

n - натуральное число 1, 2, 3 ... ,

предварительно рассчитывают условие термопрочности пластины по уравнению

$$\frac{\sigma_{BP}(1-\nu)}{E\alpha_T(T_f-T_0)} \geq f(\tau) \quad (3.6)$$

где σ_{BP} - предел прочности материала пластины на растяжение;

ν - коэффициент Пуассона;

E - модуль Юнга;

α_T - коэффициент линейного расширения материала пластины;

$$f(\tau) = \frac{\frac{1}{24} + \frac{1}{4}\epsilon_m - \frac{2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} e^{-\pi^2 n^2 r} \times \cos \frac{\epsilon_m + \frac{1}{2} - \frac{24}{\pi^4} \epsilon_m}{2} \sum_{n=1}^{\infty} n^{-4} e^{-\pi^2 n^2 r}}{\tau + \frac{1}{3} - \frac{2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} n^{-2} e^{-\pi^2 n^2 r}} \quad (3.7)$$

ζ_m – безразмерная координата максимальных растягивающих напряжений в пластине, определяемая из трансцендентного уравнения и, при его невыполнении, перед воздействием лазерного излучения нагревают пластину до температуры, определяемой по уравнению (3.5).

Рассмотрим пластину со свободной поверхностью толщиной h , ограниченную двумя плоскостями $\pm h/2$ и цилиндрической поверхностью с замкнутой направляющей. Теплофизические, механические и оптические свойства пластины примем независимыми от температуры. На поверхность $h/2$ воздействует излучение непрерывного лазера. Плотность мощности лазерного излучения равномерно распределена по сечению пучка и постоянна во времени.

Для случая одностороннего воздействия лазерного излучения на пластину температурное поле в ней будет изменяться только по толщине и может быть найдено из уравнения:

$$T(\xi, \tau) = T_0 + \frac{gh}{\mu} \left(\tau + \frac{12\epsilon^2 + 12\epsilon - 1}{24} - \frac{2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} \times \cos\left(\frac{\pi x}{2} (2\epsilon + 1)\right) e^{-n^2 \pi^2 \tau} \right) \quad (3.8)$$

где $T(\xi, \tau)$ - температура в точке ξ в момент времени τ ;

$\xi = z/h$ - безразмерная координата;

z - координата;

h - толщина пластины;

$\tau = at/h^2$ - безразмерное время (критерий Фурье);

a - коэффициент температуропроводности материала пластины;

t - время воздействия;

T_0 - начальная температура;

λ - коэффициент теплопроводности материала пластины;

q - плотность потока лазерного излучения, поглощенного поверхностью пластины

$(q = q_0(1-R))$;

q_0 - плотность потока лазерного излучения, падающего на поверхность пластины;

R - коэффициент отражения материала пластины;

e - основание натурального логарифма;

n - натуральное число ($n=1, 2, 3, \dots$).

Наличие градиента температуры по толщине пластины вызывает в ней термоупругие напряжения. Для пластины, имеющей свободную поверхность, в соответствии с принципом Сен-Венана, равнодействующее усилие и равнодействующий момент на контуре должны быть равны нулю.

Так как хрупкие материалы имеют предел прочности на растяжение примерно в 5-10 раз меньше, чем на сжатие. Плотность мощности лазерного излучения, вызывающая разрушение пластины термоупругими напряжениями, определим из уравнения (3.6) после подстановки в него

координаты ξt , рассчитанной по соотношению (3.7).

Неравенство (3.7) является условием термостойкости пластин со свободной поверхностью при одностороннем их нагреве поверхностным источником и позволяет определять неразрушающие режимы лазерного отжига. Левая часть неравенства (3.7) является константой, характеризующей отношение предела прочности на растяжение материала пластины к максимальным растягивающим напряжениям, и не зависит от параметра τ . Правая часть неравенства является функцией безразмерного параметра τ (критерия Фурье). Функция $f(\tau)$ является выпуклой, возрастает по мере увеличения τ , достигая максимального значения, равного 0,174 при $\tau \approx 2 \cdot 10^{-2}$, затем уменьшается.

Следовательно, можно осуществлять лазерный отжиг, не опасаясь разрушения пластины термоупругими напряжениями. В области $\tau_1 < \tau < \tau_2$ неравенство (3.7) не выполняется. Разрушение пластины термоупругими напряжениями произойдет при меньших плотностях мощности лазерного излучения, чем требуется для достижения ее поверхностью температуры отжига. В области $\tau > \tau_2$ и неравенство (3.7) вновь выполняется. Следовательно, можно осуществлять лазерный отжиг пластин.

Так как толщина пластины может быть фиксированной, необходимо выбирать время воздействия технологического лазера таким образом, чтобы безразмерный параметр τ позволял осуществлять отжиг в областях, где неравенство (3.7) выполняется. Если по каким-то причинам обеспечить время воздействия лазерного излучения на пластину, обеспечивающего выполнение условия термпрочности не удастся, то необходимо предварительно нагреть пластину до температуры, обеспечивающей выполнение условия термпрочности при заданном времени воздействия лазерного излучения на пластину. Из уравнения (3.7) найдем значение температуры, до которой необходимо нагреть пластину

Из уравнений (3.4) и (3.5) путем несложных математических преобразований получим уравнения для расчета плотности энергии,

вызывающей разрушение пластины термоупругими напряжениями и для расчета плотности энергии, необходимой для достижения поверхностью пластины температуры отжига.

Пример реализации способа

Необходимо осуществить отжиг поверхности пластины из оптического стекла ЛКЗ излучением CO₂-лазера. Толщина пластины равна 0,95 см, время воздействия лазерного излучения - 10 с. Левая часть неравенства (3.7) составляет 0,136, $\tau=0,06$, $f(\tau)=0,146$.

Условие термопрочности пластины не выполняется. Для подтверждения невыполнения условия термопрочности находим, что $W_f=195$ Дж/см², $WT=183$ Дж/см². Видно, что разрушение пластины термоупругими напряжениями происходит при меньшей плотности энергии лазерного излучения, чем требуется для достижения поверхностью пластины температуры отжига. Расчеты проведены для следующих исходных данных для стекла ЛКЗ: $E=63$ ГПа, $\alpha_T=9\cdot 10^{-6}$ К⁻¹, $T_f=780$ К, $T_0=300$ К, $c=800$ Дж/(кг·К), $\rho=2460$ кг/м³, $\nu=0,23$, $\sigma_{ВР}=48$ МПа, $a=5,5\cdot 10^{-3}$ см²/с. Исходные данные взяты из ГОСТ 13659-78. Помещаем пластину в муфельную печь, нагреваем до температуры не менее 334 К (например, до $T_0=335$ К, то есть на 35 К), выдерживаем при этой температуре в течение времени ~ 495 с, обеспечивающем равномерное распределение температуры по толщине пластины (время выдержки в печи определяется критерием Фурье $t_B \approx 3h^2/a$). Затем воздействуем в течение 10 с на пластину с плотностью энергии, рассчитанной по уравнению (3.7) для нового значения начальной температуры $T_0=335$ К. При этом $W_f=180$ Дж/см², что меньше значения плотности энергии, приводящей к разрушению пластины термоупругими напряжениями.

При этом плотность мощности лазерного излучения составит $q_f=W_f/t=18$ Вт/см².

Таким образом, реализация предложенного способа лазерной обработки неметаллических пластин непрерывным лазерным излучением позволяет

исключить их разрушение термоупругими напряжениями и повысить выход годной продукции.

Проведенный выше анализ и выработанные технические решения позволяют увеличить стойкость резцов используемых в данном ТП, приблизительно на 20%.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

В процессе выполнения рабочими своим должностных обязанностей они могут подвергать себя рискам и в конечном итоге, не исключено получение производственных травм. В данном разделе представлено задействованное оборудование и вредные воздействия, которые могут возникнуть при несоблюдении техники безопасности. Описаны мероприятия, выполнение которых сведет получение производственных травм к минимуму.

Тема ВКР: «Технологический процесс изготовления вала редуктора общего назначения»

Анализ был проведен в соответствии с методикой, указанной в источнике [3].

4.1 Назначение участка

Описываемый участок предназначается для изготовления детали «Вал редуктора общего назначения».

4.2 Планировка рассматриваемого участка

Производственная площадь – представляет собой площадь, которая занята производственным оборудованием и местами для рабочих возле этого оборудования.

Вспомогательная площадь – представляет собой площадь, на которой располагаются вспомогательные подразделения, такие как: ремонтные и инструментальные службы, лаборатории, склады, служебно-бытовые помещения, а также межцеховые магистральные проезды.

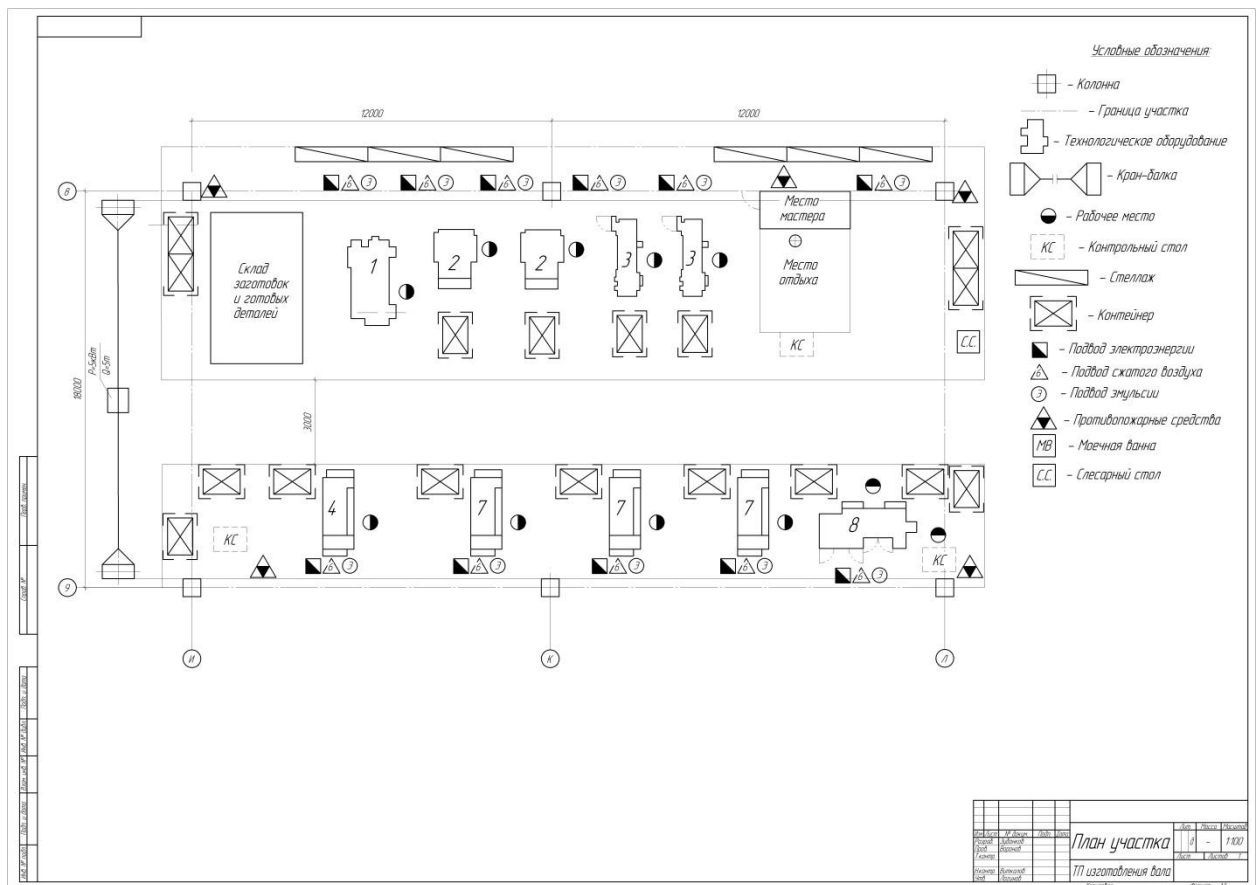


Рисунок 4.1 – План участка

4.3 Состав оборудования

Наименование и количество оборудования представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Состав оборудования

№ п/п	Оборудование	Количество, шт
1	Фрезерно-центровальный станок MP-71м	1
2	Токарный станок GME-6132 CNC8	2
3	Вертикально-фрезерный станок 6P81	2
4	Универсальный круглошлифовальный станок STUDER RHU 450	4
Итого:		9

Таблица 4.2 – Технологический маршрут обработки детали «Вал редуктора общего назначения»

№	Наименование цеха	№ опер.	Наименование операции	Применяемое оборудование	Обрабатываемые поверхности
1	2	3	4	5	6
1	Кузнечный	005	Заготовительная	-	1,4,7,8,9,11,14,16
2	Механический	010	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный станок МР-71м	1,2,16,17
3	Механический	015	Токарная	Токарный станок GME-6132 CNC8	9,10,11,12,14,15
4	Механический	020	Токарная	Токарный станок GME-6132 CNC8	3,4,5,7,8
5	Механический	025	Фрезерная	Вертикально-фрезерный станок 6P81	6
6	Механический	030	Фрезерная	Вертикально-фрезерный станок 6P81	13
7	Механический	035	Слесарная	Верстак	6,13
8	Механический	040	Кругло-шлифовальная	Универсальный круглошлифовальный станок STUDER RHU 450	4,7
9	Механический	045	Кругло-шлифовальная	Универсальный круглошлифовальный станок STUDER RHU 450	4,7
10	Механический	050	Кругло-шлифовальная	Универсальный круглошлифовальный станок STUDER RHU	11,14

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6
				450	
11	Механический	055	Кругло-шлифовальная	Универсальный круглошлифовальный станок STUDER RHU 450	11,14
12	Механический	060	Моечная	-	Промывка, обдувка, сушка заготовки
13	Механический	065	Контрольная	-	Контроль основных параметров согласно рабочему чертежу

Поскольку были улучшены технологические операции, такие как: точение предварительное 015 и круглошлифование окончательное 055, то идентификацию по рискам будем проводить только эти операции.

4.2 Анализ вредных производственных факторов.

Таблица 4.3 – Вредные производственные факторы

№ п/п	Технологические операции	Вредные производственные факторы	Мероприятия, которые позволят уменьшить вредные воздействия
1	2	3	4
1	Точение	1. Отлетающая стружка 2. Высокая температура на поверхности обрабатываемой детали 3. Испарения СОЖ при механической обработке 4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования	1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Установка защитного экрана. Использование скребкового и одношнекового транспортера для удаления стружки [4]. 2. Использование СОЖ на

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
			<p>синтетической основе 3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования [3]. 4. Использование акустических экранов, противозумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудования виброизолирующих опор [2].наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудования виброизолирующих опор [2].</p>
2	Шлифование	<p>1. Попадание частиц абразивных материалов на изделие и в рабочую зону 2. Высокая температура на поверхности шлифовального круга и обрабатываемой заготовки 3. Испарения СОЖ при механической обработке 4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования</p>	<p>1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Наличие защитного экрана. Удаление отходов в металлическую тару с последующей утилизацией по мере наполнения емкости [4]. 2. Использование СОЖ на синтетической основе. 3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования [3]. 4. Использование акустических экранов, противозумных</p>

В процессе выполнения данного раздела был проанализирован состав вредных и опасных факторов на описываемом производстве, предложены меры, которые помогут снизить воздействия опасных и вредных факторов.

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

В рамках данной бакалаврской работы разрабатывается технологический процесс изготовления детали «Вал редуктора общего назначения», детальное описание которого представлено в предыдущих разделах. Разработка процесса изготовления предполагает выбор оборудования, соответствующего выполнению назначенной операции, необходимой для надежного закрепления оснастки, и для качественного получения параметров поверхности – инструмент. Разработанный процесс состоит из 9 технологических операций, без учета термической обработки и проведения контрольных и моечных операций, и включает фрезерно-центровальную, 2-е токарные, 2-е фрезерные, 2-е шлифовальные и 2-е круглошлифовальные операции.

В качестве оснастки применяется тиски и патроны разного вида, такие как токарные самоцентрирующие фрезерные и поводковые.

В качестве инструмента используются фрезы торцевые и концевые, сверло центровочное, резцы с пластинами и шлифовальный круг.

Описание метода получения заготовки и химический состав материала, из которого производится вал редукторы, представлено в начале бакалаврской работы.

Для выполнения обоснования экономической целесообразности запуска данного технологического процесса необходимо детально рассчитать капитальные вложения в проект при помощи специальной методики [5] и пакета программного обеспечения Microsoft Excel. Полученные величины параметров, входящих в общие капитальные вложения представлены в диаграмме на рисунке 5.1.

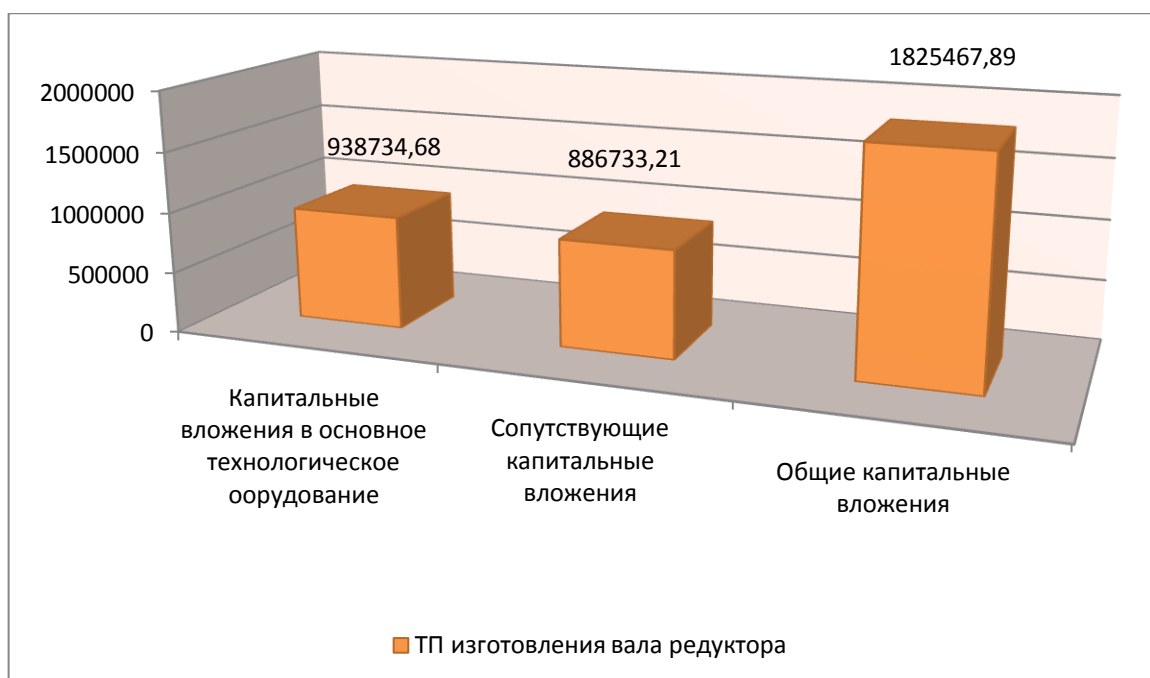


Рисунок 5.1 – Значение элементов общих капитальных вложений, руб.

Анализируя, представленные на диаграмме данные, можно сказать, что весомую долю от общих затрат составляют капитальные вложения в основное технологическое оборудование, которые составляет 51,4%. Второй параметр составляет долю около 49% и включает в себя затраты, связанные с доставкой, монтажом, приспособлением, инструментом, необходимой производственной площадью, транспортными средствами и необходимой аппаратурой для управляющей программы.

Кроме капитальных затрат значимым для определения экономической эффективности является определение технологической себестоимости, расчет которой проводится при помощи пакета программного обеспечения Microsoft Excel и методики по определению технологической себестоимости [5].

Наглядное представлено полученных расходов, входящих в технологическую себестоимость продемонстрировано на диаграмме (рисунок 5.2)

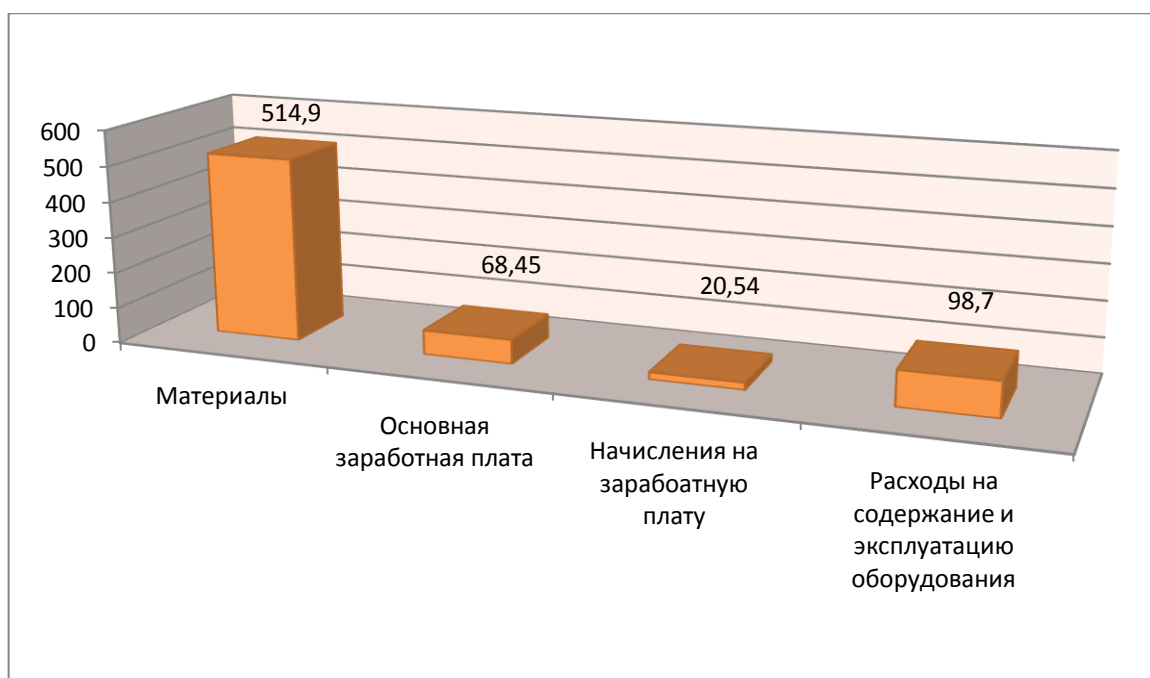


Рисунок 5.2 – Элементы технологической себестоимости, руб.

Анализируя данные на диаграмме, видно, что материалы являются самыми весомыми в формировании величины технологической себестоимости. Доля этого элемента составляет 73,3%. Полученные данные необходимы для того, что рассчитать технологическую себестоимость вала редуктора. Сложив все перечисленные параметры, получаем величину технологической себестоимости в размере 702,59 руб.

Далее зная величину технологической себестоимости, определяем значение полной себестоимости, которая составляет – 954,6 руб. Полная себестоимость является основой определения ожидаемой и чистой прибыли, которые в свою очередь позволят провести оценку экономической эффективности разработанного технологического процесса и определить целесообразность его внедрения в производство.

Для определения ожидаемой прибыли будем использовать следующую формулу:

$$П_{ож} = C_{полн} \cdot П_{г} \cdot R, \quad (5.1)$$

«где $C_{\text{полн}}$ – полная себестоимость изделия, руб.;

Π – годовая программа выпуска изделия, шт.;

R – рентабельность (0,18 ... 0,25)» [5].

$$P_{\text{ож}} = 954 \cdot 10000 \cdot 0,25 = 2386500 \text{ руб.}$$

После уплаты налогов у предприятия останется 1909200 руб., что считается чистой прибылью, которая используется для определения срока окупаемости проекта. Согласно методике расчета срока окупаемости – это отношение величины капитальных вложений и чистой прибыли, учитывая полученные при расчете значения, позволят окупить вложенные средства в течение 2 лет. На базе этого значения определяем экономический эффект, который составит 215466 руб. Данная величина при расчете получилась положительной, поэтому можно сделать окончательное заключение об эффективности проекта и целесообразности его внедрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы было выполнено следующее:

- в разделе 1 данной работы произведен анализ исходных данных для проектирования техпроцесса детали - «Вал редуктора общего назначения»;
- в разделе 2 данной работы разработан технологический процесс изготовления вала;
- в разделе 3 данной работы спроектировано зажимное приспособление, для закрепления детали - «Вал редуктора общего назначения», при обработке на станке, а также произведен расчет режущего инструмента;
- в разделе 4 данной работы выработаны мероприятия по охране труда при проектировании техпроцесса изготовления детали - «Вал редуктора общего назначения»;
- в разделе 5 данной работы подтверждена экономическая эффективность представленной технологии изготовления вала.

Таким образом, можно говорить о выполнении задач работы, сформулированных в разделе 1 данной работы и о достижении цели работы, приведенной в разделе «Введение».

Экономическая эффективность представленной технологии изготовления вала составляет 215466 рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
- 2 Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш.школа, 1980, 240 с
- 3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990
- 4 Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990
- 5 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
- 6 Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
- 7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
- 8 ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку [Текст]. – Взамен ГОСТ 26645-85; введ. 2010-24-08. – М.: Стандартинформ, 2010. – 35 с.
- 9 Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
- 10 Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процес-сов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.
- 11 Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по

выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

12 Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А. Нефедов, 76 - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.

13 Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту Учеб. Пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент" 4-е изд. перераб. и доп. / Н.А.. Нефедов, - М., Машиностроение, 1984 г.- 400 с.

14 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Коси-лова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

15 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Коси-лова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

16 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х кн. Кн. 1./ Б.Н. Вардашкин; под ред. Б.Н. Вардашкина [и др.]; - М.: Машиностроение, 1984.

17 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный справочник. Пер. с англ. 2-е изд. Стер./ Р. Таймингс, – М.: Додэка-XXI, 2008, - 336 с.

18 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.

19 Davim J.P. Modern Machining Technology. A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p. — (English).

20 Davim J.P. (ed.) Sustainable Machining. Springer, 2017. — 82 p.

21 Davim J. Paulo (editor). Machining. Fundamentals and Recent Advances. London: Springer, 2008, - 361 pages.

21 Jackson Mark. Machining with AbrasivesSpringer, New York, 2011. 439 p. ISBN 978-1-4419-7301-6;

22 Klocke F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus. — ISBN 978-3-540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.

23 Linke B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive Tools Springer, 2016. — XVII, 265 p. — ISBN 978-3-319-28345-6; ISBN 978-3-319-28346-3 (eBook).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Деталь	Взам.	Подл.	Изм.		№ докум.		Подпись		Дата		Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
			Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист									
Разраб.	Зубанков																
Проб.	Воронов																
Н. контр.	Виткалов																
Утв.	Логинов																
М 01	Сталь 45Л																
М 02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н _{тех.}	КИМ	Код заготовки		Профиль и размеры		КД	МЗ					
	11	166	3,64	1	126	0,6					1	5,46					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	К _{штк}	T _{шт}	
Б				005	Заготовительная												
А 03																	
Б 04																	
0 05				010	3120 Фрезерно-центровальная												
06	3816XX	Фрезерноцентровальный станок	MP71-M				18632	312	1	1	1	1	1	60	1	1,5	2,25
07																	
Т 08			015	3120 Токарная													
09	3816XX	Токарный станок	GME-6132	CNC8			18632	312	1	1	1	1	1	60	1	1,33	2,65
10																	
А 11			020	3120 Токарная													
Б 12	3816XX	Токарный станок	GME-6132	CNC8			18632	312	1	1	1	1	1	60	1	0,82	1,62
0 13																	
14			025	3120 Фрезерная													
15	3816XX	Фрезерный станок	6P81				18632	312	1	1	1	1	1	60	1	0,5	0,84
16																	
МК																	

Дробл. Взам. Подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
																Лист	Лист
Разраб. Проб	ТГУ																
Н. контр. Удб.																	
Вал																	
М 01	Сталь 45Л																
М 02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н _{групп}	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры								КД	МЗ
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{шт.}	Т _{шт.}	
Б	Код, наименование оборудования																
А 03				030	3120	Фрезерная											
Б 04	3816XX	Фрезерный станок	6Р81					18632	312	1	1	1	1	60	1	0,84	
0 05																	
06				035	3215	Слесарная											
07																	
Т 08				040	4216	Шлифовальная											
09	4415XX	Шлифовальный станок	STUDER RHU-450					18632	312	1	1	1	1	60	1	3,65	
10																	
А 11				045	4216	Шлифовальная											
Б 12	4415XX	Шлифовальный станок	STUDER RHU-450					18632	312	1	1	1	1	60	1	3,64	
0 13																	
14				050	4216	Шлифовальная											
15	4415XX	Шлифовальный станок	STUDER RHU-450					18632	312	1	1	1	1	60	1	3,64	
16																	
МК																	

