

АННОТАЦИЯ

ЧервенковС.Г. Технологический процесс изготовления маложесткого многоопорного вала. Бакалаврская работа.ОТМП.ТГУ: Тольятти. – 2018. – 58 с.

В данной бакалаврской работе представлен технологический процесс изготовления приводного вала. Выполнен анализ исходных данных; определен тип производства; выбрана и спроектирована заготовка, исходя из экономического расчета; разработан маршрут; назначены средства технологического оснащения; спроектированы операции.

Особенностью техпроцесса является рассмотрение операции термосиловой обработки для обеспечения прямолинейности оси вала и сохранения ее после обработки. приведен обзор методов термосиловой обработки. Спроектирована установка особенностью которой является комплексной нагружение, включая осевое растяжение и кручение, приводы данных деформаций, устройство нагрева заготовки.

Для этих операций выполнен расчет параметров обработки, а также проанализированы вредные факторы, даны меры по их устранению. Экономический расчет подтверждает обоснованность данных решений.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Исходные данные	5
2 Технологическая часть работы.....	11
3 Проектирование приспособления и режущего инструмента.....	29
4 Безопасность и экологичность работы	41
5 Экономическая эффективность работы	45
Заключение	49
Список используемых источников.....	50
Приложения	52

ВВЕДЕНИЕ

Для современного производства характерно широкое использование средств автоматизации и механизации. При проектировании используются системы автоматизированного проектирования. Они позволяют ускорить подготовку технологического процесса с высокой степенью надежности при запуске процесса в производство.

В данной работе для вала, который отличается невысокой жесткостью из-за конструктивных особенностей, предусмотрена специальная операция – термосиловая обработка. Она проводится не только для обеспечения точности, но и для ее сохранения. Это возможно из-за стабилизации остаточных технологических напряжений, а также их выравнивания. Неравномерные остаточные напряжения - основная причина коробления таких заготовок.

Но для эффективного проведения такой операции необходимо эффективное производительное, энергосберегающее оснащение. Для этого предлагается новая установка для термосиловой операции. Она отличается технологическими возможностями (комплексное нагружение, варьирование нагрузки, гибкость при переналадке).

Цель работы – разработка технологического процесса изготовления многоопорного вала с учетом его конструктивных особенностей и с использованием технологического метода – термосиловой обработки.

1 Исходные данные

1.1 Анализ назначения вала

Вал, является приводным валом и предназначен для передачи крутящего момента. Вал получает вращение от привода и воспринимает крутящий момент боковыми поверхностями пазов. Вал передает крутящий момент боковыми поверхностями пазов. Вал установлен в группе комбинированных подшипников скольжения в отверстиях корпуса и в центре вала.

Вал работает при значительных радиальных знакопеременных сосредоточенных нагрузках. Условия смазки – работает в коррозионной активной среде. Температурные условия нормальные.

Эскиз вала дается на рисунке 1.1.

1.2 Анализ технологичности

По материалу 08X18T1, который используется для коррозионных сред, необходимо отметить следующие свойства:

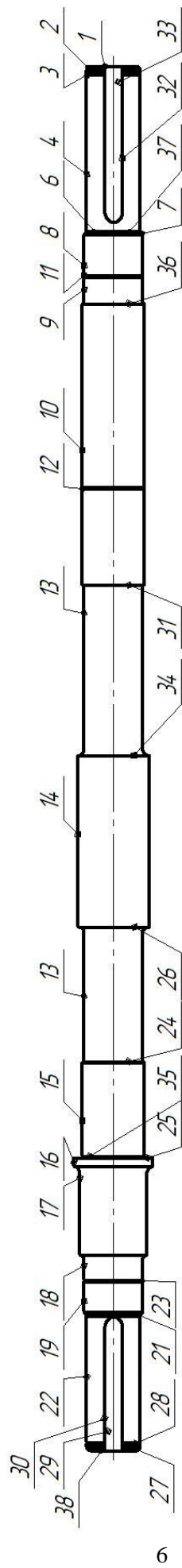
- по химическому составу содержит хрома от 17 до 19%, титана 0,6-1,0 %, углерода около 0,08%. Остальные элементы (медь, никель, марганец, сера) не более 1%;

- по физико-механическим свойствам: прочность 460 МПа;

- температура деформации от 720 до 1050°С.

Поскольку сплав относится к группе нержавеющей сплавов – обрабатываемость плохая.

Соотношение длины вала к его среднему диаметру (934 к 45) более 20. Это автоматически относит вал к группе маложестких валов.



6

Рисунок 1.1 - Эскиз детали

Эти детали очень нетехнологичны из-за больших деформаций при установке, обработке, чувствительности к перераспределению остаточных напряжений. Поэтому основное внимание необходимо обратить на выравнивание этих напряжений и их уменьшение. В пределах величины остаточных технологических напряжений необходимо свести к нулю.

Для этого в техпроцессе специальной разработке подвергнется операция, связанная с исправлением исходной геометрии заготовки вала с обеспечением внутри материала однородности остаточных напряжений и их снижением.

Второй момент, на который обратим внимание – это финишные операции. Поскольку большое количество поверхностей (таблица 1.1) имеет высокие требования к точности, шероховатости необходимо использовать трудоемкие и дорогостоящие отделочные операции – шлифование шеек, возможно полирование. необходимо максимально эффективно выполнить эти операции при минимуме образующихся остаточных напряжений.

Таблица 1.1 Группа технических требований к валу

№№	Размер, мм	Форма пов.	Назначение	Шероховатость, мкм (Ra)	Допуск расположение(в ид, мм)	Допуск формы (вид, мм)	Квалитет
1	2	3	4	5	6	7	8
1	934	П	С	6,3			12
2	2	Ф	С	6,3			12
3	34	Ф	ВБ	2,5			12
4	36	Ц	ВБ	0,63	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	6
5	1	П	ВБ	6,3			12
	112	П	ВБ	1,25	Перпенд.		12

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
					0,01		
7	1,6	Ф	С	6,3			12
8	40	Ц	ВБ	2,5	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	9
9	40	Ц	ОБ	0,63	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	6
10	42	Ц	С	6,3			12
11	40	Ц	ВБ	6,3			12
12	285	П	С	6,3			12
13	40	Ц	С	6,3			12
14	58	Ц	ОБ	1,25	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	7
15	42	Ц	ОБ	0,63	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	6
16	53	Ц	С	6,3			12
17	45	Ц	ВБ	2,5	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	9
18	40	Ц	ОБ	0,63			6
19	40	Ц	ВБ	0,63			6
20	1	П	ВБ	2,5			12
21	90	П	ВБ	1,25	Перпенд. 0,01		12
22	36	Ц	ВБ	0,63	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	6
23	38	Ц	ВБ	6,3			12
24	262	П	С	6,3			12
25	196	П	ВБ	1,25	Перпенд.		12

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
					0,01		
26	58	П	С	6,3			12
27	2	Ф	С	6,3			12
28	4	П	ВБ	2,5			12
29	32	П	ВБ	6,3			10
30	8	Ф	ВБ,И	3,2	Несимметр. 0,008 Непараллель. 0,01		9
31	350	П	С	6,3			12
32	8	Ф	ВБ,И	3,2	Несимметр. 0,008 Непараллель. 0,01		9
33	38	П	ВБ	6,3			10
34	464	П	С	6,3			12
35	2	Ф	С	6,3			12
36	160	П	ВБ	1,25			12
37	2	Ф	С	6,3			12
38	934	П	С	6,3			12

В соответствии с целью обеспечения выпуска 1000 валов в год с техническими характеристиками, указанными в таблице 1.1, в следующих разделах спроектирован технологический процесс.

Основные задачи при этом:

- выбрать заготовку, которая обеспечит максимум равномерности остаточных технологических напряжений;

- выбрать методы обработки, которые создают минимальный уровень технологических остаточных напряжений;
- спроектировать операции механической обработки с учетом незначительной жесткости заготовки вала;
- спроектировать стапель для комплексного нагружения при термосиловой обработке;
- предусмотреть меры по охране труда;
- сделать экономическое сравнение базового и проектного вариантов техпроцессов.

2 Технологическая часть работы

2.1. Выбор типа производства

При массе вала $M=14$ кг и годовом объеме $N=1000$ деталей/год выбором находим соответствующее среднесерийное производство [20].

2.2 Проектирование заготовки

Для сравнения каких-либо способов получения исходной заготовки рассчитывается технологическая себестоимость C_m . Для штампованной заготовки эта стоимость равна:

$$C_m = \frac{g}{k_m} [C_3 + C_M - C_0] \cdot k_m \quad (2.1)$$

где C_3 – это затраты на получение заготовки базовым способом штамповки, руб/кг;

C_M – относится к себестоимости механической обработки отнесенной к снятию килограмма металла в стружку, руб/кг;

$C_0 = 0,0144$ руб/кг- установленная стоимость килограмма лома;

k_m - коэффициент использования материала.

для альтернативного варианта проката, стоимость равна:

$$C_3 = C_{np} \cdot h_{\phi} = 120,5 \text{ руб} , \quad (2.2)$$

Для себестоимости получения штамповки на механическом прессе (КГШП):

$$C_3 = C_{ум} \cdot h_T \cdot h_c \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_n = 245 \text{ руб} , \quad (2.3)$$

где $C_{шт}$ - принятая стоимость базового способа получения штамповки, $C_{шт}=315$ руб/кг [14];

h_T, h_c, h_B, h_M, h_n - группа коэффициентов, которые учитывают различные факторы получения заготовок (точность, сложность, марку материала и массу заготовки, а также серийность).

Для штамповок с классом точности для ГКШП Т4 коэффициент точности $h_T=1,0$.

По коэффициенту сложности (отношение объема детали к цилиндру, описанному вокруг детали) С2 коэффициент соответствующий равен $h_c=1,0$.

Для массы штамповки (учитывая прибавление в массе относительно детали из-за припусков и напусков в диапазоне от 10,0 до 20,0 кг) коэффициент массы $h_B=0,8$.

Для стали 08Х18Т1 $h_M= 1,3$.

С учетом серийности $h_n=1,0$.

Приведенная стоимость по мехобработке равна:

$$C_M = C_c + E_H \cdot C_K = 0,078 \text{ руб/кг}, \quad (2.4)$$

где $C_c=0,485$ руб/кг – принятая величина стоимости при снятии 1 килограмма лома (стружки), руб/кг;

$C_K=1,085$ руб/кг – принятая величина капитальных затрат по удалению 1 килограмма лома (стружки);

$E_H= 0,15$ – стандартный коэффициент отдачи капитальных вложений.

По расчету стоимость получается для проката 1442 руб.; для штамповки 2641 руб.

Вывод: В качестве метода получения заготовки принимаем прокат нормальной точности.

По таблицам [4] при выбранном методе и габаритным размерам определяем - квалитет точности проката соответствует IT 15;

- отклонение от прямолинейности принимаем 0,012 мм на 100 мм длины. На всю длину около 1 м это составляет около 1мм. Для вала малой жесткости эта величина является очень большой. Использование поперечной холодной правки изгибом на прессе позволяет исправить недостаток, но вносит неравномерность в остаточные напряжения.

2.3. Назначение припусков, допусков при проектировании заготовки

Прокат получается мерным. От прутка отрезаются штучные заготовки с припуском под обработку крайних торцов. Тогда длина штучного проката определяется с учетом табличных припусков. На торец припуск под фрезерование равен 1,8 мм[15]. Тогда общая длина штучной заготовки резкой из проката равна 936,8 мм с допуском при резке круглопильным станком 2,5 мм.

Перед обработкой прутки должны быть обработаны с целью обеспечения прямолинейности его оси и выравнивания остаточных напряжений.

Традиционно это делается при помощи двух операций: правка и термообработка.

Правка изгибом проводится без нагрева заготовки на прессе. Пруток помещается на опорах выпуклостью вверх по середине пролета. Затем пресс давит на прутки. С учетом пружинения (упругой деформации) заготовки перегибают в обратную сторону от прогиба. Из-за этого остаточные напряжения формируются неравномерно: сжатия на одной стороне, на другой – растяжения. При нагреве (нормализация или отжиг) напряжения снижаются, но при этом происходит коробление заготовки.

Для точной поверхности – шейки под подшипник $d=40\text{к}6$ мм расчетные припуски сводятся в таблице 2.1 по технологическим переходам.

С учетом стандартного ряда диаметральных размеров расчетное значение для диаметра проката округляется до ближайшего большего стандартного 46 мм.

Таблица 2.1 Расчетные припуски

Переходы	Допуск операционный, мм	Параметр припуска	Параметр припуска	Параметр припуска	Параметр припуска	Z_{\min}	Z_{\max}	d_{\min}	d_{\max}
Прокат	2,5	$h, \text{мкм}$	$Rz, \text{мкм}$	$\Delta, \text{мкм}$	$\varepsilon, \text{мкм}$	мм	мм	мм	мм
Расчетные параметры	-	220	80	800				43,0	45,5
Точение черновое	0,25	100	50	48	300	2,31	4,56	40,69	40,94
Точение чистовое	0,06	40	20	32	20	0,40	0,78	40,16	40,28
Шлифование	0,03	20	10	16	8	0,18	0,30	40,10	40,13
Полирование	0,016	10	5	8	5	0,094	0,11	40,002	40,018

2.4. Выбор технологических переходов по обрабатываемым поверхностям

Для разработки общего технологического маршрута необходимо выбрать для каждой поверхности последовательность обработки, которая обеспечила бы необходимые требования по чертежу.

Таблица 2.2 Выбор технологических переходов по обрабатываемым поверхностям

№№	Ra, мкм	Допуск расположение (вид, мм)	Допуск формы (вид, мм)	Квалитет	Маршрут по обработке
1	2	3	4	5	6
1	6,3			12	Фр (квалитет 12; Ra 6,3)
2	6,3			12	Тчерн.(квалитет 12; Ra 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ra 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ra 1,25)- Шчерн.(квалитет 6; Ra 0,63)
3	2,5			12	Тчерн.(квалитет 12; Ra 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ra 2,5)- Термообр.
4	0,63	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	6	Тчерн.(квалитет 12; Ra 6,3)- Тчист.(

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
					квалитет 9; Ra 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ra 1,25)- Шчист.(квалитет 6; Ra 0,63)
5	6,3			12	Тчерн.(квалитет 12; Ra 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ra 3,2)- Термообр.
6	1,25	Перпенд0,01.		12	Тчерн.(квалитет 12; Ra 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ra 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ra 1,25)
7	6,3			12	Тчерн.(квалитет 12; Ra 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ra 3,2)- Термообр.
8	2,5	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	9	Тчерн.(квалитет 12; Ra 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ra 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ra 1,25)- Шчист.(квалитет 6; Ra 0,63)
9	0,63	Соос. 0,01	Нецилиндр.	6	Тчерн.(квалитет 12;

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
			0,006		Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ра 1,25)- Шчист.(квалитет 6; Ра 0,63)
10	6,3			12	Тчерн.(квалитет 12;
11	6,3			12	Ра 6,3)- Тчист.(
12	6,3			12	квалитет 9; Ра 3,2)-
13	6,3			12	Термообр.
14	1,25	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	7	Тчерн.(квалитет 12; Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ра 1,25)
15	0,63	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	6	Тчерн.(квалитет 12; Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ра 1,25)- Шчист.(квалитет 6; Ра 0,63)
16	6,3			12	Тчерн.(квалитет 12; Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.
17	2,5	Соос. 0,01	Нецилиндр.	9	Тчерн.(квалитет 12;

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
			0,006		Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ра 1,25)
18	0,63			6	Тчерн.(квалитет 12; Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ра 1,25)- Шчист.(квалитет 6; Ра 0,63)
19	0,63			6	Тчерн.(квалитет 12; Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ра 1,25)- Шчист.(квалитет 6; Ра 0,63)
20	2,5			12	Тчерн.(квалитет 12; Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 2,5)- Термообр.-
21	1,25	Перпенд. 0,01		12	Тчерн.(квалитет 12; Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ра 1,25)
22	0,63	Соос. 0,01	Нецилиндр. 0,006	6	Тчерн.(квалитет 12; Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7;

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
					Ра 1,25)- Шчист.(квалитет 6; Ра 0,63)
23	6,3			12	Тчерн.(квалитет 12;
24	6,3			12	Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.
25	1,25	Перпенд. 0,01		12	Тчерн.(квалитет 12; Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ра 1,25)
26	6,3			12	Тчерн.(квалитет 12;
27	6,3			12	Ра 6,3)- Тчист.(
28	2,5			12	квалитет 9; Ра 3,2)-
29	6,3			10	Термообр.
30	3,2	Несимметр. 0,008 Непараллель. 0,01		9	Фр (квалитет 9; Ра 3,2)
31	6,3			12	Фр (квалитет 12; Ра 6,3)
32	3,2	Несимметр. 0,008 Непараллель. 0,01		9	Фр (квалитет 9; Ра 3,2)
33	6,3			10	Фр (квалитет 12; Ра

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
					6,3)
34	6,3			12	Тчерн.(квалитет 12;
35	6,3			12	Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.
36	1,25			12	Тчерн.(квалитет 12; Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.- Шчерн.(квалитет 7; Ра 1,25)
37	6,3			12	Тчерн.(квалитет 12;
38	6,3			12	Ра 6,3)- Тчист.(квалитет 9; Ра 3,2)- Термообр.

2.5. Технологический маршрут

Все полученные переходы в соответствии с операциями для типового техпроцесса изготовления вала объединяем. Для операций оборудование выбирается скоростное, с системами управления.

Особенность установки такой маложесткой заготовки – использование обязательное дополнительных опор в виде самоцентрирующих люнетов. Эти люнеты выполняются двух исполнений. Стандартные с выверкой по контрольным поясам и не возможностью обработки под люнетами. Или самоцентрирующие люнеты с подвижными опорными элементами в виде роликов, которыми производится фиксация и центрирование заготовки, причем рабочая зона свободна. Для использования проще второй тип. Они

имеют широкие технологические возможности по размерам заготовок, не требует значительного времени на подготовку установочных и контрольных шеек. Не требуется проточки установочных канавок с последующей выверкой регулируемых опор люнетов по индикатору с определенной величиной радиального биения.

Основными технологическими базами вала при установке в данном случае остаются центровочные отверстия, а также опорные крайние торцы вала.

При первой установке после отрезки штучной заготовки черновыми базами будут цилиндрическая шейка 16^{00} с торцем 38^{00} . Он же будет на первой операции обрабатываться торцовым фрезерованием. Для этой схемы установки могут использоваться тиски самоцентрирующие с призматическими зажимными элементами с подвижным упором.

2.6. Выбор средств оснащения

Для выполнения обработки необходимо предусмотреть для закрепления заготовок приспособления, режущий инструмент, средства операционного и итогового контроля. все они сведены в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 Станки

№, наименование операции	Наименование оборудования
1	2
000 Заготовительная	Отрезной станок ПАРМА 355МО
005 Термосиловая	Установка-стапель (см. раздел 3)
010 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный МР72
015 Токарная черновая	Токарный станок с ЧПУ НТ500
020 Токарная чистовая	Токарный станок СА500Ф2 (N=17 кВт, габариты 2390x1500)
025 Термическая	Печь индукционная

Продолжение таблицы 2.4

1	2
030 Центрошлифовальная	Центрошлифовальный станок ZSM5100
035 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок RSM 1000
040 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок RSM 1000
045 Моечная	Моечная машина

Таблица 2.5 Средства технологического оснащения

№	Наименование станка	Наименование приспособления	Инструмент	Контрольные средства
1	2	3	4	5
000 Заготовительная	Отрезной станок ПАРМА 355МО	БСП	Круг отрезной по металлу Луга 230x2.0x 22.2	Штангенциркуль ШЦ – I 150 ГОСТ 160-80
010 Фрезерная	Фрезерно-центровальный МР72	Тиски станочные JET MMV/SP-100 GR35011; Оправка для торцовых фрез 6222-0111 ГОСТ 26538-85	Фреза торцовая ТТ15К6 d=63 ГОСТ 26595-85; сверло центровочное	Штангенциркуль ШЦ – I 150 ГОСТ 160-80

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
			P6M5 d=4 мм	
015 Точение черновое	Токарный станок с ЧПУ HT500	Патрон самоцентрирующ ий K11; Центр вращения А-1-2-Н HORTZ; Люнет неподвижный ЛН252Б/С	упорный проходн ой резец правый из твердого сплава PCLNR 2525M1 6 T5K10	штангенци ркуль ШЦ – I 150 ГОСТ 160- 80
020 Точение чистовое	Токарный станок с ЧПУ CA500Ф2	Патрон самоцентрирующ ий K11; Центр вращения А-1-2-Н HORTZ; Люнет неподвижный ЛН252Б/С	упорный проходн ой резец правый PCLNR 2525M1 6 T15K6; резец канавоч ный SDJCR 2525M1 1 T15K6; резец канавоч	микрометр МК – 100 ГОСТ 6507-78

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
			ный прямой STFCR 2525M1 6-A Фреза концевая 2220- 0040 d=8 мм ГОСТ 17025- 71	
030 Центрошлифов ание	Центрошлифов альный станок ZSM5100	Тиски станочные JET MMV/SP-100 GR35011	Круг шлифов альный EW 10x25 24A F40 L 5 V 35 А ГОСТ 2447-82	Микромет р МК – 100 ГОСТ 6507-78
035 Шлифование черновое	Универсальный круглошлифова льный станок RSM 1000	Патрон поводковый ; Центр упорный KM5 (7032-0035) МИК; люнет	10 250x2 5x120 25A F40 L 5V 35 А ГОСТ	микрометр МК – 100 ГОСТ 6507-78

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
		Rohm	P 2424-2008	
040 Шлифование чистовое	Универсальный круглошлифова льный станок RSM 1000	Патрон поводковый ; Центр упорный КМ5 (7032-0035) МИК; люнет Rohm	10 250x2 5x120 25A F60 M 6 V 35 A ГОСТ P 2424- 2008	микрометр МК – 100 ГОСТ 6507-78

2.7 Разработка операции

Расчет режимов резания на шлифовальную операцию 035.

При чистовом шлифовании будем использовать круг шлифовальный прямого профиля с подточкой 10 250x25x120 25A F40 L 5V 35 A ГОСТ P 2424-2008.

Обрабатываются поверхности за два установка: 4,9,14,15,22.

Поверхности 4,9,15,22 обрабатываются методом врезного шлифования с припуском под последующее полирование, остальные поверхности обрабатываются окончательно.

На 035 операции глубина резания: $t=0,12$ мм.

Принимаем радиальную подачу $S=0,0025$ мм/об.

Скорость вращения вала выбирается по таблице: $V_3=50$ м/мин. Тогда обороты

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 50}{\pi \cdot 42} = 380 \text{ об/мин.} \quad (2.5)$$

где d – размер шейки, мм. При скорости круга $V_k=35$ м/с.

Эффективная мощность резания считается по формуле:

$$N = C_N V_3^r t^x S^y d^q, \quad (2.6)$$

где d -диаметр шлифования. По таблицам выбираем коэффициенты $C_N=2.65$, $r=0.5$, $y=0.55$, $q=0.2$ и

$$N = 2,65 \cdot 50^{0,5} \cdot 0,0025^{0,55} \cdot 42^{0,2} = 5,2 \text{ кВт.}$$

Мощность станка с учетом КПД равно 7,5 кВт и следовательно полученная мощность удовлетворяет условиям резания.

Расчет режимов резания проведем для шлифовальных переходов на операцию 040. Инструмент круг: 10 250x25x120 25А F60 М 6 V 35 А ГОСТ Р 2424-2008. Обрабатываются поверхности: 4,9,15,22.

Припуск по расчету $t=0,1$ мм. Подача при шлифовании $S=0,0005$ мм/об.

Скорость вращения детали выбирается по таблице с учетом скорости: $V_3=40$ м/мин

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 40}{\pi \cdot 40} = 318 \text{ об/мин.}$$

При скорости круга $V_k=35$ м/с. Эффективная мощность резания считается по формуле:

$$N = 2,65 \cdot 40^{0,5} \cdot 0,005^{0,55} \cdot 40^{0,2} = 1,9 \text{ кВт.}$$

Мощность станка с учетом КПД равно 7,5 кВт. Следовательно полученная мощность удовлетворяет условиям резания.

Определим время шлифования по формуле:

$$T_o = \frac{L}{S_{\text{рад}} \cdot n_D} K, \quad (2.7)$$

$$L = \frac{D-d}{2}, \quad (2.8)$$

Где L- припуск с учетом недобега круга, мм;

$S_{\text{рад}}$ -поперечная подача подача, мм/об,

n_D -обороты заготовки, об/мин;

K- коэффициент выхаживания.

$$T_o = 7 \frac{0,13}{0,0025 \cdot 380} \cdot 1,2 = 1,15 \text{ мин}$$

Вспомогательное время для шлифовальной операции: на подготовку станка - 15 мин; на балансировку круга - 3 мин; время в инструментально-раздаточной кладовой - 6 мин:

$$T_{п-3} = 15 + 3 + 6 = 21 \text{ мин.}$$

Время управления станком - $T_{уп} = 0,01$ мин. Время установки-снятия вала, закрепление – открепление 0,21 мин; время измерения детали 0,12 мин. (15% деталей контролируется), тогда

$$T_{из} = 0,12 \cdot 0,15 = 0,02 \text{ мин.}$$

Тогда вспомогательное время равно:

$$T_B = (0,01 + 0,21 + 0,02) \cdot 1,85 = 0,44 \text{ мин.}$$

Время отдыха 10% от оперативного времени ($T_{об.от.} = 0,1(1,2+0,44) = 0,16$ мин).

Столько же на обслуживание и штучное время:

$$T_{шт-к} = T_o + T_B + 2T_{об.от.} + T_{п-з} = 1,2 + 0,44 + 0,32 + 21/24 = 2,8 \text{ мин.} \quad (2.9)$$

Для шлифования 040 операции определяем время обработки по формуле:

$$T_o = 6 \frac{0,1}{0,0005 \cdot 318} \cdot 1,2 = 4,5 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время $T_{п-з} = 11 + 3 + 6 = 20$ мин.

Вспомогательное время:

$$T_B = (0,3 + 0,04 + 0,04) \cdot 1,85 = 0,7 \text{ мин.}$$

Тогда штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = 4,5 + 0,7 + 1,04 + 20/24 = 7,1 \text{ мин.}$$

Если использовать шлифовальный круг с виброгасящими элементами, то той же точности и качества получим при большей величине подачи и время обработки снизится:

$$T_o = 6 \frac{0,1}{0,0015 \cdot 318} \cdot 1,2 = 1,5 \text{ мин.}$$

$$T_{шт-к} = 1,5 + 0,7 + 0,44 + 20/24 = 3,5 \text{ мин.}$$

3 Проектирование приспособления и режущего инструмента

3.1 Описание технологии термосиловой обработки

Основной задачей стабилизирующей обработки является повышение сопротивления размерной стабильности за счет выравнивания остаточных напряжений и их снижения до минимального уровня. Термосиловая обработка (ТСО) позволяет при дорекристаллизационном отжиге материала с наклепанным поверхностным слоем от механической обработке резанием обеспечить получение стабильной слабо разориентированной субструктуры. Понижение остаточных внутренних напряжений является важной задачей стабилизирующей обработки. В таблице 3.1 приведены примеры термообработок для деталей типа вал, которые могут реализоваться в рамках термосиловой обработки.

Таблица 3.1 - Виды термообработки

№ п/п	Изделие	Отношение длины к диаметру вала	Термообработка
1	Вал насоса 801 АВ	22	Отпуск 1 ст. После обработки на глубину 2 мм охлаждение на 450°С-420°С. Отпуск 2 ст. После обработки на глубину 4 мм. 420°С-450°С. Отпуск 3 ст. После обработки на глубину 2 мм. 370°С-400°С.
2	Вал насоса 11/14-Р-3	36,5	–
3	Вал насоса 11/14-Р-3	29	Стабилизирующий отпуск. После обработки на глубину 7 мм. 870°С-900°С, воздух. Стаб. отпуск. После обработки на глубину 3 мм. 870°С-900°С, воздух.
4	Вал насоса 11/14-Р-4	22,5	Отжиг. После обработки на 4 мм. 870°С-900°С, воздух. Отжиг. После обработки на 2 мм. 870°С-900°С, воздух.
5	Вал насоса 11/14-Р-7	12,5	Отжиг 1. 870°С-900°С, воздух.

Использование устройств для ТСО позволяет повысить качество термосиловой обработки. Стапель в виде цилиндрической трубы (рисунок 3.1) позволяет обеспечить равномерный нагрев и остывание заготовки путем равномерного подвода и отвода тепла за счет соосного расположения стапеля относительно заготовки. Стапель с фланцами на обоих концах обеспечивает компактность установки за счет размещения фиксирующих механизмов непосредственно на стапеле. Размещение опорных крышек на фланцах обеспечивает устойчивость конструкции при нагрузке за счет силового замыкания непосредственно на стапель. Верхняя опорная крышка, установленная с возможностью ее вращения относительно стапеля в крутильном направлении позволяет создавать сдвиговые деформации заготовки. Жесткая фиксация нижней опорной крышки в крутильном направлении относительно стапеля позволяет создать жесткую заделку в данном сечении для создания сдвиговых деформаций. Ограничение поворота тяг в крутильном направлении позволяет передавать крутящий момент от источника усилия на заготовку. Ограничение поворота тяг посредством осей, устанавливаемых в отверстиях тяг, обеспечивает простое и надежное закрепление без существенной потери конструкцией установки прочности.

Выступы, размещенные диаметрально напротив друг друга, и оси, установленные в верхней опорной крышке радиально и симметрично, необходимы для уравнивания нагрузки на профильной отбортовке и исключения создания изгибающих моментов в конструкции. Нижняя тяга, выполненная с возможностью силового замыкания с использованием сферической шайбы, поджимаемой гайкой и размещенной в сферической гнезде нижней опорной крышки, позволяет компенсировать за счет самоустанавливающейся опоры несоосность резьбовых механизмов фиксации вала и исключить появление изгибающего момента на заготовке.

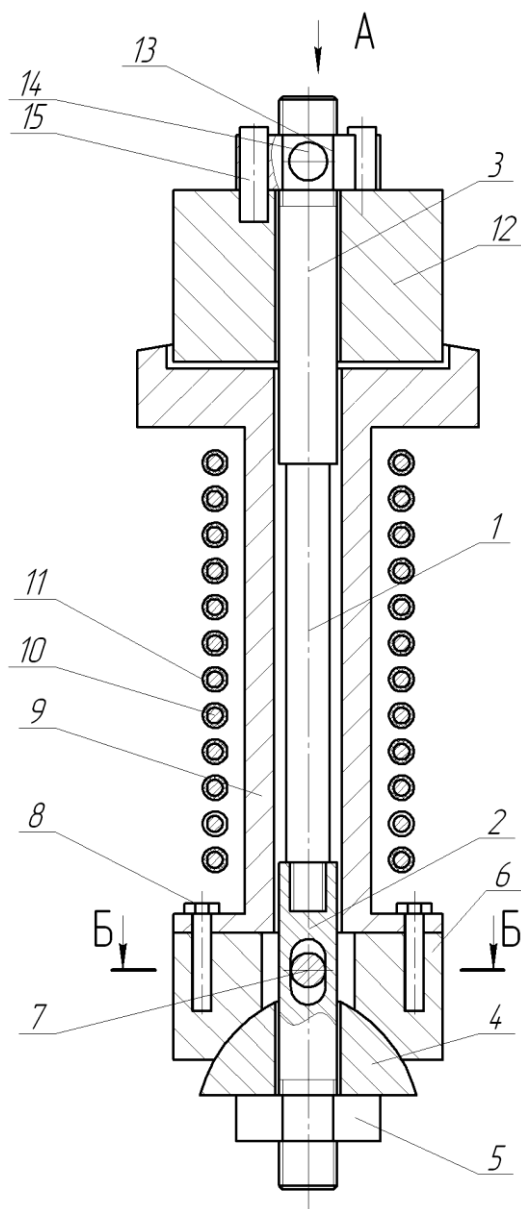


Рисунок 3.1 - Устройство для термосиловой обработки

Рассмотрим изобретение, относящиеся к устройствам для термосиловой обработки (ТСО) деталей типа вал [35]. Особенностью таких устройств является приложение к заготовке во время нагрева осевого усилия. Это приводит наряду с изменениями физико-механических свойств к изменениям геометрии детали. Уменьшается непрямолинейность, а также снижается уровень остаточных технологических напряжений и выравнивается по длине.

Следующее изобретение относится к способам термической обработки, используемому для обработки валов [16]. Способ термической обработки

включает в себя следующие этапы, на которых вал (в том числе вал-шестерня) предварительно нагревают до температуры $400-500^{\circ}\text{C}$ в печи предварительного нагрева; температура загрузки печи для цементации устанавливается равной $900-910^{\circ}\text{C}$; вал помещается в науглероживающую печь, температура печи берется равной $900-930^{\circ}\text{C}$, и выдержка продолжается в течение 2-8 часов; температура печи в цементационной печи регулируется до $830-850^{\circ}\text{C}$, а сохранение тепла длится 30-50 минут; вал вынимают из печи для цементации и помещают в печь для закалки индукционного типа, температура в печи до $840-860^{\circ}\text{C}$, а время контролируется в течение 2 часов; вал вынимают из печи для закалки индукционного типа и помещают в печь для отпуска при низкотемпературном закалке, температура в печи до $150-250^{\circ}\text{C}$, а низкотемпературный отпуск проводят в течение 2-5 часов; и вал вынимают из печи для отпуска, а воздушное охлаждение выполняется до температуры окружающей среды (рисунок 3.2).

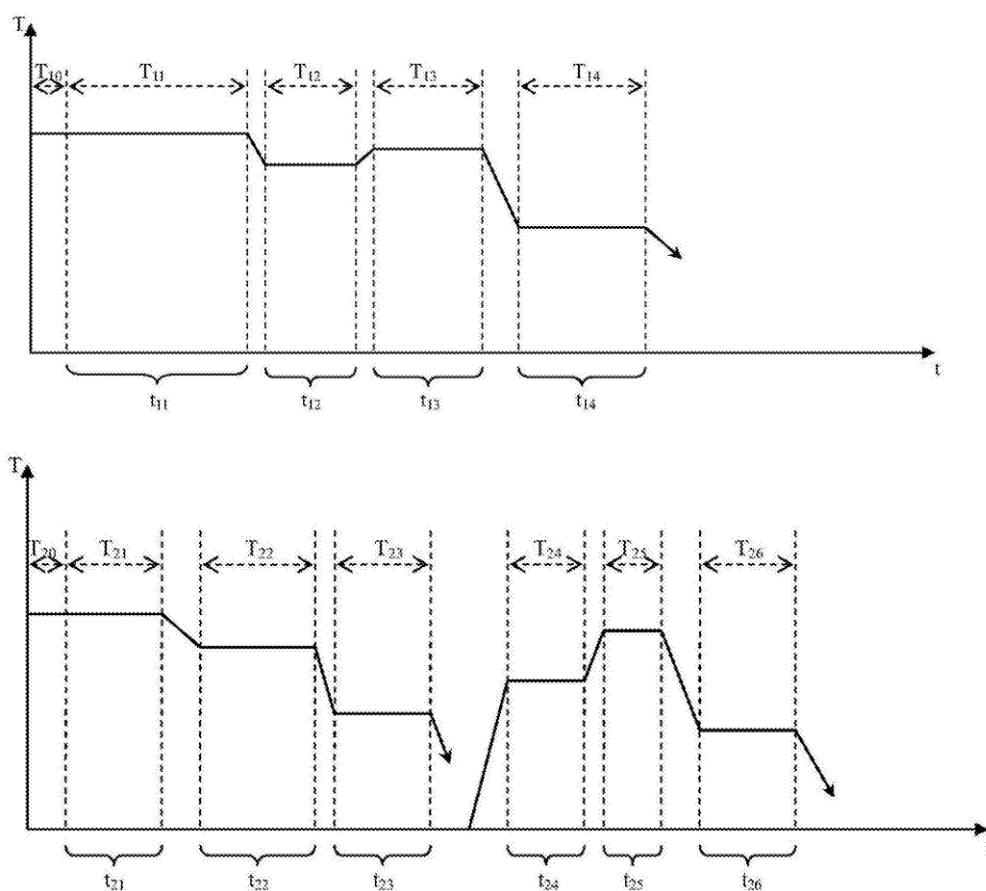


Рисунок 3.2 - График режима термообработки вала

Следующий способ ТСО используется для повышения качества обработки заготовок, что обеспечивается повышением стабильности геометрии малоожестких валов путем уменьшения направленности осевых технологических остаточных напряжений после заготовительной операции. уменьшением сил деформирования из-за рациональной схемы нагружения вала[17]. Уничтожается также технологическая наследственность из-за полной перестройки структуры материала за счет чередования внешних сил растяжения-сжатия приложенных к заготовке, а это ведет к равномерному распределению остаточных напряжений по длине вала. Из-за релаксации осевых остаточных напряжений, в основном влияющих на пластическую деформацию, происходит коробление вала. В данном случае будет обеспечиваться стабильность размеров из-за минимизации коробления в эксплуатационный период.

Для этого заготовку разбивают на n участков. Длина их не превышает 5-8 диаметров. Разделяются участки предварительно поперечными канавками, проточенными на соответствующей длине. Глубина не превышает половины фактического припуска для обработки самой поверхности. Обрабатываемую заготовку вешают вертикально. С нижнего конца вала проводят монтаж установки для силового деформирования у одного участка. Делают это со второго - четного участка. Установка зафиксирована захватами по проточкам. После чего включают источник для нагрева этого участка, путем присоединения клемм к обрабатываемому участку заготовки внутри канавок. Проводят нагрев до рабочей температуры где слабовыраженная зависимость усилия от деформации и после этого проводят растяжение, обеспечивая осевое деформирование. Чередуют обрабатываемые участки так: четные участки растягивают, нечетные участки сжимают. Величина деформации должна превысить предел текучести на 2 - 4%. После достижения требуемой температуры и выдержки определенное время в заданном напряжении при заданной температуре в режиме выстоя, нагрев отключают.

Деформированный участок разгружают автоматически с постоянным напряжением с учетом снижения температуры до комнатной температуры. После этого пропускают нечетный участок заготовки и деформируют следующий четный участок растяжением. В результате происходит деформация в виде сжатия нечетного третьего участка. Он расположен между четными участками, которые растягиваются.

Аналогично осуществляют деформацию всех четных и нечетных участков детали до ее верхнего конца.

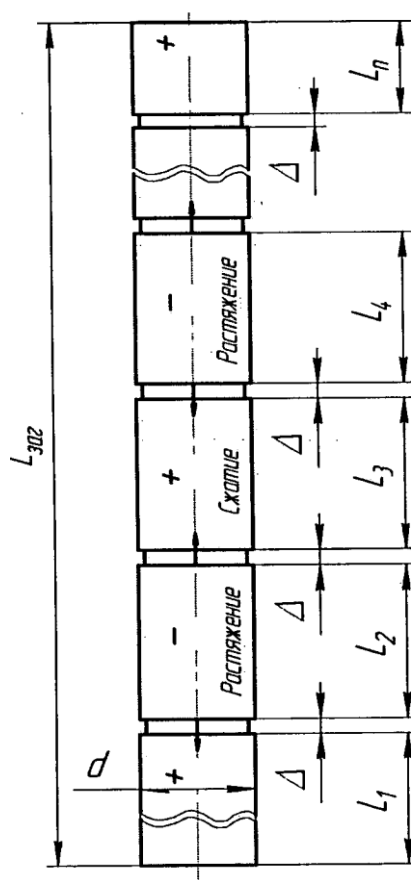


Рисунок 3.4 – Схема формирования разнонаправленных напряжений

3.2 Определение рабочих условий при термосиловой обработке

Для обеспечения деформации вала на 1-5% необходимо создать в поперечном сечении вала напряжения выше предела текучести. На рисунке

3.5 для стали 08X18T1 представлена зависимости от напряжения от деформации.

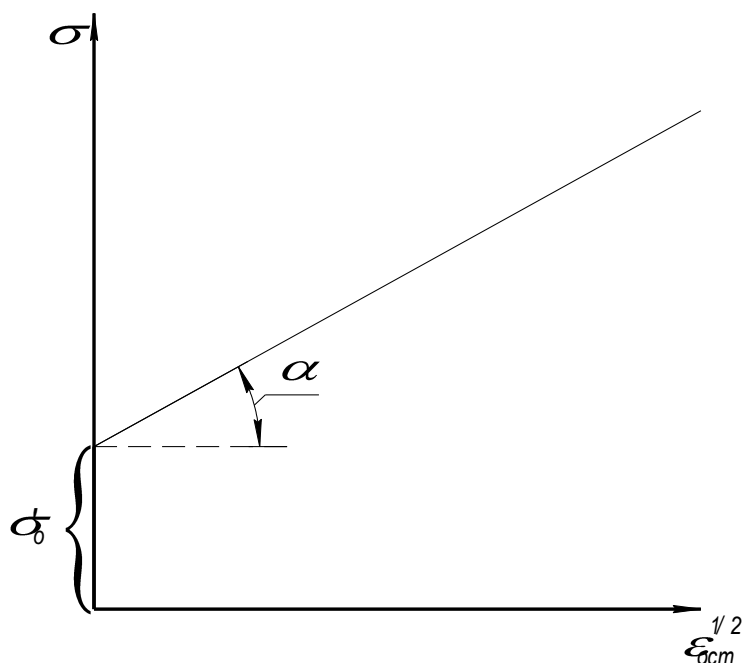


Рисунок 3.5- Обобщенная зависимость между деформирующим напряжением и деформацией для аустенитных сталей

Необходимо провести механические испытания образцов из стали 08X18T для определения истинных напряжениях, обеспечивающих деформацию вала на 1-5% в интервале температур 20°C-800°C.

При проведении предварительных расчетов усилий P , необходимых для деформации вала, будем считать, что деформация происходит при усилиях $\sigma \leq \sigma_B$.

Зависимость σ_B от температуры на рисунке 3.2 показывает, что при повышении температуры от 20°C-200°C и от 200°C-300°C снижается почти линейно, затем σ_B стабилизируется в интервале температур 300°C-400°C. С другой стороны, изучение физических свойств аустенитных сталей по температурно-кинетической диаграмме показывает, что нагревание свыше температуры 400°C-500°C не целесообразно, так как при этих температурах в структуре металла начинается выделение карбидов.

Выразим в виде линейной функции зависимость σ_B и P от температуры в интервалах температур:

20°C-200°C:

$$\sigma_B = 617,5 - 0,889t \quad (\text{мПа}); \quad (3.1)$$

200°C-300°C:

$$\sigma_B = 445 - 0,325t \quad (\text{мПа}); \quad (3.2)$$

Тогда P изменяется

20°C-200°C:

$$P = (617,5 - 0,889t) \frac{\pi D^2}{4}; \quad (3.3)$$

200°C-300°C:

$$P = (445 - 0,325t) \frac{\pi D^2}{4}. \quad (3.4)$$

Расчеты показывают, что усилия деформации P от температуры для валов значительны. Для их получения необходимы специальные устройства. Известно, что температурные деформации металлов имеют большую величину.

Максимальное удлинение вала при нагревании до 1100°C составляет $\varepsilon = 2\%$. Таким образом, требуемое удлинение вала можно получить комбинацией нагревания до определенной температуры, являющейся оптимальной, и растяжение при этой температуре до заданной величины с последующим охлаждением при установленном упоре на нужную длину вытянутого вала. В таблице 3.2 приведены данные по величине удлинения вала в зависимости от его исходного искривления.

Таблица 3.2 - Величина удлинения вала в зависимости от прогиба

f, мм		1	2	4	6	8
L=1 м	Δl_r , мм	0,0025	0,0099	0,0394	0,0887	0,158
L=2 м	Δl_r , мм	0,0013	0,0049	0,019	0,044	0,079

3.3 Установка для термосиловой обработки

Задачей является совершенствование конструкции устройства для термосиловой обработки, обеспечивающее повышение качества термосиловой обработки.

Устройство для термосиловой обработки иллюстрируется чертежами, представленными на листе. Устройство для ТСО для фиксации заготовки (пунктиром показана) по концам при помощи клиновых зажимов 22 содержит нижнюю тягу 13 и верхнюю тягу 6, которые проходят через нижнюю опорную крышку 11 и верхнюю опорную крышку 7 со сферическими шайбами 8. Нижняя тяга 13 и верхняя тяга 6 в осевом направлении фиксируются гайками 10. В крутильном направлении верхняя тяга 6 фиксируется осью 9, проходящей в отверстие верхней опорной крышки 7, которая жестко соединяется со стапелем 4, внутри которого проходит заготовка, винтами 23. На стапель 4 накручивается нагревательный элемент 3. Нижняя часть стапеля 4 крепится к верхней 5 нижней поперечинам 21, которые прикручены к раме 20 П-образной формы винтами 27 и гайками 28. Нижняя тяга 13 имеет лыски, по которым с ней контактирует двухсторонний клин 16. Он поджимается клиновыми призмами 17, которые через ходовой винт 18 и шпонку 26 связаны с шаговыми двигателями 1. Клиновые призмы 17 проходят в пазу направляющих 12, которые зафиксированы на нижней поперечине 21 винтами 25. Шаговые двигатели 1 закрепляются на раме 20 винтами 29.

Устройство для ТСО работает следующим образом. В тяги вставляются конические зажимы 22 в которые вставляется заготовка. Нижняя тяга 13 и верхняя тяга 6 натягиваются до фиксации заготовки в зажимах 22. На нижнюю тягу 13 навинчивают гайку 10 и закрепляют двух сторонний клин 16. Затем заготовку с нижней тягой 13 и верхней тягой 6 проводят в стапель 4 через нижнюю опорную крышку 11 и верхнюю опорную крышку 7 с опорой гайки 10 на сферическую шайбу 8. В верхней тяге 6 через верхнюю опорную

крышку 7 вставляют ось 9 для фиксации тяги 6 в крутильном направлении относительно стапеля 4. С опорой на сферическую шайбу 8 затягивают гайку 10 на тяге 13, задавая определенный натяг в осевом направлении. Далее включают нагревательный элемент 3. Стапель удлиняется при температурном расширении больше, чем заготовка, создавая в ней осевые деформации. В контакт с двух сторонним клином 16 вводят клиновые призмы 17. В соответствии с алгоритмом работы производят включение шаговых двигателей 17, которые через ходовые винты 18 и шпонки 26 перемещаются в радиальном направлении по отношению к заготовке за счет чего производят поворот двухстороннего клина 16 на заданный угол. Использование данного устройства позволяет повысить качество термосиловой обработки.

3.4 Проектирование инструмента

В качестве объекта проектирования выбираем шлифовальный круг и способ его крепления на оправке. Параметры круга определяются точностью и шероховатостью на 035 и 0404 операциях. Зернистость абразивного материала определяется требованиями к шероховатости обрабатываемой поверхности. Для чистового шлифования с шероховатостью обработанной поверхности $R_a = 0,63$ мкм применяется абразивный инструмент F40, то есть размер зерна приблизительно равен 0,016 мм. В качестве абразивного материала примем белый электрокорунд 25А. Таким образом в качестве материала рабочей части шлифовального круга принимаем белый электрокорунд по ГОСТ 2424-2008 25AF40L6V.

Сам шлифовальный круг крепится следующим образом в оправке. Устройство, представленное на листе, состоит из планшайбы для крепления шлифовального круга. Оно состоит из корпуса 1, установленного неподвижно на шпинделе станка, и крышки 2, связанных между собой

жестко болтовым соединением и несущих на себе фланцы 3 и 4. Корпус 1 и крышка 2 соединены с фланцами 3 и 4, крепящими шлифовальный круг 5, посредством нескольких равномерно расположенных и упругих в окружном направлении элементов 6 пластинчатой формы. При этом элементы 6 связаны жестко с корпусом и крышкой с возможностью регулирования их положения в радиальном направлении и изменения крутильной жесткости планшайбы за счет поворота элементов 6 вокруг своей оси. Упругость элементов 6 в окружном направлении выполнена с возможностью свободных крутильных колебаний круга 5, закрепленного между фланцами 3 и 4 относительно корпуса 1 с частотой, не кратной и отличающейся до 5,5 раз от частоты свободных колебаний упругой системы СПИЗ.

Для упрощения сборки планшайбы и регулирования ее крутильной жесткости упругие элементы 6 связаны болтовым соединением с корпусом и крышкой и шарнирно-резьбовым соединением с фланцами 3 и 4. При этом в процессе обработки не возникают изгибные автоколебания, периодически увеличивающие в несколько раз глубину резания и толщину стружки, срезаемую абразивными зернами. Это объясняется тем, что автоколебания возникают при шлифовании кругом с наименьшей собственной частотой системы СПИЗ, которая выполнена в конструкции планшайбы в окружном направлении. Возникающие крутильные колебания круга 5 происходят с малой амплитудой и почти не оказывая влияния на процессы в контакте круга и детали, исключают возможность возникновения вредных изгибных автоколебаний, обуславливающих при периодическом увеличении глубины шлифования и толщины стружки, срезаемой абразивными зернами круга, ухудшение качества обработанной поверхности и других показателей процесса шлифования.

С увеличением жесткости элементов в окружном направлении планшайбы, например, за счет поворота элементов пластинчатой формы вокруг своей оси на некоторый угол, а соответственно и частоты свободных

крутильных колебаний круга на планшайбе с превышением ее величины до 5,5 раз в сравнении с собственной частотой упругой системы СПИЗ, и не кратной ей, снижается уровень колебаний, при которых происходит в процессе шлифования и полирования гашение (захватывание) изгибных автоколебаний, т. е. повышается виброустойчивость процесса обработки.

Эксплуатационные испытания планшайбы показали, что в процессе шлифования стандартным кругом со сплошной режущей поверхностью, установленным на предложенной планшайбе, в которой частота свободных крутильных колебаний круга меньше на 20-30% частоты свободных колебаний упругой системы СПИД, уровень автоколебаний, возникающих при обработке, нарастал при затуплении круга в 2,5 раза медленнее в сравнении с установкой круга на известной планшайбе. В результате этого шероховатость обработанной поверхности детали снижалась на 1-2 класса. С увеличением режимов обработки до 3 раз качество обработанной поверхности не ухудшалась, а производительность шлифовальной операции повышалась до 2-х раз в сравнении с обработкой кругом, который устанавливается в известной планшайбе (таблица 3.2).

Таблица 3.2 - Время обработки с усовершенствованной планшайбой

Операция	Основное время, мин	Штучное время, мин
040 круглое шлифование(база)	4,5	6,8
Проект	1,5	3,5

4 Безопасность и экологичность работы

Задача раздела – на основе анализа операций, оборудования выявить вредные или опасные производственные факторы. С учетом этих факторов необходимо разработать меры по снижению их вредных влияний на организм и здоровье рабочих.

Тема бакалаврской работы: «Технологический процесс изготовления маложесткого многоопорного вала». Раздел выполнен по материалам [5].

4.1 Назначение производственного участка

Представленный участок предназначен для изготовления детали «вал многоопорный».

4.2 Планировка рассматриваемого участка

На рисунке 4.1 показана схема спроектированного участка для изготовления вала.

4.3 Технологическое оборудование

Наименование и количество оборудования представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 –Станки

№, наименование операции 1	Наименование оборудования 2
000 Заготовительная	Отрезной станок ПАРМА 355МО
005 Термосиловая	Установка-стапель (см. раздел 3)
010 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный МР72
015 Токарная черновая	Токарный станок с ЧПУ НТ500
020 Токарная чистовая	Токарный станок СА500Ф2 (N=17 кВт, габариты 2390x1500)
025 Термическая	Печь индукционная
030 Центрошлифовальная	Центрошлифовальный станок ZSM5100
035 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок RSM 1000
040 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок RSM 1000
045 Моечная	Моечная машина

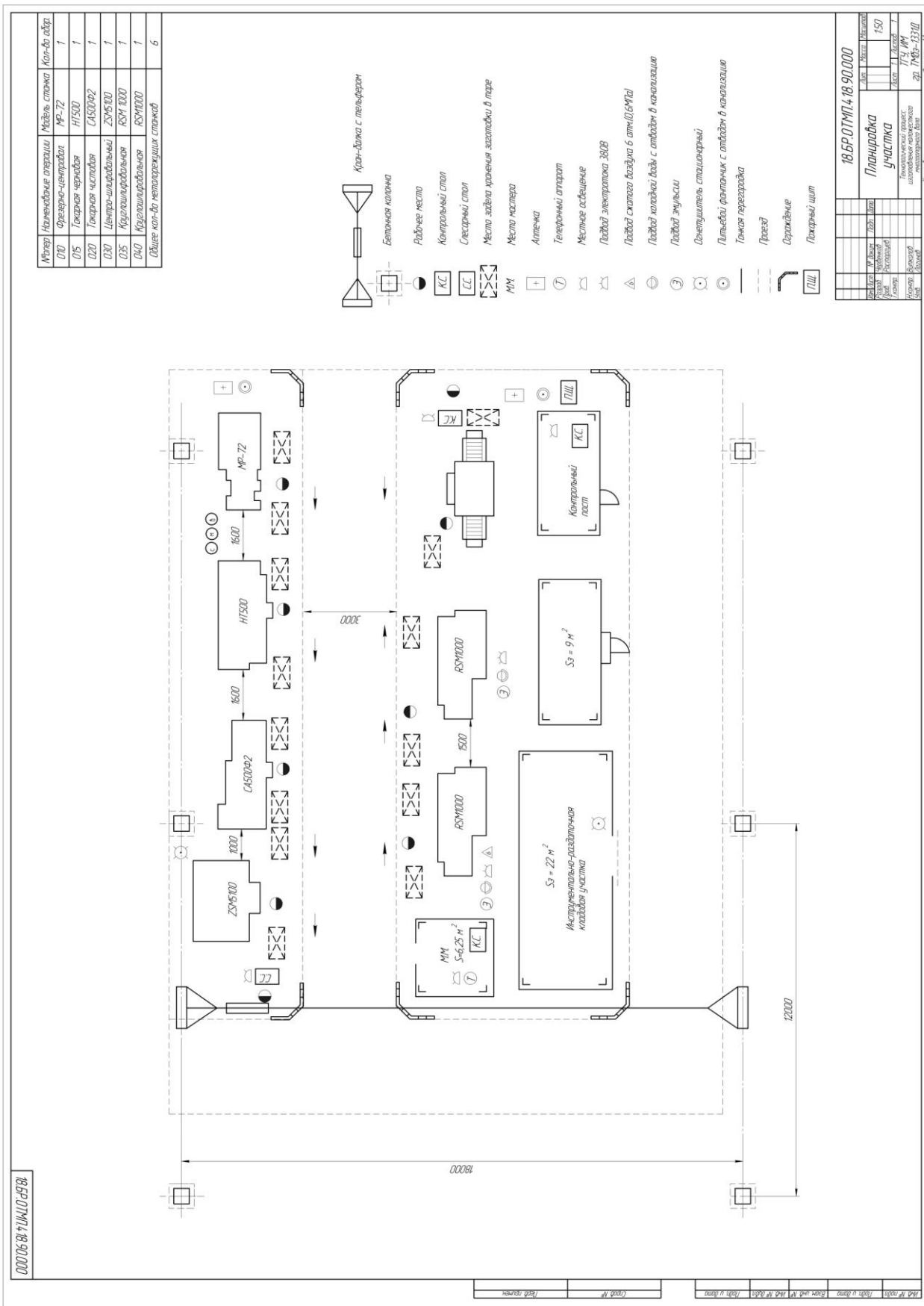


Рисунок 4.1 – Планировка участка

Таблица 4.2 – Технологический маршрут изготовления вала

Наименование цеха	Номер операции	Наименование операции	Применяемое оборудование	Содержание операции
1	2	3	4	5
Механический	000	Заготовительная	Отрезной станок ПАРМА 355МО	Отрезка проката
Термический	005	Термосиловая	Стапель	Термосиловая обработка (растяжение и закручивание при нагреве)
Механический	010	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР-72	Фрезеровать торцы 1,38 Центровать отв. 40
Механический	015	Токарная черновая	Токарный станок с ЧПУ HT500	Точить (начерно) – 4-7,8-10,12-19,21
Механический	020	Токарная чистовая	Токарный станок СА500Ф2	Точить (начисто) – 4-28 Фрезеровать пов. 29-33
Термический	025	Термическая	Печь	Закалка
Механический	030	Центрошлифовальная	Центрошлифовальный станок ZSM5100	Шлифовать отв. Поверхности 41,42
Механический	035	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок RSM 1000	Шлифование черновое поверхностей 4,6,9,15,14,18,19,21,22
Механический	040	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок RSM 1000	Шлифование чистовое поверхностей 4,6,15,18,22
Механический	045	Моечная	Моечная машина	Мойка и сушка
Механический	050	Контрольная	Контрольный стол	Контроль параметров червяка

Для 040 шлифовальной и 005 термосиловой операций проведем анализ вредных и опасных производственных факторов.

4.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов.

В таблице 4.3 рассмотрены опасные факторы и меры защиты от них.

Таблица 4.3 – Опасные и вредные производственные факторы

№ п/п	Технологические операции	Вредные производственные факторы	Мероприятия, которые позволят уменьшить вредные воздействия
1	2	3	4
1	Термосиловая	Высокая температура материала, поверхностей установки	Система вентиляции и кондиционирования атмосферного воздуха
		Высокая загазованность воздуха в рабочей зоне	
		Движущиеся механизмы	Защитный экран рабочей зоны оборудования
2	Шлифовальная	движущиеся механизмы и их незащищенные подвижные части; передвигающиеся изделия, заготовки;	Защитный экран рабочей зоны оборудования; защитные ограждения и указатели опасной зоны около оборудования
		повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны;	Система вентиляции и кондиционирования атмосферного воздуха
		повышенная температура поверхностей оборудования и материалов; повышенная температура рабочей зоны;	система охлаждения активных органов оборудования и зоны обработки; Полив СОЖ в зону обработки; защитный экран рабочей зоны оборудования; система вентиляции и кондиционирования атмосферного воздуха
		повышенные уровни шума, вибрации;	виброизоляция оборудования.
		динамические перегрузки; монотонность труда	Соблюдение санитарно-гигиенических норм режима труда и отдыха.

В процессе выполнения раздела были выявлены вредные и опасные факторы на проектируемом участке и предложены меры по их снижению их вредного воздействия.

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 работы разрабатывается технологический процесс изготовления маложесткого многоопорного вала, подробное описание которого представлено в предыдущих разделах.

Предложение по совершенствованию процесса изготовления заключается в замене стандартной оправки, применяемой при выполнении круглошлифовальной операции на соответствующем оборудовании с числовым программным управлением, модели RSM 1000, на виброгасящую оправку.

Данное совершенствование технологического процесса позволяет сократить основное время на 3 минуты, т.е. с 4,5 минут, необходимых для выполнения базового варианта круглошлифовальной операции, на 1,5 минуты, необходимых для проектируемого варианта данной операции. А штучно-калькуляционное время сокращается на 3,3 минуты, т.е. с 6,8 минут – для базового варианта операции, на 3,5 минуты – для проектируемого варианта операции.

Анализируя изменение трудоемкости выполнения описанных совершенствований по операциям (базового и проектного варианта) видно, что время уменьшается на 48,5%, что позволяет сделать предварительное заключение о целесообразности проведения данных изменений. Однако, чтобы иметь полное представление об эффективности этого мероприятия, необходимо провести экономические расчеты, которые позволят получить окончательный ответ на вопрос о целесообразности.

Для этого воспользуемся методикой определения капитальных вложений, методикой определения технологической себестоимости;

методикой калькулирования полной себестоимости и методикой определения экономического эффекта [9], а также, необходимым для соответствующих расчетов, пакетом программного обеспечения Microsoft Excel.

Согласно описанным методикам были получены необходимые значения для определения экономической эффективности, такие как: удельные капитальные вложения (Куд) и полная себестоимость (Сполн), которые представлены на рисунке 5.1.

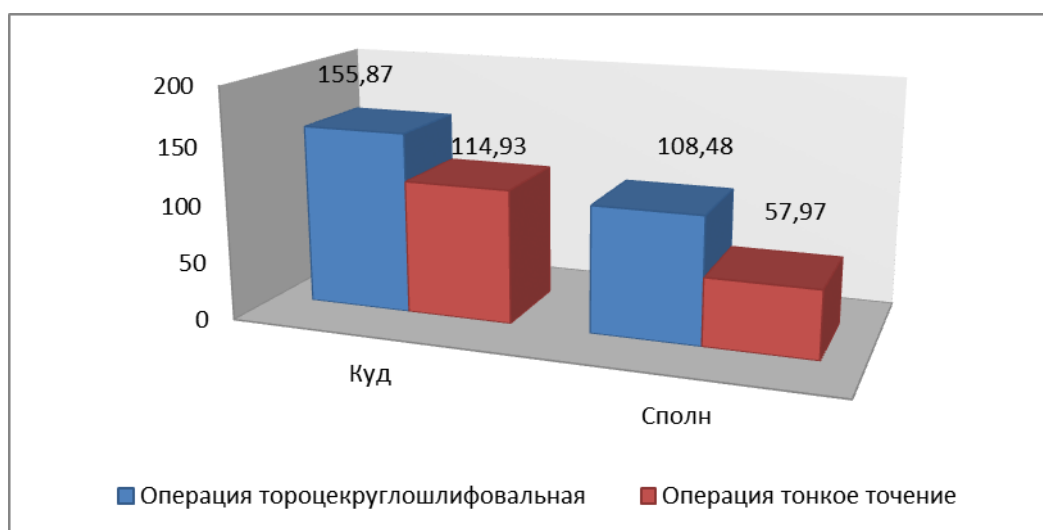


Рисунок 5.1 – Параметры, необходимые для определения экономической эффективности предлагаемого совершенствования операции, руб.

На рисунке представлены величины по сравниваемым вариантам выполнения круглошлифовальной операции, из которых видно, что капитальные вложения на единицу выпущенной продукции по предлагаемому совершенствованию уменьшаться на 40,94 руб., что составляет 26,3%. Также уменьшится и полная себестоимость производства на 50,51 руб., что составит 46,6%.

Не смотря на то, что проект предполагает приобретение новой оснастки и имеет затраты на проектирование, капитальные вложения по внедрению данного проекта все равно уменьшаются. Такой возможно, если в

результате совершенствования было получено существенное сокращение трудоемкости выполнения операции, а данном случае именно так и происходит, т.к. трудоемкость сокращается почти на 50%, а точнее на 48,5%.

Очевидно, при таких изменениях возникает необходимость представить более детальное описание затрат проектируемого варианта выполнения круглошлифовальной операции. Данные затраты имеют неравнозначные величины, и могут отличаться в разы друг от друга. Поэтому, графически представим значение затрат имеющих весомое и относительное влияние на общие капитальные вложения (рисунок 5.1).

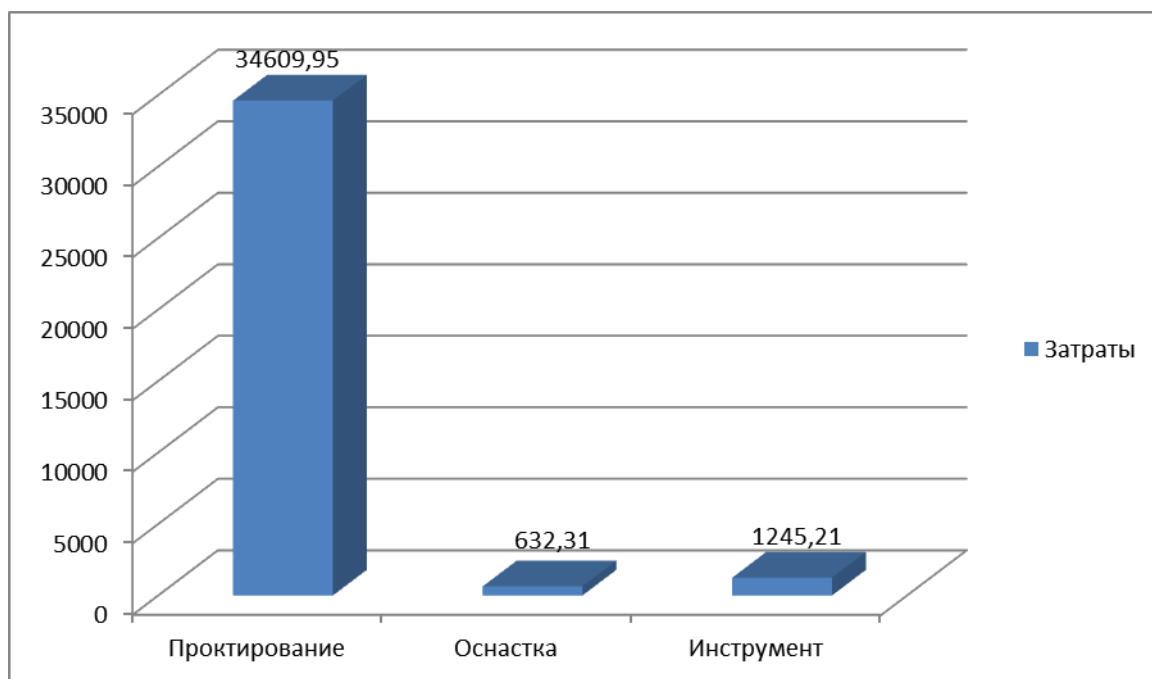


Рисунок 5.2 – Формирование общих капитальных вложений в совершенствование технологического процесса, руб.

Из диаграммы видно, что самыми крупными затратами являются затраты на проектирование – 34609,95 руб. Поэтому они оказывают существенное влияние на итоговую величину капитальных вложений, которая составляет 37239,99 руб. Она учитывает не только представленные

на диаграмме затраты, но также в нее входит величина незавершенного производства, имеющая незначительные значения – 18,94 руб.

Используя полученные данные по капитальным вложениям и по изменению полной себестоимости можно обосновать экономическую эффективность предлагаемого совершенствования. Применяя методику оценки экономической эффективности [9], были получены следующие значения:

- чистая прибыль – 40408 руб.;
- срок окупаемости – 2 года;
- интегральный экономический эффект – 6279,43 руб.

Полученные данные позволяют сделать окончательное заключение об эффективности, а значит, внедрение проекта можно считать целесообразным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После анализа исходных данных по валу было выполнено:

- выбор типа производства;
- выбран метод получения исходной заготовки-проката;
- разработан технологический маршрута изготовления вала на основе выбранных методов обработки;
- спроектированы технологические схемы базирования;
- рассчитаны припуски расчетно-аналитическим методом;
- подобраны средства технологического оснащения, включая технологическое оборудование, станочные приспособления, режущий инструмент, контрольные средства измерения, вспомогательный режущий инструмент;
- спроектированы технологические операции;
- усовершенствован способ крепления инструмента- шлифовального круга, что позволило получить выигрыш во времени;
- разработаны технология и установки для термосиловой обработки.

По технологии проанализированы опасные факторы, предложена защита от них.

Изменения в техпроцессе обоснованы экономическим расчетом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балла О. М. Обработка деталей на станках с ЧПУ/ О. М. Балла. - Санкт-Петербург:Лань, 2015. - 364 с.
2. Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник/Ю.В. Барановский. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
3. Баранчиков, В.И. и др. Справочник конструктора – инструментальщика / В.И. Баранчиков [и др.] –М.: Машиностроение,1994. – 560 с.
4. Боровский, Г. В. Справочник инструментальщика/Г. В. Боровский[и др.]. - Москва: Машиностроение, 2005. - 463 с.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –52 с.
6. ГОСТ 12.3.025-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Обработка металлов резанием. Требования безопасности (с Изменением №1)
7. Григорьев, С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ/ С.Н. Григорьев[и др.]. - Москва : Машиностроение, 2006. - 544 с.
8. Зуев, А. А. Технология машиностроения/А. А. Зуев. - Санкт-Петербург: Лань, 2003. - 496 с.
9. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей/Н.В. Зубкова.– Тольятти: ТГУ, 2015.- 46 с.
- 10.Клепиков, В. В. Технология машиностроения / В. В. Клепиков, А. Н. Бодров. - Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. - 859 с.
- 11.Краткий справочник металлиста/А. Е. Древаль [и др.]. - Москва : Машиностроение, 2005. - 959 с.
12. Маслов А. Р. Приспособления для металлообрабатывающего инструмента/А. Р. Маслов. -Москва: Машиностроение, 2002. - 251 с.

13. Расторгуев, Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин / Д. А. Расторгуев. ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.
14. Расторгуев, Д. А. Проектирование технологических операций/Д. А. Расторгуев - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.
15. Патент РФ №2260628, Расторгуев Д.А., Драчев О.И. Устройство для термосиловой обработки осесимметричных деталей, 2005
16. Патент Китая № 106319535, Ren Hongjing, C21D1/18; C21D9/28? Heat treatment method used for gear shaft , 2016
17. Патент РФ №2575510, Способ термосиловой обработки длинномерных осесимметричных деталей и устройство для его осуществления, 2015
18. Режущий инструмент/ Д. В. Кожевников [и др.]. - Москва:Машиностроение, 2004. - 511 с.
19. Режущий инструмент/Д. В. Кожевников [и др.].- Москва: Машиностроение, 2005. - 526 с.
20. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под редакцией А.М. Дальского [и др.]. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.
21. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под редакцией А.М. Дальского [и др.]. - М: Машиностроение-1, 2001. - 944 с.
22. Суслов А. Г. Технология машиностроения/А. Г. Суслов. - Москва: Машиностроение, 2007. - 429 с.
23. Технология машиностроения: учеб. пособие/И. С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: ИНФРА-М, 2016. - 240 с.
24. Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный справочник/ Р. Таймингс; – М.: Додэка-XXI, 2008.- 336 с.
25. Сменные пластины и инструмент. Sandvik-МКТС.Каталог.- Tofters Tryckeri AB. – 1998. – 138 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Спецификация к стапелю
2. Спецификация к шлифовальному кругу
3. Маршрутная карта
4. Операционная карта

Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
Разраб.	Червенков																				
Проверил	Расторгуев																				
Утвердил	Логинов																				
Н. контр.	Виткалов																				
Вал																					
M 01	Сталь 08X18T1 ГОСТ 1414-71																				
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ											
M 02	12	кг	14	1	1	0,68	32	60x940	1	20,7											
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа												
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.						
A03	000 Заготовительная																				
B04	Отрезной станок ПАРМА 355МО																				
A05	005 5000 Термосиловая																				
B06	Стапель																				
A07	010 4269 Фрезерно-центровальная																				
B08																					
A09	015 4233 Токарная с ЧПУ																				
B10	Токарный станок с ЧПУ HT500																				
A11	020 4233 Токарная с ЧПУ																				
B12	Токарный станок с ЧПУ СА500Ф2																				
A13	025 5000 Термосиловая																				
B14	Печь индукционная																				
A15	030 4130 Центрошлифовальная																				
B16	Центрошлифовальный станок ZSM5100																				
МК	Маршрутная карта																			1	

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
2																			
Вал																			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.				
A01	035 4131 Круглошлифовальная																		
B02	Универсальный круглошлифовальный станок RSM 1000																		
A03	040 4131 Круглошлифовальная																		
B04	Универсальный круглошлифовальный станок RSM 1000																		
09	045 126 Промывка																		
10	050 0200 Контроль																		
07																			
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
МК	Маршрутная карта																2		

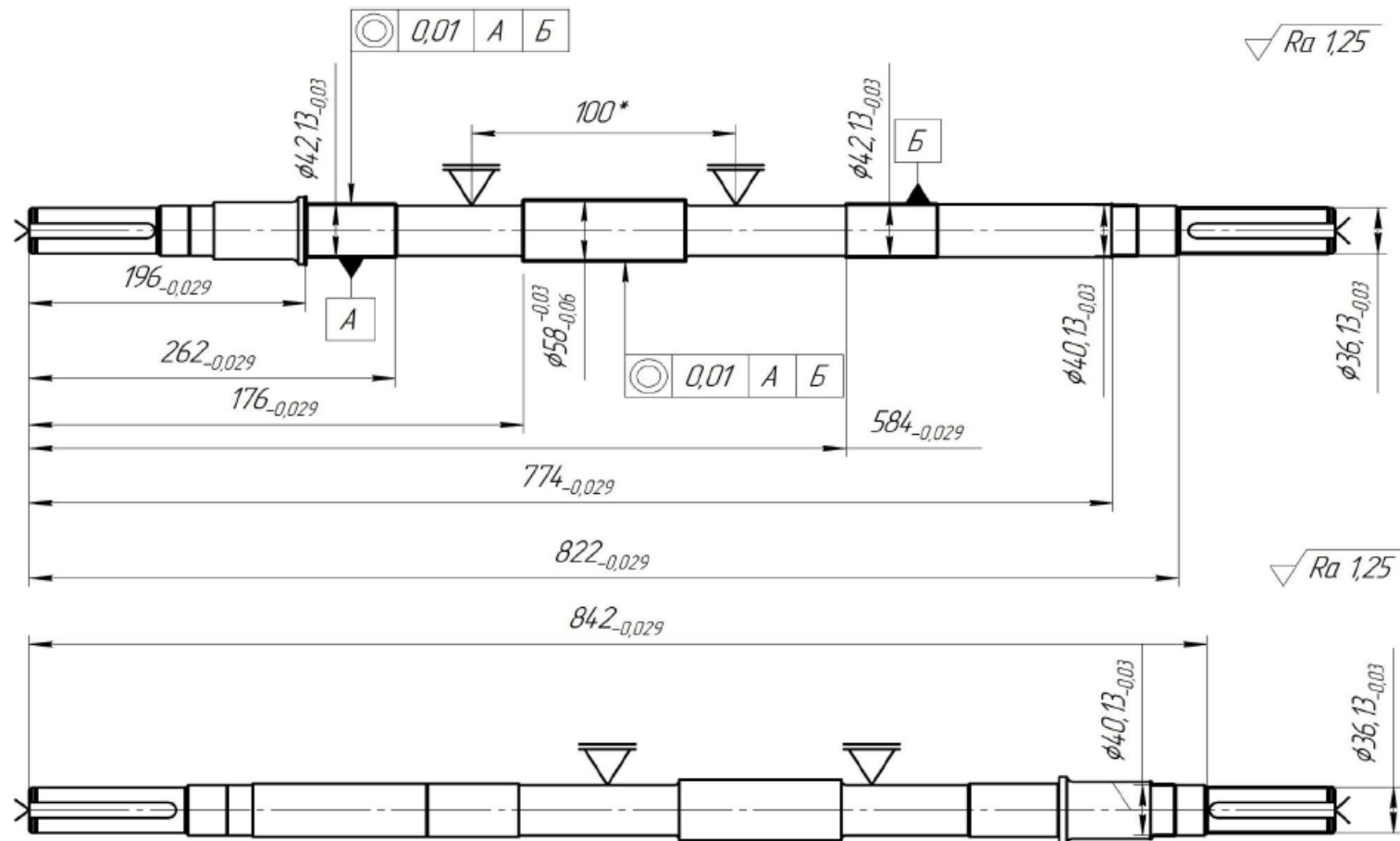
Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

5

035



КЭ

Карта эскизов

Дубл.												
Взам.												
Подл.												
										1	1	
Разраб.	Червенков											
Проверил	Расторгуев											
Утвердил	Логинов											
Н. контр.	Виткалов											040
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД	
Круглошлифовальная		08X18T1 ГОСТ 1414-71		180..200	кг	8,6	58x936			20,7	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Т _о	Т _в	Т _{пз.}	Т _{шт.}	СОЖ				
RSM 1000				1,5	0,44	20	3,5					
<i>P</i>		<i>ΠИ</i>	<i>D или B</i>	<i>L</i>	<i>t</i>	<i>l</i>	<i>s</i>	<i>n</i>	<i>v</i>			
T01	Патрон поводковый; Центр упорный KM5 (7032-0035) МИК											
O02	Люнет Rohm											
O03	Микрометр МК – 100 ГОСТ 6507-78											
T04	1. Установить деталь											
O05	2. Шлифовать заготовку											
T06	10 250x25x120 25A F40 L 5V 35 A ГОСТ P 2424-2008	1	42		0,12	0,1	3	0,0015	318	40		
O07	3. Переустановить и закрепить заготовку											
O08	10 250x25x120 25A F40 L 5V 35 A ГОСТ P 2424-2008	1	40		0,12	0,1	2	0,0015	318	40		
T09												
O10	4. Снять деталь											
T11												
O12												
13												
OK	Операционная карта										5	

Дубл.			
Взам.			
Посл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

040

 $\sqrt{Ra\ 0,63}$
