

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления вала-шестерни станка для перемотки пленки

Обучающийся	<u>Д.А. Дэрр</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.В. Сергеев</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент Е.А. Боргардт</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>М.А. Кривова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Аннотация

Автор: Дэрт Даниил Андреевич.

Группа: ТМбп-2001ас.

Тема: Технологический процесс изготовления вала-шестерни станка для перемотки пленки.

В работе спроектирован современный технологический процесс изготовления вала-шестерни станка для перемотки пленки.

Первая часть работы посвящена анализу конструкции вала-шестерни и материала, из которого вал-шестерня изготовлена. В этой же части описан сборочная единица, в которой работает шкив, которой является станок для перемотки пленки.

Во второй части работы по параметрам выбран среднесерийный тип машиностроительного производства, описаны его характерные особенности. После этого из двух вариантов (прокат и штамповка) методом сравнительного технико-экономического анализа определен наиболее выгодный метод получения заготовки, которым оказалась штамповка. Далее на каждую поверхность назначены методы обработки и проведен расчет припусков на поверхность, которая предназначена для фиксации вала-шестерни в узле. Далее рассчитаны параметры режимов резания.

Для проведения токарной операции разработано станочное приспособление. Это приспособление отличается от базового варианта конструкцией. Оно является самозажимным. С таким приспособлением станочнику будет легче устанавливать и снимать заготовку на операции. В связи с этим получена экономическая выгода.

Для обработки шлицевого участка вала-шестерни нами спроектирован сложный инструмент, которым является червячная фреза. Этот инструмент специализированный, поэтому проектируется специально для обработки шлицев одного и того же типа.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Назначение и условия работы детали.....	8
1.2 Классификация поверхностей детали.....	9
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	10
2 Технологическая часть.....	13
2.1 Выбор типа производства.....	13
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	14
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	14
2.4 Выбор методов обработки	16
2.5 Расчет припусков.....	18
2.6 Расчет режимов обработки.....	22
3 Проектирование приспособления.....	26
3.1 Исходные данные	27
3.2 Силовой расчет	27
4 Проектирование режущего инструмента.....	33
4.1 Исходные данные.....	34
4.2 Проектирование фрезы.....	35
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	41
5.1 Конструкторско-технологическая и организационно- техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	42
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	43
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков...	45
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	46
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	47

6 Экономическая эффективность.....	48
Заключение.....	52
Список используемой литературы.....	53
Приложение А. Технологическая документация.....	56

Введение

В настоящее время станкостроительная промышленность является одним из приоритетных направлений развития современной экономики России. От развития станкостроения зависит развитие других отраслей промышленности, производства которых связаны со станками. Такие производства, как химические, предприятия легкой промышленности, горнодобывающие, нефтеперерабатывающие и многие другие используют на своих предприятиях различного рода станки, поэтому их производительность, а иногда даже работоспособность непосредственно связаны с производством станков.

В городском округе Тольятти находится завод «Тольятти-Каучук», который выпускает пленку. Эта пленка наматывается на катушки при помощи специальных станков для перемотки пленки. Эти станки имеют привод, по средствам которого выполняется вращательное движение, приводящее во вращение катушку, на которую наматывается пленка. Привод состоит из электродвигателя, механизмов для передачи вращательного движения и валов, на которые надеваются катушки.

В приводе станка для перемотки пленки имеется вал-шестерня, назначение которой – восприятие вращающего момента при помощи боковых стенок шлиц шлицевого венца и передачи этого движения при помощи боковых сторон конического зубчатого венца. Вал-шестерня является ответственным звеном привода. От качества передачи движения от электродвигателя на наматывающие валы зависит качество и производительность намотки пленки, что скажется на прибыли всего предприятия.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка техпроцесса изготовления вала-шестерни станка для перемотки пленки заданного качества с минимальными затратами на производство, согласно годовой программе выпуска.

1 Анализ исходных данных

«Пленочные материалы являются неотъемлемой частью технологических процессов производства изделий из полимерных композитных материалов. В основном применение их находят в качестве материалов вакуумных мешков и разделительных пленок в процессе формирования и на стадиях подготовки». [17]

«Вакуумно-разделительные пленки применяются при необходимости легкого удаления вакуумного мешка, например при формировании полых конструкций в внутреннем мешком». [17]

«Основным методом получения разделительных и вакуумных пленок является экструзия полимерного расплава через фильеру. Применяют фильеру со щелевыми или кольцевыми отверстиями; при этом в первом случае из фильеры выходит изотропная лента бесконечной длины, которую вытягивают в продольном и/или поперечном направлениях, во втором – рукав, который раздувают сжатым воздухом (плоскостная ориентация). На фотографии представлен общий вид процесса получения пленки (рисунок 1)». [17]



Рисунок 1 – Получение пленки экструзией

«В качестве вспомогательных материалов применяют пленки на основе полиолефинов, нейлона, фторполимеров и полиимида. Отличаются пленочные материалы по максимальной рабочей температуре, деформационным характеристикам, прочности, адгезии и совместимости с различными связующими». [17]

«Для разделительных пленок в настоящее время может реализовываться различная перфорация (горячая, холодная) с отверстиями различного размера и формы». [17]

«Современные технологии экструзии позволяют получать многослойные пленки из комбинации нескольких однородных или разнородных слоев, позволяя реализовывать целевые физико-механические показатели при высоких антиадгезионных свойствах и химической стойкости (рисунок 2)». [17]

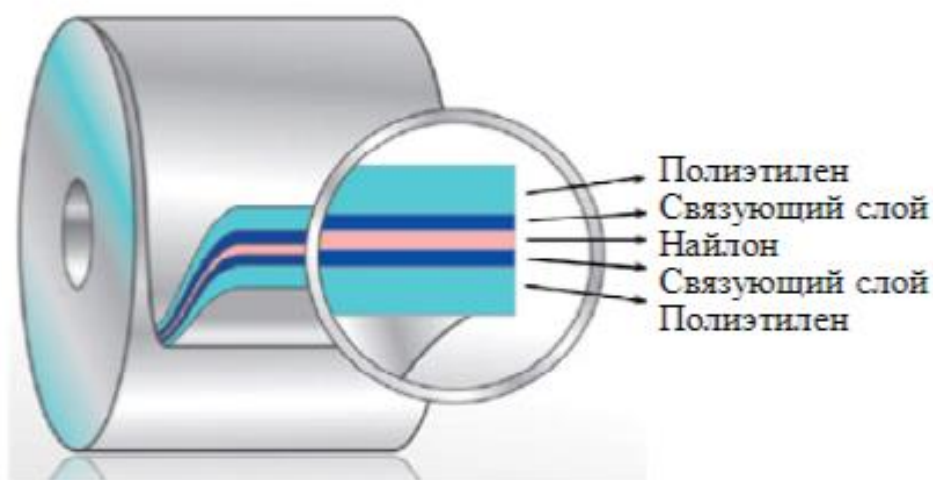


Рисунок 2 – Многослойная пленка

«Эффективность многослойных пленок также обусловлена тем, что каждый слой получают отдельно, в результате чего дефектные места не пересекаются. В результате чего пленка из трех-пяти слоев одного материала прочнее и герметичнее однослойной пленки того же материала эквивалентной толщины». [17]

1.1 Назначение и условия работы детали

В приводе станка для перемотки пленки имеется вал-шестерня, назначение которой – восприятие вращающего момента при помощи боковых стенок шлиц шлицевого венца и передачи этого движения при помощи боковых сторон конического зубчатого венца. Вал-шестерня является ответственным звеном привода. От качества передачи движения от электродвигателя на наматывающие валы зависит качество и производительность намотки пленки, что скажется на прибыли всего предприятия.

«Зубчатая передача относится к передачам зацеплением с непосредственным контактом между ведущим и ведомым звеньями. Она состоит из двух колес, на поверхности которых имеются зубья, причем зубья ведущего зубчатого колеса входят в зацепление с зубьями ведомого и при вращении первого колеса происходит вращение второго». [9]

«Конические зубчатые передачи применяют в передачах, когда оси валов пересекаются под углом. Наибольшее распространение имеют передачи с углом $\Sigma = 90^\circ$ (рисунок 3)». [9]



Рисунок 3 – Коническая зубчатая передача

«Конические колеса бывают с прямыми, косыми, шевронными и круговыми зубьями. Наибольшее распространение получили прямозубые конические передачи. Основное достоинство конической передачи – возможность передачи вращающего момента под углом. По сравнению с цилиндрической передачей коническая имеет следующие недостатки: сложнее в изготовлении и монтаже, шестерня, как правило, располагается консольно, что снижает жесткость вала и увеличивает неравномерность распределения нагрузки по длине зуба; снижается нагрузочная способность передачи; зубчатые колеса работают с большим шумом». [9]

«Ширина венца конического зубчатого колеса ограничена дополнительными внутренним и внешним конусами. По длине зуба модуль переменный». [9]

1.2 Классификация поверхностей детали

Для выявления назначения каждой поверхности детали пронумеруем каждую поверхность и представим это на рисунке 3.

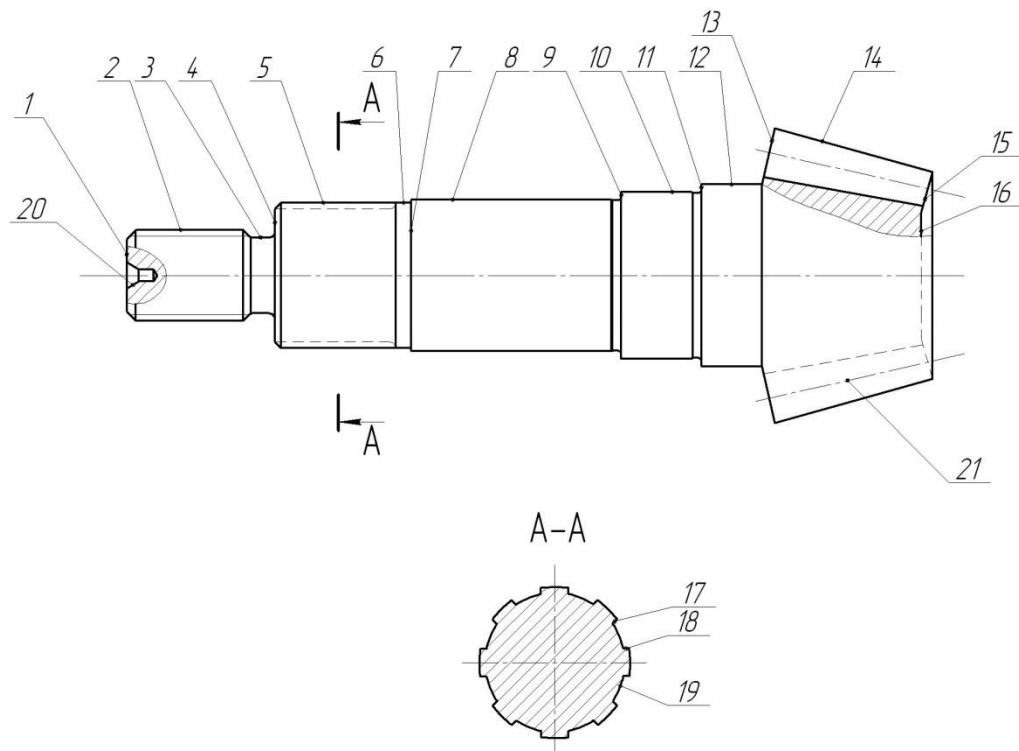


Рисунок 4 – Классификация поверхностей

Исполнительными поверхностями детали являются поверхности 17, 18, 21.

Основными конструкторскими базами являются поверхности 5, 10, 11.

Вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности 2, 8.

Остальные поверхности – свободные.

1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом вала-шестерни станка для перемотки пленки является сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 [4].

Физико-механические свойства стали 40Х представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 40Х

σ_B , МПа	HB	σ_T , МПа	ψ , %	δ_5 , %
980	197...217	780	45	10

«Легирующие элементы (от лат. ligo - связываю) специально вводят в сталь для достижения требуемых свойств. Легирующие элементы могут образовывать следующие фазы:

- твердые растворы (например, Mn и Ni в Fe);
- легированный цементит или специальные карбиды ((Fe, Cr) $_3$ C, W $_3$ C и другие);
- интерметаллические соединения (Fe $_3$ Ti, Fe $_7$ W $_6$ и другие)». [20]

«Все легирующие элементы так или иначе влияют на диаграмму железо – цементит. Так, Mn и Ni расширяют область существования аустенита, делая его устойчивым вплоть до комнатной температуры, и сужают область феррита. При достаточно большом содержании этих элементов сталь при комнатной температуре имеет аустенитную структуру (и

становится парамагнитной). Никель является единственным элементом, который повышает прочность, пластичность и вязкость сталей». [20]

«Cr, Mo, W, Nb, V, Zr и Ti образуют с углеродом высокопрочные твердые карбиды (чем правее металл в этом ряду, тем прочнее карбид). Путем введения этих элементов сталь можно сделать более износостойкой и жаропрочной. Наиболее важное значение имеют карбиды вольфрама, молибдена и титана, которые устойчивы при температурах до 600...1000оС. На основе этих карбидов изготавливают быстрорежущие стали и твердые сплавы, используемые при изготовлении резцов, фрез, сверл и так далее». [20]

«Никель в большинстве случаев является полезной примесью, поступающей из металлолома; повышает прочность, пластичность и вязкость железоуглеродистых сплавов». [20]

«Исходя из структуры, получаемой после охлаждения на воздухе небольших образцов, нагретых до температуры 900оС, различают следующие классы легированных сталей: перлитный, бейнитный, мартенситный, ферритный, аустенитный и карбидный (ледебуритный)». [20]

«Стали перлитного и бейнитного класса содержат сравнительно небольшое количество легирующих элементов; мартенситные – больше, а ферритные, аустенитные и карбидные – еще большее количество легирующих элементов». [20]

«При получении исходных заготовок холодной обработкой давлением их материал упрочняется (наклепывается). При этом наряду с повышением характеристик прочности материала происходит снижение характеристик его пластичности. Из-за неравномерности пластических деформаций на различных участках заготовок в них возникают остаточные напряжения». [20]

«При получении исходных заготовок горячей обработкой давлением большое значение имеет температура нагрева металла». [20]

«Нарушение температурного режима может привести к образованию трещин в заготовке, дефектной крупнозернистой структуре (перегрев стали) и неисправимого брака в виде пережога (оплавления и окисления металла по границам зерен, приводящих к полной потере пластичности). Заготовка перед горячей обработкой давлением должна быть нагрета равномерно по всему объему. В противном случае в ней возникают термические напряжения, которые могут привести к появлению трещин. При высокой температуре происходит окисление металла. В результате этого на поверхности стальной заготовки образуется окалина и обезуглероженный слой, толщина которого иногда достигает 1,5–2,0 мм. Для уменьшения окисления заготовки нагревают в нейтральной или восстановительной зоне».

[20]

«В целом, материал исходных заготовок, полученных обработкой давлением, по сравнению с материалом отливок, полученных традиционными способами, имеет более мелкозернистую структуру и более высокие механические свойства. Вместе с тем при использовании специальных способов литья, например литья с направленной кристаллизацией, может быть обеспечен очень высокий уровень механических свойств материалов». [20]

Конструкция вала-шестерни станка для перемотки пленки довольно простая, имеет технологические центровые отверстия, различные фаски и канавки для выхода инструментов. Контроль параметров всех поверхностей довольно прост, поэтому делаем вывод о достаточной технологичности детали.

2 Технологическая часть

2.1 Выбор типа производства

«В зависимости от потребностей различные изделия машиностроительного производства изготавливают в различных количествах. Одни изделия на предприятии изготавливают в одном экземпляре, другие – сотнями тысяч штук». [20]

«В зависимости от номенклатуры и объема выпуска изделий различают три основных типа производства: единичное, серийное и массовое. Серийное производство делят на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное». [20]

«Единичное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматривается». [20]

«Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. Продукцией серийного производства являются машины установившегося типа, выпускаемые в значительных количествах. Этот тип производства является наиболее распространенным». [20]

«Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна операция. Продукцией массового производства являются изделия, рассчитанные на широкий круг потребителей». [20]

«Деление производства на типы в известной мере является условным и производится по преобладающему производству. Например, на подшипниковом заводе производство подшипников является массовым. В ремонте же цехе завода имеет место единичное производство». [20]

В нашей работе мы будем выбирать тип машиностроительного производства исходя из массы детали $m = 4,7$ кг и годового объема выпуска $N = 4000$ штук. Исходя из этих параметров принимаем среднесерийное производство.

2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса

«Характерным признаком серийного производства является выполнение на рабочих местах относительно небольшого числа периодически повторяющихся операций. В серийном производстве используют как специальные средства технологического оснащения, так и универсальные. Оборудование в цехах располагают по ходу технологического процесса или по его типам (мелкосерийное производство). Технологические процессы в серийном производстве разрабатываются подробно. Квалификация основных рабочих в целом ниже, чем в единичном производстве, но остается высокой, например при работе на станках с ЧПУ».

[20]

Согласно этим характерным показателям машиностроительного производства будем проектировать технологический процесс изготовления вала-шестерни станка для перемотки пленки.

2.3 Выбор метода получения заготовки

«Изготовление деталей начинается с производства заготовок. Заготовкой называют предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь».

[23]

«Заготовки характеризуются конфигурацией и размерами, точностью получаемых размеров, структурой металла, состоянием поверхности и так далее. Форма и размеры заготовки определяют технологию ее изготовления и

последующую механическую обработку. Точность размеров является важнейшим фактором, влияющим на стоимость изготовления детали. Необходимо обеспечить стабильность размеров заготовки в пределах изготавливаемой партии». [23]

«Состояние поверхности (отбел чугуновых отливок, слой окислы на поковках и так далее) может существенно затруднять последующую механическую обработку резанием». [23]

Такую форму заготовки можно получить двумя следующими способами: прокатом или штамповкой. В случае получения заготовки прокатом [6] масса будет $m=16,6$ кг, а при штамповке [3] масса будет $m=6,5$ кг.

«Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке (руб./кг)

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (1)$$

где $C_c = 0,495$; $E_n = 0,15$; $C_k = 1,085$ ». [11]

$$C_{\text{мех}} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578.$$

«Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой (руб.)

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n, \quad (2)$$

где $C_{\text{шт}} = 0,315$; $k_m = 0,9$; $k_c = 0,84$; $k_g = 1,14$; $k_m = 1,0$; $k_n = 1,0$ ». [11]

$$C_{\text{заг}} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ руб.}$$

«Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой (руб.)

$$C_{\text{шт}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_{\text{шт}} + C_{\text{мех}}(Q_{\text{шт}} - q) - C_{\text{отх}}(Q_{\text{шт}} - q), \quad (3)$$

где $Q_{\text{шт}} = 6,5$; $q = 4,7$; $C_{\text{отх}} = 0,0144$ ». [11]

$$C_{mш} = 0,2715 \cdot 6,5 + 0,6578(6,5 - 4,7) - (6,5 - 4,7)0,0144 = 2,9229.$$

«Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом (руб.)

$$C_{mn} = C_{заг} \cdot Q_{np} + C_{мех}(Q_{np} - q) - C_{отх}(Q_{np} - q), \quad (4)$$

где $Q_{np} = 16,6$; $q = 4,7$; $C_{отх} = 0,0144$ ». [11]

$$C_{mn} = 0,1219 \cdot 16,6 + 0,6578(16,6 - 4,7) - 0,0144(16,6 - 4,7) = 9,68 \text{ руб.}$$

Более выгодным является штамповка.

2.3 Выбор методов обработки

«Детали с наружными поверхностями вращения подразделяют на несколько классов в зависимости от конструкторско-технологического подобия, которое определяется совокупностью признаков. За основу обычно принимаются следующие основные признаки: геометрическая форма, параметрический (учитывает отношение длины детали к диаметру), конструктивный, функциональный». [22]

«Учитывая один из основных признаков классификации – геометрическую форму деталей, рассмотрена обработка трех классов деталей, имеющих разнообразную форму и наружные поверхности тел вращения:

- тела вращения типа валов, дисков, штоков и другие;
- тела вращения с профилем типа лопаток компрессора с цапфами;
- тела вращения и невращения типа тройников, угольников, крестовин (детали арматуры), имеющие элементы с наружными поверхностями вращения». [22]

Проанализировав форму и параметры качества поверхностей 1 и 16 (IT 14, Ra 6,3), принимаем следующий технологический маршрут обработки: центровально-подрезная операция.

Проанализировав форму и параметры качества поверхностей 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 15, принимаем следующий технологический маршрут обработки: точение черновое и чистовое.

Анализ поверхности 5: форма поверхности - цилиндрическая наружная; квалитет точности IT7; шероховатость Ra 0,8. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Анализ поверхности 8: форма поверхности - цилиндрическая наружная; квалитет точности IT7; шероховатость Ra 1,6. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Анализ поверхности 10: форма поверхности – цилиндрическая наружная; квалитет точности IT6; шероховатость Ra 0,8. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Анализ поверхности 14: форма поверхности - коническая наружная; квалитет точности IT7; шероховатость Ra 1,6. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: черновое и чистовое точение, черновое и чистовое шлифование.

Анализ поверхности 16: форма поверхности - плоская наружная; квалитет точности IT14; шероховатость Ra 6,3. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: центровально-подрезная обработка.

Анализ поверхностей 17, 18: форма поверхности - плоская наружная; квалитет точности IT10; шероховатость Ra 3,2. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: фрезерование.

Анализ поверхности 19: форма поверхности - плоская наружная; квалитет точности IT14; шероховатость Ra 6,3. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: фрезерование.

Анализ поверхности 20: форма поверхности - плоская наружная; квалитет точности IT14; шероховатость Ra 1,6. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: центровально-подрезная и центрошлифовальная операции.

Анализ поверхности 21: форма поверхности - эвольвентная наружная; квалитет точности IT7; шероховатость Ra 1,6. Чтобы выполнить данные условия по качеству обработки поверхности, необходим следующий порядок методов обработки: зубострогальная, зубопритирочная операции.

2.5 Расчет припусков

«В настоящее время в машиностроении применяются два метода установления припусков на обработку – опытно-статистический и расчетно-аналитический». [22]

«При использовании опытно-статистического метода припуски устанавливают по таблицам, которые составлены на основе обобщения практических данных передовых производств. Его недостатком является то, что припуски назначают без учета конкретных условий построения технологических процессов». [22]

«Расчетно-аналитический метод определения припусков базируется на основе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого

перехода технологического процесса обработки поверхности. Значение припуска определяют методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. Расчетно-аналитический метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали (промежуточные припуски), их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности, и размеров заготовки». [21]

«Если деталь подвергается закалке, то технологический процесс делят на две части: выполняемую до и после нее. До закалки обработку обычно выполняют лезвийными инструментами, а после нее – преимущественно абразивными». [20]

Определим припуски на обработку поверхности 8 с параметрами $\varnothing 50k6^{+0,018}_{+0,002}$ мм, $L = 48,4$ мм, $Ra = 0,8$ мкм.

«Суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot Td \text{ ». [21] } \quad (6)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 1,600 = 0,400.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,300 = 0,075.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,074 = 0,019.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,120 = 0,030.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,046 = 0,012.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004.$$

«Максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2} ; \quad (7)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \gg. [21] \quad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,801.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,075^2 + 0} = 0,275.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{T0})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,030^2 + 0^2} = 0,130.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,012^2 + 0} = 0,062.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5(1,600 + 0,300) = 1,751.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(Td_1 + Td_2) = 0,275 + 0,5(0,300 + 0,074) = 0,462.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(Td_2 + Td_3) = 0,130 + 0,5(0,074 + 0,046) = 0,190.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(Td_3 + Td_4) = 0,062 + 0,5(0,046 + 0,016) = 0,093.$$

«Значения размеров на каждом переходе (мм)». [21]

$$d_{4\min} = 50,002.$$

$$d_{4\max} = 50,018.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 50,018 + 2 \cdot 0,062 = 50,142.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 50,142 + 0,046 = 50,188.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 50,188 + 2 \cdot 0,130 = 50,448.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 50,448 + 0,120 = 50,568.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 50,568 \cdot 0,999 = 50,517.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 50,517 + 0,074 = 50,591.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 50,591 + 2 \cdot 0,275 = 51,141.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 51,141 + 0,300 = 51,441.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 51,441 + 2 \cdot 0,801 = 53,043.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 53,043 + 1,600 = 54,643.$$

«Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}) \rangle. [21] \quad (9)$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(54,643 + 53,043) = 53,843.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(51,441 + 51,141) = 51,291.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(50,591 + 50,517) = 50,554.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(50,568 + 50,448) = 50,508.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(50,188 + 50,142) = 50,165.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(50,018 + 50,002) = 50,010.$$

«Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} \rangle. [21] \quad (10)$$

$$2Z_{\min} = 53,043 - 50,018 = 3,025.$$

$$\langle 2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 \rangle. [21] \quad (11)$$

$$2Z_{\max} = 3,025 + 1,600 + 0,016 = 4,641.$$

$$\langle 2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) \rangle. [21] \quad (12)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,025 + 4,641) = 3,833.$$

В результате расчета припусков мы определили припуски при обработке поверхности 8, что будем использовать при проектировании операций и расчете режимов обработки этой поверхности. Остальные припуски определим табличным способом.

2.6 Расчет режимов обработки

«Определение режимов обработки производится по операциям и переходам после выбора оборудования и режущего инструмента в такой последовательности:

- назначается глубина резания t (мм);
- выбирается подача S ;
- определяется скорость резания V (м/мин);
- рассчитывается и уточняется по паспорту станка частота вращения шпинделя n (мин^{-1})». [1]

«При назначении параметров режима резания учитывают вид обработки, тип и размеры инструмента, материал режущей части, материал заготовки, тип и состояние станка. При этом предполагается, что инструмент имеет оптимальные геометрические параметры». [20]

«Расчет параметров режима резания применительно к точению ведется в следующей последовательности. Определяется глубина резания t (мм). Ее значение стремятся принять равным максимальному припуску на обработку. При ограничениях по жесткости технологической системы (жесткости заготовки) и мощности станка припуск удаляют за несколько рабочих ходов. Далее находится подача S (мм/об). При черновом точении подача принимается максимально допустимой по мощности станка, жесткости технологической системы, прочности режущей пластины и державки резца. При чистовом точении подачу выбирают в зависимости от требуемой шероховатости. В обоих случаях выбор подачи выполняют по рекомендациям и согласуют с паспортными данными станка». [20]

2.6.1 Определение режимов обработки на операцию 015.

Глубина резания $t = 2,5$, подача $S = 0,2$. [18]

«Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (13)$$

где $K_1 = 1,1; K_2 = 0,88; K_3 = 0,65; K_4 = 1,0;$ $V_0 = 150$ ». [18]

$$V = 150 \cdot 1,1 \cdot 0,88 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 94,38 \text{ м/мин.}$$

«Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \text{ ». [18] \quad (14)}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 94,4}{3,14 \cdot 100} = 300,6 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

«Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ ». [18] \quad (15)}$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 250}{1000} = 78,5 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n \text{ ». [18] \quad (16)}$$

$$S = 0,2 \cdot 250 = 50 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} \text{ ». [18] \quad (17)}$$

$$T_0 = \frac{244}{50} = 4,88 \text{ мин.}$$

2.6.2 Определение режимов обработки на операцию 030.

«Фрезерование шлицев на валах небольших диаметров (до 100 мм) обычно производится за один рабочий ход, больших диаметров – за два рабочих хода. Базы: центровые отверстия или опорные шейки». [24]

«Фрезеровать шлицы можно способом, позволяющим применять более дешевые фрезы». [24]

«Более производительным способом является одновременное фрезерование двух шлицевых канавок двумя дисковыми фрезами специального профиля». [24]

«Более точное фрезерование шлицев производится методом обкатки при помощи шлицевой червячной фрезы. Фреза помимо вращательного движения имеет продольное перемещение вдоль оси нарезаемого вала». [24]

Длина хода

$$L_{p.x.} = L_p + L_n, \quad (18)$$

где $L_p = 40$; $L_n = 21$.

$$L_{p.x.} = 40 + 21 = 61, \text{ мм.}$$

Подача

$$S_0 = S_{0.\text{таб}} \cdot K_1, \quad (19)$$

где $S_{0.\text{таб}} = 1,9$; $K_1 = 1,0$. [18]

$$S_0 = 1,9 \cdot 1,0 = 1,9, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (20)$$

где $V_{\text{табл}} = 50$; $K_1 = 1,0$; $K_2 = 1,0$. [18]

$$V = 50 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 50 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d_{a0}} = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 100} = 159,2 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 160 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 160}{1000} = 50,2 \text{ м/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{p.x.} \cdot z \cdot i}{n \cdot S_0 \cdot z_{10}} 1. \quad (21)$$

$$T_0 = \frac{61 \cdot 8 \cdot 1}{160 \cdot 1,9 \cdot 1} = 1,61, \text{ мин.}$$

«Допуски на диаметр и биение поверхности вершин шлицев проставляется в зависимости от использования этой поверхности в передаче. Так, при конструктивном использовании поверхности вершин (например, в шестеренных насосах) допуски задаются в зависимости от радиального зазора и его изменения, допустимого конструкцией механизма. В остальных случаях допуски на диаметр и биение поверхности вершин назначают как на свободные размеры, но с учетом обеспечения требуемого коэффициента перекрытия в передаче. При потребности использования поверхности в качестве технологической или измерительной баз ужесточение допусков на диаметр и на его обработку обеспечивается технологическом процессом не зависимо от допусков, задаваемых на чертеже». [24]

Рассчитанные режимы обработки указаны в технологической части работы (приложение А) и на технологических наладках, представленных в графической части.

3 Проектирование приспособления

«Эффективность технологических процессов производства машиностроительных изделий в значительной степени повышается за счет использования достижений науки и техники в области совершенствования технологической оснастки. Широкое применение гибких производственных систем (ГПС), роботизированных технологических комплексов (РТК) и другого технологического оборудования, управляемого от ЭВМ, внесло существенные коррективы в задачи, поставленные перед разработчиками технологической оснастки». [10]

«Применение жесткой автоматизации в условиях крупносерийного и массового производства и гибкой автоматизации в условиях единичного и мелкосерийного производства дискутирует свои условия в области развития технологической оснастки, ее соответствующего разделения на группы. Однако само разделение производств по типам достаточно условно, а применение автоматизации в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также гибкой автоматизации в условиях крупносерийного производства вносит неопределенность в установившиеся требования к проектированию технологических систем и, как следствие, технологической оснастки». [10]

«К классу деталей типа тел вращения относят валы, у которых длина (L) превышает диаметр (d) более чем в 3 раза ($L/d > 3$). Жесткими считаются валы, у которых $L/d < 12$, нежесткими – у которых $L/d \geq 12$ ». [10]

«По точности основных размеров валы разделяются на три группы:

- пониженной точности (10-14 квалитет);
- нормальной точности (8-9 квалитет);
- точные (6 квалитет);
- особо точные (4-5 квалитет)». [10]

«На специальных и специализированных станках валы обычно устанавливаются и закрепляются в патронах. На универсальных станках кроме патрона часто используются хомутики (при диаметре валов до 150 мм), гладкий или чашечный центр (при диаметре валов до 60 мм). При обработке нежестких валов применяются неподвижные и подвижные люнеты, при обработке валов с внутренним отверстием – грибовые центры (рифленый и гладкий)». [10]

«Группирование деталяеопераций производится путем сопоставления элементов наладки станка и технологической оснастки, требуемой точности и качества обрабатываемых поверхностей деталей в различных партиях». [10]

«Следует учитывать, что для большинства деталей число инструментов, осуществляющих токарную обработку одной детали, и число инструментов не превышает восьми, а зажимных инструментов – двух». [10]

3.1 Исходные данные

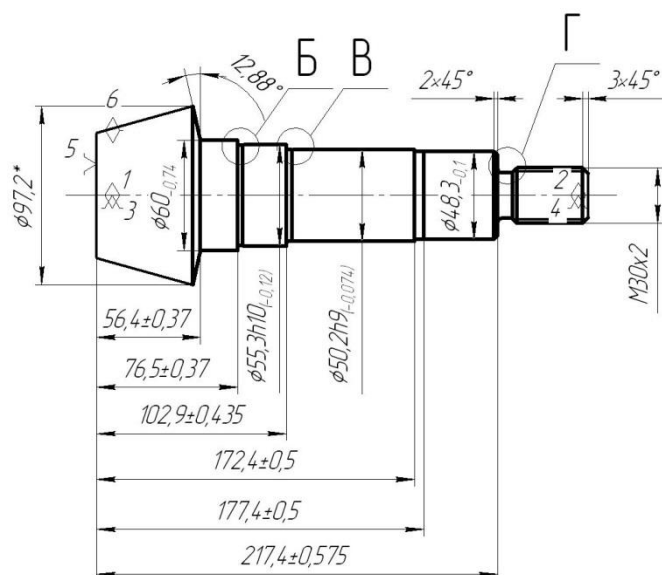
Токарная операция 025 техпроцесса обработки вала-шестерни станка для перемотки пленки содержит четыре перехода. На первом переходе выполняется точение канавки одной конфигурации. На втором переходе осуществляется обработка двух канавок другой конфигурации. На третьем переходе обрабатывается наружный контур детали (рисунок 5).

В этом разделе нам необходимо спроектировать приспособление для этой операции.

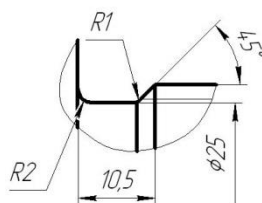
3.2 Силовой расчет

Определим центробежную силу при обработке:

$$P_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot R \quad (21)$$



Γ(увеличено)



Б,В(увелич.)

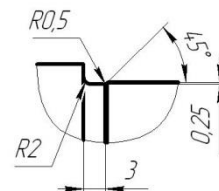


Рисунок 5 – Эскиз операции

$$P_{ц} = \frac{m \cdot V^2}{R}, \quad (22)$$

где $R = 0,70$.

Угловая скорость

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (23)$$

где $n = 250 \text{ мин}^{-1}$.

Линейная скорость

$$V = \omega \cdot R \quad (24)$$

$$\omega = \frac{V}{R}.$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 250}{70} = 11,2 \text{ рад/с.}$$

$$P_{\text{ц}} = \frac{4,0 \cdot 11,2^2}{70} = 7,2 \text{ Н.}$$

Зажимная сила:

$$W = P_{\text{ц}} \cdot Z \cdot \cos 30^\circ \quad (25)$$

$$W = 7,2 \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ = 12,5 \text{ Н.}$$

Силы резания при токарной обработке

$$P_{z,y} = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (26)$$

Для $P_y : C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15$. [2]

Для $P_z : C_p = 2430; x = 0,9; y = 0,6; n = -0,3$. [2]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{\pi p} \quad (27)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\delta_a}{750} \right)^{0,75} \quad (28)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22.$$

При $\varphi = 60^\circ; K_{yp_z} = 0,94; K_{yp_y} = 0,8; \gamma = -3^\circ; K_{jp_z} = 1,05;$

$K_{jp_z} = 1,5; \lambda = +0,5^\circ; K_{np_z} = 1,03; K_{np_y} = 1,15$. [2]

$$K_{p_z} = K_{mp} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{jp_z} \cdot K_{np_z} = 1,22 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 1,24.$$

$$K_{p_y} = K_{mp} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{jp_y} \cdot K_{np_y} = 1,22 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,68.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,2^{1,0} 0,2^{0,75} \cdot 76,3^{-0,15} \cdot 1,24 = 1161 \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,2^{0,9} 0,2^{0,6} \cdot 76,3^{-0,3} \cdot 1,68 = 99,5 \text{ Н.}$$

Крутящий момент, стремящийся повернуть заготовку

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} \quad (29)$$

$$M_p = \frac{1161 \cdot 97,2}{2} = 56425 \text{ Н.}$$

Момент зажима, препятствующий повороту заготовки

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2} \quad (30)$$

$$W^1 = \frac{K M_p}{f d_2} = \frac{K p_z \cdot d_1}{f d_2} \quad (31)$$

$$K_{p_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8; K_{p_y} = 2,52; f = 0,3.$$

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 1161 \cdot 97,2}{0,3 \cdot 74,4} = 910,1 \text{ Н.}$$

Крутящий момент от силы P_y

$$M_p^{11} = P_y \ell \quad (32)$$

Момент, препятствующий этому

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2 \quad (33)$$

Зажимная сила

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} \quad (34)$$

$$W_1 = \frac{910,1}{1 - \left(\frac{3 \cdot 13}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1078,3 \text{ Н.}$$

Осевая сила

$$Q = \frac{M}{n \cdot r_{\max} \cdot \sin \left(\theta + \frac{4r_0 \cdot \mu}{\pi \cdot r_{\min}} \right)} \quad (35)$$

$$Q = \frac{5642,5}{250 \cdot 0,031 \cdot \sin \left(18 + \frac{4 \cdot 0,025 \cdot 0,15}{3,14 \cdot 0,04} \right)} = 2341,1 \text{ Н.}$$

Для увеличения срока службы приспособления на кулачки патрона необходимо нанести износостойкое покрытие.

Метод холодного напыления отличается получением чистых и плотных металлических покрытий и наряду с защитным оксидным слоем играет важную роль в коррозионной стойкости. Были проведены исследования двух танталовых покрытий, напыленных холодным способом, для изучения микроструктурных деталей, плотности и коррозионной стойкости [20]. Недорогие трубы из углеродистой стали используются для транспортировки CO_2 из-за их низких скоростей коррозии в атмосфере сухого CO_2 . Но в присутствии жидкой воды CO_2 образует едкую угольную кислоту. Следовательно, для уменьшения коррозии углеродистой стали в морской воде использовался термически напыленный алюминий (TSA) [20]. Новые материалы, такие как тугоплавкие (например, W, Mo) силицидные сплавы и композиты SiC, используются для повышения устойчивости к высоким температурам. Для создания поверхности из алюмоборосилиоксида кремния, обеспечивающей повышенную стойкость к воздействию окружающей среды,

было нанесено термическое напыление молибденового покрытия с последующим химическим осаждением из паровой фазы кремния и бора путем цементации упаковки

Превосходная устойчивость АМС к электрохимическому воздействию может быть объяснена высокой микротвердостью, легирующими элементами и аморфной микроструктурой [20]. Аморфные покрытия на основе железа считаются более эффективными для борьбы с проблемами эрозионной коррозии в оборудовании для работы с жидкостями, таком как гребные винты, рабочие колеса, насосы на боевых кораблях, подводных лодках. Процесс высокоскоростного газокислородного распыления (HVOF) считается лучшим процессом для покрытия аморфных порошков на основе железа. В этом исследовании аморфное металлическое покрытие на основе железа было нанесено на подложку из нержавеющей стали с использованием метода распыления HVOF [20]. Коррозионностойкие покрытия для конструкционных сталей требуют непроницаемости и чистоты. К коммерческому аппарату HVOF была прикреплена система кожуха из инертного газа.

Спроектированный патрон с эксцентриковыми кулачками, спроектированный для токарной операции 025 техпроцесса имеет особенность: при фиксации заготовки в приспособление оператор токарного станка устанавливает заготовку в приспособление без приложения особых усилий. При включении вращения шпинделя токарного станка за счет возникающих центробежных сил заготовка еще сильнее зажимается в приспособлении, что дает возможность не применять каких-либо механизированных приводов в этом приспособлении, представленном в графической части.

4 Проектирование режущего инструмента

«Технологический процесс изготовления шлицев валов зависит от того, какой принят способ центрирования вала и втулки, то есть термообрабатываются или нет поверхности шлицев». [24]

«Шлицы на валах и других деталях изготавливаются различными способами, к числу которых относятся: фрезерование, строгание (шлицестрогание), протягивание (шлицепротягивание), накатывание (шлиценакатывание), шлифование». [24]

«Фрезерование шлицев на валах небольших диаметров (до 100 мм) обычно производится за один рабочий ход, больших диаметров – за два рабочих хода. Базы: центровые отверстия или опорные шейки». [24]

«Фрезеровать шлицы можно способом, изображенным на рисунке 6б, позволяющим применять более дешевые фрезы, чем фреза, изображенная на рисунке 6а)». [24]

«Более производительным способом является одновременное фрезерование двух шлицевых канавок двумя дисковыми фрезами специального профиля (рисунок 6в)». [24]

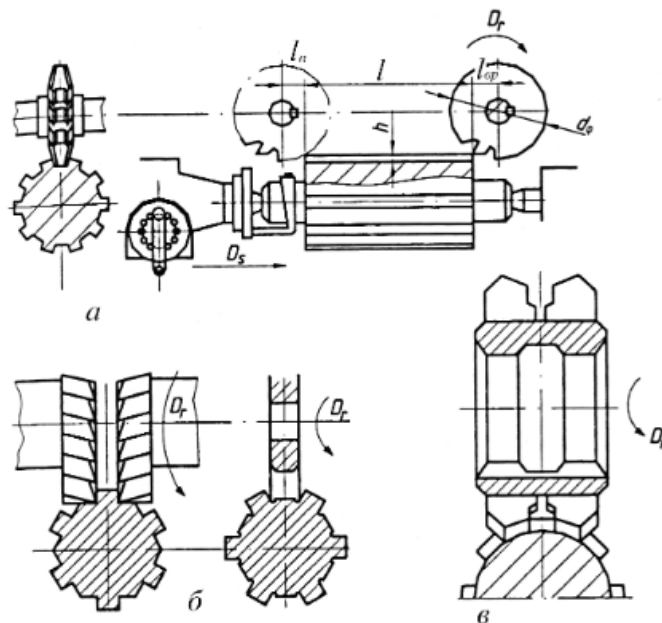


Рисунок 6 – Способы обработки шлицев вала

«Более точное фрезерование шлицев производится методом обкатки при помощи шлицевой червячной фрезы (рисунок 7). Фреза помимо вращательного движения имеет продольное перемещение вдоль оси нарезаемого вала». [24]

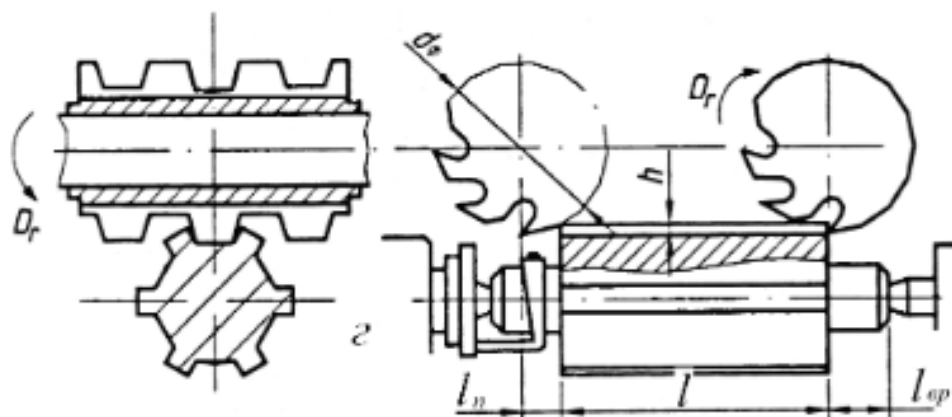


Рисунок 7 – Обработка шлицев вала червячной фрезой

«Этот способ является наиболее точным и наиболее производительным». [24]

3.1 Исходные данные

На операции 030 выполняется обработка шлицевого валика с параметры шлицев $D-8 \times 42h11 \times 48h7 \times 8h10$, как показано на рисунке 8.

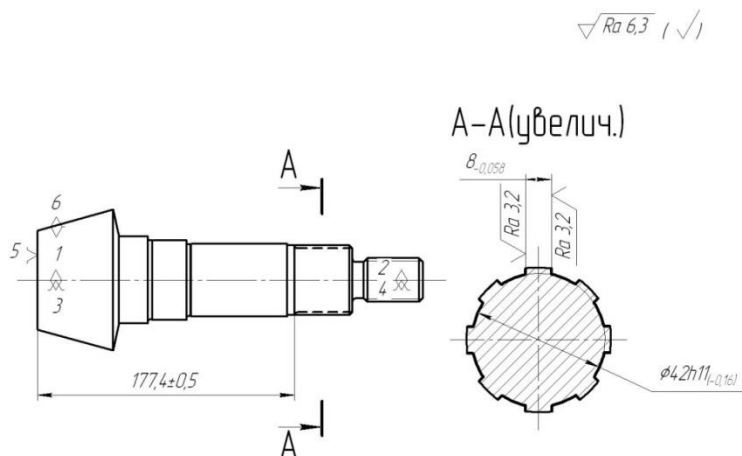


Рисунок 8 –Эскиз операции 030

3.2 Проектирование фрезы

«Червячная фреза представляет собой одно- или многозаходный червяк с углом подъема винтовой линии τ , на котором с целью создания системы режущих кромок выполнены два вида дополнительных элементов (рисунок 9):

- стружечные канавки, формирующие передние поверхности зубьев фрезы и составляющие с ее осью угол λ_k (число стружечных канавок определяет число зубьев фрезы Z);
- затылки, формирующие задние поверхности зубьев фрезы». [19]

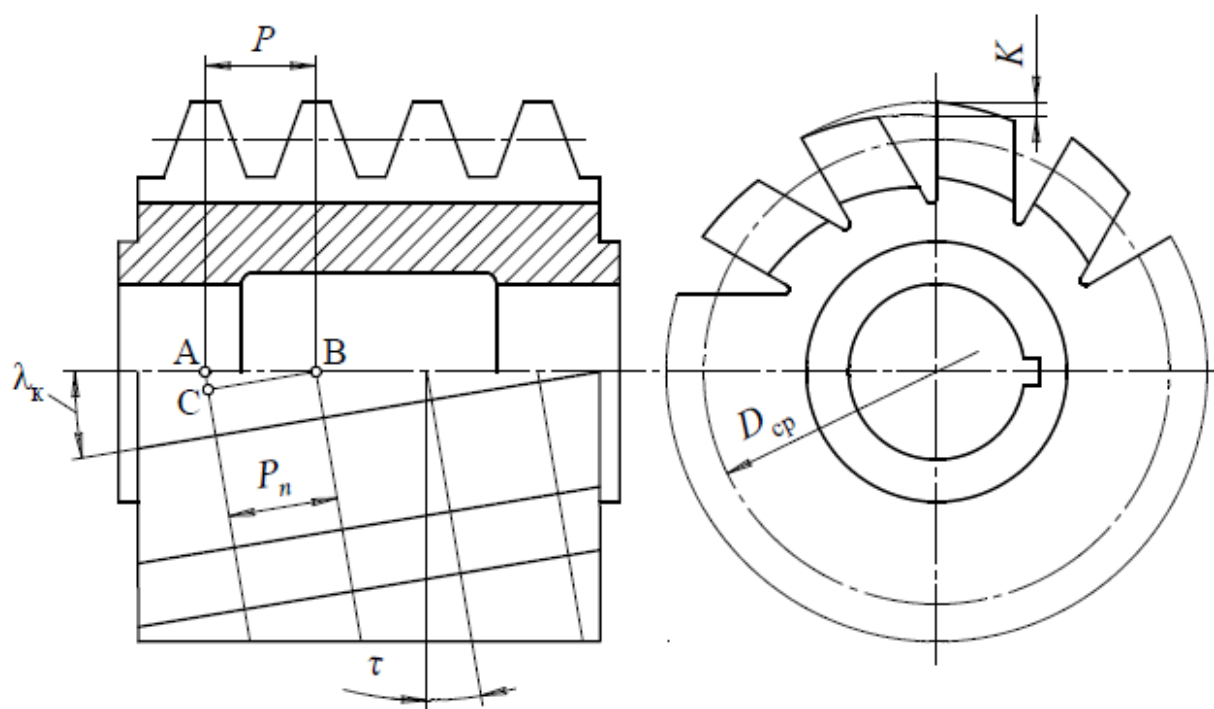


Рисунок 9 – Червячная фреза

«Червячная фреза получается из червяка путем образования на его винтовых поверхностях режущих кромок. Для этого в червяке делают продольные (обычно винтовые канавки), а с образовавшихся зубьев снимают затылки для образования необходимых задних углов и режущих кромок». [15]

«Червяк, составляющий основу фрезы (его так и называют основным червяком), теоретически должен быть эвольвентным, то есть линия пересечения боковых поверхностей витка плоскостью, перпендикулярной оси червяка, должна представлять эвольвенту. При этом, линии пересечения витков с осевой плоскостью фрезы и плоскостью, нормальной к винтовой линии, тоже не являются прямыми. Существующие на сегодняшний день методы затылования обеспечивают правильность задних поверхностей зубьев, расположенных на винтовой поверхности, только при прямолинейном профиле режущих кромок, поэтому эвольвентный червяк технологически неприменим в качестве основного червяка фрез». [19]

«При центрировании по наружному диаметру D гарантированный зазор Δ существует между внутренними диаметрами шлицевого вала и втулки. В этом случае боковые стороны шлицев вала могут быть прямолинейными не до дна впадины диаметром d_1 , а только до окружности диаметром $d > d_1$, значение которого лимитировано стандартом. Ниже этой окружности может начинаться переходная кривая». [19]

$$d_{расч} = d_{min} + 0,25Td;$$

$$b_{расч} = b_{min} + 0,25Tb;$$

$$D_{расч} = D_{max} - 2c_{min}.$$

«В формулах Td и Tb – допуски на соответствующие размеры вала, а индексами «max» и «min» обозначены предельные размеры». [19]

$$d_{min} = 42 - 0,16 = 41,84.$$

$$b_{min} = 8 - 0,058 = 7,942.$$

$$d_{расч} = 41,84 + 0,25 \cdot 0,16 = 41,88.$$

$$b_{расч} = 7,942 + 0,25 \cdot 0,058 = 7,957.$$

$$D_{расч} = 48 - 2 \cdot 0,15 = 47,7.$$

$$\frac{1}{4} \sqrt{4D_{расч}^2 - 3b_{расч}^2} \leq r_{ц} \leq 0,5D_{расч}.$$

$$23,600 \leq r_{ц} \leq 23,85.$$

$$r_u = 23,7.$$

«Координаты экстремальной точки линии профилирования». [19]

$$x_o = -\frac{b_{расч}}{4} \sqrt{1 - \left(\frac{b_{расч}}{4r_u}\right)^2} = -\frac{7,957}{4} \sqrt{1 - \left(\frac{7,957}{4 \cdot 23,7}\right)^2} = -1,9822;$$

$$y_o = -\frac{b_{расч}^3}{16r_u} = -\frac{7,957^3}{16 \cdot 23,7} = -1,3286.$$

«Угол поворота вала, соответствующий экстремальной точке». [19]

$$\mu_o = \arcsin\left(\frac{b_{расч}}{4r_u}\right).$$

$$\mu_o = \arcsin\left(\frac{7,957}{4 \cdot 23,7}\right) = 0,0839 \text{ рад} = 4,8128^\circ.$$

«Угол, соответствующий началу переходной кривой». [19]

$$\mu_n = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{\sqrt{d_{расч}^2 - b_{расч}^2}}{2r_u}\right).$$

$$\mu_n = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{\sqrt{41,88^2 - 7,957^2}}{2 \cdot 23,7}\right) = 29,8306^\circ.$$

$$x_i = (r_u \sin \mu_i - 0,5b_{расч}) \cos \mu_i;$$

$$x_0 = (23,7 \cdot \sin 4,8128^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \cos 4,8128^\circ = -1,9830;$$

$$x_1 = (23,7 \cdot \sin 10^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \cos 10^\circ = 0,1349;$$

$$x_2 = (23,7 \cdot \sin 15^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \cos 15^\circ = 2,0821;$$

$$x_3 = (23,7 \cdot \sin 20^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \cos 20^\circ = 3,8785;$$

$$x_4 = (23,7 \cdot \sin 25^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \cos 25^\circ = 5,4719;$$

$$x_5 = (23,7 \cdot \sin 29,8306^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \cos 29,8306^\circ = 6,7758;$$

$$y_i = (r_u \sin \mu_i - 0,5b_{расч}) \sin \mu_i;$$

$$y_0 = (23,7 \cdot \sin 4,8128^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \sin 4,8128^\circ = -0,1670;$$

$$y_1 = (23,7 \cdot \sin 10^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \sin 10^\circ = 0,0238;$$

$$y_2 = (23,7 \cdot \sin 15^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \sin 15^\circ = 0,5579;$$

$$y_3 = (23,7 \cdot \sin 20^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \sin 20^\circ = 1,4116;$$

$$y_4 = (23,7 \cdot \sin 25^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \sin 25^\circ = 2,5516;$$

$$y_5 = (23,7 \cdot \sin 29,8306^\circ - 0,5 \cdot 7,957) \sin 29,8306^\circ = 3,8854.$$

$$X_i = r_y \left(\frac{\pi}{180} \mu_i - \arcsin \frac{b_{расч}}{2r_y} \right) - \left(r_y \sin \mu_i - \frac{b_{расч}}{2} \right) \cos \mu_i;$$

$$X_0 = 23,7 \left(\frac{\pi}{180} 4,8128^\circ - \arcsin \frac{7,957}{2 \cdot 23,7} \right) - \left(23,7 \cdot \sin 4,8128^\circ - \frac{7,957}{2} \right) \cos 4,8128^\circ = -0,0568$$

$$X_1 = 23,7 \left(\frac{\pi}{180} 10^\circ - \arcsin \frac{7,957}{2 \cdot 23,7} \right) - \left(23,7 \cdot \sin 10^\circ - \frac{7,957}{2} \right) \cos 10^\circ = -0,0343$$

$$X_2 = 23,7 \left(\frac{\pi}{180} 15^\circ - \arcsin \frac{7,957}{2 \cdot 23,7} \right) - \left(23,7 \cdot \sin 15^\circ - \frac{7,957}{2} \right) \cos 15^\circ = 0,0610$$

$$X_3 = 23,7 \left(\frac{\pi}{180} 20^\circ - \arcsin \frac{7,957}{2 \cdot 23,7} \right) - \left(23,7 \cdot \sin 20^\circ - \frac{7,957}{2} \right) \cos 20^\circ = 0,2816$$

$$X_4 = 23,7 \left(\frac{\pi}{180} 25^\circ - \arcsin \frac{7,957}{2 \cdot 23,7} \right) - \left(23,7 \cdot \sin 25^\circ - \frac{7,957}{2} \right) \cos 25^\circ = 0,4848$$

$$X_5 = 23,7 \left(\frac{\pi}{180} 29,8306^\circ - \arcsin \frac{7,957}{2 \cdot 23,7} \right) - \left(23,7 \cdot \sin 29,8306^\circ - \frac{7,957}{2} \right) \cos 29,8306^\circ = 1,3946$$

«Смещают систему координат таким образом, чтобы ее начало находилось в точке 0». [19]

$$\bar{X}_i = X_i - X_0;$$

$$\bar{X}_1 = -0,0343 - (-0,0568) = 0,0225$$

$$\bar{X}_2 = 0,0610 + 0,0568 = 0,1178$$

$$\bar{X}_3 = 0,2816 + 0,0568 = 0,3384$$

$$\bar{X}_4 = 0,4848 + 0,0568 = 0,5416$$

$$\bar{X}_5 = 1,3946 + 0,0568 = 1,4514$$

$$\bar{Y}_i = Y_i - Y_0;$$

$$\bar{Y}_1 = 0,0238 - (-0,1670) = 0,1908$$

$$\bar{Y}_2 = 0,5579 + 0,1670 = 0,7249$$

$$\bar{Y}_3 = 1,4116 + 0,1670 = 1,5786$$

$$\bar{Y}_4 = 2,5516 + 0,1670 = 2,7186$$

$$\bar{Y}_5 = 3,8854 + 0,1670 = 4,0524$$

$$\begin{cases}
(0-x_c)^2 + (0-y_c)^2 = \rho^2 \\
(0,1178-x_c)^2 + (0,7249-y_c)^2 = \rho^2 \\
(0,5416-x_c)^2 + (2,7186-y_c)^2 = \rho^2
\end{cases}$$

$$\begin{cases}
x_c^2 + y_c^2 = \rho^2 \\
0,1178^2 - 2 \cdot 0,1178 \cdot x_c + 0,7249^2 - 2 \cdot 0,7249 \cdot y_c = 0 \\
0,5416^2 - 2 \cdot 0,5416 \cdot x_c + 2,7186^2 - 2 \cdot 2,7186 \cdot y_c = 0
\end{cases}$$

$$\begin{cases}
x_c^2 + y_c^2 = \rho^2 \\
0,5394 - 0,2356 \cdot x_c - 1,4498 \cdot y_c = 0 \\
7,6841 - 1,0832 \cdot x_c - 5,4172 \cdot y_c = 0
\end{cases}$$

$$\begin{aligned}
x_c &= 27,9416 \\
y_c &= -4,1686 \\
\rho &= 28,2508
\end{aligned}$$

«Проверим попадание точек 1 и 3 профиля зуба на эту же дугу окружности». [19]

$$\begin{aligned}
&\left| \sqrt{(X_{1,3} - x_c)^2 + (Y_{1,3} - y_c)^2} - \rho \right| \leq 0,05 \\
&\left| \sqrt{(0,0225 - 27,9416)^2 + (0,1908 + 4,1686)^2} - 28,2508 \right| = 0,01 \\
&\left| \sqrt{(0,3384 - 27,9416)^2 + (1,5786 + 4,1686)^2} - 28,2508 \right| = 0,05
\end{aligned}$$

«Рассчитаем высоту ножки зуба». [3]

$$H_f = 0,5D_{расч} - r_{ц} + q = 0,5 \cdot 47,7 - 23,7 + 0,1 = 0,25 .$$

«Высота головки зуба и радиус окружности, с которого начинается переходная кривая». [19]

$$H_a = r_{ц} - 0,5d_1, \text{ где } d_1 = 39,5. [19]$$

$$H_a = 23,7 - 0,5 \cdot 39,5 = 3,95 .$$

$$r_{\Pi} = 0,5 \sqrt{d_1^2 + (2 \cdot r_{ц} \cdot \sin \mu_{\Pi} - b_{расч})^2 \cdot \cos^2 \mu_{\Pi}} .$$

$$r_{\Pi} = 0,5 \sqrt{39,5^2 + (2 \cdot 23,7 \cdot \sin 29,8306^\circ - 7,957)^2 \cdot \cos^2 29,8306^\circ} = 20,8800 .$$

«Рассчитаем полную высоту зуба фрезы». [3]

$$H = H_a + H_f = 3,95 + 0,25 = 4,2 .$$

«Толщина зуба по линии центроиды фрезы в нормальном сечении».

[19]

$$S_n = \frac{2\pi}{z} r_y - b_{расч}.$$

$$S_n = \frac{2\pi}{8} 23,7 - 7,957 = 10,6564.$$

«Нормальный шаг профиля зубьев». [19]

$$t_n = \frac{2\pi \cdot r_y}{z}.$$

$$t_n = \frac{2\pi \cdot 23,7}{8} = 18,6134.$$

$$f_1 = 2c_{\min} = 2 \cdot 0,3 = 0,6; \quad r_1 = 1; \quad l_1 = 1,5.$$

«Общая высота профиля фрезы». [19]

$$H_o = H + f_1 \operatorname{tg} 35^\circ + l_1 = 4,2 + 0,6 \cdot \operatorname{tg} 35^\circ + 1,5 \approx 6,1200.$$

«Выберем наружный диаметр фрезы, размеры буртиков, диаметр и конфигурацию посадочного отверстия назначаем в соответствии с ГОСТ 8027-60». [19]

$$D_e = 100, D_1 = 48, d_o = 32, d_2 = 34, f_{2\min} = 3,5, c_2 = 2,0, c_3 = 1,0.$$

«Определим длину фрезы». [3]

$$L = 2\sqrt{(D_e - H)H} + (4 \dots 0,5)t_n + 2f_2.$$

$$L = 2\sqrt{(100 - 4,2)4,2} + 3 \cdot 18,6134 + 2 \cdot 3,5 = 82,90.$$

Такая длина фрезы вполне нормально помещается в рабочее пространство станка вместе с приспособлением и обрабатываемой заготовкой.

«По методу обката профиль нарезаемых зубьев получается как огибающая различных положений производящей поверхности инструмента при качении начальных поверхностей нарезаемого колеса и инструмента друг по другу без скольжения. Метод обката осуществляется либо при жесткой кинематической связи между изделием и инструментом, либо при отсутствии такой связи. В первом случае обкат называется принужденным, во втором – свободным». [24]

Чертеж червячной фрезы представлен в графической части работы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

Техническим объектом в нашем случае является производственный участок по изготовлению партии валов-шестерен станка для перемотки пленки.

«Для предприятий машиностроительного комплекса характерными являются опасные производственные объекты (ОПО) с признаками трех групп: использование опасных веществ, оборудования под давлением, грузоподъемных механизмов. В составе отдельных машиностроительных гигантов, в частности предприятий тяжелого машиностроения, могут встречаться и собственные металлургические производства, предназначенные для получения сталей и сплавов со специальными свойствами». [14]

«Профессиональная деятельность человека связана с применением технического оборудования, вызывающего в различной степени появление возможных рисков. По природе возникновения риски могут быть классифицированы. Выделяют профессиональные, техногенные и экологические риски. В качестве профессиональных рассматриваются риски травмирования человека (работника), а также возникновения профессиональных заболеваний, вызывающих снижение работоспособности, снижение производительности труда и нарушение здоровья. При рассмотрении техногенных рисков речь может идти об отказах оборудования, возникающих в том числе и из-за неправильной эксплуатации оборудования, промышленных зданий и сооружений, а также о возникновениях пожаров, аварийных и чрезвычайных ситуаций. К экологическим рискам следует отнести образующиеся негативные факторы воздействия технического объекта на окружающую среду, включающие выбросы углекислого газа, токсические и/или радиоактивные выбросы в атмосферу, образование загрязненных сточных вод, выделения опасных загрязняющих газообразных, жидких или твердых веществ и материалов в

виде отходов и брака производства, вынужденную выемку загрязненных грунтовых покрытий, нарушение и загрязнение растительного и почвенного покровов и так далее». [2]

5.1 Конструкторско-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

На токарной операции 025 заготовка закрепляется в токарный поводковый самозажимной патрон с эксцентриковыми кулачками. Конструкция патрона такова, что когда оператор станка устанавливает заготовку в приспособление она за счет сил пружины слабо зажимается в патроне. При включении вращения шпинделя начинает вращаться и патрон с заготовкой, на эту систему начинают воздействовать центробежные силы и заготовка начинает все сильнее зажиматься в приспособлении. За счет применения данного приспособления уменьшается время, которое затрачивалось на фиксацию заготовки в предыдущем приспособлении с винтовым зажимом. Первым инструментом на этой операции является резец канавочный резец со сменной пластиной из твердого сплава T15K6. Далее еще одним канавочным резцом с пластиной T15K6 выполняют еще канавки. Следующим в обработку вступает позиция с контурным правым резцом со сменной пластиной из твердого сплава T15K6, которым выполняется обработка контура заготовки. Завершается процесс обработки резьбовым резцом со сменной пластиной из твердого сплава T15K6. Им обрабатывается резьба M30×2.

На шлицефрезерной операции 030 заготовка устанавливается в специальное приспособление с центрами. Вращение заготовке придается поводковым устройством. Инструментом являются фреза червячная из быстрорежущей стали P6M5, имеющая износостойкое покрытие из нитрида титана.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

«При механической обработке металлов, пластмасс и других материалов на металлорежущих станках (токарных, фрезерных, сверлильных, шлифовальных, заточных и других) возникает ряд физических, химических, психофизиологических и биологически опасных и вредных производственных факторов». [13]

«Двигающиеся части производственного оборудования, передвигающиеся изделия и заготовки, стружка обрабатываемых материалов, осколки инструментов, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструмента, повышенное напряжение в электроцепи или статического электричества, при котором может произойти замыкание через тело человека, относятся к категории физически опасных факторов». [13]

При токарной обработке инструментами, которыми являются проходной, резьбовой и канавочные резцы, с заготовки снимается стружка. Эта стружка первое время имеет высокую температуру, поэтому необходимо исключить попадание стружки на кожу человека.

Также образующаяся стружка может попасть в глаз наблюдающему за операцией станочнику. Это тоже является опасным производственным фактором.

Движущиеся части и токарного и шлицефрезерного станка являются опасными для работников механообрабатывающего цеха, поэтому для исключения резкого движения в работников необходимо оградить станки специальными защитными ограждениями. Этот предотвратит возможность резкого движения рабочих частей станков в работников цеха.

«Физическими вредными производственными факторами, характерными для процесса резания, являются повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, высокий уровень шума и вибрации, недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие прямой и отраженной блеклости, повышенная пульсация светового потолка. При отсутствии

средств защиты запыленность воздушной среды в зоне дыхания станочников при точении, фрезеровании и сверлении хрупких материалов может превышать предельно допустимые концентрации». [16]

«Основные причины поражения электрическим током:

- случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением в результате ошибочных действий при проведении работ; неисправности защитных средств, которыми пострадавший касался токоведущих частей, а также приближение на опасное расстояние к высоковольтным частям, из-за чего может произойти пробой;

- появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате повреждения изоляции токоведущих частей; попадание провода (находящегося под напряжением) на конструктивные части электрооборудования;

- появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате ошибочного включения установки, замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями;

- возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате замыкания фазы на землю, выноса потенциала напряженным токопроводящим предметом, неисправностей в устройстве защитного заземления». [8]

Сегодняшнее машиностроительное производство невозможно без использования смазочно-охлаждающих технических средств (СОТС). Их применяют для снижения температур в зоне резания, облегчения стружкоотделения, вывода стружки из зоны резания и так далее. СОТС чаще всего являются жидкостями, но применяются и твердые средства. Эти средства имеют свойство испаряться и, соответственно, находиться в виде взвесей в воздушном пространстве механообрабатывающего цеха. СОТС состоят из множества компонентов, некоторые из которых являются вредными для человеческого организма. Это является еще одним вредным производственным фактором.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для исключения попадания стружки в станочника на токарном станке с ЧПУ 16Б16Т1 предусмотрен экран из металла и оргстекла (рисунок 10), который необходимо выдвигать при обработке. При закрытом экране отлетающая стружка будет попадать в него и не попадет в оператора.



Рисунок 10 – Защитный экран токарного станка

Тем не менее, приходя на работу, оператор, управляющий токарным станком, должен переодеться в рабочую одежду и уже в ней осуществлять рабочие действия.

Важным фактором на производстве является освещенность. Она должна быть достаточной при любом времени суток, если производственное помещение используется. Поэтому необходимо следить за достаточной освещенностью в цехе.

Для снижения уровня запыленности в механообрабатывающем цехе, а также для снижения концентрации взвесей СОТС в воздухе необходима

вентиляция. Это осуществляется системами искусственного кондиционирования воздуха. [8] Необходимо обеспечить цех средствами вентиляции воздуха.

Внутри цеха необходимо осуществить электробезопасность. И токарному станку и шлицефрезерному станку необходимо выполнить заземление. Это соединение корпуса станка с землей для удаления статического электричества. Также станочник, выполняя работы на станке должен стоять на резиновом коврик. Это обезопасит рабочего-станочника от возможности поражения растекшегося электрического тока.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В результате неправильных действий работников на механообрабатывающем участке может возникнуть пожар класса Е.

Для предостережения возгорания работники до начала выполнения работ на предприятии обязательно проходят инструктаж по технике безопасности. Там работнику объясняют от чего могут произойти пожары на производстве и какие действия ему необходимо выполнять при возникновении пожара.

«При замыканиях тока на конструктивные части электрооборудования (замыкание на корпус) на них появляются напряжения, достаточные для поражения людей или возникновения пожара. Осуществить защиту от поражения электрическим током и возгорания в этом случае можно тремя путями: заземлением, занулением и защитным отключением. Защитное заземление – это преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрооборудования, которые в обычном состоянии не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним при случайном соединении их с токоведущими частями». [13]

Участок механической обработки должен быть оборудован пожарными гидрантами [7] и огнетушителями [5]. Это позволит потушить пожар на ранней стадии при его возникновении.

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Важным требованием к производственным помещениям является наличие вентиляционной системы, удовлетворяющей общим санитарно-гигиеническим требованиям к воздуху рабочей зоны, обеспечивающей необходимый воздухообмен, качественное удаление загрязненного воздуха и отвечающей требованиям безопасности». [16]

В сочетании с действиями по уменьшению вредных выделений на производстве (проветривание помещений, аэрация) системы кондиционирования, вентиляции и отопления создают производственные условия и микроклимат соответствующим необходимым по нормативным актам стандартов охраны труда.

В цехе обязательно устанавливаются системы механической вентиляции. Эти системы искусственно осуществляют увеличение воздухообмена с внешней средой при помощи вентиляторов.

В результате проведения анализа безопасности и экологичности технического объекта нами предложены мероприятия по увеличению экологичности и снижению опасности производства партии валов-шестерен станка для перемотки пленки.

6 Экономическая эффективность работы

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

Решение поставленной задачи основано на данных предыдущих разделов. Обобщенная схема производственного процесса представлена на рисунке 11.

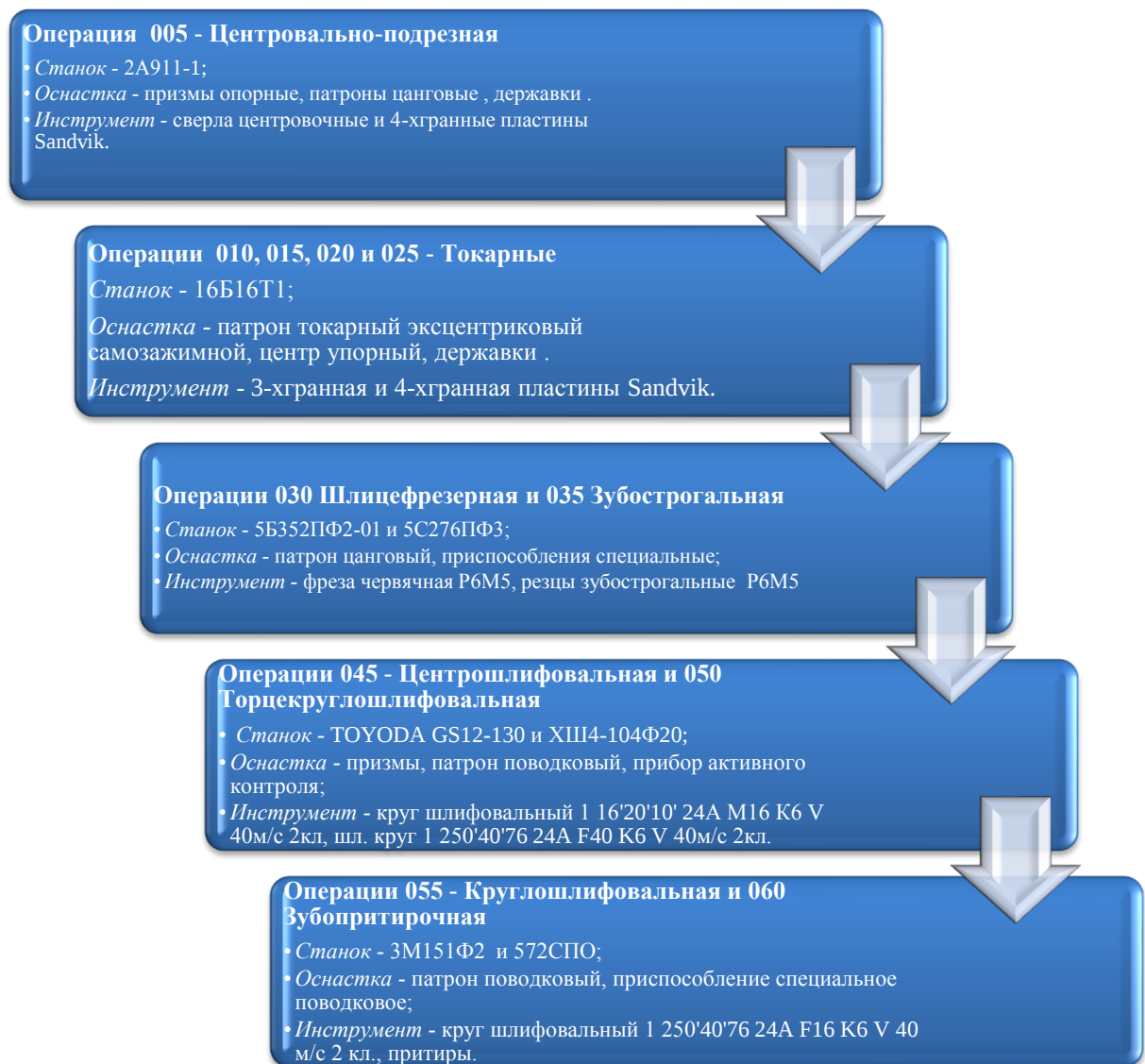


Рисунок 11 – Обобщенная схема процесса производства

Обобщенная схема выделяет операции, наиболее значимые с точки зрения формирования затрат. Количественная оценка этих операций стартует с расчета технологической себестоимости по установленной методике [12]. Величина технологической себестоимости и показатели, ее определяющие, представлены на рисунке 12.

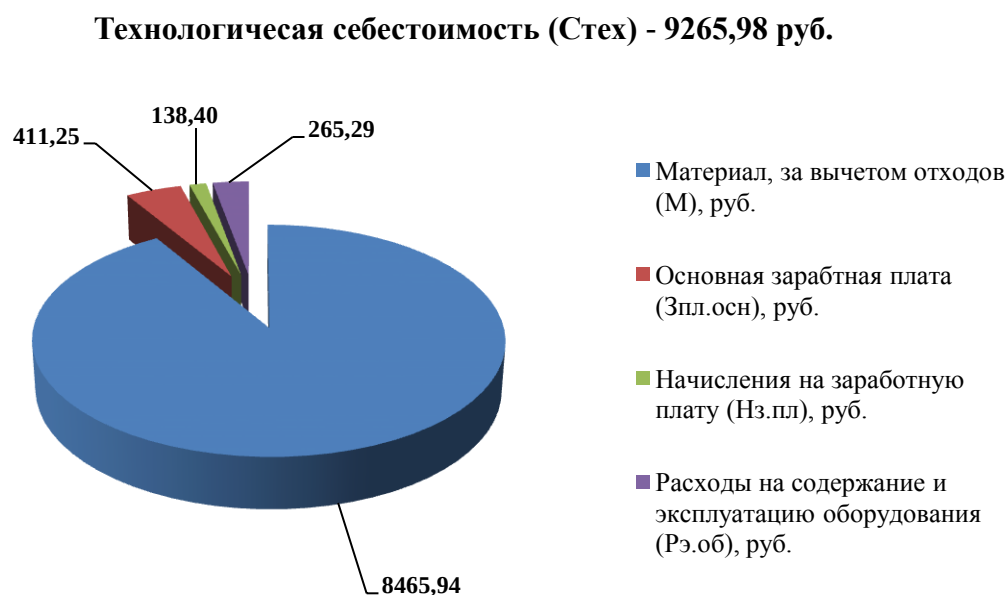


Рисунок 12 – Величина технологической себестоимости, а также, показатели из которых она формируется

Из рисунка 12 наглядно просматривается зависимость величины технологической себестоимости от расходов на материалы, которые составляют 91,5 % от общего объема. При этом, технологическая себестоимость практически не зависит от величины начислений на заработную плату, доля которых составляет всего 1,6 %.

После выполнения всех требуемых вычислений, следующим шагом является определение объема капиталовложений в данный процесс производства, иначе говоря, требуется оценить необходимый масштаб инвестиций. Для этого прибегнем к «методике расчета капитальных вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического

процесса» [12]. По причине того, что технологический процесс является новым, масштаб инвестиций будет основываться на полном перечне затрат. Это будут: «затраты на оборудование, доставку и транспорт ($K_{ОБ}$), затраты на проектирование ($K_{ПР}$), оснастку и инструмент ($K_{ОИ}$), площадь ($K_{ПЛ}$) и программное обеспечение ($K_{П.ОБ}$)» [12]. На рисунке 13 представлены данные экономических показателей и общий объем инвестиций.

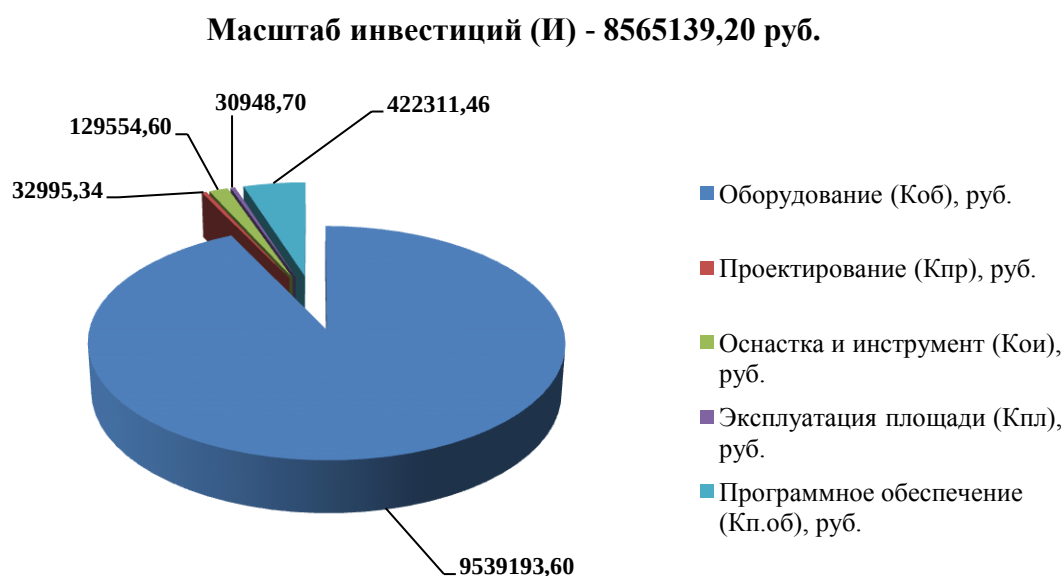


Рисунок 13 – Цифровые данные экономических показателей и общий масштаб инвестиций

Анализ данных рисунка 13 показывает, что подавляющая часть инвестиций (91,8%) приходится на технологическое оснащение. В то же время, затраты на производственные площади составляют лишь 0,5%, что является незначительной долей общих вложений.

Следующим шагом является расчет количественных значений ключевых экономических показателей: чистой прибыли, срока окупаемости и интегрального экономического эффекта [12]. Расчет выполняется в соответствии с «методикой расчета показателей экономической

эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [12].
Полученные значения данных показателей отражены на рисунке 14.

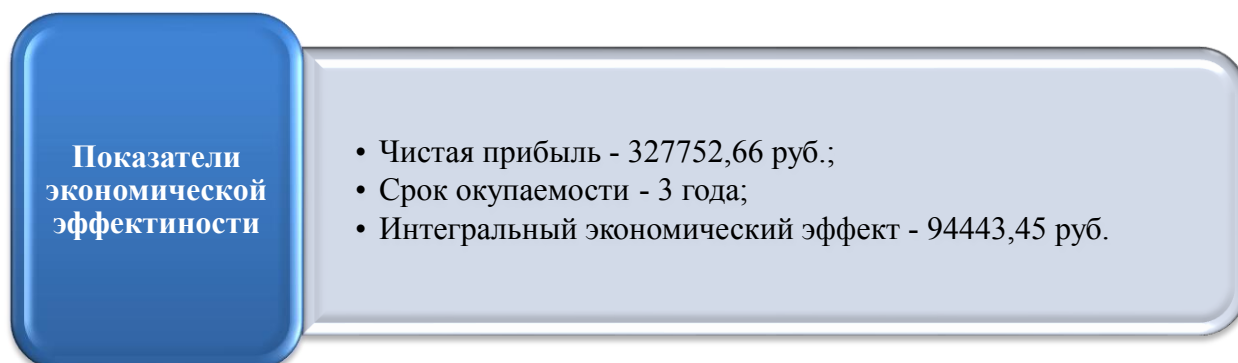


Рисунок 14 – Параметры экономических показателей

Основываясь на проделанных расчетах, можно сделать заключение об эффективности данного технологического процесса. Все проведенные экономические исследования, подтверждают его эффективность, поскольку его реализация приведет к получению совокупного экономического эффекта в размере 94443,45 рублей.

В результате выполнения данного раздела выполнены экономические расчёты, которые подтвердили рентабельность предложенного процесса: сокращение времени обработки на 14% и уменьшение затрат на материалы за счёт рациональной обработки заготовок обеспечили снижение себестоимости производства. Внедрение данной технологии на машиностроительных предприятиях позволит повысить производительность труда, сократить процент брака и расширить номенклатуру выпускаемых изделий.

Заключение

В результате проведения выпускной квалификационной работы нами спроектирован современный техпроцесс изготовления вала-шестерни станка для перемотки пленки, оснащенный актуальными технологическими средствами.

Первая часть работы посвящена анализу конструкции вала-шестерни и материала, из которого вал-шестерня изготовлена. В этой же части описан сборочная единица, в которой работает шкив, которой является станок для перемотки пленки.

Во второй части работы по параметрам выбран среднесерийный тип машиностроительного производства, описаны его характерные особенности. После этого из двух вариантов (прокат и штамповка) методом сравнительного технико-экономического анализа определен наиболее выгодный метод получения заготовки, которым оказалась штамповка. Далее на каждую поверхность назначены методы обработки и проведен расчет припусков на поверхность, которая предназначена для фиксации вала-шестерни в узле. Далее рассчитаны параметры режимов резания.

Для проведения токарной операции разработано станочное приспособление. Это приспособление отличается от базового варианта конструкцией. Оно является самозажимным. С таким приспособлением станочнику будет легче устанавливать и снимать заготовку на операции. В связи с этим получена экономическая выгода.

Для обработки шлицевого участка вала-шестерни нами спроектирован сложный инструмент, которым является червячная фреза. Этот инструмент специализированный, поэтому проектируется специально для обработки шлицев одного и того же типа.

Расчет экономической эффективности показал экономическую выгоду.

Список используемой литературы

1. Блюмштейн В.Ю. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие / В.Ю. Блюмштейн, А.А. Клепцов, С.Н. Ковальчук; КузГТУ. - Кемерово, 2016. – 121 с.
2. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. - Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. - 41 с.
3. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент. - 10 с.
4. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. - 53 с.
5. ГОСТ 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. - 45 с.
6. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. - 36 с.
7. ГОСТ Р 53961-2010. Техника пожарная. Гидранты пожарные подземные. Общие технические требования. Методы испытаний. - 19 с.
8. ГОСТ Р 59972-2021. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования. - 50 с.
9. Детали машин и основы конструирования : учебное пособие / Г. Ф. Прокофьев, Н. Ю. Микловцик, М. Ю. Кабакова, Т. В. Цветкова. - Архангельск : САФУ, 2018. - 194 с.
10. Клепиков В.В. Технологическая оснастка. Станочные приспособления : учебное пособие / В.В. Клепиков. - Москва : ИНФРА-М, 2024. - 345 с.
11. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по

дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. - Тольятти : ТГУ, 2008. - 152 с.

12. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. - Тольятти. : ТГУ, 2014. - 183 с.

13. Кривошеин Д.А. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитренко, Н.В. Горькова. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 340 с.

14. Люманов Э.М. Безопасность технологических процессов и оборудования : учебное пособие для вузов / Э.М. Люманов, Н.Г. Ниметулаева, М.Ф. Добролюбова, М.С. Джиляджи. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2025. - 224 с.

15. Моргунов А.П. Производство зубчатых колес : учеб. пособие / А.П. Моргунов, И.В. Ревина. - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2015. - 228 с.

16. Охрана труда : учебное пособие / сост. С.Н. Румянцев. – Караваево : Костромская ГСХА, 2024. – 228 с.

17. Разинов А. И. Процессы и аппараты химической технологии / А. И. Разинов, А. В. Клинов, Г. С. Дьяконов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 688 с.

18. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. - М.: НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

19. Резников Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : электронное учеб. пособие / Л.А. Резников. - Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. - 208 с.

20. Скворцов В. Ф. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Скворцов. - 2-е изд. - Москва : ИНФРА-М, 2021. - 330 с.

21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 7-е изд. испр. - М. : Инновационное машиностроение, 2023. - 756 с.

22. Тимирязев В.А. Основы технологии машиностроительного производства / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе; под ред. В.А. Тимирязева. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. - 448 с.

23. Токмин А.М. Выбор материалов и технологий в машиностроении : учебное пособие / А.М. Токмин, В.И. Темных, Л.А. Свечникова. - Москва : ИНФРА-М ; Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 235 с.

24. Трусов А.Н. Проектирование автоматизированных технологических процессов : учебное пособие / А.Н. Трусов : ГУ КузГТУ. - Кемерово, 2008. – 231 с.

Технологическая документация

[illegible]

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	</
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение таблицы А.1

[illegible]

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

Дубл.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	</
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----