

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
 УНИВЕРСИТЕТ» (ТПУ)**

Институт: ИнЭО

Специальность: 151001 Технология машиностроения

Кафедра: Технология автоматизированного машиностроительного производства

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Тема работы
Совершенствование технологического процесса изготовления детали «Муфта»

УДК 621.825.002

СТУДЕНТ:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4302/08	Попов Александр Николаевич		

РУКОВОДИТЕЛЬ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Бабаев Артем Сергеевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гуляев М.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТАМП	Арляпов Алексей Юрьевич	к.т.н.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» (ТПУ)**

Институт: ИнЭО

Специальность: 151001 Технология машиностроения

Кафедра: Технология автоматизированного машиностроительного производства

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. Кафедрой _____ Арляпов А.Ю.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы в форме:

ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

Студенту:

Группа	ФИО
3-4302/08	Попов Александр Николаевич

Тема работы:

Совершенствование технологического процесса изготовления детали «Муфта»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

Техническое задание:

Исходные данные к работе	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Совершенствование технологического процесса изготовления детали муфта. Разработка приспособления, назначение режимов резания и инструмента для обработки, расчет экономических показателей.

Консультанты по разделам ВКР

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффек- тивность и ресурсосбережение.	Петухов О.Н.
Социальная ответственность	Гуляев М.В.
Дата выдачи задания на выполнение ВКР по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Бабаев Артем Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4302/08	Попов Александр Николаевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З- 4302/08	Попов Александр Николаевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Специалист(инженер)	Направление/специальность	151001 «Технология машиностроения»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость ресурсов научного исследования (НИ) включает в себя: 1. Расчет оплаты труда работников; 2. Расчет стоимости специального оборудования
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчет затрат на исследование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	При расчете заработной платы труда учитывать отчисления во внебюджетные страховые фонды, которые составляют 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	
2. Разработка устава научно – технического проекта	
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. «Портрет» потребителя результатов
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
6. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З- 4302/08	Попов Александр Николаевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З- 4302/08	Попов Александр Николаевич

Институт	ИНЭО	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	Технология машиностроения

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочее место расположено в основном цехе, отделе ООО «Сибирская машиностроительная компания» (далее ООО «СМК»). Завод расположен вне черты города, вдали от жилого района. Возможные негативные факторы производственной среды: Психофизиологические (СОЖ, Физические перегрузки: статические и динамические; Нервно-психические перегрузки: умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда эмоциональные перегрузки); Шумы; Острые кромки; Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов. Машиностроение оказывает негативное воздействие на состояние окружающей среды. Это связано с тем, что на различных этапах данного производства выделяется целый комплекс веществ, которые при попадании во внешнюю среду приводят к загрязнению атмосферного воздуха, водных объектов и почвы. Возможно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного характера.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации технологии механообработки детали «Основание» 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации технологии механообработки детали «Основание»	1.1. Вредные факторы ООО «СМК» 1. недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. повышенный уровень шума на рабочем месте; 3. повышенный уровень вибрации; 4. повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; (по ГОСТ 12.0.003-74) 1.2. Опасные факторы на ООО «СМК» 1. движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; 2. поражение электрическим током;
2. Экологическая безопасность	ООО «СМК» расположено вне черты города, вдали от жилого района. Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений. ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Основные причины ЧС заключаются в следующем: -возрастание сложности производств, часто это связано с применением новых технологий, требующих высоких концентраций энергии, опасных для жизни человека веществ и оказывающих сильное воздействие на компоненты окружающей среды; -уменьшение надежности производственного оборудования и транспортных средств в связи с высокой степенью износа; -нарушение технологической и трудовой дисциплины, -низкий уровень подготовки работников в области безопасности. Возможные чрезвычайные ситуации на ООО «СМК» могут возникнуть из-за низкой квалификации работающего персонала, невнимательности, физического и умственного перенапряжения. Для повышения уровня устойчивости объекта к данной ЧС рекомендуется направлять работников на повышение квалификации, проводить повторный, внеочередные и целевые инструктажи.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы». ГОСТ 12.1.003-91 «Шум. Общие требования безопасности». ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность». ГОСТ 14.004-83Машиностроительное производство по ПБ 10-382-00 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 10.07.2012)"Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» -Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний" -Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" -Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 69-ФЗ "О пожарной безопасности" -ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» -ГОСТ Р 22.3.03 – 97 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения» ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования»

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гуляев М.В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4302/08	Попов Александр Николаевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 160 с., 27 рис., 16 табл., 25 источников, 7 прил.

Ключевые слова:

Технология машиностроения, технологический процесс, режущие инструменты, металлообрабатывающие станки, приспособления, штамповка, поковка, социальная ответственность, режимы резания.

Объектом изучения является:

Технология изготовления детали муфта входящей в силовой узел лебедки.

Цель работы:

- Совершенствование технологического процесса изготовления детали муфта.
- Разработка приспособления, назначение режимов резания и инструмента для обработки, расчет экономических показателей.

В процессе изучения проводились:

- ✓ Расчет заготовки;
- ✓ Расчет технологических размеров, общих и операционных припусков;
- ✓ Размерный анализ техпроцесса;
- ✓ Расчет режимов резания и норм времени для операций техпроцесса.
- ✓ Расчет усилия закрепления в приспособлении.

В результате изучения:

- ✓ Рассчитаны уточненные технологические размеры;
- ✓ Даны рекомендации по выбору режимов резания, режущего инструмента и оборудования;
- ✓ Построена экономически эффективная модель ресурсосбережения.

Степень внедрения:

На стадии обсуждения с технологическим отделом.

Область применения:

Изделие общего машиностроения, входящее в силовой узел лебедки.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. Назначение и конструкция детали	8
2. Технологическая часть	13
2.1. Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа	13
2.2. Определение типа, форм и методов организации производства	15
2.3. Выбор заготовки	18
2.4. План обработки	21
2.5. Принятый маршрутный и операционный техпроцесс	23
2.6. Расчет припусков на обработку, операционных и исходных размеров заготовки	35
2.7. Размерный анализ техпроцесса	41
2.8. Расчет режимов резания	53
2.9. Выбор оборудования	96
2.10. Конструкция и краткие характеристики используемых инструментов для обработки детали муфта	99
2.11. Расчет норм времени операций техпроцесса	109
3. Конструкторская часть	115
3.1. Описание конструкции и принцип работы приспособления	115
3.2. Определение размеров исходной заготовки и облойного мостика	116
3.3. Сортамент исходной заготовки	118
3.4. Выбор оборудования	121
3.5. Размеры приспособления	123
4. Экономическая часть	124
5. Социальная ответственность	145
ЛИТЕРАТУРА	160

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение - это главная отрасль мировой промышленности, на него приходится около 35% стоимости мировой промышленной продукции. Машиностроение является наиболее трудоемким производством среди всех отраслей промышленности. Развитие машиностроения осуществляется за счет разработки принципиально новых конструкций машин и технологий их изготовления.

Современное машиностроение значительно отличается от машиностроения пяти - десятилетней давности. В настоящее время данная отрасль основывается на наукоемких, компьютерных технологиях. Именно в этом и состоит основное отличие – развитие и процветание отрасли зависит не только от количества и качества электроэнергии и ресурсов, но и от применяемых технологий. Появилась возможность производства специализированных машин и роботов, имеющих высокую эффективность, разнообразные настройки. При этом механические узлы заменились постепенно на интеллектуальные, что позволяет не только ускорить производственные процессы, но и сократить используемые площади.¹

Очень часто технология изготовления деталей и машин, а также технологичность их конструкции влияет как на стоимость изделия, так и на то, на сколько широко будет использоваться это изделие. Экономичность производства зависит от того, насколько качественно разработаны на нем технологические процессы. Поэтому, значительное снижение себестоимости продукции и трудоёмкости её производства определяется за счет оправданного применения прогрессивного оборудования и инструмента. Конечно, любой производственный процесс, несет затрату ресурсов. Но благодаря новым технологиям и методикам производства мы можем сэкономить значительное количество различных ресурсов, которые уходят на изготовление продукции. К таким же методам можно отнести и использование совершенных методов получения заготовок с минимальными припусками под механическую обработку.

В некоторых случаях целесообразно снижать технологичность изделия для повышения качества продукции, что может значительно повысить конкурентоспособность продукции и компенсировать дополнительные затраты. Стремление к технологичности в любом случае не должно приводить к ухудшению свойств изделия ниже конструктивно заданных.

¹ <http://about-prom.ru/mashinostroenie/sovremennoe-mashinostroenie.html>

1. Назначение и конструкция детали.

В современном машиностроении большинство машин состоит из сборочных единиц (узлов) и механизмов. Для обеспечения кинематической и силовой связи валы узлов соединяют муфтами.

Муфта - это устройство (деталь машины), предназначенное для соединения друг с другом концов валов и свободно сидящих на них деталей. Основное назначение муфты - передача крутящего момента. Муфта передаёт механическую энергию без изменения её величины.

Муфта, которая используется в данной дипломной работе является частью лебедки. По конструкции деталь является прямолинейным, ступенчатым валом, который имеет эвольвентные шлицы с углом профиля 30° . На (рис.1.1), для наглядного представления, изображена 3d модель муфты. На (рис.1.2) представлен чертеж муфты, также в **ПРИЛОЖЕНИИ 1**.



Рис.1.1

Муфта зубчатая 3D модель.

Муфта имеет 3 ступени:

- 1 ступень $\varnothing 55$ мм длиной 90мм. В ступени имеется отверстие длиной 49мм, в нем имеется зубчатый венец $\varnothing 31H8$ мм длиной 41мм с шероховатостью поверхности $Ra=1,6$ (которое является базовым) и проточка $\varnothing 36$ мм и длиной 8мм. В это отверстия с зубьями вставляется вал гидромотора. Также присутствует наружный зубчатый венец $\varnothing 54,5d9$ мм длиной 26мм, который имеет допуск на радиальное биение 0,06мм относительно базового отверстия, на него устанавливаются фрикционные диски гидравлического тормоза лебедки.
- 2 ступень $\varnothing 31,6$ мм длиной 42мм. Имеет зубчатый венец $\varnothing 31,6h9$ мм длиной 26мм, с допуском на радиальное биение 0,05мм относительно базового отверстия. На него устанавливается эксцентриковый генератор волновой передачи.
- 3 ступень $\varnothing 25$ мм и длиной 74мм. Имеет канавку $\varnothing 23,5$ мм и длиной 1,4мм.

За счет шлицевого соединения 1 и 3 ступени передается крутящий момент от гидромотора к эксцентриковому генератору волновой передачи. На (рис.1.3) приведен сборочный чертеж деталей, взаимодействующих с данной муфтой.

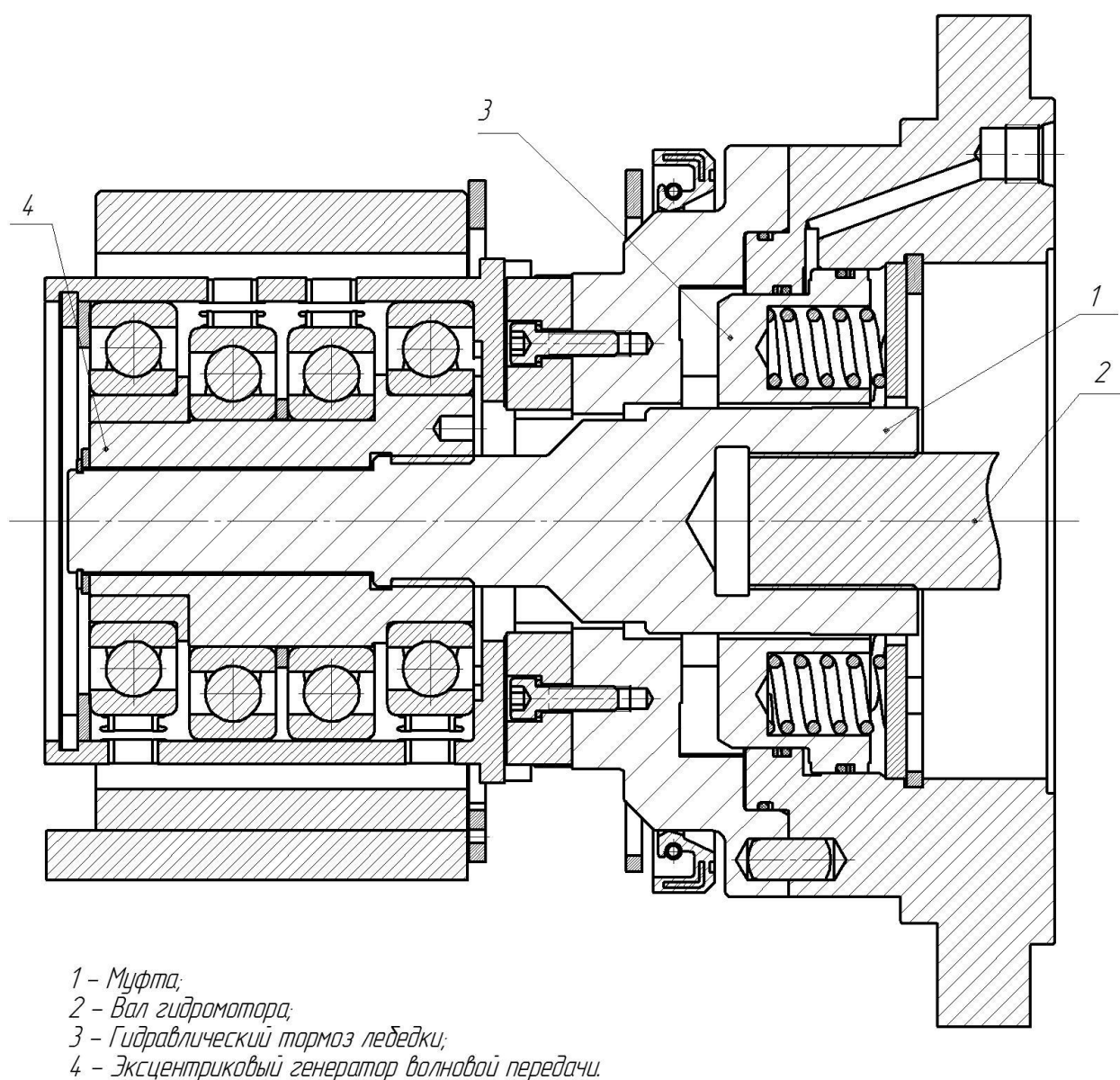


Рис.1.3
 Сборочный чертеж.

В табл. 1.1 и табл. 1.2 указаны химическо-механические свойства детали муфта.

Химический состав стали 40Х. ГОСТ 4543-71.

Таблица 1.1

C	Si	Mn	Cr	Cu	S	P	Ni
				не более			
%							
0,36-0,44	0,17-0,37	0,50-0,80	0,80-1,10	0,3	0,035	0,035	0,3

Конструкционная среднелегированная сталь 40Х обладает ценнейшими свойствами. Применение легированной стали, повышает долговечность

изделия. Плюсы этой марки стали: устойчивость к действию высоких и низких температур и их резким перепадам, могут использоваться под открытым небом и даже в агрессивных, влажных средах.²

Легирующие элементы влияют на свойства стали следующим образом:
 (Si) кремний - повышает упругие свойства стали;
 (Mn) марганец - увеличивает прочность и ударную вязкость стали;
 (Cr) хром в сочетании с (Ni) никелем повышают прочность, жаростойкость и коррозионную стойкость стали;
 (Cu) медь - стойкость стали к атмосферной коррозии.

Механические свойства стали 40Х.

Таблица 1.2

σ_T , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	δ_5 , %	Ψ , %	a_H , Дж /см ²	НВ (не более), МПа	
					горячекатаной	отожжённой
не менее				59	179	217
785	980	10	45			

σ_T - предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа];

$\sigma_{вр}$ - предел кратковременной прочности, [МПа];

δ_5 - относительное удлинение при разрыве, [%];

Ψ - относительное сужение, [%];

a_H - ударная вязкость, [Дж/см²];

НВ - твердость по Бринеллю, [МПа].

² http://boltigaika.com/kak_zakalialas_stal_boltigaika.com

2. Технологическая часть.

2.1. Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа.

Конструкция детали муфта имеет цилиндрическую, ступенчатую форму со шлицами, и шлицевым отверстием. В качестве заготовки используется прокат сортовой стальной горячекатаный круглый Ø60мм, обычной точности В1 ГОСТ 2590-2006.

В литературе³ сказано, что если отношение $L:d < 4$, то заготовка жёсткая и обрабатывать можно в 3-х кулачковом патроне, при $L:d=4...10$ - нужна дополнительная опора в виде центра с другой стороны, а если $L:d > 10$, нужна ещё одна промежуточная опора (люнет). В нашем случае деталь достаточно жесткая, так как отношение длины вала к его диаметру равно:

$$L:D = 206:55 = 3,75 < 4$$

Это дает нам возможность применения высокопроизводительных режимов обработки, но конструкция усложнена наличием шлицевых канавок, что приведет к потребности в специальных приспособлениях и инструментах. Для увеличения производительности применяются станки с ЧПУ.

Наиболее трудоемкими с точки зрения технологичности являются внутренние шлицевые канавки. На ряду с этим изготовление детали осложняет наличие требования к точности биения по поверхностям В и Г, что подразумевает также использование специального приспособления.

Деталь имеет габариты (Ø55мм · 206мм), что обуславливает сравнительно небольшой объем механической обработки при ее изготовлении и рациональном выборе заготовки.

Размеры на основные поверхности детали проставлены так, что при обработке и контроле не требуется дополнительных вычислений и измерений. При закреплении детали, в большинстве случаев, используем в качестве базы ось вала (базирование в самоцентрирующих приспособлениях). В качестве вспомогательных баз используем обработанные поверхности, после обработки которых происходит обнуление координат станка для обеспечения точности обработки. В целом, предъявляемые к детали технические

³ <http://mybiblioteka.su/7-52549.html>

требования на изготовление являются обоснованными и определены ее назначением и ответственностью.

Рассчитаем средний квалитет точности размеров поверхностей детали по формуле из табл. 3.4. [1, с.98]

$$(IT)_{\text{ср}} = \frac{\sum (IT)_i n_i}{\sum n_i} = \frac{14 * 12 + 13 * 1 + 12 * 1 + 9 * 2 + 8 * 1}{12 + 1 + 1 + 2 + 1} = \frac{219}{17} \approx 13$$

где, $(IT)_i$ – квалитет точности размера поверхности i ;

n_i – число поверхностей с квалитетом точности размера $(IT)_i$.

Коэффициент точности изготовления детали рассчитаем по формуле из табл. 3.4. [1, с.98]

$$K_{\text{тид}} = 1 - \frac{1}{(IT)_{\text{ср}}} = 1 - \frac{1}{13} \approx 0,07 < 1$$

Среднее значение параметра шероховатости детали рассчитаем по формуле из табл. 3.4. [1, с.98]

$$(R_a)_{\text{ср}} = \frac{\sum (R_a)_i n_i}{\sum n_i} = \frac{6,3 * 9 + 1,6 * 3}{9 + 3} \approx 5$$

где, $(R_a)_i$ – значение параметра шероховатости R_a поверхности i ;

n_i – число поверхностей с параметром шероховатости $(R_a)_i$.

Коэффициент шероховатости детали рассчитаем по формуле из табл. 3.4. [1, с.98]

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{(R_a)_{\text{ср}}} = 1 - \frac{1}{5} \approx 0,8 < 1$$

Оба исследуемых коэффициента $K_{\text{тид}}$ и $K_{\text{ш}}$ по своим значениям меньше единицы.

Анализ полученных коэффициентов привел к выводу, что на основании вышеизложенного, будем считать конструкцию муфты технологичной для условий серийного производства.

2.2. Определение типа, форм и методов организации производства.

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. От типа производства зависят: форма его организации (метод работы); вид и способ получения исходной заготовки; типаж применяемого при ее обработке оборудования, приспособлений и инструментов; степень детализации разработки самого технологического процесса изготовления детали. [2, с.28]

Данная дипломная работа выполнена с учетом годового объема выпуска деталей $N_{\text{год}} = 1000$ шт.. Зная массу детали муфта $m_{\text{дет}} = 1,76$ кг., можем предварительно определить пользуясь табл. 6.1 [2, с.230], что тип производства является серийным, серийность производства – мелкосерийное.

На основании литературы⁴ форма организации производства будет технологическая цеховая. Технологическая форма организации производственного процесса характеризуется цеховой структурой с последовательной передачей предметов труда. Такая форма организации широко распространена на машиностроительных заводах, поскольку обеспечивает максимальную загрузку оборудования в условиях мелкосерийного производства и приспособлена к частым изменениям в технологическом процессе.

Согласно ГОСТ 3.1108-74 ЕСТД и ГОСТ 14.004-83 ЕСТПП одной из основных характеристик типа производства, определяемым по признакам широты номенклатуры, регулярности, объема выпуска изделий, является коэффициент закрепления операций K_{30} . Уточним тип производства по следующей формуле [2, с.230]:

$$K_{30} = \frac{t_{\text{д}}}{t_{\text{шс}}}, \quad (2.1)$$

где, $t_{\text{д}}$ – такт выпуска детали, [мин.];

$t_{\text{шс}}$ – среднее штучное время операций, [мин.].

Такт выпуска детали определяем по формуле [2, с.230]:

⁴ [рис. 11.2] http://www.cfin.ru/management/manufact/prod_types.shtml

$$t_d = \frac{60 \cdot \Phi_d}{N}, \quad (2.2)$$

где, Φ_d – действительный фонд времени работы оборудования, [мин.];
 N – объем выпуска деталей [шт.].

Действительный годовой фонд времени работы оборудования (учитывая потери времени на его ремонт) при работе в одну смену, будет равен 2030 ч. [2, с.30]. $\Phi_d = 2030$ ч. Тогда из форм. (2.2), получим:

$$t_d = \frac{60 \cdot \Phi_d}{N} = \frac{60 \cdot 2030}{1000} = 121,8 \text{ мин.}$$

Среднее штучное время рассчитывают по формуле [2, с.230]:

$$t_{шс} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ши}}{n}, \quad (2.3)$$

где, $t_{ши}$ – штучно время i -ой основной операции изготовления детали, [мин];
 n – количество основных операций [шт.].

Штучное время ($t_{ши}$) основных операций возьмем из действующего технологического процесса изготовления детали муфта на ООО «СИМАКО». В качестве основных операций выберем 9 операций ($n=9$), и внесем данные в табл. 2.1.

Основные операции и штучное время.

Таблица 2.1

№	Название операции	$t_{ши}$ (час)
1	Ленточно (проволочно)-отрезная	0,03
2	Токарная с ЧПУ	0,25
3	Токарная с ЧПУ	0,3
4	Токарная с ЧПУ	0,3
5	Токарная с ЧПУ	0,2
6	Координатно-расточная	0,15
7	Зубофрезерная	0,4
8	Зубофрезерная	0,5
9	Зубодолбежная	0,45

Среднее штучно–калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по ф-ле (2.3):

$$t_{\text{шс}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{\text{шс}i}}{n} = \frac{0,03 + 0,25 + 0,3 + 0,3 + 0,2 + 0,15 + 0,4 + 0,5 + 0,45}{9} = 0,28 \text{ч.} = 28 \text{мин.}$$

Коэффициент закрепления операций $K_{\text{зо}}$ определим по форм. (2.1):

$$K_{\text{зо}} = \frac{t_{\text{д}}}{t_{\text{шс}}} = \frac{121,8}{28} = 4,35.$$

Так как $K_{\text{зо}} = 1 < 4,35 < 10$, то ссылаясь на литературу [2, с.28]: тип производства крупносерийный.

Определим метод работы (непоточный или поточный). Возможность использования поточного метода работы определяют по коэффициенту загрузки $K_{\text{заг}}$ рабочих мест. [2, с.231]:

$$K_{\text{заг}} = \frac{t_{\text{шс}}}{t_{\text{д}}} = \frac{28}{121,8} = 0,23.$$

Так как $K_{\text{заг}} = 0,23 < 0,6$, то метод работы будет непоточным. [2, с.231].

2.3. Выбор заготовки.

В значительной степени вид и метод получения исходной заготовки зависит от объема выпуска деталей (типа производства). С его увеличением, экономически оправданным становится получение исходных заготовок, все в большей степени приближенных по форме и размерам к готовой детали. Если, например, для изготовления стальных ступенчатых валов средних размеров в единичном и мелкосерийном производствах широко используют круглый горячекатаный прокат, то в крупносерийном и массовом производствах изготовление таких валов ведут обычно из поковок, полученных горячей объемной штамповкой [2, с.240]. Достоинства данного способа, это небольшой расход материала, небольшой процент механической обработки, высокое качество и точность поверхностного слоя. Недостатком является необходимость использования дорогостоящего и высокопроизводительного оборудования для производства заготовок. Точная заготовка характерна для большой программы выпуска, применяемой в массовом и крупносерийном производстве⁵.

Так как тип производства крупносерийный, целесообразно использовать заготовку поковку, для максимальной приближенности к форме данной детали муфта. Исходный материал – прокатные прутки, разделенные на мерные заготовки, равные по объему будущей поковке (с учетом неизбежных отходов). Для получения поковки будет использоваться кривошипный горячештамповочный пресс КГШП.

Определение размеров заготовки.

Поковку будем получать методом выдавливания с помощью КГШП. ГОСТ 7505-89 устанавливает следующие конструктивные характеристики поковки: класс точности, группа стали, степень сложности, конфигурация поверхности разъема штампа.

- Сталь 40Х – конструкционная легированная.
- Класс точности – Т4; по табл.2.2 [3, с.45]
- Группа стали – М2; т.к. содержание углерода в стали 40Х от 0,35% до 0,65%.
- Степень сложности – С2;

⁵ Технология машиностроения: рабочая программа, метод. указания и контр. задания для студентов ИДО, обучающихся по спец. 140601 «Электромеханика» / сост. Е.Г. Лещинер; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 34 с.

Расчётная масса поковки:

$$M_{пр} = M_d \cdot k_p = 1,76 \cdot 1,4 = 2,5 \text{ кг.}$$

где, ***M_{пр}*** – расчетная масса поковки;

M_d – масса детали;

k_p – коэффициент, зависящий от формы поковки, табл. П2.3.1 [3, с.79].

Отношение массы поковки к массе фигуры в которую вписывается форма поковки:

M_ϕ – масса фигуры, будет равна $M_3 = 4,7 \text{ кг.}$

$$\frac{M_{пр}}{M_\phi} = \frac{2,5}{4,7} = 0,53;$$

⇒ По табл.2.3 [3, с.46] степень сложности - С2.

– Конфигурация поверхности разъема штампа – плоская поверхность разъёма (П).

– Определение исходного индекса поковки.

Исходный индекс служит для назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений. Определим его по ф-ле [3, с. 47]:

$$\text{ИН} = N_{\circ i} + (M_i - 1) + (C_i - 1) + 2 \cdot (T_i - 1) = 4 + 1 + 1 + 2 \cdot 3 = 12$$

где, $N_{\circ i}$ – порядковый номер строки расчетной массы поковки по табл. 2.4 [3, с. 48];

M_i, C_i, T_i – соответственно группа стали, степень сложности и класс точности поковки.

Назначим основные припуски на механическую обработку на сторону по табл. 3, ГОСТ 7505-89=1,5мм.

1,8 - Ø25мм и чистота поверхности 6,3;

1,8 - Ø31,6мм и чистота поверхности 6,3;

1,9 - Ø55мм и чистота поверхности 6,3;

2,2 – длина 206мм и чистота поверхности 6,3

1,8 – длина 132мм и чистота поверхности 6,3;

1,9 - длина 90мм(132-42) и чистота поверхности 6,3.

1-ый дополнительный припуск, учитывающий смещение m по поверхности разъема штампа по табл. 4, ГОСТ 7505-89 = 0,3мм;

2-ой дополнительный припуск, учитывающий изогнутость и отклонение от плоскостности и прямолинейности по табл. 5, ГОСТ 7505-89

$\emptyset 25\text{мм} = 0,3\text{мм};$

$\emptyset 55\text{мм} = 0,3\text{мм}.$

Размеры поковки:

Диаметр $25+(1,8+0,3+0,3) \cdot 2=29,8\text{мм}$ принимается 30мм;

Диаметр $31,6+(1,8+0,3) \cdot 2=35,8\text{мм}$ принимается 35,5мм;

Диаметр $55+(1,9+0,3+0,3) \cdot 2=60\text{мм}$ принимается 60мм;

Длина $206+(2,2 \cdot 2)=210,4$ принимается 210,5мм;

Длина $132+(2,2+1,8+0,3) =136,3$ принимается 136мм; Размер и припуск носит справочный характер. Так как благодаря штамповочным уклонам припуск перекрывается.

Длина $90+(2,2+1,9+0,3) =94,4$ принимается 94,5мм.

Длина $(206-90=116)$ принимается 116мм от дна матрицы, длина указана с припуском 2,2 мм.

Радиус закругления наружных углов 3,6мм; 7мм; по табл.7 ГОСТ 7505-89.

Штамповочный уклон - 1° от диаметра 60

3° от диаметра 29,5; по табл.18 ГОСТ 7505-89.

Допускаемые отклонения размеров; по табл.8 ГОСТ 7505-89:

Диаметр $30^{+1,3}_{-0,7}$

Диаметр $35,5^{+1,3}_{-0,7}$

Диаметр $60^{+1,4}_{-0,8}$

Длина $210,5 \pm 1,4$

Длина $136 \pm 1,25$. Размер и припуск носит справочный характер. Так как благодаря штамповочным уклонам припуск перекрывается.

Длина $94,5 \pm 1,1$

Длина $116 \pm 1,1$

Допускаемые отклонения штамповочных уклонов - по п.5.24 ГОСТ 7505-89 - $(1 \pm 0,25)^\circ$; $(2 \pm 0,5)^\circ$.

Чертеж поковки по полученным размерам приведен в **ПРИЛОЖЕНИИ 2**.

Шероховатость поверхности поковки по табл.4.3 [6, с.63] $R_z=125\text{мкм}$.

2.4. План обработки.

Производственным процессом называется совокупность всех действующих людей и орудий производства, связанных с переработкой сырья и полуфабрикатов в заготовки, готовые детали, сборочные единицы и готовые изделия на данном предприятии.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая действия, по изменению и последующему определению состояния предмета производства. Технологический процесс непосредственно связан с изменением, размеров, форм и свойств обрабатываемой детали.

В качестве заготовки в разработанном технологическом процессе используется поковка – штамповка. Штамповка позволяет получить хорошую макроструктуру обрабатываемой детали - благодаря штамповке волокна не перерезаются и проходят равномерно которые повышают прочность детали.

Температураковки(прессования): начало 1250 °С, конца 800°С. Среда охлаждения: воздух.

Далее после штамповки проведем нормализацию.⁶ При нормализации происходит перекристаллизация стали, устраняющая крупнозернистую структуру, полученную при ковке. В результате сталь приобретает мелкозернистую, однородную структуру и обеспечится большая производительность и лучшее качество поверхности при обработке резанием.⁷ Нормализация – термическая операция, при которой сталь нагревают до температуры равной на 40 - 50 °С выше верхней критической точки A_{c3} , затем выдерживают при этой температуре и охлаждают на спокойном воздухе.⁸ Для стали 40Х:

$A_{c3}=815^{\circ}\text{C}$;

Температура нормализации – принимается 860°С. Среда охлаждения: воздух.

Также, в заводском технологическом процессе будет изменена очередность закалки. Закалку будем производить после нарезания шлицев при температуре 840...860°С. Среда: Продукты сгорания, время $T=120$ мин.

⁶ http://revolution.allbest.ru/manufacture/00045266_0.html

⁷ Лахтин Ю. М. Металловедение и термическая обработка металлов. — Изд. 3-е, переработанное и дополненное. — М.: Металлургия, 1983. — С. 198—199.

⁸ <http://www.materialscience.ru/subjects/materialovedenie>

Далее, выполним отпуск. Температура 550-600°C; T=180мин.; HRC 24...28.

Так как после закалки повысится твёрдость и шлицы могут изменить свою геометрическую форму, то введем операцию шлицешлифование.

Сравнение заводского и совершенствованного ТП приведено в табл.2.2.

Сравнительный маршрутный техпроцесс. Таблица 2.2

Заводской технологический процесс:	Разработанный технологический процесс:
005 Ленточно (проволочно) – отрезная. 010 Токарная с ЧПУ. 015 Токарная с ЧПУ. 020 Контроль. 025 Закалка. 030 Отпуск. 035 Очистка пескоструйная. 040 Контроль. 045 Токарная с ЧПУ. 050 Токарная с ЧПУ. 055 Координатно-расточная. 060 Контроль. 065 Зубофрезерная. 070 Зубофрезерная. 075 Промывка. 080 Слесарная. 085 Контроль. 090 Зубодолбежная. 095 Промывка. 100 Слесарная. 105 Контроль. 110 Закалка местная поверхностная. 115 Отпуск. 120 Промывка. 125 Контроль. 130 Консервация смазыванием. 135 Перемещение.	005 Ленточно (проволочно) – отрезная. 010 Штамповочная. 015 Термическая. 020 Токарная с ЧПУ (Черновая). 025 Токарная с ЧПУ (Чистовая) 030 Координатно-расточная. 035 Зубофрезерная. 040 Промывка. 045 Слесарная. 050 Зубодолбежная. 055 Промывка. 060 Слесарная. 065 Термическая. 070 Очистка пескоструйная. 075 Шлицешлифование. 080 Промывка. 085 Слесарная. 090 Термическая. 095 Промывка. 100 Контроль. 105 Консервация смазыванием. 110 Перемещение.

2.5. Принятый маршрутный и операционный техпроцесс.

На текущем этапе принимается движение заготовки по этапам технологического процесса для достижения конструкции, заданной по чертежу, с соблюдением всех требований на изделие. От маршрута зависит экономическая сторона изготовления детали, что существенно для предприятий по серийному или массовому производству. В данном случае, маршрут и техпроцесс принят в соответствии с крупносерийным производством детали муфта и приведён в табл. 2.3. Запись операций и переходов в соответствии с ГОСТ 3.1702-79.

Маршрутный техпроцесс изготовления вала. Таблица 2.3

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции (все размеры в мм)	Модель станка, Наименование оборудования.	Режущий инструмент, размеры, марка инструментального материала	Технологические базы
1	2	3	4	5
005	Ленточно (проволочно) – отрезная: 1. Установить и закрепить заготовку в тисках станка. 2. Отрезать заготовку $\varnothing 58^{+0,4}_{-1,0}$, выдерживая размер $149,2 \pm 1,25$ 3. Контролировать размеры операции по переходам.	Ленточнопильный станок FMB Herkules ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89	Биметаллическая пила RÖNTGEN bi-alfa cobalt M42- Co8% (34x1.1 COMBI) Режущие зубья из стали HSS, COJ RATAK 6210R TY 0258-002-00190118	Поверхность заготовки $\varnothing 58$ и торец
010	Штамповочная: 1. Установить исходную заготовку 2. Смазать 3. Выдавить.	КГШП Модель KE8336 усилием 400 тс.		
015	Термическая: 1. Переместить заготовки с тарой в печь 2. Выполнить нормализацию. Нагреть заготовки выше температуры критической точки $A_{C3}(A_{Cm})$ до $850...860^{\circ}C$. 3. Выдерживать заготовки в течении 2 часов 4. Охладить на воздухе в цехе. 5. Контролировать твердость HB=174-217.	Электродпечь (с подъемной дверцей) ПКМ6125 Твердомер динамический ТКМ-359		

020	Токарная с ЧПУ: Установ А 1. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне в расточенных кулачках. Вылет заготовки 170мм. 2. Подрезать торец начисто, выдерживая размер $209_{-0,16}^{+0,28}$. 3. Точить диаметр $\varnothing 27_{-0,4}^{+0,28}$ (в чертеже $\varnothing 25$), в размер $73_{-0,72}^{+0,26}$ 3. Точить диаметр $\varnothing 33_{-0,72}^{+0,26}$ (в чертеже $\varnothing 31,6$), в размер $115_{-0,4}^{+0,28}$ 4. Точить диаметр $\varnothing 50_{-0,4}^{+0,28}$ (в чертеже $\varnothing 49$), в размер $139_{-0,4}^{+0,28}$ 5. Притупить острые кромки $0,3 \cdot 45^\circ$ max/ 6. Контролировать размеры операции по переходам.	Токарный станок с ЧПУ 16A20Ф3	Державка MWLNR 2525-M08 «Korloy» WNMG 080408-GR CMPI NC3120 Державка MWLNR 2525-M08 «Korloy» WNMG 080404-VF CMPI NC3120	Наружная поверхность заготовки $\varnothing 60$ и торец.
	Установ Б 1. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне в прямых кулачках 2. Контролировать биение заготовки по диаметру $\varnothing 33_{-0,72}^{+0,1}$  $0,1$ Переход выполнять при наладке. 3. Подрезать торец , выдерживая размер $207,5_{-0,42}^{+0,26}$ (в чертеже 206) 4. Точить диаметр $\varnothing 56_{-0,53}^{+0,26}$ на проход 5. Сверлить отверстие $\varnothing 25$ на глубину $49,6 \pm 0,2$ (без учета режущей части сверла) 6. Расточить отверстие $\varnothing 30,7_{-0,1}^{+0,26}$ 7. Расточить канавку $\varnothing 36$ выдерживая размеры 8 и $49,5 \pm 0,1$ (в чертеже 49) 8. Притупить острые кромки фаской $0,3 \times 45^\circ$ max.	Токарный станок с ЧПУ 16A20Ф3 Штатив ШМ-III-4 ГОСТ 10197-70	Державка MWLNR 2525-M08 «Korloy» WNMG 080408-GR CMPI NC3120 2301-00287 Сверло $\varnothing 25$ P18 ГОСТ 10903-77 Державка S25R-MWLNRcc-08 WNMG 080408-GR CMPI NC3120 Державка внутр. канав. MGIVR 2520-3 «Korloy» MGMN 300-M NC3120 Державка MWLNR 2525-M08 «Korloy» WNMG 080404-VF CMPI NC3120	Наружная поверхность заготовки $\varnothing 33$ и торец.

	9. Контролировать размеры операции по переходам. 209_{-0,16} (в чертеже 206) Ø27_{-0,4} (в чертеже 25) 73^{+0,28} Ø33_{-0,72} (в чертеже Ø31,6) 115^{+0,26} Ø50_{-0,4} (в чертеже Ø49) 139^{+0,28}	ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Штангенглубиномер ШГ-200-0,10 ГОСТ 162-90		
025	Токарная с ЧПУ: Установ А 1. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне в расточенных кулачках 2. Контролировать биение заготовки по диаметру Ø56_{-0,53} $\sqrt{\text{0,1}}$ max. При несоответствии расточить кулачки. Переход выполнять при наладке 3. Подрезать торец начисто, в размер 207_{-0,4}. 4. Сверлить отверстие центровое Ø3,15 x 7. 5. Поджаты центром 6. Точить диаметр Ø25, в размер 74 (в чертеже 206-132) 7. Точить диаметр Ø31,6 h9_(-0,062), на длину 116, с обточкой конуса 45°, выдерживая $\sqrt{Ra1,6}$. 8. Точить Ø49 (в чертеже Ø49), в размер 140 (в чертеже (206-132+42+24), выдерживая $\sqrt{Ra1,6}$. 9. Точить фаску 1x45° на Ø31,6 10. Точить фаску 0,5x45° на Ø25. 11. Точить канавку Ø23,5 h12_(-0,21), выдерживая размеры 1,4 H13^(+0,14) и 70,5. 12. Притупить острые кромки 0,3x45° max 13. Контролировать размеры операции по переходам	Токарный станок с ЧПУ HAAS ST-20 Штатив ШМ-III-4 ГОСТ 10197-70 Цент вращающийся 8813-4 R «BISON» ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89	Державка MWLNR 2525-M08 «Korloy» WNMG 080404-VF CMП NC3120 Сверло Ø3,15 P6M5 ГОСТ 14952-75 Державка MWLNR 2525-M08 «Korloy» WNMG 080404-VF CMП NC3120 Державка MWLNR 2525-M08 «Korloy» WNMG 080404-VF CMП NC3120 Державка MGENR 2525-1.5 «Korloy» MGMN 150-G Державка MWLNR 2525-M08 «Korloy» WNMG 080404-VF CMП NC3120	Наружная поверхность Ø56 и торец

		Штангенглубиномер ШГ-200-0,10 ГОСТ 162-90 Образец шероховатости ГОСТ 9378-93 ЗУРИ-М Угломер маятниковый ТУ 2-034-666-82 Штангенциркуль для наружных канавок ШЦЦ-НК 0-200 Микрометр МК 50-1 ГОСТ 6507-90 Ящик пластиковый R-KLT 4329	Державка MGEHR 2525-4 «Korloy» MGMN 400-M NC3120 Державка S32S-MWLNR/L-08 «Korloy» WNMG 080404-VF CMPI NC3120	
14. Уложить в тару.				
	Установ Б Следы от кулачков на Ø31,6 не допустимы. 1. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне в сырых кулачках 2. Контролировать биение заготовки по диаметру Ø49 $\begin{matrix} \nearrow \\ \end{matrix} 0,02$. При несоответствии расточить кулачки. Переход выполнять при наладке. 3. Подрезать торец в размер 206 4. Точить диаметр Ø55 на проход 5. Точить диаметр $\phi 54,5d9_{-0,174}^{-0,100}$, выдерживая размер 40. Переход с Ø55=45°. Выдерживать $\sqrt{Ra1,6}$. 6. Точить фаску 1x45° (на Ø54,5) 7. Расточить отверстие $\phi 31H8^{+0,039}$, до выхода в канавку Ø36, выдерживая $\sqrt{Ra1,6}$. 8. Расточить фаску 1x45° (в отв. Ø31) 9. Притупить острые кромки 0,3x45° max	Токарный станок с ЧПУ HAAS ST-20 Штатив ШМ-III-4 ГОСТ 10197-70	Кулачки WBJ-M 1612 Державка MWLNR 2525-M08 «Korloy» WNMG 080404-VF CMPI NC3120 Державка MVJNR 2525-M16 «Korloy» VNMG 160408-VM NC3030 Державка S25R-MWLNR/L-08 «Korloy» WNMG 080404-VF CMPI NC3120 Державка MWLNR 2525-M08 «Korloy» WNMG 080404-VF CMPI NC3120 Державка S25R-MWLNR-08 «Korloy» WNMG	Наружная поверхность Ø31,6 и торец

	10. Контролировать размеры операции по переходам 11. Уложить в тару.	ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Образец шероховатости ГОСТ 9378-93 Микрометр МК 75-1 ГОСТ 6507-90 Нутромер НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82 Ящик пластиковый R-KLT 4329	080404-VF СМП NC3120 Державка MVJNR 2525-M16 «Korloy» VNMG 160408-HM NC3030	
030	Координатно-расточная: 1. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне в расточенных кулачках. Следы от кулачков на Ø31,6 не допустимы. 2. Выверить заготовку по отв. Ø31 $\sqrt{\text{0,01}}$. 3. Центровать отверстие на правом торце, на длину 4. выдерживая R22,5±0,01 4. Сверлить технологическое отверстие на длину 5. на правом торце, выдерживая R22,5±0,01 5. Расточить технологическое отверстие Ø4Н9^{+0,03}х5 на правом торце, выдерживая R22,5±0,01 6. Зенковать фаску Ø55 на 0,5х45° (в отв. Ø 4) 7. Контролировать размеры операции по переходам 8. Уложить в тару	Координатно-расточной станок 2Д450П Центроискатель модель 957 8199-0906 Калибр-пробка ГОСТ 14810-69 Ящик пластиковый R-KLT 4329	Сверло Ø2,5 Р6М5 2317-0005 ГОСТ 14952-75 Сверло Ø3,2 Р18 2300-0158 ГОСТ 10902-77 Фреза концевая Ø4 ЕВ 0404 производства «HGT» Зенковка Р6М5 2353-0133 ГОСТ 14953-80	Наружная поверхность Ø31,6 и торец
035	Зубофрезерная: 1. Установить заготовку на оправку ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Фиксация – отв. Ø4 на правом торце. Поджать центром. 2. Контролировать биение заготовки по диаметру Ø31,6 $\sqrt{\text{0,02}}$ 3. Подвести фрезу к Ø31,6 до касания. Переход выполнять при наладке	Зубофрезерный полуавтомат 53В30П. Штатив ШМ-III-4 ГОСТ 10197-70		Отверстие Ø31Н8 и торец

	4. Отвести фрезу выше Ø31,6. Переход выполнять при наладке. 5. Подать фрезу к заготовке на 1,6мм. Переход выполнять при наладке. 6. Фрезеровать шлицы на длину 26. Переход выполнять при наладке. 7. Контролировать размер по роликам. При несоответствии выполнить переход п.4. Переход выполнять при наладке. 8. Корректировать размер по роликам по следующей закономерности 1:1, т.е. если размер по роликам нужно уменьшить на 0,03 то фрезу нужно подать на 0,03. Переход выполнять при наладке. 9. Фрезеровать шлицы Г, выдерживая размеры 26, 37,016^{-0,034}_{-0,092} по чертежу 10. Контролировать размеры операции по переходам	ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Ролики III-4,345 кл.0 ГОСТ 2475-88 ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Ролики III-4,345 кл.0 ГОСТ 2475-88	Червячная фреза Р6М5 2520-0674 ГОСТ 6637-80	
	11. Подвести фрезу к Ø54,5 до касания. Переход выполнять при наладке. 12. Отвести фрезу выше Ø54,5. Переход выполнять при наладке. 13. Подать фрезу к заготовке на 2,1. Переход выполнять при наладке 14. Фрезеровать шлицы на длину 26. Переход выполнять при наладке. 15. Контролировать размер по роликам. При несоответствии выполнить переход п.4. Переход выполнять при наладке. 16. Корректировать размер по роликам по следующей закономерности 1:1, т.е. если размер по роликам нужно уменьшить на 0,03 то фрезу нужно подать на 0,03. Переход выполнять при наладке. 17. Фрезеровать шлицы В, выдерживая размеры 26, 61,157^{-0,097}_{-0,159} по чертежу 18. Контролировать размеры операции по переходам 19. Уложить в поддон для стекания масла. 20. Уложить в тару, обернув заготовки бумагой.	ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Ролики III-5,431 кл.0 ГОСТ 2475-88 ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Ролики III-5,431 кл.0 ГОСТ 2475-88 Бумага оберточная А, заменитель Б ГОСТ 8273-75	Червячная фреза Р6М5 2520-0674 ГОСТ 6637-80	
040	Промывка: 1. Промыть деталь от загрязнений 2. Осушить деталь 3. Уложить в тару		Моющее средство для черного металла «Неолас-А»	

045	Слесарная: 1. Притупить острые кромки на шлицах В и Г 2. Притупить острые кромки на выходе шлицов В на левый торец 3. Обдуть детали сжатым воздухом до удаления стружки 4. Уложить в тару.	Верстак слесарный	Набор шаберов «Shaviv» Напильник плоск. туп. ГОСТ 1465-80	
050	Зубодолбежная: 1. Установить и закрепить заготовку в оправке ПРИЛОЖЕНИЕ 4. 2. Контролировать биение заготовки по диаметру Ø31 $\begin{matrix} \nearrow \\ \end{matrix} 0,02$ 3. Установить величину врезания 2мм. Переход выполнять при наладке. 4. Произвести касание инструментом заготовки на 0,05 тах (скорость подвода 5 — 10 мм/мин). Затем отвести инструмент от заготовки на величину 0,5мм. Переход выполнять при наладке. 5. Долбить эвольвентные шлицы по чертежу (пробный проход). Переход выполнять при наладке. 6. Контролировать размер по роликам. При несоответствии выполнить п.4. Переход выполнять при наладке. 7. Корректировать размер по роликам по следующей закономерности 1:1, т.е. если размер по роликам нужно уменьшить на 0,03 то долбляк нужно подать на 0,03. Переход выполнять при наладке. 8. Долбить эвольвентные шлицы, выдерживая размер $27,711^{+0,133}_{+0,049}$ 9. Контролировать размеры операции по переходам 10. Поставить в поддон для стекания масла на правый торец 11. Уложить в тару, обернув заготовки бумагой.	Зубодолбежный станок 5А140П Штатив ШМ-III-4 ГОСТ 10197-70 ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Ролик Ø5,5 ГОСТ 2475-88	2540-0074 Долбляк HSS ГОСТ 6762-79 2540-0074 Долбляк HSS ГОСТ 6762-79 Ролик Ø3,5 ГОСТ 2475-88 Бумага оберточная А, заменитель Б ГОСТ 8273-75	Ø49Н7 и торец
055	Промывка: 1. Промыть деталь от загрязнений 2. Осушить детали сжатым воздухом 3. Уложить в тару.	Ящик пластиковый R- KLT 4329	Моющее средство для черного металла «Неолас-А»	
060	Слесарная:			

	1. Притупить острые кромки на шлицах Д 2. Обдуть детали сжатым воздухом до удаления стружки 3. Уложить в тару.	Верстак слесарный Ящик пластиковый R-KLT 4329	2820-0001 Напильник плоск.туп. ГОСТ 1465-80	
065	Термическая: Закалка: 1. Переместить заготовки с тарой в печь 2. Нагреть заготовки до температуры 840...860°C. Среда: Продукты сгорания. 3. Выдержать заготовки в течении 2 часов 4. Охладить в масле.	Электропечь (с подъемной дверцей) ПКМ6125 Твердомер динамический ТКМ-359	Масло индустриальное И20А по ГОСТ 20799-88	
	Отпуск: 1. Выполнить отпуск, температура 550-600°C; T=180мин.; HRC 24...28 2. Измерить твердость HRC 24...28. Предварительно зачистить места контроля на глубину 0,1...0,3, на торцах.	Электропечь (с выдвижным подом) ПВП-300 Твердомер динамический ТКМ-359		
070	Очистка пескоструйная: 1. Очистить от окалины			
075	Шлицешлифовальная: 1. Установить заготовку на оправку ПРИЛОЖЕНИЕ 3 . Фиксация – отв. Ø4 на правом торце. Поджать центром. 2. Контролировать биение заготовки по диаметру Ø31,6 $\sqrt{0,02}$ 3. Подвести круг к Ø31,6 до касания. Переход выполнять при наладке 4. Отвести фрезу выше Ø31,6. Переход выполнять при наладке. 5. Подать круг к заготовке на 0,1мм. Переход выполнять при наладке. 6. Шлифовать шлицы на длину 26. Переход выполнять при наладке. 7. Контролировать размер по роликам. При несоответствии выполнить переход п.4. Переход выполнять при наладке. 8. Корректировать размер по роликам по следующей закономерности 1:1, т.е. если размер по роликам нужно	Зубофрезерный полуавтомат 5Б310П Штатив ШМ-Ш-4 ГОСТ 10197-70 ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Ролики Ш-4,5 кл.0 ГОСТ 2475-88	Шлифовальный круг червячного профиля типа (2520-0674 Червячная фреза Р6М5 ГОСТ 6637-80).	Ø31Н8 и торец

	уменьшить на 0,03 то круг нужно подать на 0,03. Переход выполнять при наладке. 9. Шлифовать шлицы Г, выдерживая размеры $26, 37,016_{-0,092}^{-0,034}$ по чертежу 10. Контролировать размеры операции по переходам	ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Ролики III-4,5 кл.0 ГОСТ 2475-88		
	11. Подвести круг к Ø54,5 до касания. Переход выполнять при наладке. 12. Отвести круг выше Ø54,5. Переход выполнять при наладке. 13. Подать круг к заготовке на 0,1. Переход выполнять при наладке 14. Шлифовать шлицы на длину 26. Переход выполнять при наладке. 15. Контролировать размер по роликам. При несоответствии выполнить переход п.4. Переход выполнять при наладке. 16. Корректировать размер по роликам по следующей закономерности 1:1, т.е. если размер по роликам нужно уменьшить на 0,03 то круг нужно подать на 0,03. Переход выполнять при наладке. 17. Фрезеровать шлицы В, выдерживая размеры $26, 61,157_{-0,159}^{-0,097}$ по чертежу 18. Контролировать размеры операции по переходам 19. Уложить в тару, обернув заготовки бумагой.	ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Ролики III-5,5 кл.0 ГОСТ 2475-88 ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Ролики III-5,5 кл.0 ГОСТ 2475-88 Бумага оберточная А, заменитель Б ГОСТ 8273-75	Шлифовальный круг червячного профиля типа (2520-0674 Червячная фреза Р6М5 ГОСТ 6637-80).	Ø31Н8 и торец
080	Промывка: 1. Промыть деталь от загрязнений 2. Осушить детали сжатым воздухом 3. Уложить в тару.	Ящик пластиковый R-KLT 4329	Моющее средство для черного металла «Неолас-А»	
085	Слесарная: 1. Притупить острые кромки на шлицах В и Г. 2. Обдуть детали сжатым воздухом до удаления стружки 3. Уложить в тару.	Верстак слесарный Ящик пластиковый R-KLT 4329	2820-0001 Напильник плоск.туп. ГОСТ 1465-80	
090	Термическая: Закалка местная поверхностная:	Установка индукционного нагрева ЭЛСИТ-60ПЗ	Масло промышленное И20А по ГОСТ 20799-88	

	1. Выполнить закалку ТВЧ поверхностей шлицев по чертежу.			
	Отпуск: 1. Выполнить отпуск. Среда: воздух T-ра =150-200°C 2. Уложить в тару.	Электродпечь (с выдвижным подом) ПВП-300 Ящик пластиковый R-KLT 4329		
095	Промывка: 1. Промыть деталь от загрязнений 2. Просушить детали сжатым воздухом 3. Уложить в тару.	Ящик пластиковый R-KLT 4329	Моющее средство для черного металла «Неолас-А»	
100	Контроль: 1. Контролировать твердость на предварительно зачищенных местах на торцах. 2. Контролировать размеры. 74 (в чертеже 206-132) 1x45° (на Ø54,5) 1x45° (в отв. Ø31) Ø49h7 _(-0,025) (в чертеже Ø49) Ø31h9 _(-0,062) 0,5x45° (в отв. Ø4) Ø55 Ø31H8 ^(+0,039) Ø25 $\sqrt{Ra1,6}$ Ø54,5d9 _(-0,100/-0,174) 40 206 Ø4H9 ^(+0,03) x5 140 (в чертеже 206-132+42+24) Ø23,5h12 _(-0,21) Ø1,4H13 ^(+0,14)	Твердомер динамический ТКМ-359 ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Микрометр МК 50-1 ГОСТ 6507-90 ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Нутромер НИ 18-50-1 ГОСТ 868-82 ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Образец шероховатости ГОСТ 9378-93 Микрометр МК 75-1 ГОСТ 6507-90 ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 8199-0906 Калибр-пробка ГОСТ 14810-69 ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 ШЦЦ-НК 0-200 ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89		

	3. Контролировать размеры по роликам. $\varnothing 61,157_{-0,159}^{-0,097}$ $\varnothing 37,016_{-0,092}^{-0,034}$ $\varnothing 27,711_{+0,049}^{+0,133}$ 4. Уложить в тару.	ШЦК-I-250-0,02 ГОСТ 166-89 Ролик $\varnothing 5,5$ ГОСТ 2475-88 Ролик $\varnothing 4,5$ ГОСТ 2475-88 Ролик $\varnothing 3,5$ ГОСТ 2475-88 Ящик пластиковый R- KLT 4329		
105	Консервация смазыванием: 1. Нанести тонкий слой консервационной смазки на наружные и внутренние поверхности 2. Обернуть деталь оберточной бумагой 3. Уложить в тару.	Ящик пластиковый R- KLT 4329	Масло индустриальное И20А по ГОСТ 20799-88 Ветошь ТУ 63- 178-77-82 Бумага оберточная А, заменитель Б ГОСТ 8273-75	
110	Перемещение: 1. Транспортировать детали на СГД.			

Расчет точности операций.

Для обработки самой точной поверхности детали рассчитывается необходимое количество операций (переходов) по коэффициенту уточнения.

Необходимое общее уточнение рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_0 = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}},$$

где, $T_{\text{заг}}$ - допуск на изготовление заготовки, мм;

$T_{\text{дет}}$ - допуск на изготовление детали, мм.

Уточнение определяется как произведение уточнений, полученных при обработке поверхности на всех операциях (переходах) принятого техпроцесса:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i,$$

Для обработки поверхности $\varnothing 31H8$ принимаем следующий маршрут

-сверление

-расточивание

-чистовая обработка

Размер детали - $\varnothing 31H8^{+0,039}$, чернового точения – $\varnothing 30,7^{+0,1}$

$$\varepsilon_0 = \frac{0,1}{0,039} = 2,56$$

Из справочника⁹ выписываем допуски на межоперационные размеры:

$T_1=0,25$ мм (квалитет точности IT12); $T_2=0,1$ мм (IT10); $T_3=0,039$ мм (IT8);

Рассчитываем промежуточные значения уточнений по формуле:

$$\varepsilon_1 = \frac{0,1}{0,25} = 0,4; \quad \varepsilon_2 = \frac{0,25}{0,1} = 2,5; \quad \varepsilon_3 = \frac{0,1}{0,039} = 2,56;$$

$$\varepsilon_{пр} = 0,4 \cdot 2,5 \cdot 2,56 = 2,56$$

Условие $\varepsilon_0 \leq \varepsilon_{пр}$ ($2,56 \leq 2,56$) выполняется, значит при принятом маршруте точность обработки поверхности обеспечивается.

⁹ [с.661] Справочник технолога машиностроителя .В 2-х томах под редакцией А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова – М.: Машиностроение, 2001.-Т.1.-912с.; Т.2.-944с.

Черновое h11-12	100	100	67,8	370	3028	32,147	250	32,15	32,4	3050	3420
Чистовое h9-10	50	50	56,5	80	610	31,538	62	31,538	31,6	612	800
Наружная поверхность $\varnothing 54,5d9$ (-0.100 -0.174)											
Заготовка h14											
	125	200	1252			58,555	740	58,6	59,34		
Обтачивание:											
Черновое h11-12	100	100	75,12	370	3261	55,294	300	55,3	55,6	3300	3740
П/чист h10-11	50	50	62,6	80	620	54,674	120	54,68	54,8	620	800
Чистовое h 9-10	30	30	50,08	40	349	54,326	74	54,326	54,4	354	400
Наружная поверхность $\varnothing 25h14$ (-0.52)											
Заготовка h14											
	125	200	1110			28,078	2000	28,2	30,2		
Обтачивание:											
Черновое h11-12	100	100	66,6	370	2990	25,088	1300	25,095	26,395	3105	3805
Чистовое h9-10	50	50	55,5	80	608	24,48	520	24,48	25	615	1395
Наружная поверхность $\varnothing 49h14$ (-0.62)											
Заготовка h14											
	125	200	970			51,704	2000	56,2	58,4		
Обтачивание:											
Черновое h11-12	100	100	58,2	370	2726	48,977	1600	49,5	51,1	6700	7300
Чистовое h9-10	50	50	48,5	80	598	48,38	620	48,38	49	1120	2100
Внутренняя поверхность, отверстие $\varnothing 31H8$ ($+0,039$)											
Заготовка h14											
	125	200	50,5			29,667	620	28,98	29,6		
Сверление спиральным сверлом H12 :											
	50	70	12,3	80	840	30,507	250	30,25	30,5	900	1270
Расстачивание:											
Черновое H11-12	50	50	4	40	324	30,831	100	30,73	30,83	330	480
Чистовое H8-10	20	25	-		208	31,039	39	31,00	31,039	209	270
Минимальные операционные припуски на обработку торцов, примем по табл.49 [7, с.364]											
Торцы наружные по размеру 206h14($\pm 0,575$)											
Заготовка h14											
	125	200	1024				2800	209,1	211,9		
Точение левого торца											
Черновое h11-12	50	50	61	370	1000						
Точение правого торца											
Черновое h11-12	50	50	61	80	1300						
Точение левого торца											
Чистовое h9-10	32	30	0	40	300						
Точение правого торца											
Чистовое h9-10	32	30	0	20	500						
Внутренние торцевые припуски, принимаем по табл.49 [7, с.364]					1300						

Расчёт для наружной поверхности $\emptyset 31,6h9_{(-0.062)}$.
Суммарное отклонение заготовки:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}; \quad (2.18)$$

где, $\rho_{кор} = \Delta_k l$, - коробление вала. Так как заготовка штампованная, то

Δ_k - удельная кривизна заготовки, находим по табл. 4.8 [6, с. 71].

$\Delta_k = 0,8 \text{ мм на } 1 \text{ мм длины}$

l – вылет заготовки.

тогда:

$$\rho_{кор} = \Delta_k l = 0,8 \cdot 132 = 105,6 \approx 106 \text{ мм};$$

$\rho_{см}$ - смещение одних участков поверхности относительно других.

$\rho_{см} = \delta$, мкм; равно допуску.

Допуск для первого технологического перехода:

$$\delta = \frac{(\delta_{заг} + \delta_{обр})}{2}, \text{ мкм};$$

где, $\delta_{заг}$ – допуск на черновой размер заготовки; по ГОСТ 7505-89.

$\delta_{обр}$ – допуск по качеству, указанному в таблице для соответствующего метода обработки. табл.32 [7, с.341]

$$\delta = \frac{(2000 + 250)}{2} = 1125 \text{ мкм}.$$

По ф-ле (2.18) определим суммарное отклонение:

$$\rho_3 = \sqrt{1125^2 + 106^2} = 1130 \text{ мкм}.$$

Остаточное пространственное отклонение после чернового обтачивания [6, с.73]:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 1130 = 67,8 \text{ мкм};$$

После чистового обтачивания:

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 1130 = 56,5 \text{ мкм}$$

Полученные значения внесем в гр. №4 табл.8.1.

Погрешность установки (самоцентрирующий патрон):

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}; \quad (2.19)$$

где, ε_6 – погрешность базирования;

ε_3 – погрешность закрепления;

$\varepsilon_{пр}$ – погрешность положения заготовки в приспособлении.

Так как установочная и технологическая база совмещены, то $\varepsilon_6 = 0$.

Так как обработка заготовки на данном этапе ведется без приспособления, то $\varepsilon_{пр} = 0$.

Тогда, окончательно ф-ла (2.19), в данном случае примет вид:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_3;$$

По табл.4.10 [6, с.75], Горячая штамповка $\varepsilon_{31} = 370$ мкм. Предварительно обработанная $\varepsilon_{32} = 80$ мкм.

Полученные значения внесем в гр. №5 табл.2.5.

Расчет минимальных значений припусков производим, используя ф-лу (2.17):

Минимальный припуск под предварительное обтачивание:

$$2z_{min1} = 2 \cdot (125 + 200 + \sqrt{1130^2 + 370^2}) = 2 \cdot 1514 \text{мкм};$$

Минимальный припуск под окончательное обтачивание:

$$2z_{min2} = 2 \cdot (100 + 100 + \sqrt{68^2 + 80^2}) = 2 \cdot 305 \text{мкм}.$$

Расчетный размер $d_p = d_{pi} + 2z_{mini-1}$

$$d_{p2} = 31,600 - 0,062 = 31,538 \approx 31,538 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = 31,538 + (2 \cdot 0,305) = 32,147 \approx 32,15 \text{ мм};$$

$$d_{p \text{ зар}} = 32,148 + (2 \cdot 1,514) = 35,175 \approx 35,20 \text{ мм};$$

Полученные значения запишем в гр. №7, округленные в гр. №9 табл.2.5.

Наибольшие предельные размеры $d_{maxi} = d_{mini} + T_i = \text{№9} + \text{№8}$. Допуски T назначаем по табл.32 [7, с.341] и записываем в гр. №8 табл.2.5.

$$d_{max2} = 31,538 + 0,062 = 31,6 \text{ мм};$$

$$d_{max1} = 32,15 + 0,25 = 32,41 \text{ мм};$$

$$d_{max \text{ зар}} = 35,20 + 0,62 = 35,82 \text{ мм};$$

Полученные значения запишем в гр. №10, табл.2.5.

Предельные значения припусков $z_{max}^{пр}$ (разность наибольших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов) и $z_{min}^{пр}$ (разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов)

$$2z_{min2}^{пр} = 32,15 - 31,538 = 0,612 = 612 \text{мкм};$$

$$2z_{min1}^{пр} = 35,20 - 32,15 = 3 = 3050 \text{мкм};$$

$$2z_{max2}^{пр} = 32,41 - 31,6 = 0,85 = 800 \text{мкм};$$

$$2z_{max1}^{пр} = 35,82 - 32,4 = 3,37 = 4320 \text{ мкм};$$

Общие припуски:

$$z_{o_{min}} = \sum 2z_{min}^{пр} = 612 + 3050 = 3662 \text{ мкм};$$

$$z_{o_{max}} = \sum 2z_{max}^{пр} = 800 + 4320 = 5120 \text{ мкм};$$

Общий номинальный припуск:

$$z_{оном} = z_{o_{min}} + H_3 + H_d;$$

где, H_3 — нижнее отклонение размера заготовки = 700 мкм (находим по ГОСТ 7505-89).

H_d — нижнее отклонение размера детали = 62 мкм (по чертежу).

Тогда по ф-ле (8.4) находим общий номинальный припуск:

$$z_{оном} = 3662 + 700 - 62 = 4300 \text{ мкм}.$$

Номинальный диаметр заготовки:

$$d_{заг_{ном}} = 31,538 + 4300 = 35,838 \text{ мкм}.$$

Производим проверку правильности выполнения расчетов:

$$2z_{max2}^{пр} - 2z_{min2}^{пр} = T_1 - T_2;$$

$$800 - 612 = 250 - 62;$$

$$188 = 188;$$

$$2z_{max1}^{пр} - 2z_{min1}^{пр} = T_2 - T_3;$$

$$4320 - 3050 = 620 - 250;$$

$$370 = 370;$$

Припуски на $\varnothing 54,5d9(-0.100/-0.174)$, и $\varnothing 25h14(-0.52)$ рассчитываются аналогичным образом и записываются в табл.2.5.

Остальные припуски на механическую обработку назначим по табл.41[7, с.360]. Рассчитанные операционные размеры и допуски на них запишем в табл.2.5.

Минимальные припуски в осевом (продольном) направлении рассчитываем по формуле:

$$z_{imin} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (8.1)$$

где, Rz_{i-1} – шероховатость поверхности на предшествующем переходе или операции, мкм;
 T_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;
 ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;
 ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

На рис. 2.1, построена схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия муфты $\varnothing 31H8^{(+0,039)}_{mm}$.

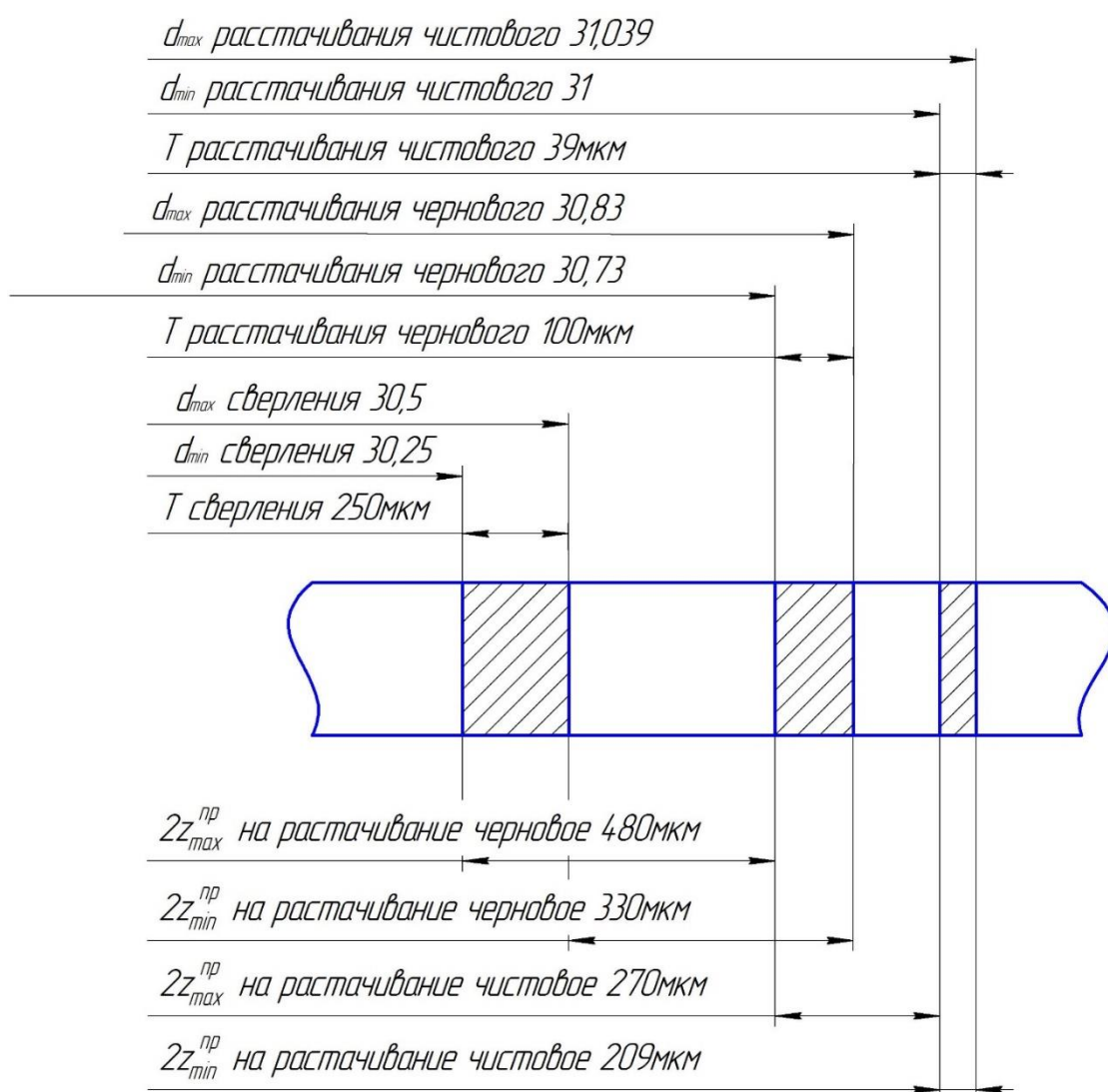


Рис.2.1.

Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия муфты $\varnothing 31H8^{(+0,039)}_{mm}$.

2.7. Размерный анализ техпроцесса.

Цель размерного анализа состоит в оценке качества технологического процесса. При таком анализе проверяется, будет ли обеспечена точность размеров и качество поверхности детали, заданных на ее чертеже.

Размерный анализ проводится для проверки и расчета минимальных припусков, выдерживается ли при данном технологическом процессе конструкторские размеры.

Расчётная схема, представляет собой совокупность технологических размерных цепей. Замыкающими звеньями в операционных технологических цепях являются припуски на обработку поверхностей и конструкторские размеры, непосредственно взятые с чертежа. Помимо замыкающих звеньев в технологической цепи есть составляющие звенья, которыми являются технологические размеры, получаемые на всех операциях (переходах) обработки изделия.

2.7.1 Расчёт диаметральных технологических размеров в (мм).

Расчет производится из условия обеспечения минимальных припусков на обработку и выполняется методом максимума-минимума с использованием способа средних значений [2, с.289].

В скобках указаны определенные ранее допуски или предельные отклонения диаметральных технологических размеров, а также значения минимальных припусков. Диаметральные размерные цепи, для технологического маршрута обработки поверхностей вращения муфты, указаны на рис. 2.2.

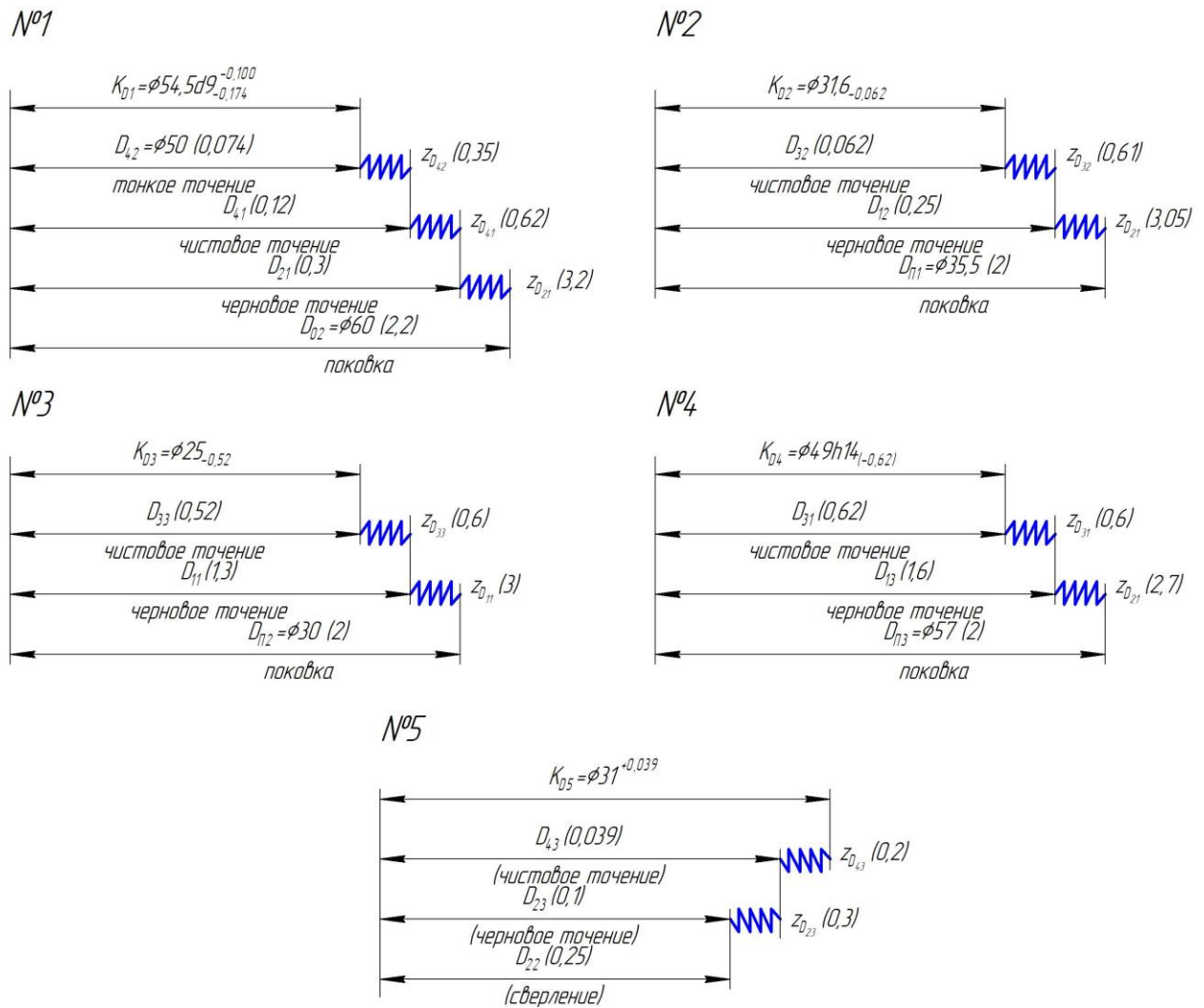


Рис.2.2. Диаметральные размерные цепи.

- 1) Расчёт технологических размеров при обработке наружной поверхности $\phi 54,5 d 9_{-0,174}^{-0,100}$ мм. и $\phi 55 h 14$

$$D_{42}^c = D_{42} + \frac{BOD_{42} + HOD_{42}}{2} = 54,5 + \frac{-0,1 - 0,174}{2} = 54,363 \pm 0,037.$$

Тонкое точение

$$z_{D42}^c = 2 \cdot z_{42}^d + \frac{TD_{41} + TD_{42}}{2} = 0,35 + \frac{0,12 + 0,074}{2} = 0,447.$$

$$D_{41}^c = D_{42}^c + z_{42}^c = 54,363 + 0,447 = 54,81 \pm 0,06;$$

$$D_{41} \approx 55_{-0,25}.$$

$$2 \cdot z_{D42} = 0,4.$$

Чистовое точение

$$z_{D41}^c = 2 \cdot z_{D41min} + \frac{TD_{21} + TD_{41}}{2} = 0,62 + \frac{0,3 + 0,12}{2} = 0,83.$$

$$D_{21}^c = D_{41}^c + z_{D41}^c = 54,81 + 0,83 = 55,64 \pm 0,15;$$

$$D_{21} \approx 56_{-0,53}.$$

$$2 \cdot z_{D41} = 0,7.$$

Черновое точение

$$D_{02}^c = D_{02} + \frac{BOD_{02} + HOD_{02}}{2} = 60 + \frac{1,4 - 0,8}{2} = 60,3 \pm 1,1.$$

$$z_{D21}^c = D_{02} - D_{21}^c = 60,3 - 55,64 = 4,66.$$

$$D_{02} = 60_{-0,8}^{+1,4}$$

$$2 \cdot z_{D21} = 4,8.$$

- 2) Расчёт технологических размеров при обработке наружной поверхности $\emptyset 31,6h9_{-0,062}$.

$$D_{32}^c = D_{32} + \frac{BOD_{32} + HOD_{32}}{2} = 31,6 + \frac{0 - 0,062}{2} = 31,569 \pm 0,031.$$

Чистовое точение

$$z_{D32}^c = 2 \cdot z_{D32min} + \frac{TD_{32} + TD_{12}}{2} = 0,61 + \frac{0,062 + 0,25}{2} = 0,766.$$

$$D_{12}^c = D_{32}^c + z_{32}^c = 31,569 + 0,766 = 32,335 \pm 0,125;$$

$$D_{12} \approx 33_{-0,72}.$$

$$2 \cdot z_{D32} = 0,7.$$

Черновое точение

$$D_{12}^c = D_{12} + \frac{BOD_{12} + HOD_{12}}{2} = 35,5 + \frac{1,3 - 0,7}{2} = 35,8 \pm 1.$$

$$z_{D12}^c = D_{12}^c - D_{12}^c = 35,8 - 32,335 = 3,465.$$

$$D_{11} = 35,5_{-0,7}^{+1,3}.$$

$$2 \cdot z_{D12} = 3,5.$$

- 3) Расчёт технологических размеров при обработке наружной поверхности $\emptyset 25h14_{-0,52}$ мм.

$$D_{33}^c = D_{33} + \frac{BOD_{33} + HOD_{33}}{2} = 25 + \frac{0 - 0,52}{2} = 24,74 \pm 0,26.$$

Чистовое точение

$$z_{D33}^c = 2 \cdot z_{33\min} + \frac{TD_{11} + TD_{33}}{2} = 0,6 + \frac{1,3 + 0,52}{2} = 1,51.$$

$$D_{11}^c = D_{33}^c + z_{33}^c = 24,74 + 1,51 = 26,25 \pm 0,65;$$

$$D_{11} \approx 27_{-0,4}.$$

$$2 \cdot z_{D32} = 2.$$

Черновое точение

$$D_{\Pi 2}^c = D_{\Pi 2} + \frac{BOD_{\Pi 2} + HOD_{\Pi 2}}{2} = 30 + \frac{1,3 - 0,7}{2} = 30,3 \pm 1.$$

$$z_{11}^c = D_{\Pi 2}^c - D_{11}^c = 30,3 - 26,25 = 4,05;$$

$$D_{\Pi 2} = 30_{-0,7}^{+1,3}$$

$$2 \cdot z_{D12} = 3,7.$$

- 4) Расчёт технологических размеров при обработке наружной поверхности $\emptyset 49h14_{-0,62}$ мм.

$$D_{31}^c = D_{31} + \frac{BOD_{31} + HOD_{31}}{2} = 49 + \frac{0 - 0,62}{2} = 48,69 \pm 0,31.$$

Чистовое точение

$$z_{D31}^c = 2 \cdot z_{31\min} + \frac{TD_{13} + TD_{31}}{2} = 0,6 + \frac{1,6 + 0,62}{2} = 1,71.$$

$$D_{13}^c = D_{31}^c + z_{D31}^c = 48,69 + 1,71 = 50,4 \pm 0,8;$$

$$D_{13} \approx 50_{-0,4}.$$

$$2 \cdot z_{D32} = 1.$$

Черновое точение

$$D_{\Pi 3}^c = D_{\Pi 3} + \frac{BOD_{\Pi 3} + HOD_{\Pi 3}}{2} = 57 + \frac{1,4 - 0,8}{2} = 57,3 \pm 1,1.$$

$$z_{13}^c = D_{\Pi 3}^c - D_{13}^c = 57,3 - 50,4 = 6,9;$$

$$D_{\Pi 3} = 57_{-0,7}^{+1,3}$$

$$2 \cdot z_{D12} = 8.$$

5) Расчёт технологических размеров при обработке отверстия $\varnothing 31H8^{+0,039}_{\text{мм}}$.

$$D_{43}^c = D_{43} + \frac{BOD_{43} + HOD_{43}}{2} = 31 + \frac{0,039 + 0}{2} = 31,0195 \pm 0,019.$$

Чистовое точение(расточивание)

$$z_{D43}^c = 2 \cdot z_{43\min} + \frac{TD_{23} + TD_{43}}{2} = 0,2 + \frac{0,1 + 0,039}{2} = 0,2695.$$

$$D_{23}^c = D_{43}^c + z_{D43}^c = 31,0195 - 0,3695 = 30,75 \pm 0,05$$

$$D_{23} \approx 30,7^{+0,1}.$$

$$2 \cdot z_{D32} = 0,22.$$

Черновое точение(расточивание)

$$D_{22}^c = D_{22} + \frac{BOD_{22} + HOD_{22}}{2} = 25 + \frac{0,62 - 0}{2} = 25,31 \pm 0,31$$

$$z_{D23}^c = D_{43}^c - D_{22}^c = 31,0195 - 25,31 = 5,7095.$$

Сверление

$$D_{22} \approx 25^{+0,62}.$$

$$2 \cdot z_{D32} = 5,4$$

2.7.2. Расчёт продольных технологических размеров в (мм).

На основании маршрута изготовления муфты, строится размерная схема в продольном направлении, которая представлена на рис.2.3. Она содержит технологические размеры, припуски на обработку и конструкторские размеры, проверка которых будет осуществляться по ходу данной работы.

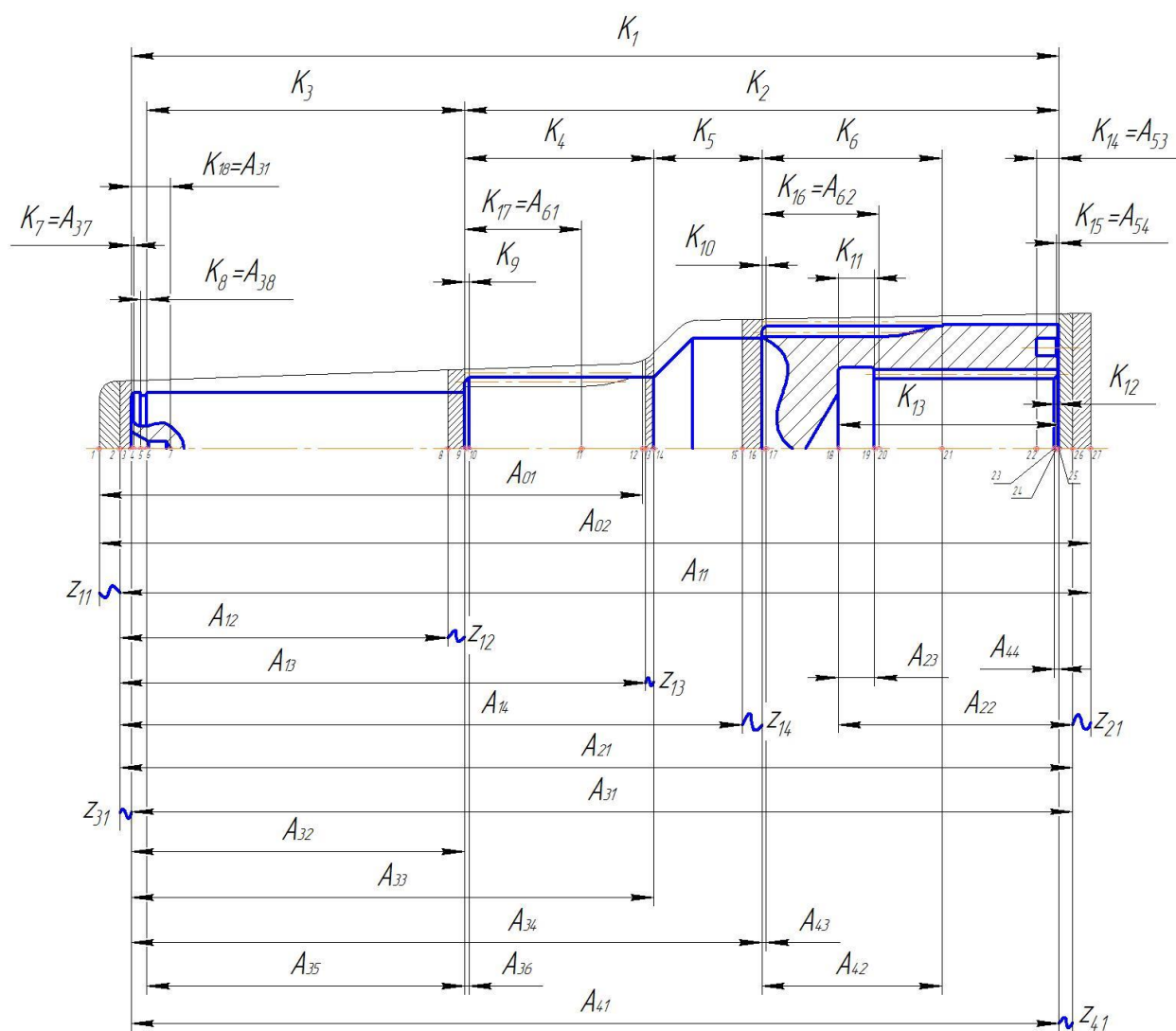


Рис.2.3. Размерная схема технологического процесса изготовления муфты (продольное направление).

С целью облегчения составления размерных цепей построим граф технологических размерных цепей. Методика построения графа подробно излагается в источнике [2, стр. 99]. Граф для продольной размерной схемы изготовления муфты представлен на рис.2.4.

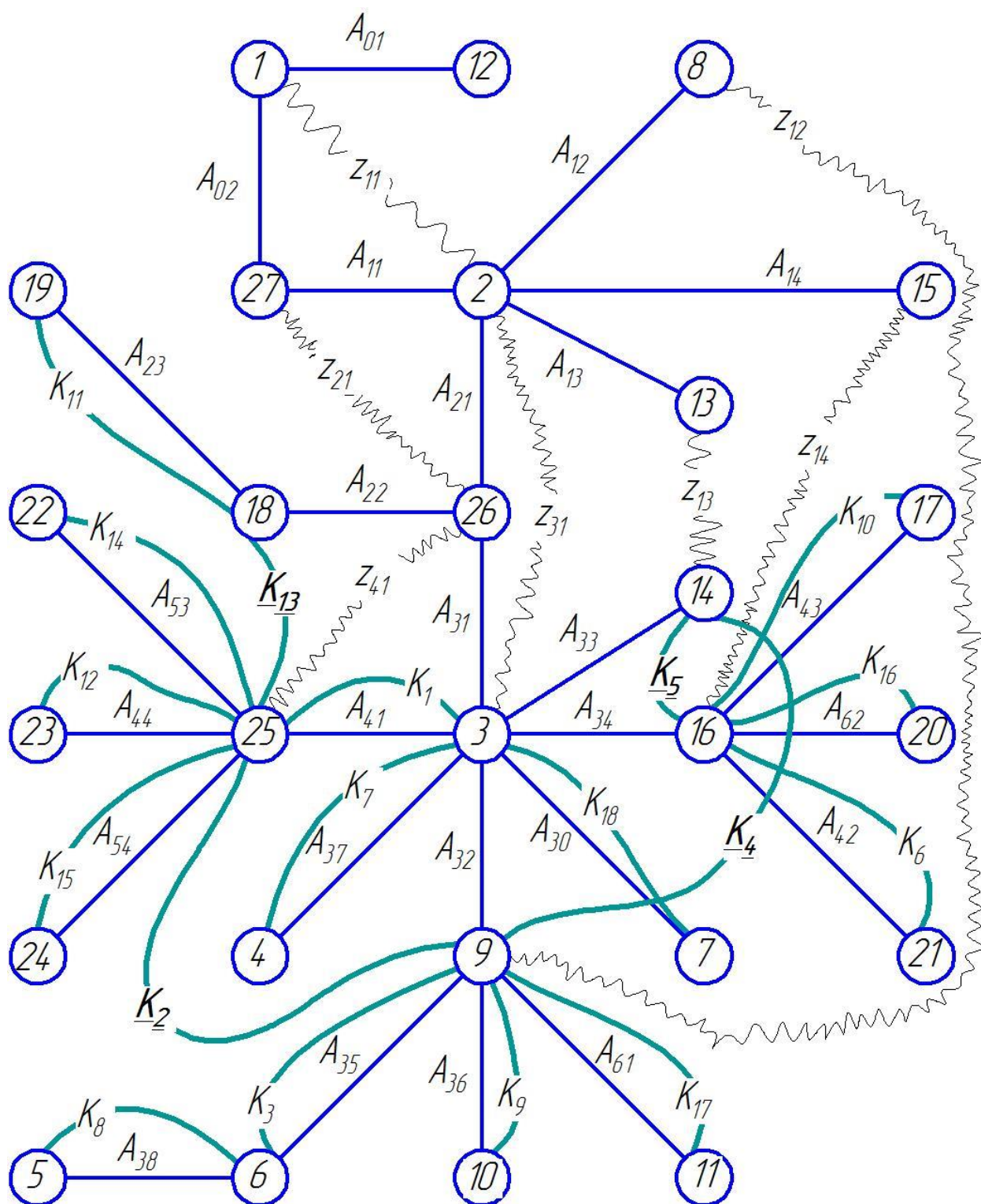


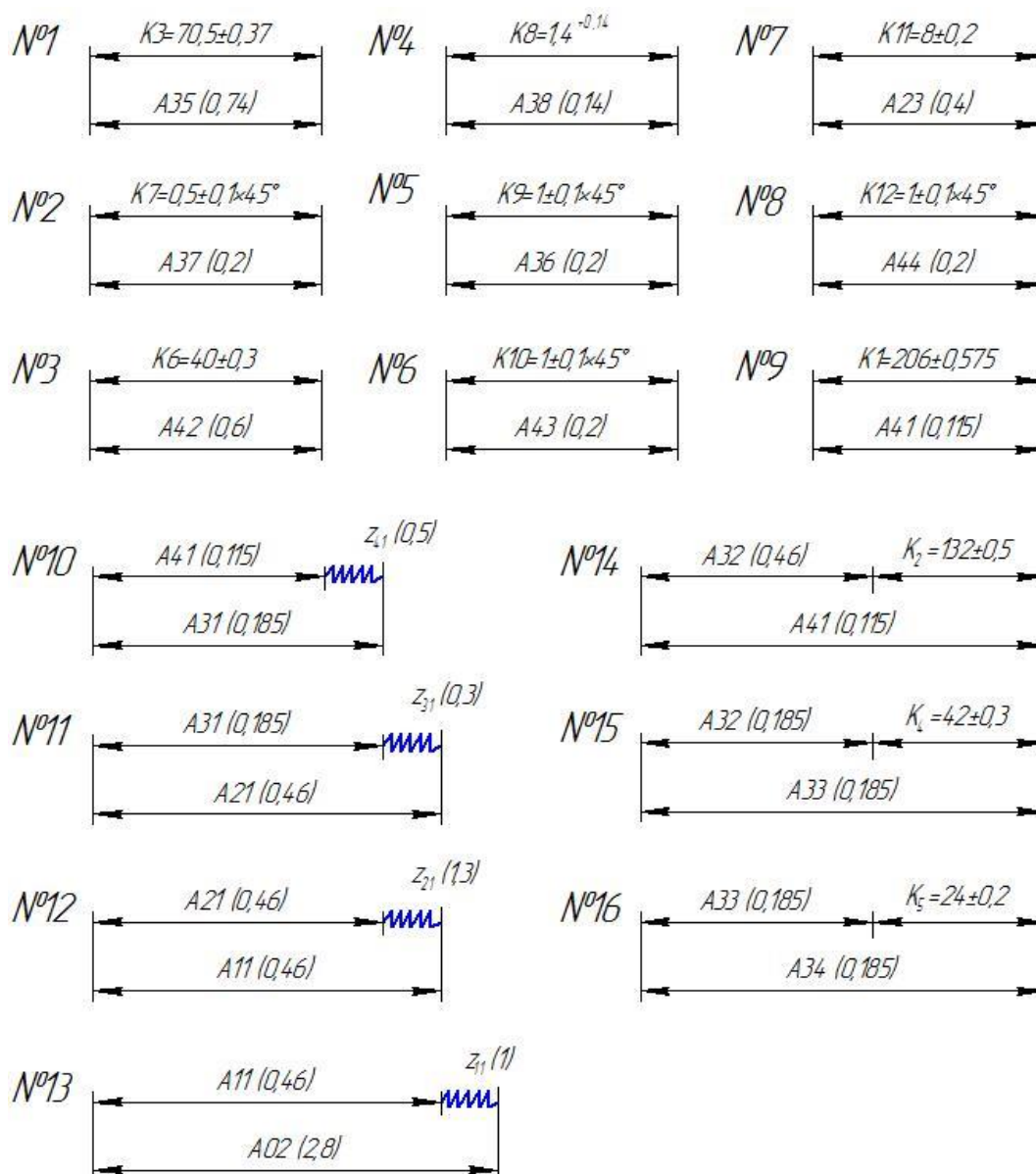
Рис.2.4. Граф технологических размерных цепей.

В круглых скобках рядом с обозначением технологических размеров указаны их допуски, обеспечиваемые спроектированным технологическим процессом, а рядом с обозначением припусков даны их минимальные значения. Результаты расчетов выполнены методом максимума-минимума [2, с.294].

Ниже перечисленные конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, потому что они равны соответствующим технологическим размерам.

$$\begin{aligned}
 K_1 = A_{41} &= 206 \pm 0,575; & K_{12} = A_{44} &= 1 \pm 0,1 \cdot 45^\circ; \\
 K_3 = A_{35} &= 70,5 \pm 0,3; & K_{14} = A_{53} &= 5 \pm 0,1; \\
 K_6 = A_{42} &= 40 \pm 0,3; & K_{15} = A_{54} &= 0,5 \pm 0,1 \cdot 45^\circ; \\
 K_7 = A_{37} &= 0,5 \pm 0,1 \cdot 45^\circ; & K_{16} = A_{53} &= 26 \pm 0,2; \\
 K_8 = A_{38} &= 1,4^{+0,14}; & K_{17} = A_{53} &= 26 \pm 0,2; \\
 K_9 = A_{36} &= 1 \pm 0,1 \cdot 45^\circ; & K_{18} = A_{30} &= 7 \pm 0,1. \\
 K_{10} = A_{43} &= 1 \pm 0,1 \cdot 45^\circ; \\
 K_{11} = A_{23} &= 8 \pm 0,2;
 \end{aligned}$$

Продольные размерные цепи, для технологического маршрута обработки поверхностей вращения муфты, указаны на рис. 2.5.



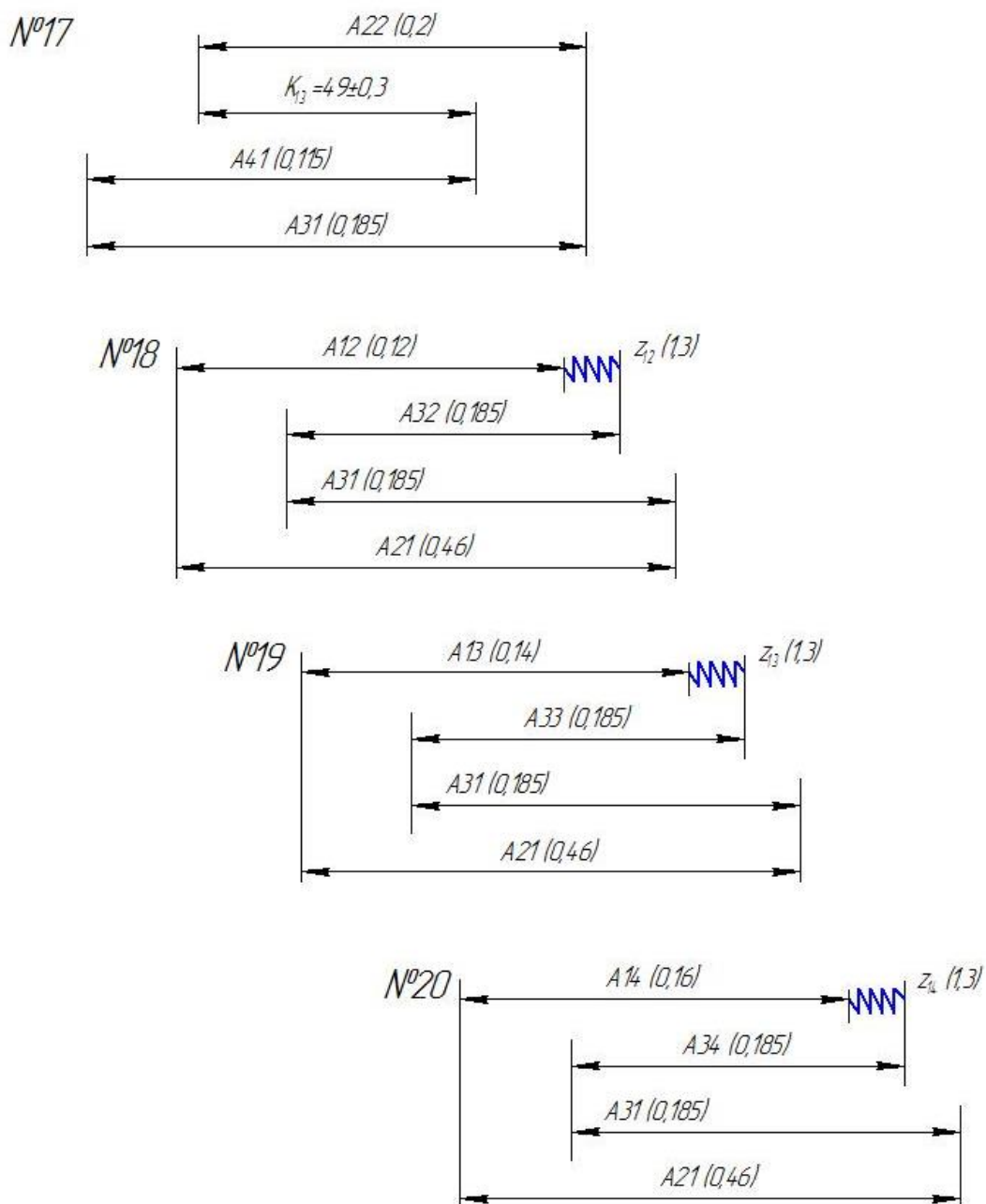


Рис.2.5. Диаметральные размерные цепи.

Проверка обеспечения требуемой точности.

$$TK_2 = 1 \geq 0,575 = 0,46 + 0,115 = TA_{11} + TA_{41}$$

$$TK_4 = 0,6 \geq 0,37 = 0,185 + 0,185 = TA_{32} + TA_{33}$$

$$TK_5 = 1 \geq 0,37 = 0,185 + 0,185 = TA_{33} + TA_{34}$$

$$TK_{13} = 0,6 \geq 0,5 = 0,2 + 0,115 + 0,185 = TA_{22} + TA_{41} + TA_{31}$$

Все непосредственно не выдерживаемые конструкторские размеры выдерживаются.

Из цепи №10 найдём технологический размер A_{31} . (чистовая подрезка правого торца).

$$z_{41}^c = z_{41\min} + \frac{TA_{41} + TA_{31}}{2} = 0,5 + \frac{0,115 + 0,185}{2} = 0,65.$$

$$A_{41}^c = A_{41} + \frac{BOA_{41} + HOA_{41}}{2} = 206 + \frac{0,575 - 0,575}{2} = 206 \pm 0,057.$$

$$A_{31}^c = A_{41}^c + z_{41}^c = 206 + 0,65 = 206,65 \pm 0,092.$$

$$A_{31}^{max} = 206,743_{-0,185};$$

$$A_{31} \approx 207_{-0,4}.$$

$$z_{31} = 0,6.$$

Из цепи №11 найдём технологический размер A_{21} . (чистовая подрезка левого торца).

$$z_{31}^c = z_{31\min} + \frac{TA_{21} + TA_{31}}{2} = 0,3 + \frac{0,46 + 0,185}{2} = 0,6225.$$

$$A_{21}^c = A_{31}^c + z_{31}^c = 206,65 + 0,6225 = 207,303 \pm 0,23.$$

$$A_{21}^{max} = 207,533_{-0,46};$$

$$A_{21} \approx 207,5_{-0,42}$$

$$z_{21} = 0,4.$$

Из цепи №12 найдём технологический размер A_{11} . (черновая подрезка правого торца).

$$z_{21}^c = z_{21\min} + \frac{TA_{21} + TA_{11}}{2} = 1,3 + \frac{0,46 + 0,46}{2} = 1,76.$$

$$A_{11}^c = A_{21}^c + z_{21}^c = 207,303 + 1,76 = 209,063 \pm 0,23;$$

$$A_{11}^{max} = 209,293_{-0,46};$$

$$A_{11} \approx 209_{-0,16}.$$

$$z_{21} = 1,5.$$

Из цепи №13 определим припуск z_{11} . (черновая подрезка левого торца).

$$A_{02}^c = A_{02} + \frac{BOA_{02} + HOA_{02}}{2} = 210,5 + \frac{1,4 - 1,4}{2} = 210,5.$$

$$z_{11}^c = A_{02}^c - A_{11}^c = 210,5 - 209,063 = 1,437$$

$$A_{02} \approx 210,5 \pm 1,4.$$

$$z_{21} = 1,4.$$

Из цепи №14 найдём технологический размер A_{32} .

$$K_2^c = A_{41}^c - A_{32}^c.$$

$$A_{32}^c = A_{41}^c - K_2^c = 206 - 132 = 74 \pm 0,23.$$

Из цепи №15 найдём технологический размер A_{33} .

$$K_4^c = A_{33}^c - A_{32}^c.$$

$$A_{33}^c = K_4^c + A_{32}^c = 42 + 74 = 116 \pm 0,0925.$$

Из цепи №16 найдём технологический размер A_{34} .

$$K_5^c = A_{34}^c - A_{33}^c.$$

$$A_{34}^c = K_5^c + A_{33}^c = 24 + 116 = 140 \pm 0,0925.$$

Из цепи №17 найдём технологический размер A_{22} .

$$K_{13}^c = A_{41}^c + A_{22}^c - A_{31}^c = 85 + 106,03 - 105 - 1,045 = 84,985 \pm 0,81.$$

$$A_{22}^c = K_{13}^c + A_{31}^c - A_{41}^c = 49 + 206,65 - 206 = 49,65 \pm 0,2$$

Из цепи №18 найдём технологический размер A_{12} .

$$z_{12}^c = z_{12\min} + \frac{TA_{12} + TA_{32}}{2} = 1,3 + \frac{0,12 + 0,185}{2} = 1,4525.$$

$$A_{12}^c = A_{32}^c + A_{21}^c - A_{31}^c - z_{12}^c = 74 + 207,33 - 206,65 - 1,4525 = 73,2275 \pm 0,06;$$

$$A_{12}^{max} = 73,167^{+0,12}$$

$$A_{12} \approx 73^{+0,28}.$$

$$z_{13} = 0,72.$$

Из цепи №19 найдём технологический размер A_{13} .

$$z_{13}^c = z_{13\min} + \frac{TA_{13} + TA_{33}}{2} = 1,3 + \frac{0,14 + 0,185}{2} = 1,4625.$$

$$A_{13}^c = A_{33}^c + A_{21}^c - A_{31}^c - z_{13}^c = 116 + 207,33 - 206,65 - 1,4625 = 115,217 \pm 0,07;$$

$$A_{13}^{max} \approx 115,147^{+0,12}.$$

$$A_{13} \approx 115^{+0,26}.$$

$$z_{32} = 0,74.$$

Из цепи №20 найдём технологический размер A_{14} .

$$z_{14}^c = z_{14\min} + \frac{TA_{14} + TA_{34}}{2} = 1,3 + \frac{0,16 + 0,185}{2} = 1,4725.$$

$$\begin{aligned} A_{14}^c &= A_{34}^c + A_{21}^c - A_{31}^c - z_{14}^c = 140 + 207,33 - 206,65 - 1,4752 \\ &= 139,2048 \pm 0,08; \end{aligned}$$

$$A_{14}^{max} \approx 139,1248^{+0,16};$$

$$A_{14} \approx 139^{+0,28}.$$

$$z_{12} = 0,72.$$

2.8. Расчет режимов резания.

Отрезка заготовки 149,2±1,25.

005 Ленточно (проволочно) отрезная.

Ленточнопильный станок Herkules FMV320, N=3кВт, n=16-120м/мин.

Инструмент – Биметаллическая пила RÖNTGEN HSS bi-alfa cobalt M42- Co8%. Ширина реза 1,1мм.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=58$ мм.
2. Глубина резания: $t= 58$ мм.
3. Подачу выбираем по табл. 11 [7, с.364] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости : $S=50$ мм/мин.
4. Скорость резания. $V=12$ м/мин.
5. Частота (скорость) пины. $n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{12}{3,14 \cdot 58} = 65$ м/мин.

Обработка наружной поверхности муфты Ø25h14 мм.

Токарная операция 020 (черновое точение Ø27h11_{-0,4}). Переход 1.2.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, N=14,9кВт, n=4000об/мин.

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080408-GR СМП NC3120. Угол в плане $\varphi = 95^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=30$ мм.
2. Глубина резания: $t= 1,85$ мм.
3. Подачу выбираем по табл. 11 [7, с.364] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости : $S= 0,5$ мм/об.
4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,15$ $x = 0,35$; $y = 0,20$

– определены по табл. 17 [7, с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{PV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7, с.359].

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7,с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_{\Gamma} = 1,1$ $n_V = 1$

$$K_{MV} = 1,1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,56$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{ПВ} = 0,8$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{ИВ} = 1,15$.

$$K_V = 1,56 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 1,43$$

Скорость резания,

$$V = \frac{290 \cdot 1,43}{120^{0,15} \cdot 1,85^{0,35} \cdot 0,5^{0,20}} = 187,3 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{187,3}{3,14 \cdot 30} = 1988 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обрабатываемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{\Phi} = 1980 \text{ об/мин}$.

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 1980}{1000} = 186 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ — определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 1,85 \text{ мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\Phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^y = 0,77$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\Phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{\Gamma P} = 0,93.$$

$$K_p = 0,77 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,85^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 186^{-0,15} \cdot 0,91 = 1056 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 1056 \cdot \frac{186}{1020 \cdot 60} = 3,3 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N/\eta = 3,3/0,85 = 3,8 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 025 (чистовое точение Ø25h9). Переход 2.3.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, N=14,9кВт, n=40-4000об/мин.

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080404-VF СМП NC3120.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=27$ мм.
2. Глубина резания: $t=1$ мм.
3. Подачу выбираем по табл. 14 [7, с.366] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости : $S=0,25$ мм/об.
4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 350$; $m = 0,20$ $x = 0,15$; $y = 0,20$

– определены по табл. 17 [7,с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7,с.359].

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7,с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_{\Gamma} = 1$ $n_v = 1$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,41$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{ПВ} = 1$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{ИВ} = 1,4$.

$$K_v = 1,41 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,98$$

Скорость резания,

$$V = \frac{350 \cdot 1,98}{60^{0,20} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,25^{0,20}} = 403 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{403}{3,14 \cdot 27} = 5139 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обрабатываемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{\text{ф}} = 4000 \text{ об/мин.}$

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 27 \cdot 4000}{1000} = 314 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ — определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\text{max}} = 1 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{\text{MP}} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{\text{MP}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента
 $K_{\varphi P} = 0,89$; $K_{\gamma P} = 1,1$; $K_{\lambda P} = 1,;$ $K_{rP} = 0,87$.

$$K_p = 0,76 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,66$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 314^{-0,15} \cdot 0,66 = 294 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 294 \cdot \frac{314}{1020 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = N / \eta = 2,7 / 0,85 = 1,8 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Обработка наружной поверхности муфты $\varnothing 31,6 \text{ h}9_{-0,062} \text{ мм}$

Токарная операция 020 (черновое точение $\varnothing 33 \text{ h}11_{-0,72}$). Переход 1.3.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, $N=14,9 \text{ кВт}$, $n=40-4000 \text{ об/мин.}$

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080408-GR
 СМП NC3120. Угол в плане $\varphi = 95^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=35,8 \text{ мм.}$

2. Глубина резания: $t = 1,75$ мм.

3. Подачу выбираем по табл. 11 [7, с.364] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости :

$S = 0,5$ мм/об.

4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_V$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 290$; $m = 0,15$ $x = 0,35$; $y = 0,20$ – определены по табл. 17 [7, с.367].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7, с.359].

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7, с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_{\Gamma} = 1,1$ $n_V = 1$

$$K_{MV} = 1,1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,56$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{ПВ} = 0,8$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{ИВ} = 1,4$.

$$K_V = 1,56 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 1,74$$

Скорость резания,

$$V = \frac{290 \cdot 1,74}{120^{0,15} \cdot 1,75^{0,35} \cdot 0,5^{0,20}} = 232,8 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{187,3}{3,14 \cdot 35,8} = 2071 \text{ об/мин}$$

d – диаметр обрабатываемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{\text{ф}} = 2070$ об/мин.

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 2070}{1000} = 195 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 1,75$ мм.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,77$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_p = 0,77 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,75^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 186^{-0,15} \cdot 0,7 = 967 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 967 \cdot \frac{195}{1020 \cdot 60} = 3 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 3,3 / 0,85 = 3,6 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 025 (чистовое точение $\varnothing 31,6 \text{ h}9$). Переход 2.4.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, $N=14,9 \text{ кВт}$, $n=40-4000 \text{ об/мин}$.

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080404-VF СМП NC3120.

Обрабатываемый материал – Сталь 40X.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=33$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,35$ мм.

3. Подачу выбираем по табл. 14 [7 ,с.366] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости :

$$S = 0,25 \text{ мм/об.}$$

4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 350$; $m = 0,20$ $x = 0,15$; $y = 0,20$

– определены по табл. 17 [7,с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;
 K_{LV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;
 K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7,с.359].

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7,с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_{\Gamma} = 1$ $n_V = 1$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,41$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{LV} = 1$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{IV} = 1,4$.

$$K_V = 1,41 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,98$$

Скорость резания,

$$V = \frac{350 \cdot 1,98}{60^{0,20} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,20}} = 472,2 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{472,2}{3,14 \cdot 33} = 4557 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обтачиваемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\phi} = 4000 \text{ об/мин.}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 4000}{1000} = 414 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 0,35 \text{ мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,66$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 414^{-0,15} \cdot 0,66 = 98,7 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 98,7 \cdot \frac{414}{1020 \cdot 60} = 0,66 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 0,66 / 0,85 = 0,78 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Обработка наружной поверхности муфты $\varnothing 49\text{h}14_{-0,62} \text{ мм}$

Токарная операция 020 (черновое точение $\varnothing 50\text{h}11_{-0,4}$). Переход 1.4.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, N=14,9кВт, n=4000об/мин.

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080408-GR
СМП NC3120. Угол в плане $\varphi = 95^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=57 \text{ мм}$.
2. Глубина резания: $t=4 \text{ мм}$.
3. Подачу выбираем по табл. 11 [7, с.364] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости: $S=0,8 \text{ мм/об}$.
4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов: $C_v=280$; $m=0,15$ $x=0,45$; $y=0,20$

– определены по табл. 17 [7, с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7, с.359].

$$K_{MV} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

Значение коэффициента K_Γ и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7, с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_\Gamma = 1,1$ $n_v = 1$

$$K_{MV} = 1,1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,41$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{ПВ} = 0,8$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{IV} = 1,4$.

$$K_V = 1,41 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 1,58$$

Скорость резания,

$$V = \frac{280 \cdot 1,58}{60^{0,15} \cdot 4^{0,45} \cdot 0,8^{0,20}} = 134,55 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{134,55}{3,14 \cdot 57} = 751 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обрабатываемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\phi} = 750 \text{ об/мин.}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 57 \cdot 750}{1000} = 134 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 4 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,77$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_p = 0,77 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,75^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 186^{-0,15} \cdot 0,7 = 7,6 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_Z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 7,6 \cdot \frac{134}{1020 \cdot 60} = 8,9 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = N / \eta = 8,9 / 0,85 = 4,4 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 025 (чистовое точение Ø49h14). Переход 2.5.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, N=14,9кВт, n=4000об/мин.

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080404-VF
СМП NC3120. Угол в плане $\varphi = 95^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=50$ мм.
2. Глубина резания: $t=0,5$ мм.
3. Подачу выбираем по табл. 14 [7, с.366] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости :
 $S=0,25$ мм/об.
4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0,20$ $x=0,15$; $y=0,20$

– определены по табл. 17 [7, с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7, с.359].

$$K_{MV} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

Значение коэффициента K_Γ и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7, с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_\Gamma = 1$ $n_v = 1$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,41$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{ПВ} = 1$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{ИВ} = 1,4$.

$$K_v = 1,41 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,98$$

Скорость резания,

$$V = \frac{350 \cdot 1,98}{60^{0,20} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,25^{0,20}} = 447,6 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{447,6}{3,14 \cdot 50} = 2851 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обрабатываемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\phi} = 2850 \text{ об/мин.}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 2850}{1000} = 447 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7, с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 0,5 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7, с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{rP} = 0,87.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,66$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 447^{-0,15} \cdot 0,66 = 139,4 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 139,4 \cdot \frac{447}{1020 \cdot 60} = 1,01 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 1,01 / 0,85 = 1,2 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, $N=14,9 \text{ кВт}$, $n=4000 \text{ об/мин.}$

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080404-VF СМП NC3120; Угол в плане $\phi = 95^\circ$.

Токарная операция 025 (Канавка 23,5h12_{-0,21} мм). Переход 2.6.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, $N=14,9 \text{ кВт}$, $n=4000 \text{ об/мин.}$

Инструмент – Державка MGENR 2525-1.5 «Korloy» MGMN 150-G; Угол в плане $\phi = 95^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. $d=25 \text{ мм.}$

2. Глубина резания: $t = 0,75 \text{ мм.}$

3. Подачу выбираем по табл. 15 [7, с.366] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости: $S = 0,35 \text{ мм/об.}$

4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v=47$; $m = 0,20$ $x = -$; $y = 0,80$

– определены по табл. 17 [7,с.367].

K_v - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7,с.359].

$K_{MV} = K_{Г'} \cdot (750/\sigma_s)^{n_v}$. Для стали 40Х предел прочности на растяжение $\sigma_s=530$ МПа, $K_{Г'}=1$, $n_v=1$, поэтому $K_{MV} = 1 \cdot (750/530)^1 = 1,4$;

$K_{ИВ}$ - коэффициент, учитывающий материал режущей части.

Для режущей пластинки КНБ $K_{ИВ} = 1,4$; табл. 2 [7,с.359].

$K_{ПВ} = 1,0$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки табл. 5 [7,с.361].

$$K_v = 1,4 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,98$$

Значение коэффициента $K_{Г'}$ и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7,с.359].

Скорость резания,

$$V = \frac{47 \cdot 1,98}{60^{0,2} \cdot 0,75 \cdot 0,35^{0,8}} = 126 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{237}{3,14 \cdot 30} = 1615,5 \text{ об/мин.}$$

d - диаметр обтачиваемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{ф} = 1615 \text{ об/мин.}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 1615}{1000} = 126 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 408$; $n = 0$; $x = 0,72$; $y = 0,8$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 30 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{ФР} \cdot K_{ГР} \cdot K_{ЛР} \cdot K_{ГР}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала $K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$K_{\varphi_P} = 0,89$; $K_{\gamma_P} = 1,1$; $K_{\lambda_P} = 1$; $K_{r_P} = 0,87$.

$K_P = 0,76 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,65$

Главная составляющая силы резания:

$P_Z = 10 \cdot 408 \cdot 0,75^1 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 126 \cdot 0,65 = 924 \text{ Н}$

9. Мощность резания:

$N = P_Z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 924 \cdot \frac{126}{1020 \cdot 60} = 1,95 \text{ кВт}$

10. Мощность привода главного движения:

$N_{пр} = N/\eta = 1,95/0,85 = 2,3 \text{ кВт}$.

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Обработка наружной поверхности муфты $\varnothing 54, 5d9_{-0,174}^{+0,100}$ мм

Токарная операция 020 (черновое точение $\varnothing 56h11_{-0,53}$). Переход 1.6.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, $N=14,9 \text{ кВт}$, $n=4000 \text{ об/мин}$.

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080408-GR СМП NC3120. Угол в плане $\varphi = 95^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=60 \text{ мм}$.
2. Глубина резания: $t=2,4 \text{ мм}$.
3. Подачу выбираем по табл. 11 [7,с.364] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости : $S=0,8 \text{ мм/об}$.
4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_V$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов: $C_V=280$; $m=0,15$ $x=0,45$; $y=0,20$

– определены по табл. 17 [7,с.367].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7,с.359].

$$K_{MV} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V},$$

Значение коэффициента K_Γ и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7,с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_\Gamma = 1$ $n_V = 1$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530}\right)^1 = 1,41$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{ПV} = 0,8$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{ИV} = 1,4$.

$$K_V = 1,41 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 1,58$$

Скорость резания,

$$V = \frac{280 \cdot 1,58}{60^{0,15} \cdot 2,4^{0,45} \cdot 0,8^{0,20}} = 169,32 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{169,32}{3,14 \cdot 60} = 898 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обрабатываемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{\text{ф}} = 890 \text{ об/мин}$.

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 890}{1000} = 168 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ — определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\text{max}} = 2,4 \text{ мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,77$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_p = 0,77 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2,4^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 168^{-0,15} \cdot 0,7 = 1982 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_Z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 1982 \cdot \frac{168}{1020 \cdot 60} = 5,5 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = N/\eta = 5,5/0,85 = 4,4 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 025 (чистовое точение Ø55h9). Переход 2.8.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, N=14,9кВт, n=4000об/мин.

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080404-VF СМП NC3120.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=56 \text{ мм.}$
2. Глубина резания: $t=0,35 \text{ мм.}$
3. Подачу выбираем по табл. 14 [7, с.366] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости : $S=0,25 \text{ мм/об.}$
4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60 \text{ мин.}$

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0,2$ $x=0,15$; $y=0,20$

– определены по табл. 17 [7, с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7, с.359].

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем

из табл. 2 [7, с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_{\Gamma} = 1$ $n_v = 1$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,41$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{ПВ} = 1$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{ИВ} = 1,4$.

$$K_v = 1,41 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,98$$

Скорость резания,

$$V = \frac{350 \cdot 1,98}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,20}} = 472,2 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{472,2}{3,14 \cdot 56} = 2685 \text{об/мин}$$

d- диаметр обрабатываемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ф}} = 2680 \text{об/мин.}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 2680}{1000} = 471 \text{м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ — определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\text{max}} = 0,35 \text{мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{\text{MP}} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{r P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{\text{MP}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента:

$$K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{r P} = 0,87.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,66$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 471^{-0,15} \cdot 0,66 = 96,8 \text{Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 96,8 \cdot \frac{471}{1020 \cdot 60} = 0,74 \text{кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = N / \eta = 0,74 / 0,85 = 0,87 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 025 (тонкое точение Ø54, 5d9). Переход 2.9.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, $N=14,9 \text{кВт}$, $n=4000 \text{об/мин.}$

Инструмент - Державка MVJNR 2525-M16 производства «Korloy» VNMG 160408-VB СМП NC3030. Угол в плане $\varphi = 93^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=55 \text{ мм.}$

2. Глубина резания: $t=0,2 \text{ мм.}$

3. Подачу выбираем по табл. 14 [7 ,с.366] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости : $S=0,33 \text{мм/об.}$

4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,20$ $x = 0,15$; $y = 0,35$

– определены по табл. 17 [7,с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7,с.359].

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7,с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_{\Gamma} = 1$ $n_v = 1$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,4$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{ПВ} = 1$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{ИВ} = 1,4$.

$$K_v = 1,4 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,98$$

Скорость резания,

$$V = \frac{290 \cdot 1,98}{60^{0,20} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,33^{0,35}} = 475,4 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{475,4}{3,14 \cdot 55} = 2752 \text{ об/мин}$$

d – диаметр обтачиваемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{\text{ф}} = 2750$ об/мин.

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 2750}{1000} = 475 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 0,2 \text{ мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7, с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,2^1 \cdot 0,33^{0,75} \cdot 475^{-0,15} \cdot 0,7 = 73 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 73 \cdot \frac{475}{1020 \cdot 60} = 0,56 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 0,56 / 0,85 = 0,7 \text{ кВт}.$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции

Обработка отверстия муфты $\varnothing 31H8^{+0.039}_{-0.039} \text{ мм}$

Токарная операция 020 (сверление $\varnothing 25$). Переход 1.7.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, $N=14,9 \text{ кВт}$, $n=4000 \text{ об/мин}$.

Инструмент – Сверло спиральное 2301-3064 $\varnothing 25$ P18 ГОСТ 10903-77.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

Диаметр необходимого отверстия $d=25 \text{ мм}$.

$$\text{Глубина резания } t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 25 = 12,5 \text{ мм}.$$

Подача по табл. 35 [7, с.381]: $S=0,48 \dots 0,58 \text{ мм/об}$. Принимаем $S=0,5 \text{ мм/об}$.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

Период стойкости сверла принимаем по табл. 40 [7, с.384]: $T=50 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов: $C_v = 9,8$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,5$ – определены по табл. 38 [7, с.383].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV}$$

где K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^{0,9} = 0,79$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7, с.359]; $K_r = 1$, $n_v = 0,9$.

По табл. 6 [7, с.361]; $K_{IV} = 1$.

По табл. 31 [7, с.385]; $K_{IV} = 1$.

$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{9,8 \cdot 25^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,5^{0,5}} \cdot 1 = 8,9 \text{ м / мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 8,9}{3,14 \cdot 25} = 113,4 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{ст} = 110 \text{ об/мин.}$

Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 110}{1000} = 8,6 \text{ м / мин}$$

Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 1$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 25^2 \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1 = 123,8 \text{ Н·м.}$$

Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Осевая сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 25^1 \cdot 0,5^{0,7} \cdot 1 = 12557,7 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{ф}}{9750} = \frac{123,8 \cdot 110}{9750} = 1,3 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 020 (черновое растачивание $\varnothing 30$, $7h11^{+0,1}$). Переход 1.8.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, $N=14,9 \text{ кВт}$, $n=4000 \text{ об/мин.}$

Инструмент – Державка S25R – MWLNR-08 производства «Korloy» WNMG 080408-GR
СМП NC3120.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=25$ мм.
2. Глубина резания: $t=2,7$ мм.
3. Подачу выбираем по табл. 11 [7, с.364] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости : $S=0,5$ мм/об.
4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v=290$; $m=0,15$ $x=0,35$; $y=0,20$

– определены по табл. 17 [7, с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{PV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7, с.359].

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7, с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_{\Gamma} = 1$ $n_v = 1$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,4$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{PV} = 1$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{IV} = 1,4$.

$$K_v = 1,4 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,98$$

Скорость резания,

$$V = \frac{290 \cdot 1,98}{30^{0,15} \cdot 2,7^{0,45} \cdot 0,5^{0,2}} = 253,3 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{253,3}{3,14 \cdot 25} = 3226,8 \text{ об/мин}$$

d – диаметр обрабатываемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\phi} = 3220 \text{ об/мин.}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 3220}{1000} = 252 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7, с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 2,7 \text{ мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7, с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,77$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_p = 0,77 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,7^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 252^{-0,15} \cdot 0,7 = 1471 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 1470 \cdot \frac{252}{1020 \cdot 60} = 6,2 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 6,2 / 0,85 = 7,29 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 020 (Растачивание канавки $\varnothing 36h11$). Переход 1.9.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, $N=14,9 \text{ кВт}$, $n=4000 \text{ об/мин}$.

Инструмент – Державка внутр. канав. MGIVR 2520-3 «Korloy» MGMN 300-M NC3120

Обрабатываемый материал – Сталь 40X.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=36 \text{ мм}$.

2. Глубина резания: $t=3 \text{ мм}$.

3. Подачу выбираем по табл. 11 [7, с.364] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости : $S=0,5 \text{ мм/об}$.

4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов: $C_v=290$; $m=0,15$ $x=0,35$; $y=0,20$

– определены по табл. 17 [7,с.367].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7,с.359].

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V},$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7,с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_{\Gamma} = 1$ $n_V = 1$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,4$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{ПV} = 1$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{ИV} = 1,4$.

$$K_V = 1,4 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,98$$

Скорость резания,

$$V = \frac{290 \cdot 1,98}{30^{0,15} \cdot 30^{0,45} \cdot 0,5^{0,2}} = 243 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{253,3}{3,14 \cdot 36} = 2150 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обтачиваемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\Phi} = 2150 \text{ об/мин.}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 2150}{1000} = 243 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 3 \text{ мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\Phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала $K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,77$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$K_{\varphi_P} = 0,89$; $K_{\gamma_P} = 1,1$; $K_{\lambda_P} = 1$; $K_{f_P} = 0,93$.

$$K_P = 0,77 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,7$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 243^{-0,15} \cdot 0,7 = 1647 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_Z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 1647 \cdot \frac{243}{1020 \cdot 60} = 6,5 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 6,5 / 0,85 = 7,7 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 025 (чистовое растачивание Ø31Н8). Переход 2.10.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, N=14,9кВт, n=4000об/мин.

Инструмент – Державка S25R – MWLNR-08 производства «Korloy» WNMG 060404-VF СМП NC3120.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=30,7$ мм.
2. Глубина резания: $t=0,11$ мм.
3. Поперечная подачу выбираем по табл. 14 [7,с.366] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости : $S=0,25$ мм/об.
4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0,2$ $x=0,15$; $y=0,20$

– определены по табл. 17 [7,с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7,с.359].

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

Значение коэффициента K_Γ и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7,с.359].

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_\Gamma = 1$ $n_V = 1$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530}\right)^1 = 1,4$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{ПV} = 1$;

Коэффициент, учитывающий качество материала инструмента $K_{IV} = 1,4$.

$$K_V = 1,4 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,98$$

Скорость резания,

$$V = \frac{350 \cdot 1,98}{60^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,11^{0,20}} = 561,76 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{561,76}{3,14 \cdot 30,7} = 5827 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обрабатываемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{\text{ф}} = 4000 \text{ об/мин}$.

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,7 \cdot 4000}{1000} = 385 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ — определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\text{max}} = 0,11 \text{ мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{r P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [7, с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{r P} = 0,87.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,7$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,11^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 385^{-0,15} \cdot 0,7 = 33,5 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 33,5 \cdot \frac{385}{1020 \cdot 60} = 0,21 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 0,21 / 0,85 = 0,25 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции

Сверление центрального отверстия Ø3, 15мм.

Токарная операция 025 (Сверление центрального отверстия Ø3, 15мм). Переход 2.2.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, N=14,9кВт, n=4000об/мин.

Инструмент – Сверло Ø3,15 Р6М5 ГОСТ 14952-75; Угол в плане $\varphi = 60^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

Диаметр необходимого отверстия $d=3,15 \text{ мм}$.

Глубина резания $t=0,5 \cdot d=0,5 \cdot 3,15=1,57 \text{ мм}$.

Подача по табл. 35 [7, с.381]: $S=0,08 \dots 0,10 \text{ мм/об}$. Принимаем $S=0,08 \text{ мм/об}$.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

Период стойкости сверла принимаем по табл. 40 [7, с.384]: $T=15 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов: $C_v = 7$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,7$ – определены по табл. 38 [7, с.383].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV}$$

где K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{-0,9} = 0,73$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7, с.359]; $K_r = 1$, $n_v = -0,9$.

По табл. 6 [7, с.361]; $K_{IIV} = 1$.

По табл. 41 [7, с.385]; $K_{IV} = 1$.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,73 \cdot 1 \cdot 1 = 0,73.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 3,15^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,08^{0,7}} \cdot 0,73 = 27,57 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 27,57}{3,14 \cdot 3,15} = 2787 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{\phi} = 2780 \text{ об/мин.}$

Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3,15 \cdot 2780}{1000} = 27,7 \text{ м/мин}$$

Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 1$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 3,15^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 1 = 0,45 \text{ Н·м.}$$

Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Осевая сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 3,15^1 \cdot 0,08^{0,7} \cdot 1 = 365 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{0,45 \cdot 2780}{9750} = 0,13 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Подрезка торцов детали муфта.

Токарная операция 020 (Подрезка торца с размера 210,5h16 мм до размера 209h12-0.16 мм). Переход 1.1.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, $N=14,9 \text{ кВт}$, $n=4000 \text{ об/мин}$.

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080408-GR СМП NC3120; Угол в плане $\varphi = 95^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. $d=30 \text{ мм}$.
2. Глубина резания: $t=1,4 \text{ мм}$.
3. Подачу выбираем по табл. 15 [7, с.366] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости : $S=0,66 \text{ мм/об}$.
4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов: $C_v=290$; $m=0,20$ $x=0,15$; $y=0,35$

– определены по табл. 17 [7, с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{PV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Значение коэффициента K_2 и показатель степени n_V для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7,с.359].

По табл. 1,5,6 [7,с.359].

$K_{MV} = K_f \cdot (750/\sigma_b)^{n_V}$. Для стали 40Х предел прочности на растяжение $\sigma_b=530$ МПа, $K_f=1$, $n_V=1$, поэтому $K_{MV} = 1 \cdot (750/530)^1 = 1,4$;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий материал режущей части.

Для режущей пластинки КНБ $K_{IV} = 1$; табл. 2 [7,с.359].

$K_{PV} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки табл. 5 [7,с.361].

$$K_V = 1,4 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,58$$

Скорость резания,

$$V = \frac{290 \cdot 1,58}{60^{0,2} \cdot 1,4^{0,15} \cdot 0,66^{0,35}} = 222,8 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{222,8}{3,14 \cdot 30} = 2365,7 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обтачиваемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{ф} = 2360$ об/мин.

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 2360}{1000} = 222 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 408$; $n = 0$; $x = 0,72$; $y = 0,8$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 1,4$ мм.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{f P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7, с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1; K_{f P} = 0,93.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,69$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 1,4^{0,72} \cdot 0,66^{0,8} \cdot 222 \cdot 0,69 = 2571 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 2571 \cdot \frac{222}{1020 \cdot 60} = 9,34 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 9,34 / 0,85 = 11 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 020 (Подрезка торца с размера 209h12-0.16 мм до размера 207,5h10-0.42 мм). Переход 1.5.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, N=14,9кВт, n=4000об/мин.

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080408-GR СМП NC3120; Угол в плане $\varphi = 95^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. d=60мм.
2. Глубина резания: t= 1,5 мм.
3. Подачу выбираем по табл. 15 [7, с.366] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости: S= 0,66мм/об.
4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: T=60 мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; m = 0,20 x = 0,15; y = 0,35

– определены по табл. 17 [7, с.367].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{PV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Значение коэффициента K_2 и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7, с.359].

По табл. 1,5,6 [7, с.359].

$K_{MV} = K_\Gamma \cdot (750/\sigma_\sigma)^{n_v}$. Для стали 40Х предел прочности на растяжение $\sigma_\sigma = 530 \text{ МПа}$, $K_\Gamma = 1$, $n_v = 1$, поэтому $K_{MV} = 1 \cdot (750/530)^1 = 1,4$;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий материал режущей части.

Для режущей пластинки КНБ $K_{IV} = 1$; табл. 2 [7, с.359].

$K_{PV} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки табл. 5 [7, с.361].

$$K_v = 1,4 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,58$$

Скорость резания,

$$V = \frac{290 \cdot 1,58}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,66^{0,35}} = 220 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{220}{3,14 \cdot 60} = 1170,67 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обрабатываемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ф}} = 1170 \text{ об/мин.}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 1170}{1000} = 220 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: : $C_p = 408$; $n = 0$; $x = 0,72$; $y = 0,8$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\text{max}} = 1,5 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{\text{MP}} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7, с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{\text{MP}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,69$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot 408 \cdot 1,5^{0,72} \cdot 0,66^{0,8} \cdot 220 \cdot 0,69 = 2702 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_Z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 2571 \cdot \frac{220}{1020 \cdot 60} = 9,7 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = N / \eta = 9,7 / 0,85 = 11,5 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 025 (Подрезка торца с размера 207,5h10-0.42 мм до размера 207h9-0.4 мм). Переход 2.1.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, $N=14,9 \text{ кВт}$, $n=4000 \text{ об/мин.}$

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080404-VF СМП NC3120; Угол в плане $\varphi = 95^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. $d=30 \text{ мм.}$

2. Глубина резания: $t= 0,4 \text{ мм.}$

3. Подачу выбираем по табл. 15 [7 ,с.366] с учётом имеющихся подач на станке и

обеспечения заданной шероховатости: $S = 0,35\text{мм/об}$.

4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 47$; $m = 0,20$ $x = -$; $y = 0,80$

– определены по табл. 17 [7,с.367].

K_v - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Iv}$$

где, K_{Mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{Pv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{Iv} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7,с.359].

$K_{Mv} = K_{\Gamma} \cdot (750/\sigma_s)^{nv}$. Для стали 40X предел прочности на растяжение $\sigma_s=530$ МПа, $K_{\Gamma}=1$, $nv=1$, поэтому $K_{Mv} = 1 \cdot (750/530)^1 = 1,4$;

K_{Iv} - коэффициент, учитывающий материал режущей части.

Для режущей пластинки КНБ $K_{Iv} = 1,4$; табл. 2 [7,с.359].

$K_{Pv} = 1,0$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки табл. 5 [7,с.361].

$$K_v = 1,4 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,98$$

Значение коэффициента K_{Γ} и показатель степени nv для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40X берем из табл. 2 [7,с.359].

Скорость резания,

$$V = \frac{47 \cdot 1,98}{60^{0,2} \cdot 0,4 \cdot 0,35^{0,8}} = 237 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{237}{3,14 \cdot 30} = 2523,5 \text{ об/мин.}$$

d - диаметр обтачиваемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{\text{ф}} = 2520$ об/мин.

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 2520}{1000} = 237 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 408$; $n = 0$; $x = 0,72$; $y = 0,8$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\text{max}} = 30\text{мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала $K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$K_{\varphi_P} = 0,89$; $K_{\gamma_P} = 1,1$; $K_{\lambda_P} = 1$; $K_{r_P} = 0,87$.

$K_P = 0,76 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,65$

Главная составляющая силы резания:

$P_Z = 10 \cdot 408 \cdot 0,1^1 \cdot 0,23^{0,8} \cdot 237 \cdot 0,65 = 587\text{Н}$

9. Мощность резания:

$N = P_Z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 587 \cdot \frac{3561}{1020 \cdot 60} = 2,3\text{кВт}$

10. Мощность привода главного движения:

$N_{пр} = N/\eta = 2,3/0,85 = 2,7\text{ кВт}$.

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 025 (Подрезка торца с размера 207h9-0.4 мм до размера 206 мм). Переход 2.7.

Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20, N=14,9кВт, n=4000об/мин.

Инструмент – Державка MWLNR 2525-M08 производства «Korloy» WNMG 080404-VF
СМП NC3120; Угол в плане $\varphi = 95^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. $d=60\text{мм}$.

2. Глубина резания: $t=0,6\text{мм}$.

3. Подачу выбираем по табл. 15 [7,с.366] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости: $S = 0,35\text{м/об}$.

4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60\text{ мин}$.

Значения коэффициентов: $C_v=47$; $m = 0,2$; $x = -$; $y = 0,8$

– определены по табл. 17 [7,с.367].

K_v - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}$$

где, K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [7,с.359].

$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot (750/\sigma_B)^{nv}$. Для стали 40Х предел прочности на растяжение $\sigma_B=530\text{ МПа}$, $K_{\Gamma}=1$, $nv=1$, поэтому $K_{MV} = 1 \cdot (750/530)^1 = 1,4$;

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий материал режущей части.

Для режущей пластинки КНБ $K_{Mv} = 1,4$; табл. 2 [7,с.359].

$K_{Lv} = 1,0$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки табл. 5 [7,с.361].

$$K_v = 1,4 \cdot 1 \cdot 1,4 = 1,98$$

Значение коэффициента K_g и показатель степени n_v для материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7,с.359].

Скорость резания,

$$V = \frac{47 \cdot 1,98}{60^{0,2} \cdot 0,6 \cdot 0,35^{0,8}} = 158 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot d} = 1000 \cdot \frac{158}{3,14 \cdot 30} = 841 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обрабатываемой поверхности

6. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ф}} = 840 \text{ об/мин.}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 840}{1000} = 158 \text{ м/мин}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 408$; $n = 0$; $x = 0,72$; $y = 0,8$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\text{max}} = 0,6 \text{ мм.}$

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,1; K_{\lambda P} = 1,; K_{TP} = 0,87.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,65$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 0,6^{0,72} \cdot 0,35^{0,8} \cdot 158^0 \cdot 0,65 = 786 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 786 \cdot \frac{158}{1020 \cdot 60} = 2,03 \text{ кВт}$$

10. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = N / \eta = 2,03 / 0,85 = 2,4 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 14,9 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Сверление технологического отверстия $\varnothing 4H9^{(+0,03)} \text{ мм.}$

030. Координатно-расточная. (Центровка отв. Ø2,5.) Переход 3.1.

Координатно-расточной станок 2Д450П, N=1кВт, n=10...2000 об/мин.

Инструмент – Сверло Ø2,5 Р6М5 2317-0005 ГОСТ 14952-75; Угол в плане $\varphi = 118^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

Диаметр необходимого отверстия $d=2,5\text{мм}$.

Глубина резания $t=0,5 \cdot d=0,5 \cdot 2,5=1,25\text{мм}$.

Подача по табл. 35 [7, с.381]: $S=0,08...0,10\text{ мм/об}$. Принимаем $S=0,08\text{ мм/об}$.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

Период стойкости сверла принимаем по табл. 40 [7, с.384]: $T=15\text{мин}$.

Значения коэффициентов: $C_v = 7$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,7$ – определены по табл. 38 [7, с.383].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV}$$

где K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{-0,9} = 0,73$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7, с.359]; $K_r = 1$, $n_v = -0,9$.

По табл. 6 [7, с.361]; $K_{IIV} = 1$.

По табл. 41 [7, с.385]; $K_{IV} = 1$.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,73 \cdot 1 \cdot 1 = 0,73.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 2,5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,08^{0,7}} \cdot 0,73 = 25,13 \text{ м / мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 25,13}{3,14 \cdot 2,5} = 3201,2 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ф}} = 3200 \text{ об/мин.}$$

Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 3200}{1000} = 25 \text{ м / мин}$$

Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 1$.

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 2,5^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 1 = 0,02 \text{ Н·м.}$$

Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Осевая сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 2,5^1 \cdot 0,08^{0,7} \cdot 1 = 290 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{0,02 \cdot 3200}{9750} = 0,007 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 1 кВт, она достаточна для выполнения операции.

030. Координатно-расточная. (Сверление отв. Ø3,2.) Переход 3.2.

Координатно-расточной станок 2Д450П, N=1кВт, n=10...2000 об/мин.

Инструмент – Сверло Ø3,2 Р18 ГОСТ 10902-77; Угол в плане $\varphi = 118^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

Диаметр необходимого отверстия $d=3,2$ мм.

Глубина резания $t=0,5 \cdot d=0,5 \cdot 3,2=1,6$ мм. .

Подача по табл. 35 [7, с.381]: $S=0,08 \dots 0,10$ мм/об. Принимаем $S=0,08$ мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

Период стойкости сверла принимаем по табл. 40 [7, с.384]: $T=15$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 7$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,7$ – определены по табл. 38 [7, с.383].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV}$$

где K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{-0,9} = 0,73$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7, с.359]; $K_r = 1$, $n_v = -0,9$.

По табл. 6 [7, с.361]; $K_{IV} = 1$.

По табл. 41 [7, с.385]; $K_{IIV} = 1$.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,73 \cdot 1 \cdot 1 = 0,73.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 3,2^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,08^{0,7}} \cdot 0,73 = 27,73 \text{ м / мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 27,73}{3,14 \cdot 3,15} = 2805 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{\phi} = 2805 \text{ об/мин.}$

Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3,2 \cdot 2805}{1000} = 28 \text{ м/мин}$$

Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 1$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 3,2^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 1 = 0,47 \text{ Н·м.}$$

Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Осевая сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 3,2^1 \cdot 0,08^{0,7} \cdot 1 = 1823 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{0,47 \cdot 2805}{9750} = 0,14 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 1 кВт, она достаточна для выполнения операции.

030. Координатно-расточная. (Рассверливание до $\varnothing 4H9^{(+0,03)} \text{ мм}$) Переход 3.3.

Координатно-расточной станок 2Д450П, $N=1 \text{ кВт}$, $n=10 \dots 2000 \text{ об/мин.}$

Инструмент – Фреза концевая $\varnothing 4 \text{ ЕВ } 0404$ производства «НГТ»

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

Диаметр необходимого отверстия $d=4 \text{ мм.}$

Глубина резания $t=0,5 \cdot d=0,5 \cdot 4=2 \text{ мм.}$

Подача по табл. 35 [7, с.381]: $S=0,08 \dots 0,10 \text{ мм/об.}$ Принимаем $S=0,15 \text{ мм/об.}$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

Период стойкости сверла принимаем по табл. 40 [7, с.384]: $T=15 \text{ мин.}$

Значения коэффициентов: $C_v = 7$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,7$ – определены по табл. 38 [7, с.383].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV}$$

где K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{-0,9} = 0,73$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7, с.359]; $K_r = 1$, $n_v = -0,9$.

По табл. 6 [7, с.361]; $K_{IV} = 1$.

По табл. 41 [7, с.385]; $K_{IV} = 1$.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,73 \cdot 1 \cdot 1 = 0,73.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{7 \cdot 4^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} \cdot 0,73 = 19,5 \text{ м / мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 19,5}{3,14 \cdot 4} = 1552 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\phi} = 1552 \text{ об/мин.}$$

Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 1552}{1000} = 19,5 \text{ м / мин}$$

Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 1$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1 = 1,21 \text{ Н·м.}$$

Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Осевая сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 4^1 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1 = 720 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{1,21 \cdot 1552}{9750} = 0,19 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 1 кВт, она достаточна для выполнения операции.

030. Координатно-расточная. (Центровка отв. Ø2,5.) Переход 3.4.

Координатно-расточной станок 2Д450П, $N=1\text{кВт}$, $n=10\dots2000$ об/мин.

Инструмент – Зенковка Р6М5 2353-0133 ГОСТ 14953-80; Угол в плане $\varphi = 90^\circ$.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

Диаметр необходимого отверстия $d=5\text{мм}$.

Глубина резания $t=0,5 \cdot d=0,5 \cdot 5=2,5\text{мм}$.

Подача по табл. 35 [7, с.381]: $S=0,08\dots0,10$ мм/об. Принимаем $S=0,15$ мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

Период стойкости сверла принимаем по табл. 40 [7, с.384]: $T=15$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 7$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,7$ – определены по табл. 38 [7, с.383].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV}$$

где K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{-0,9} = 0,73$$

Значение коэффициента K_r и показатель степени n_v для сверла из быстрорежущей стали при обработке заготовки из стали 40Х берем из табл. 2 [7, с.359]; $K_r = 1$, $n_v = -0,9$.

По табл. 6 [7, с.361]; $K_{IIV} = 1$.

По табл. 41 [7, с.385]; $K_{IV} = 1$.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IIV} = 0,73 \cdot 1 \cdot 1 = 0,73.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} \cdot 0,73 = 26,4 \text{ м / мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 26,4}{3,14 \cdot 5} = 1600,3 \text{ об/мин.}$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\phi} = 1600 \text{ об/мин.}$$

Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 1600}{1000} = 25 \text{ м / мин}$$

Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Коэффициент $K_p = K_{MP} = 1$.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,15^8 \cdot 1 = 0,01 \text{ Н·м.}$$

Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ – определены по табл. 42 [7, с.385].

Осевая сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 2,5^1 \cdot 0,08^{0,7} \cdot 1 = 290 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность резания: } N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{0,02 \cdot 3200}{9750} = 0,003 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка 1 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Фрезерование внешних шлицев¹⁰ Г и В.

Зубофрезерная операция 035 (Зубчатый венец Г). Переход 4.1.

Зубофрезерный полуавтомат 53В30П, N=4,2кВт, n=50 - 500об/мин.

Инструмент – 2520-0674 Червячная фреза Р6М5 ГОСТ 6637-80.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

Нарезается цилиндрическое зубчатое колесо с параметрами: модуль $m=2$ мм, число зубьев $z=14$, угол профиля зубьев $\beta=30^\circ$, направление зубьев - правое, ширина венца $b=26$ мм, материал- сталь 40Х твердостью HB 156-207.

Выбор подачи:

По табл. 2.14, А нормативная подача составляет 2 мм/об. С учетом поправочных коэффициентов (см. табл. 2.14, В) 1 - в зависимости от угла наклона зубьев и 1,25 - в зависимости от попутного направления подачи нормативная подача составляет $S_0 = 2 \cdot 0,8 \cdot 1,25 = 2$ мм/об. Согласно руководству по эксплуатации станка принимается ближайшее значение подачи $S_0=2$ мм/об.

Выбор скорости резания.

По табл. 2.14, Б скорость резания определяем для подачи $S_0=2$ мм/об, $v = 25-38$ м/мин. Для нарезания выбираем $V_n=38$ м/мин. С учетом поправочного коэффициента (см. табл. 2.14, В) 0,95 - в зависимости от угла наклона зубьев нормативная скорость резания составляет $V_n=38 \cdot 0,95=36,1$ м/мин. При этом частота вращения фрезы должна быть $n_{\phi}=(1000 \cdot v_n)/(\pi d_{a0})=(1000 \cdot 36,1)/(3,14 \cdot 63)=182$ об/мин.

Для работы принимается ближайшая, имеющаяся на станке частота вращения фрезы $n_{\phi}=200$ об/мин.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 200}{1000} = 40 \text{ м/мин};$$

Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 200$; $n = 0$; $x = 0,1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 2$ мм.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\phi P} = 1,08; K_{\gamma P} = 1,15; K_{\lambda P} = 1; K_{\Gamma P} = 1.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 1,08 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 0,94$$

Главная составляющая силы резания:

¹⁰ Справочник молодого зуборезчика. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1988 — 230 с: ил.

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 2^{0,1} \cdot 2^{0,75} \cdot 40^0 \cdot 0,94 = 3389 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 3389 \cdot \frac{40}{1020 \cdot 60} = 2,21 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = N / \eta = 2,21 / 0,85 = 2,6 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 4,2 кВт, она достаточна для выполнения операции.

035 Зубофрезерная операция (Зубчатый венец В). Переход 4.2.

Зубофрезерный полуавтомат 53В30П, N=4,2кВт, n=50 - 500об/мин.

Инструмент – 2520-0674 Червячная фреза Р6М5 ГОСТ 6637-80.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

Нарезается цилиндрическое зубчатое колесо с параметрами: модуль $m=2,5$ мм, число зубьев $z=20$, угол профиля зубьев $\beta=30^\circ$, направление зубьев - правое, ширина венца $b=26$ мм, материал- сталь 40Х твердостью HB 156-207.

Выбор подачи:

По табл. 2.14, А нормативная подача составляет 2,5 мм/об. С учетом поправочных коэффициентов (см. табл. 2.14, В) 1 - в зависимости от угла наклона зубьев и 1,25 - в зависимости от попутного направления подачи нормативная подача составляет $S_0 = 2,5 \cdot 0,8 \cdot 1,25 = 2,5$ мм/об. Согласно руководству по эксплуатации станка принимается ближайшее значение подачи $S_0=2,5$ мм/об.

Выбор скорости резания.

По табл. 2.14, Б скорость резания определяем для подачи $S_0=2,5$ мм/об, $V = 21-33,5$ м/мин. Для нарезания выбираем $V_n=25$ м/мин. С учетом поправочного коэффициента (см. табл. 2.14, В) 0,95 - в зависимости от угла наклона зубьев, 1,05- с учетом класса точности фрезы- А: нормативная скорость резания составляет $V_n=25 \cdot 0,95 \cdot 1,05=24,9$ м/мин. При этом частота вращения фрезы должна быть $n_{\phi}=(1000 \cdot v_n)/(\pi d_{a0})=(1000 \cdot 24,9)/(3,14 \cdot 63)=125$ об/мин.

Для работы принимается ближайшая, имеющаяся на станке частота вращения фрезы $n_{\phi}=130$ об/мин.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 130}{1000} = 25 \text{ м/мин;}$$

Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 200$; $n = 0$; $x = 0,1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7,с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\text{max}} = 2$ мм.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{\text{MP}} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{r P}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{\text{MP}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\phi P} = 1,08; K_{\gamma P} = 1,15; K_{\lambda P} = 1; K_{r P} = 1.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 1,08 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 0,94$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 2,5^{0,1} \cdot 2^{0,75} \cdot 25^0 \cdot 0,94 = 3465 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 3465 \cdot \frac{25}{1020 \cdot 60} = 1,46 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 1,46 / 0,85 = 1,7 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 4,2 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Долбление внутренних шлицев Д¹¹.

Зубодолбежная операция 050 (Зубчатый венец Д). Переход 5.1.

Зубодолбежный станок 5А140П, N=7,5кВт.

Инструмент – 2540-0074 Долбяк HSS ГОСТ 6762-79.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

1. Диаметр делительной окружности эвольвентных зубьев $D_1=32\text{мм}$. Число зубьев $z_1=16$.
2. Ширина зубчатого венца: $b=41\text{ мм}$.
3. Глубина долбления: $t=2\text{мм}$.
4. Диаметр делительной окружности долбяка $D_2=18\text{ мм}$, количество зубьев $z_2=9$.

Назначаем:

Круговая подача по табл.3 при модуле 2, $S_{кр}= 0,25\text{ мм/дв. ход долбяка}$.

Величину *радиальной ступенчатой подачи* определяют в зависимости от твердости обрабатываемого материала. При твердости HB=180...230. $S_{рад.}=0,05\text{ мм/дв. ход долбяка}$.

Скорость резания примем по той же табл. 3; $V = 30\text{м/мин}$.

Определим частоту движения долбяка:

$$n = \frac{1000 \cdot V \cdot \cos \beta}{\pi \cdot L}$$

где, L - длина хода долбяка, примем $(41+5,5+5,5)=52\text{мм}$.

β – угол наклона линии зуба колеса $=30^\circ$

$$n = \frac{1000 \cdot 30 \cdot \cos 30^\circ}{3,14 \cdot 52} = 160 \text{ дв. ход/мин.}$$

Число рабочих ходов:

$$i = t / S_{рад} = 2 / 0,05 = 40 \text{ ход/мин.}$$

5. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 200$; $n = 0$; $x = 1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7,с.372].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 0,05\text{мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{GP}$$

¹¹ А.С. КАЛАШНИКОВ, канд. техн. наук (МГТУМАМИ) Справочник. Инженерный журнал № 11, 2002, стр. 19-23.

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7,с.362; с.374]:

Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала $K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,77$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$K_{\varphi_P} = 1,08$; $K_{\gamma_P} = 1,15$; $K_{\lambda_P} = 1$; $K_{f_P} = 0,87$.

$K_P = 0,77 \cdot 1,08 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,83$

Главная составляющая силы резания:

$P_Z = 10 \cdot 200 \cdot 2^1 \cdot 0,05^{0,75} \cdot 0,83 = 619 \text{ Н}$

9. Мощность резания:

$N = P_Z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 619 \cdot \frac{30}{1020 \cdot 60} = 0,3 \text{ кВт}$

10. Мощность привода главного движения:

$N_{пр} = N / \eta = 2,9 / 0,85 = 0,3 \text{ кВт}$.

Мощность электродвигателя станка – 4 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Шлифование внешних шлицев¹² Г и В.

Шлицешлифовальная операция 075 (Зубчатый венец Г). Переход 6.1.

Зубофрезерный полуавтомат 53В30П, $N=4,2 \text{ кВт}$, $n=50 - 500 \text{ об/мин}$.

Инструмент – Шлифовальный круг тира Червячная фреза 2520-0674 Р6М5 ГОСТ 6637-80.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

Нарезается цилиндрическое зубчатое колесо с параметрами: модуль $m=2 \text{ мм}$, число зубьев $z=14$, угол профиля зубьев $\beta=30^\circ$, направление зубьев - правое, ширина венца $b=26 \text{ мм}$, материал- сталь 40Х твердостью HB 156-207.

Выбор подачи:

По табл. 2.14, А нормативная подача составляет 2 мм/об. С учетом поправочных коэффициентов (см. табл. 2.14, В) 1 - в зависимости от угла наклона зубьев и 1,25 - в зависимости от попутного направления подачи нормативная подача составляет $S_0 = 2 \cdot 0,8 \cdot 1,25 = 2 \text{ мм/об}$. Согласно руководству по эксплуатации станка принимается ближайшее значение подачи $S_0=2 \text{ мм/об}$.

Выбор скорости резания.

По табл. 2.14, Б скорость резания определяем для подачи $S_0=2 \text{ мм/об}$, $v = 25-38 \text{ м/мин}$. Для нарезания выбираем $V_n=38 \text{ м/мин}$. С учетом поправочного коэффициента (см. табл. 2.14, В) 0,95 - в зависимости от угла наклона зубьев нормативная скорость резания составляет $V_n=38 \cdot 0,95=36,1 \text{ м/мин}$. При этом частота вращения фрезы должна быть $n_{\phi}=(1000 \cdot v_n)/(\pi d_{a0})=(1000 \cdot 36,1)/(3,14 \cdot 63)=182 \text{ об/мин}$.

Для работы принимается ближайшая, имеющаяся на станке частота вращения фрезы $n_{\phi}=200 \text{ об/мин}$.

¹² Справочник молодого зуборезчика. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1988 — 230 с: ил.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 200}{1000} = 40 \text{ м/мин};$$

Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 200$; $n = 0$; $x = 0,1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7, с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 2 \text{ мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7, с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\varphi P} = 1,08; K_{\gamma P} = 1,15; K_{\lambda P} = 1; K_{rP} = 1.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 1,08 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 0,94$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 2^{0,1} \cdot 2^{0,75} \cdot 40^0 \cdot 0,94 = 3389 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 3389 \cdot \frac{40}{1020 \cdot 60} = 2,21 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 2,21 / 0,85 = 2,6 \text{ кВт}.$$

Мощность электродвигателя станка – 4,2 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Шлицешлифовальная операция 075 (Зубчатый венец В). Переход 6.2.

Зубофрезерный полуавтомат 53В30П, $N=4,2 \text{ кВт}$, $n=50 - 500 \text{ об/мин}$.

Инструмент – Шлифовальный круг тира Червячная фреза 2520-0674 Р6М5 ГОСТ 6637-80.

Обрабатываемый материал – Сталь 40Х.

Нарезается цилиндрическое зубчатое колесо с параметрами: модуль $m=2,5 \text{ мм}$, число зубьев $z=20$, угол профиля зубьев $\beta=30^\circ$, направление зубьев - правое, ширина венца $b=26 \text{ мм}$, материал- сталь 40Х твердостью HB 156-207.

Выбор подачи:

По табл. 2.14, А нормативная подача составляет 2,5 мм/об. С учетом поправочных коэффициентов (см. табл. 2.14, В) 1 - в зависимости от угла наклона зубьев и 1,25 - в зависимости от попутного направления подачи нормативная подача составляет $S_0 = 2,5 \cdot 0,8 \cdot 1,25 = 2,5 \text{ мм/об}$. Согласно руководству по эксплуатации станка принимается ближайшее значение подачи $S_0 = 2,5 \text{ мм/об}$.

Выбор скорости резания.

По табл. 2.14, Б скорость резания определяем для подачи $S_0 = 2,5 \text{ мм/об}$, $V = 21 - 33,5 \text{ м/мин}$. Для нарезания выбираем $V_n = 25 \text{ м/мин}$. С учетом поправочного коэффициента (см. табл. 2.14, В) 0,95 - в зависимости от угла наклона зубьев, 1,05 - с учетом класса точности фрезы- А: нормативная скорость резания составляет $V_n = 25 \cdot 0,95 \cdot 1,05 = 24,9 \text{ м/мин}$. При этом частота вращения фрезы должна быть $n_{ф} = (1000 \cdot v_n) / (\pi d_{a0}) = (1000 \cdot 24,9) / (3,14 \cdot 63) = 125 \text{ об/мин}$.

Для работы принимается ближайшая, имеющаяся на станке частота вращения фрезы $n_f = 130$ об/мин.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 130}{1000} = 25 \text{ м/мин};$$

Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значения коэффициентов: $C_p = 200$; $n = 0$; $x = 0,1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [7, с.373].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 2 \text{ мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9;23 [7, с.362; с.374]:

$$\text{Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала } K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^y = 0,76$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\varphi P} = 1,08; K_{\gamma P} = 1,15; K_{\lambda P} = 1; K_{rP} = 1.$$

$$K_p = 0,76 \cdot 1,08 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 0,94$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 2,5^{0,1} \cdot 2^{0,75} \cdot 25^0 \cdot 0,94 = 3465 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N = P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} = 3465 \cdot \frac{25}{1020 \cdot 60} = 1,46 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 1,46 / 0,85 = 1,7 \text{ кВт}.$$

Мощность электродвигателя станка – 4,2 кВт, она достаточна для выполнения операции.

2.9. Выбор оборудования.

005. Ленточно (проволочно) – отрезная.

Технические характеристики:



Рис. 2.6. Ленточно-пильный станок FMB Hercules¹³.

Размер пилы	- 4120x34x1,1 мм
Скорость пилы, м/мин	- 16÷120
Высота рабочего стола, мм	- 890
Скорость пилы, м/мин	- 16÷120
Мощность двигателя пилы, кВт	- 3
Насос СОЖ, кВт	- 0,06
Вес, кг	- 800
Габариты, мм	- 1,0x2,4x1,6
Мощность двигателя охлаждающего насоса	- 0.9 кВт
Тип передачи	- Зубчатая передача
Габаритные размеры	-2500x1300x1900мм

010. Штамповочная операция.



Рис.2.7. Пресс горячештамповочный кривошипный (КГШП) Модель KE8336 усилием 400 тс.

Технические характеристики:

Номинальное усилие, тс	630
Ход ползуна, мм	200
Число непрерывных ходов, мин ⁻¹	100
Число одиночных включений, мин ⁻¹	26
Штамповая высота, мм	600
Регулировка, мм	10
Размеры стола, мм	
слева направо	760
спереди назад	850

¹³ http://www.rosmark-steel.ru/assets/docs/FMB_2013.pdf

020, 025. Токарная операция.



Рис.2.8. Токарно-револьверный станок с ЧПУ HAAS ST-20

Технические характеристики:

Максимальный диаметр обрабатываемой детали с револьвером VDI	- 178 мм
Пределы скоростей вращения шпинделя	- 4000 об/мин
Подача	- 0,02-5 мм/об
Мощность станка	- 14,9 кВт
Габариты станка	- 3149x2464x1867

030. Координатно-расточная:



Рис.2.9. Координатно-расточной станок 2Д450П.

Технические характеристики:

Вылет шпинделя, мм	- 710
Частота вращения шпинделя:	- (бесступенчатое регулирование с дискретностью 1 об/мин), 10... 2000 об/мин
Рабочая подача шпинделя:	- (бесступенчатое регулирование с дискретностью 1 мм/мин), стола, салазок, мм/мин 1 ... 6000
Ускоренный ход шпинделя, стола, салазок, мм/мин	- 6000
Допускаемая масса обрабатываемого изделия, кг	- 600
Мощность электродвигателей, кВт	- главного движения 7,3 - подач 1,1 - суммарная 10
Габариты станка, мм	= 3600x3000x3500
Масса станка, кг, не более	- без электрошкафов и принадлежностей 8250 - с электрошкафами и принадлежностями 10 000

040,045. Зубофрезерная; 060. Шлицшлифовальная.



Рис.2.10. Зубофрезерный полуавтомат 53В30П.

Технические характеристики:	
Наибольший обрабатываемый модуль, мм	6
Наибольший угол наклона нарезаемых зубьев, град.	60
Диапазон частот вращения червячной фрезы, мин ⁻¹	50 - 500
Диапазон вертикальных подач, мм/об.	0,63 - 7,3
Диапазон радиальных подач, мм/мин.	1 - 16
Диапазон тангенциальных подач, мм/об.	0,26 - 2,3
Мощность (двухскоростного) привода главного движения, кВт	3,2/4,2;
Габаритные размеры полуавтомата, мм	2300x1300x1950
Масса полуавтомата, кг	5100

065 Зубодолбежная:



Рис.2.11. Зубодолбежный станок 5А140П.

Технические характеристики:	
Максимальный модуль нарезаемых колес, мм	- 8
Максимальная ширина нарезаемого венца, мм	- 100
Максимальный ход шпинделя инструмента, мм	- 125
Диаметр рабочей поверхности стола, мм	- 560
Подача, мм/мин:	- круговая (при долбяке 100) 6-590 - радиальная (мм/дв.ход) (0,02-0,2)
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	- 4; 4,5; 7,5
Габаритные размеры станка, мм:	2680x3325x2510
Масса станка, кг	- 7500

2.10. Конструкция и краткие характеристики используемых инструментов для обработки детали муфта.

Для отрезания исходной заготовки используется биметаллическая пила фирмы изготовителя RÖNTGEN, с зубьями из стали HSS, толщиной полотна 1,1мм., рис.2.12.

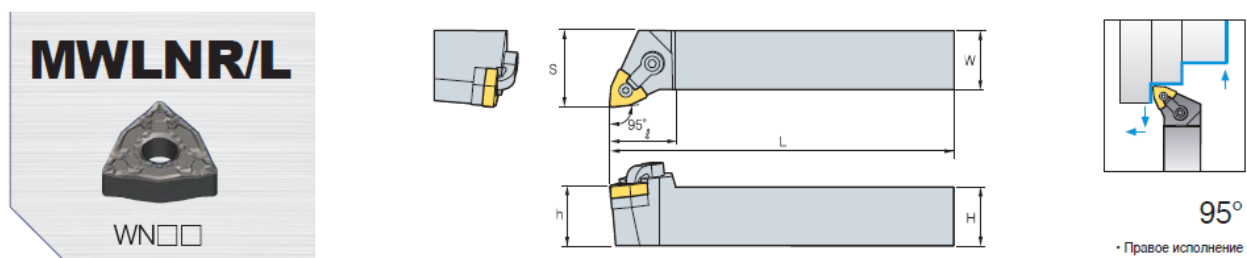


Рис.2.12.
Биметаллическая пила RÖNTGEN.

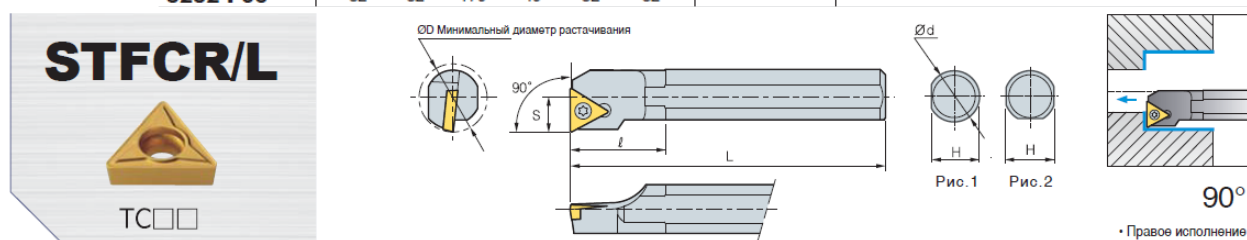
Далее с помощью КГШП, происходит горячая высадка исходной заготовки в матрицу. Конструкцией должен быть предусмотрен выталкиватель с целью облегчения извлечения готовой поковки. Заготовку-поковку необходимо очистить от остаточного облоя и произвести нормализацию, для снятия напряжений и уменьшения зернистости.

Далее, осуществляется токарная обработка. Используются державки производства «Korloy» рис. 2.13, со сменными многогранными пластинами (СМП) рис.2.14, схема прижима рис. 2.15.

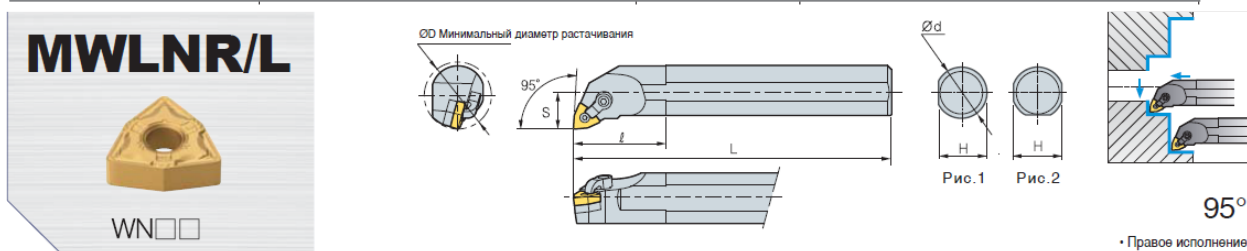
2.10.1. Используемые державки.



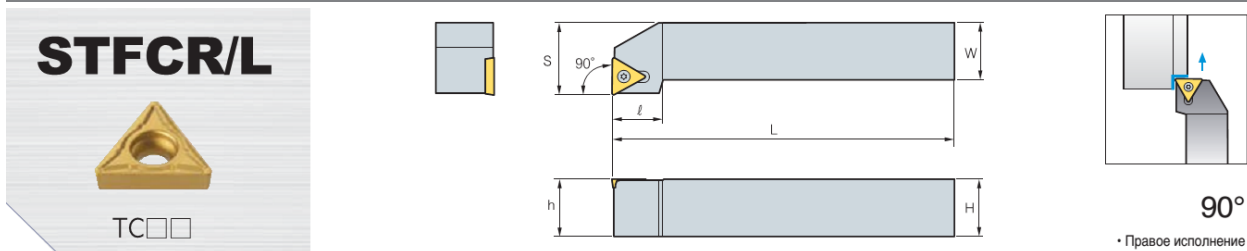
Обозначение		H	W	L	S	h	ℓ	СМП	(мм)					
														
MWLNR/L	2020-K06	20	20	125	25	20	32	WN□□0604□□						
	2525-M06	25	25	150	32	25	32							
	3232-P06	32	32	170	40	32	32							
									CDH7N	DHA10-32-19	SW32D	SP3D	HW19.8L HW23.8L	



														(мм)
Обозначение	OD	Od	H	L	S	ℓ	СМП					Рис.		
S10M-STFCR/L-09	13	10	9	150	7	23	TC□□0902□□							
S12M-STFCR/L-09	16	12	11	150	9	28								
								FTKA02206	-	-	TW06P			



														(мм)
Обозначение	ØD	Ød	H	L	S	ℓ	СМП						Рис.	
S25R-MWLNR/L-08	32	25	23	200	17	36	WN□□0804□□	CDH6N	DHA1/4-21	-	SP4DS	HW31.8L	↙	
S32S-MWLNR/L-08	40	32	30	250	22	50				SW43D	SP4D	HW23.8L		
S40T-MWLNR/L-08	50	40	37	300	27	60								
S25R-MWLNR/L-08	32	25	23	200	17	36	WN□□0804□□	CDH6N	DHA1/4-21	-	SP4DS	HW31.8L	↙	
S32S-MWLNR/L-08	40	32	30	250	22	50				SW43D	SP4D	HW23.8L		
S40T-MWLNR/L-08	50	40	37	300	27	60								



Обозначение		H	W	L	S	h	ℓ	СМП	Винт	Опорная пластина	Винт	Опорная пластина	Ключ	(мм)
STFCR/L	1010-E09	10	10	70	12	10	10	TC□□0902□□						
	1212-F11	12	12	80	16	12	14	TC□□1102□□						
	1616-H11	16	16	100	20	16	14	TC□□16T3□□						
	1616-H16	16	16	100	20	16	19	TC□□16T3□□						
	2020-K16	20	20	125	25	20	19	TC□□16T3□□						
									FTKA02206	-	-	-	TW06P	
									FTKA02565	-	-	-	W07P	
									FTGA03512	ST32S	SHXN0509F	TW15P, HW35L		

MGIVR/L

MGMN MRMN
MGGN MRGN

Точение профильных канавок

Правое исполнение

Обозначение	OD	Od	L	ℓ	T-MAX	H	S	СМП	Винт	Ключ
2520-3	25	20	150	45	5	18	15.6	MGMN300-M/G/T MGGN300-□□-M MRMN300-M MGMN300-□□-L/R	MHA0512	HW40L
3125-3	31	25	200	45	6	23	18.9			
3732-3	37	32	250	65	6	30	21.5			
2520-4	25	20	150	45	6	18	15.6	MGMN400-M/G/T MGGN400-□□-M MRMN400-M MGMN400-□□-L/R		
3125-4	31	25	200	45	6	23	18.9			
3732-4	37	32	250	65	6	30	21.5			

MGEHR/L

MGMN MGMR
MGGN MRMN
MRGN

Продольное и поперечное точение, отрезание

Правое исполнение

Обозначение	H=(h)	W	L	S	T-MAX	СМП	Винт	Ключ
MGEHR/L 1616-1.5	16	16	100	16.2	14	MGMN150-G	LTX0514	TW20L
2020-1.5	20	20	125	20.2	14			
2525-1.5	25	25	150	25.2	14			
2020-4	20	20	125	20.4	18	MGMN400-M/T MGGN400-□□-M MRMN400-M MGMR400-□□-□□ MGMN400-□□-L/R		
2020-4-T10	20	20	125	20.4	10			
2525-4	25	25	150	25.4	18			
2525-4-T10	25	25	150	25.4	10			
3232-4	32	32	170	32.4	18			
3232-4-T10	32	32	170	32.4	10			

MVJNR/L

VN□□

93°

• Правое исполнение

Обозначение	H	W	L	S	h	ℓ	СМП	Кронштейн	Винт	Опорная пластина	Штифт	Ключ
MVJNR/L 2020-K16	20	20	125	25	20	37	VN□□ 1604□□	CDH8N2	DHA5/16-32	SV32D	SP3D	HW39.7L HW19.8L
2525-M16	25	25	150	32	25	37						
3232-P16	32	32	170	40	32	37						

Рис.2.13. Используемые державки производства «Korloy» в ТП изготовления детали муфта.

Система обозначения токарных СМП по ISO.[8]

C N M G 12				
1	2	3	4	5
Форма пластины	Задний угол	Класс точности	Тип СМП	Номинальная длина режущей кромки
1 Форма пластины C N M G 12 04 08 - VM				
2 Задний угол C N M G 12 04 08 - VM				
3 Класс точности C N M G 12 04 08 - VM				
4 Тип СМП C N M G 12 04 08 - VM				

1 Форма пластины C N M G 12 04 08 - VM				
C	D	E	K	L
R	S	T	V	W

2 Задний угол C N M G 12 04 08 - VM				
B	C	D	E	
				Специальный угол
F	N	P	O	

3 Класс точности C N M G 12 04 08 - VM				
d : диаметр вписанной окружности t : высота пластины m : конструктивный параметр				
(mm)				
Class	d	m	t	
A	±0.025	±0.005	±0.025	
C	±0.025	±0.013	±0.025	
H	±0.013	±0.013	±0.025	
E	±0.025	±0.025	±0.025	
G	±0.025	±0.025	±0.13	
J *	±0.05 ~ ±0.15	±0.005	±0.025	
K *	±0.05 ~ ±0.15	±0.013	±0.025	
L *	±0.05 ~ ±0.15	±0.025	±0.025	
M *	±0.05 ~ ±0.15	±0.08 ~ ±0.20	±0.13	
N *	±0.05 ~ ±0.15	±0.08 ~ ±0.18	±0.025	
U *	±0.08 ~ ±0.25	±0.13 ~ ±0.38	±0.13	
* Стороны основаны на вставки				
Класс точности для форм C, E, H, M, O, P, R, S, T, W				
d	Допуск по d		Допуск по m	
	J, K, L, M, N	U	M, N	U
6.35	±0.05	±0.08	±0.08	±0.13
9.525	±0.05	±0.08	±0.08	±0.13
12.7	±0.08	±0.13	±0.13	±0.20
15.875	±0.10	±0.18	±0.15	±0.27
19.05	±0.10	±0.18	±0.15	±0.27
25.4	±0.13	±0.25	±0.18	±0.38
Класс точности для формы D				
d	Допуск по d		Допуск по m	
6.35	±0.05		±0.11	
9.525	±0.05		±0.11	
12.7	±0.08		±0.15	
15.875	±0.10		±0.18	
19.05	±0.10		±0.18	

4 Тип СМП C N M G 12 04 08 - VM				
A	B	C		
			H	
F	G	N		
J	M	P		
Q	R	T		
U	W	X		

04

6

Высота СМП

08

7

Радиус при вершине

-

VM

8

Тип стружколома

5

Номинальная длина режущей кромки

C N M G 12 04 08 - VM

Обозначение								IC
C	d	s	T	R	V	W	Дюймовое	
Метрическое								d(мм)
03	04	03	06	03	-	02	1.2(5)	3.97
04	05	04	08	04	08	S3	1.5(6)	4.76
05	06	05	09	05	09	03	1.8(7)	5.56
-	-	-	-	06	-	-	-	6.00
06	07	06	11	06	11	04	2	6.35
08	09	07	13	07	13	05	2.5	7.94
-	-	-	-	08	-	-	-	8.00
09	11	09	16	09	16	06	3	9.525
-	-	-	-	10	-	-	-	10.00
11	13	11	19	11	19	07	3.5	11.11
-	-	-	-	12	-	-	-	12.00
12	15	12	22	12	22	08	4	12.70
14	17	14	24	14	24	09	4.5	14.29
16	19	15	27	15	27	10	5	15.875
-	-	-	-	16	-	-	-	16.00
17	21	17	30	17	30	11	5.5	17.46
19	23	19	33	19	33	13	6	19.05
-	-	-	-	20	-	-	-	20.00
22	27	22	38	22	38	15	7	22.225
-	-	-	-	25	-	-	-	25.00
25	31	25	44	25	44	17	8	25.40
32	38	31	54	31	54	21	10	31.75
-	-	-	-	32	-	-	-	32.00

() Обозначение для малого размера пластины

7

Радиус при вершине

C N M G 12 04 08 - VM

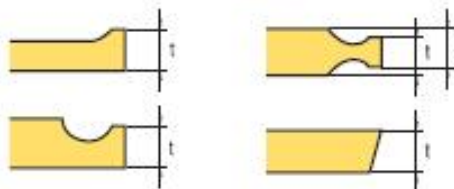


Обозначение		значение радиуса	
Метрическое	Дюймовое	Метрическое	Дюймовое
01	0	0.1	0.004
02	0.5	0.2	0.006
04	1	0.4	1/64
08	2	0.8	1/32
12	3	1.2	3/64
16	4	1.6	1/16
20	5	2.0	5/64
24	6	2.4	3/32
28	7	2.8	7/64
32	8	3.2	1/8
00	-	Круглая пластина(дюймовая)	
M0	-	Круглая пластина(метрическая дюймовая)	

6

Высота СМП

C N M G 12 04 08 - VM



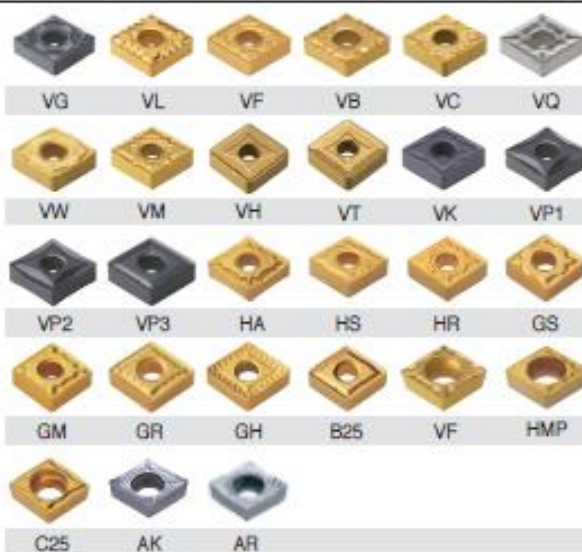
Обозначение		значение радиуса	
Метрическое	Дюймовое	мм	Дюймовое
01	1(2)	1.59	1/16
T0	1.125	1.79	9/128
T1	1.2	1.98	5/64
02	1.5(3)	2.38	3/32
T2	1.75	2.78	7/64
03	2	3.18	1/8
T3	2.5	3.97	5/32
04	3	4.76	3/16
05	3.5	5.56	7/32
06	4	6.35	1/4
07	5	7.94	5/16
09	6	9.52	3/8
11	7	11.11	7/16
12	8	12.70	1/2

() Обозначение для малого размера пластины

8

Тип стружколома

C N M G 12 04 08 - VM



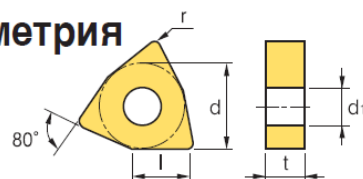
2.10.2. Используемые сменные многогранные пластины.

WN 00



Тригональная
форма

80° Отрицательная геометрия

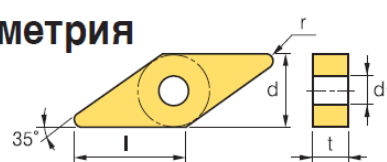
[illegible]

VN○○



Pom6

35° Отрицательная геометрия

[illegible]

Далее, осуществляется центровка. Сверло из инструментальной стали Р6М5 $\varnothing 2,5$ мм. исполнения 2 2317-0005 ГОСТ 14952-75, рис.2.16.

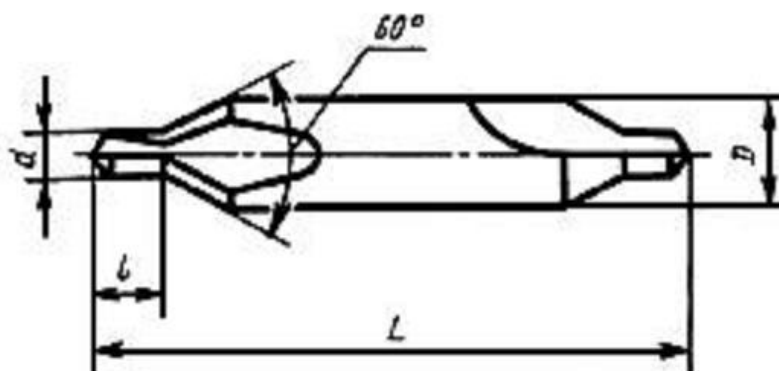


Рис.2.16.

Сверло центровочное комбинированное.

Сверлится технологическое отверстие $\varnothing 3,2$ мм. Сверло повышенной точности класса А1 исполнения 1 правое из стали Р18 2300-0158 ГОСТ 10902-77, рис.2.17.



Рис.2.17.

Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком.

Растачивается технологическое отверстие $\varnothing 4\text{H}9^{+0,03}\text{x}5$ на правом торце 4-х зубой концевой фрезой $\varnothing 4$ мм. ЕВ 0404 производства «НГТ», рис.2.19.



Рис.2.18.

Концевая фреза.[9]

Зенкуется фаска $\varnothing 55$ мм. на $0,5\text{x}45^\circ$ мм. (в отв. $\varnothing 4$ мм.). Зенковка из стали Р6М5 типа 10, 2353-0133 ГОСТ 14953-80, рис.2.19.

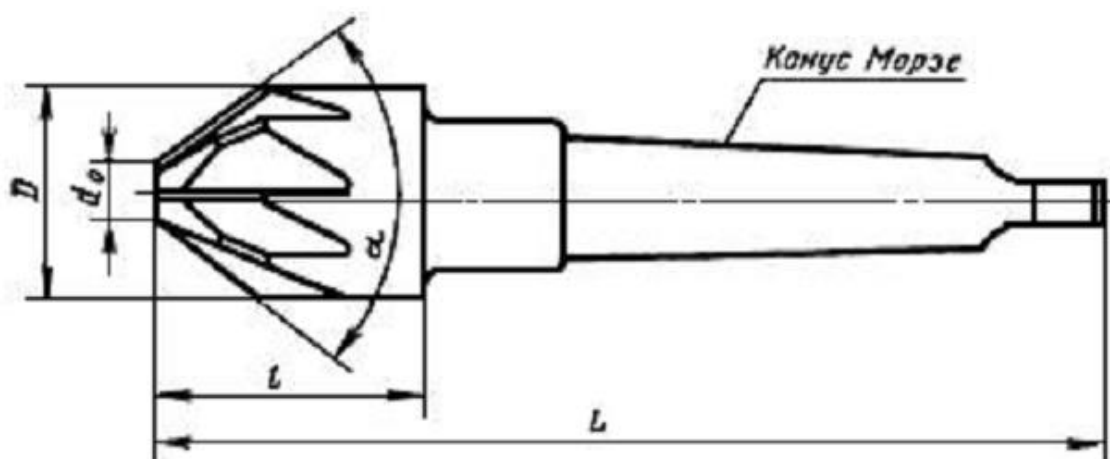


Рис.2.19.
Зенковка коническая.

Далее, происходит нарезание шлицев. Для этого используется червячная правозаходная фреза с левым направлением винтовых канавок из стали Р6М5, класса точности А, типа 1, 2520-0674 ГОСТ 6637-80, рис. 2.20.

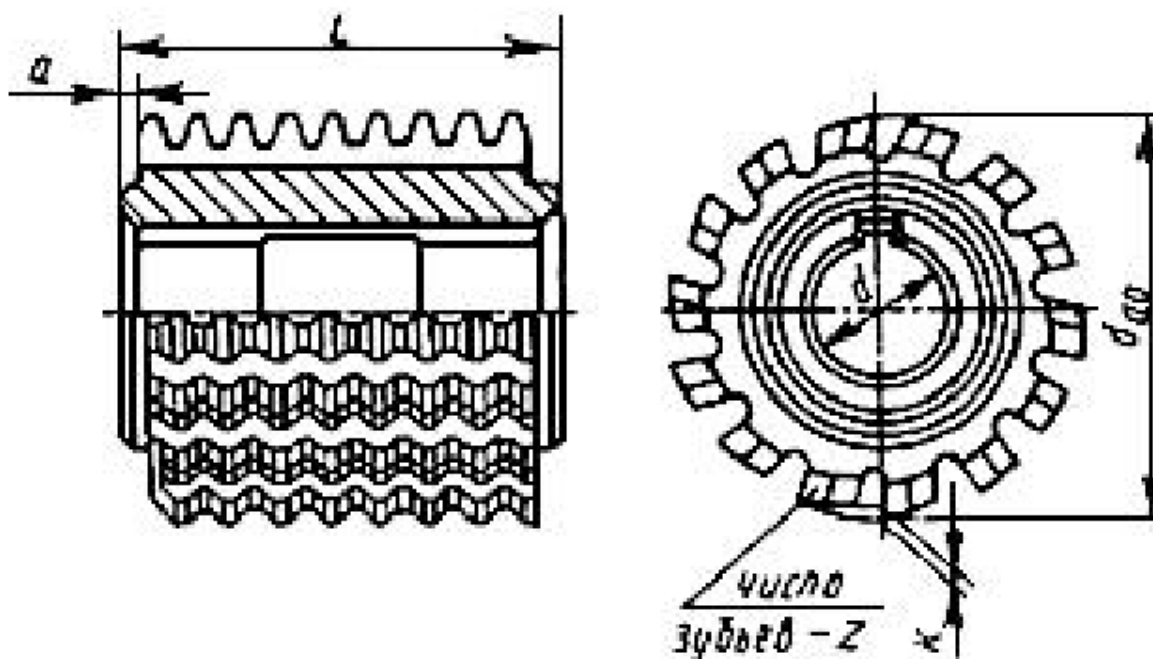


Рис.2.20. Фреза червячная чистовая для нарезания шлицев валов с эвольвентным профилем.

Далее, в отверстии Ø31Н8 долбятся эвольвентные шлицы. Долбьяк режущая часть сталь HSS с номинальным делительным диаметром 16мм., тип 3, класса точности В, 2540-0074 ГОСТ 6762-79, рис.2.21.

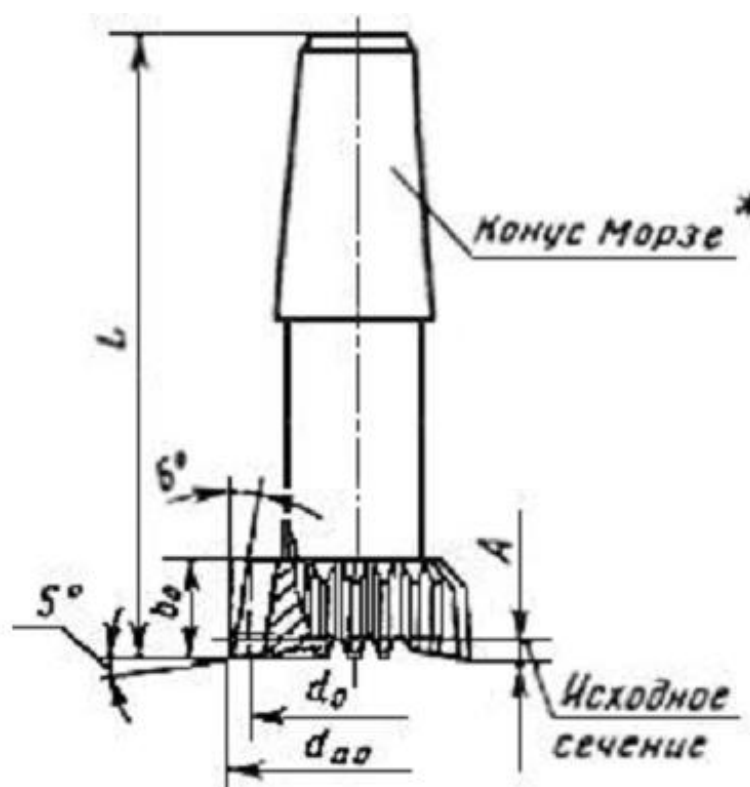


Рис.2.21.
Хвостовой долбяк.

2.11. Расчет норм времени операций техпроцесса.

Расчет основного (технологического) времени, которое затрачивается при формировании детали, а именно снятие стружки, как следствие изменение размеров и внешнего вида.

Основное время определяем по формуле:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ мин.};$$

где, L – расчётная длина обработки, мм;
 i – число рабочих ходов;
 n – частота вращения шпинделя, об/мин;
 S – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_{вр} + l_{сх} + l_{пб}$$

где, l – размер детали на данном переходе, мм;
 $l_{вр}$ – величина врезания инструмента, мм;
 $l_{сх}$ – величина схода инструмента, мм;
 $l_{пб}$ – величина перебега инструмента, мм;

Принимаем: $l_{сх} = l_{пб} = 1$ мм.

Величина врезания инструмента:

$$l_{вр} = t / \operatorname{ctg} \varphi,$$

где, t – глубина резания, мм;
 φ – угол в плане.

Тогда основная формула

$$T_0 = (l + t / \operatorname{ctg} \varphi + l_{сх} + l_{пб}) \cdot i / (n \cdot S);$$

Величины врезания берем из расчета режимов резания.

- Основное время для 005 заготовительной операции:

переход 1:

$$T_0 = (l + t / \operatorname{ctg} \varphi + l_{сх} + l_{пб}) \cdot i / (n \cdot S) = (58 + 58 / \operatorname{ctg} 95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (65 \cdot 50) = 0,01 \text{ мин.}$$

- Основное время для 020 токарной операции:

переход 1:

$$T_0 = (l + t / \operatorname{ctg} \varphi + l_{сх} + l_{пб}) \cdot i / (n \cdot S) = (30 + 1,4 / \operatorname{ctg} 95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (2360 \cdot 0,66) = 0,02 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$T_0 = (l + t / \operatorname{ctg} \varphi + l_{сх} + l_{пб}) \cdot i / (n \cdot S) = (73 + 1,85 / \operatorname{ctg} 95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (1980 \cdot 0,5) = 0,31 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$T_0 = (l + t / \operatorname{ctg} \varphi + l_{сх} + l_{пб}) \cdot i / (n \cdot S) = (42 + 1,75 / \operatorname{ctg} 95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (2070 \cdot 0,5) = 0,26 \text{ мин.}$$

переход 4:

$$T_0 = (l + t / \operatorname{ctg} \varphi + l_{сх} + l_{пб}) \cdot i / (n \cdot S) = (24 + 4 / \operatorname{ctg} 95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (750 \cdot 0,8) = 0,36 \text{ мин.}$$

переход 5:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (60 + 1,5/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (1170 \cdot 0,66) = 0,16 \text{ мин.}$$

переход 6:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (83 + 2,4/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (890 \cdot 0,8) = 0,04 \text{ мин.}$$

переход 7:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (49,6 + 12,5/\operatorname{ctg}120^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (1100 \cdot 0,5) = 0,36 \text{ мин.}$$

переход 8:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (41 + 2,7/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (3220 \cdot 0,5) = 0,16 \text{ мин.}$$

переход 9:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (41 + 3/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (2150 \cdot 0,5) = 0,04 \text{ мин.}$$

- Основное время для 025 токарной операции:

переход 1:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (30 + 0,4/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (2520 \cdot 0,35) = 0,02 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (7 + 1,57/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (2780 \cdot 0,08) = 0,31 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (74 + 1/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (4000 \cdot 0,25) = 0,26 \text{ мин.}$$

переход 4:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (41 + 0,35/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (4000 \cdot 0,25) = 0,36 \text{ мин.}$$

переход 5:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (25 + 0,5/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (2850 \cdot 0,25) = 0,16 \text{ мин.}$$

переход 6:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (2 + 0,75/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (1615 \cdot 0,35) = 0,04 \text{ мин.}$$

переход 7:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (60 + 0,6/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (840 \cdot 0,35) = 0,36 \text{ мин.}$$

переход 8:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (26 + 0,35/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (2658 \cdot 0,25) = 0,16 \text{ мин.}$$

переход 9:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (40 + 0,2/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (2752 \cdot 0,33) = 0,04 \text{ мин.}$$

переход 10:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (40 + 0,11/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (4000 \cdot 0,25) = 0,04 \text{ мин.}$$

- Основное время для 025 токарной операции:

переход 1:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (4 + 1,25/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (3200 \cdot 0,08) = 0,02 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (5 + 1,6/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (2805 \cdot 0,08) = 0,31 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (5 + 2/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (1552 \cdot 0,15) = 0,26 \text{ мин.}$$

переход 4:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{ctg}\varphi + l_{CX} + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (0,5 + 2,5/\operatorname{ctg}95^\circ + 1 + 1) \cdot 1 / (1600 \cdot 0,15) = 0,36 \text{ мин.}$$

- Основное (технологическое) время нарезания зубьев Г червячной фрезой определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L \cdot z}{n_{\phi} \cdot S_0 \cdot K};$$

где, L - длина рабочего хода, включающая в себя ширину зубчатого венца $b=26$, длину врезания l и длину перебега l_1 от 3 до 5 мм;

$z=14$ - число нарезаемых зубьев;

$n_{\phi}=200$ - частота вращения фрезы;

$S_0=2$ -продольная подача;

$K=1$ - число заходов червячной фрезы.

При нарезании прямозубых колес длина врезания определяется по формуле:

$$l = h \cdot \sqrt{d_{a0} - h};$$

где, $h = 2$ -высота зуба, мм;

$d_{a0}=63$ -диаметр фрезы.

$$l = 2 \cdot \sqrt{63 - 2} = 15,6 \text{ мм.}$$

Длина рабочего хода:

$$L=b+l+l_1=26+15,6+3,4=45 \text{ мм.}$$

Основное время:

$$T_0 = \frac{45 \cdot 14}{200 \cdot 2 \cdot 1} = 1,6 \text{ мин.}$$

- Основное (технологическое) время нарезания зубьев В червячной фрезой определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L \cdot z}{n_{\phi} \cdot S_0 \cdot K};$$

где, L - длина рабочего хода, включающая в себя ширину зубчатого венца $b=26$, длину врезания l и длину перебега l_1 от 3 до 5 мм;

$z=20$ - число нарезаемых зубьев;

$n_{\phi}=200$ - частота вращения фрезы;

$S_0=2$ -продольная подача;

$K=1$ - число заходов червячной фрезы.

При нарезании прямозубых колес длина врезания определяется по формуле:

$$l = h \cdot \sqrt{d_{a0} - h};$$

где, $h = 2$ -высота зуба, мм;

$d_{a0}=63$ -диаметр фрезы.

$$l = 2 \cdot \sqrt{63 - 2} = 15,6 \text{ мм.}$$

Длина рабочего хода:

$$L=b+l+l_1=26+15,6+3,4=45 \text{ мм.}$$

Основное время:

$$T_0 = \frac{45 \cdot 20}{200 \cdot 2 \cdot 1} = 2,2 \text{ мин.}$$

- Основное (технологическое) время долбления зубьев Д определяется по формуле:

$$T_o = \frac{d_1 \cdot i}{n \cdot S_{кр}} + \frac{h}{n \cdot S_p};$$

где, d_1 - диаметр делительной окружности колеса, мм;
 n - частота движения долбяка, дв. ход/мин;
 $S_{кр}$, S_p - круговая и радиальная подачи, мм/дв. ход;
 i - число рабочих ходов;
 h - высота зуба, мм.

Определим число рабочих ходов:

$$T_o = \frac{32 \cdot 40}{160 \cdot 0,25} + \frac{2}{160 \cdot 0,05} = 32,3 \text{ мин.};$$

- Основное (технологическое) время шлифования зубьев Г определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L \cdot z}{n_{\phi} \cdot S_0 \cdot K};$$

где, L - длина рабочего хода, включающая в себя ширину зубчатого венца $b=26$, длину врезания l и длину перебега l_1 от 3 до 5 мм;
 $z=14$ - число нарезаемых зубьев;
 $n_{\phi}=300$ - частота вращения фрезы;
 $S_0=2$ - продольная подача;
 $K=1$ - число заходов шлифовального червяка.

При шлифовании прямозубых колес длина врезания определяется по формуле:

$$l = h \cdot \sqrt{d_{a0} - h};$$

где, $h = 2$ - высота зуба, мм;
 $d_{a0}=63$ - диаметр фрезы.

$$l = 2 \cdot \sqrt{63 - 2} = 15,6 \text{ мм.}$$

Длина рабочего хода:

$$L=b+l+l_1=26+15,6+3,4=45 \text{ мм.}$$

Основное время:

$$T_o = \frac{45 \cdot 14}{300 \cdot 2 \cdot 1} = 1,05 \text{ мин.}$$

- Основное (технологическое) время шлифования зубьев В определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L \cdot z}{n_{\phi} \cdot S_0 \cdot K};$$

где, L - длина рабочего хода, включающая в себя ширину зубчатого венца $b=26$, длину врезания l и длину перебега l_1 от 3 до 5 мм;
 $z=20$ - число нарезаемых зубьев;
 $n_{\phi}=200$ - частота вращения шлиф. червяка;
 $S_0=2$ - продольная подача;
 $K=1$ - число заходов шлифовального червяка.

При шлифовании прямозубых колес длина врезания определяется по формуле:

$$l = h \cdot \sqrt{d_{a0} - h};$$

где, $h = 2$ – высота зуба, мм;
 $d_{a0} = 63$ – диаметр фрезы.

$$l = 2 \cdot \sqrt{63 - 2} = 15,6 \text{ мм.}$$

Длина рабочего хода:

$$L = b + l + l_1 = 26 + 15,6 + 3,4 = 45 \text{ мм.}$$

Основное время:

$$T_0 = \frac{45 \cdot 20}{300 \cdot 2 \cdot 1} = 1,5 \text{ мин.}$$

- Определение вспомогательного T_B , штучного $T_{шт}$ и штучно-калькуляционного $T_{шт-к}$ времени.

$$T_B = T_{у.с.} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из} \quad (13)$$

где, $T_{у.с.}$ – время установки и снятия детали;

$T_{з.о}$ – время закрепления и открепление детали;

$T_{уп}$ – время на управления станком;

$T_{из}$ – время на измерение.

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}$$

где, T_0 – основное время;

$T_{тех}$ – время на техническое обслуживание рабочего места;

$T_{орг}$ – время на организационное обслуживание рабочего места;

$T_{от}$ – время на отдых.

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}$$

где, $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время;

n – число деталей в пробной партии;

$$n = \frac{N}{12} = \frac{1000}{12} = 83$$

Нормативы времени для крупносерийного производства. По табл. 5 [1, стр. 197].

Операция 005 (ленточно отрезная)

$$T_B = 1,1 + 0,3 + 0,9 + 2 = 4,3 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,2 + 4,3 + 0,5 + 1 + 0,01 = 6,01 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 6,01 + 7/83 = 6,1 \text{ мин}$$

Операция 020 (токарная)

$$T_B = 0,05 + 0,2 + 0,7 + 1,2 = 2,15 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,52 + 2,15 + 7 + 5 + 3,5 = 18,7 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 18,7 + 8/83 = 18,8 \text{ мин}$$

Подобным образом рассчитываются нормы времени на последующие операции и заносятся в табл. 2.5.

Сводная таблица технических
норм времени по операциям, мин.

Таблица 2.5.

Номер операции	Наименование операции	Основное время (t_o)	Вспомогательное время (t_v)	Оперативное время ($t_{оп}$)	Время обслуживания ($t_{обс}$)	Время на отдых ($t_{отд}$)	Штучное время ($t_{шт}$)	Подготовительно-заключительное время ($t_{п.з.}$)	Величина партии (n)	Штучно-калькуляционное время ($t_{шт.-к.}$)
005	Ленточно (проволочно) отрезная	0,2	4,9	0,1	0,9	3,5	0,1	7	1000	6,1
020	Токарная	0,52	2,15	2,10	0,066		18,7	15	1000	18,8
025	Токарная	0,43	5,7	0,56	3,9		17,4	5,3	1000	17,7
030	Координатно - расточная	0,17	3,9	1,17	0,07		13	14	1000	13,9
035	Зубофрезерная	3,8	8,5	1,44	0,09		31	8,2	1000	46,5
050	Зубодолбежная	32,3	7	1,19	0,35		34,2	1,3	1000	35
075	Шлицешлифовальная	2,55	16	2,14	6,7		27,3	6,7	1000	41,1

Карта ТП представлена в **ПРИЛОЖЕНИИ 5**.

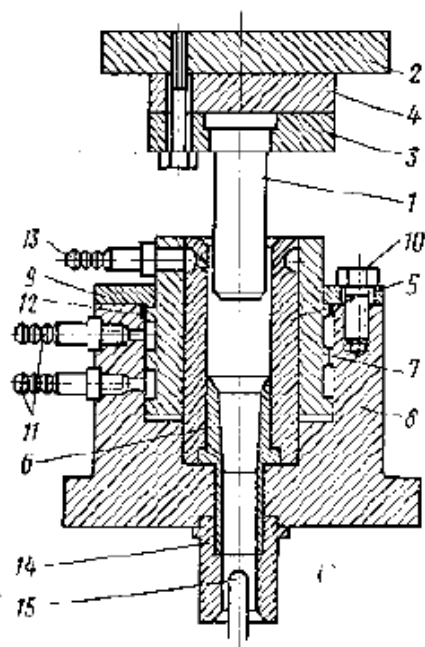
3. Конструкторская часть.

3.1. Описание конструкции и принцип работы приспособления.

В данной дипломной работе в качестве заготовки принята поковка полученная с помощью горячего выдавливания на КГШП.

Для пресса еще необходимо сконструировать приспособление, с помощью которого и будет происходить необходимое образование формы заготовки. В нашем случае этим приспособлением будет являться штамп. Штамп будет сборным и состоять из пакета (или блок-штампа) и сменных рабочих вставок, таких как матрица пуансон и выталкиватель. В силу простоты спроектированной заготовки для её конечного формообразования будет использоваться одноручье́вый штамп.

Схема простейшего одноручьевого штампа [5, с. 73] для выдавливания приведена на рис. 3.1. Пуансон 1 крепят к верхней плите 2 с помощью прижимного кольца 3, для уменьшения износа верхней плиты устанавливают закаленную опорную плиту (прокладку) 4. Матрицу 6 запрессовывают в контейнер 5, а контейнер – в обойму 7. Направляющей для выталкивателя 15 является втулка 14. В штампе предусмотрены каналы для охлаждения водой и подачи смазки.



- 1- пуансон; 2 - крепежная плита;
- 3 - прижимное кольцо;
- 4 - опорная плита; 5 - контейнер;
- 6 - матрица; 7 - обойма;
- 7 - матрице держатель;
- 8 - крышка; 10 - болт;
- 11 - штуцеры для подвода и отвода охлаждающей воды; 12 - прокладка;
- 13 – штуцер для подачи смазки; 14 - втулка; 15 - выталкиватель

Рис. 3.1. Схема одноручьевого штампа для выдавливания мелких поковок (типа вращающихся центров):

Недостатком этого штампа является отсутствие направляющих устройств; в процессе работы это может привести к нарушению соосности верхней и нижней половин штампа и, следовательно, к поломке инструмента. Это необходимо учесть в процессе проектирования и обеспечить надежность приспособления.

Для проектирования штампа в начале необходимо определить исходную заготовку.

3.2. Определение размеров исходной заготовки и облойного мостика.

По полученным размерам с помощью программного обеспечения «Компас3D», определяем по предварительно построенной 3D Модели, объем и массу поковки.

Основные параметры поковки:

Диаметр $D_{\text{п}}=60\text{мм}$;

Периметр $P_{\text{п}}=515\text{мм}$;

Объем $V_{\text{п}}= 351605\text{мм}^3$;

Масса поковки $M_{\text{п}}=2,75\text{кг}$;

Размеры исходной заготовки определяют исходя из ее объема равному объему поковки с заусенцем и другими отходами.

Объём исходной заготовки:

$$V_{\text{из}} = V_{\text{п}} + V_{\text{об}} + V_{\text{уг}};$$

где, $V_{\text{из}}, V_{\text{п}}, V_{\text{об}}$ - объемы исходной заготовки, поковки и облоя соответственно, мм^3 ;

$V_{\text{уг}}$ – потери на угар; при нагреве в пламенных печах с окислительным нагревом составляют 2% от массы (объёма) поковки; без окислительного нагрева при образовании окалины на пути от нагревателя к прессу потери на угар могут быть приняты 0,7-0,8%.

Объём поковки принят из МЦХ (массо-центровочных характеристик) Компас3D:

$$V_{\text{п}} = 351605\text{мм}^3;$$

Так как кромка ручья удалена от края вставки исходной заготовки, то примем односторонний облойный мостик - тип II [5, с.49]. Рис. 3.2.

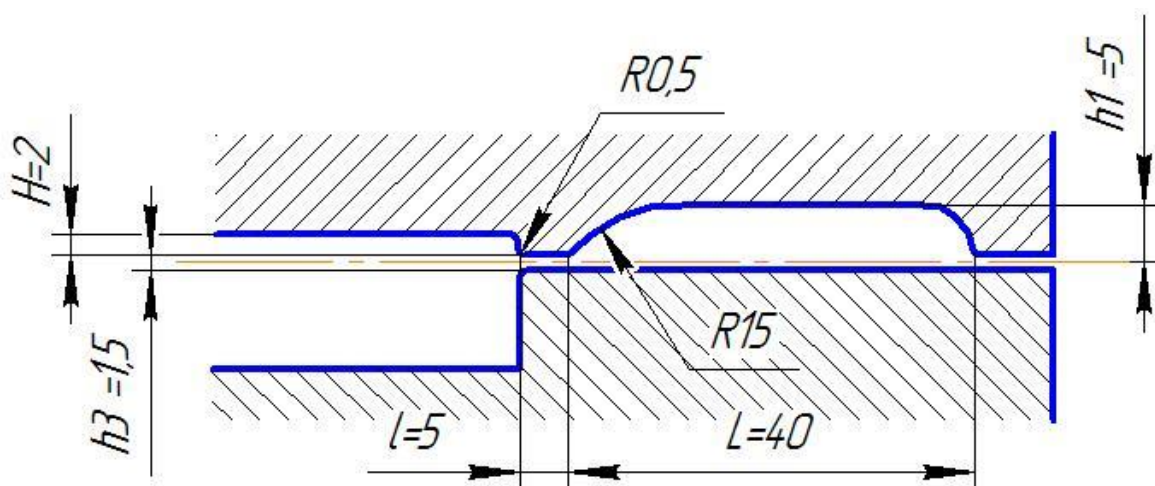


Рис. 3.2. Односторонний облойный мостик.

Параметры принимаются по табл. 3.7 [5, с.49]:

- $h_3=1,5\text{мм}$ – толщина облойного мостика;
- $l=5\text{мм}$ – ширина облойного мостика;
- $r=0,5\text{мм}$ – радиус закругления облойного мостика;
- $L=40\text{мм}$ – ширина облойной канавки (магазина);
- $h_1=5\text{мм}$ – глубина облойной канавки (магазина);
- $R_1=15$ – радиус облойной канавки (магазина);
- $H=2\text{мм}$ – глубина ручья верхнего штампа.

Объём облоя при штамповке на КГШП, [4, с.182]:

$$V_{\text{об}} = V_{\text{мост}} + V_{\text{маг}} = p \cdot (b \cdot h_3 + h_2 \cdot B); \quad (3.1)$$

где, $V_{\text{мост}}$ – объём мостика облоя, мм^3 ;

$V_{\text{маг}}$ – объём металла в магазине облоя, мм^3 ;

p – периметр поковки, мм ; $p=P_n=515\text{мм}$;

b – ширина облойного мостика, мм ; примем $b=l=5\text{мм}$;

h_3 – толщина облойного мостика, мм ; примем $1,5\text{мм}$;

h_2 – средняя толщина облоя по магазину, мм ; $h_2=2h_3=3\text{мм}$;

B – ширина облоя в магазине, мм ; примем $B=20\text{мм}$.

По ф-ле (2.5) $V_{\text{об}} = 515 \cdot (5 \cdot 1,5 + 3 \cdot 20) = 34762\text{мм}^3$.

Потери металла на угар:

Так как при пламенном нагреве объём заготовки увеличивается на 2%, то коэффициент угара $k(V_{\text{уг}}) = 1,02$.

Объём исходной заготовки по ф-ле (2.4):

$$V_{\text{из}} = 1,02 \cdot (351605 + 34762) = 394094\text{мм}^3;$$

Размеры исходной заготовки.

Исходную заготовку примем по ГОСТ 4543-71. Пруток круглого сечения Сталь 40Х.

При выборе размеров исходной заготовки из проката при штамповке из штучных заготовок следует иметь в виду, что диаметр проката желательно брать минимальным, так как, при этом требуется меньшее усилие на разрезку проката. Также необходимо учитывать то, что качественный срез торца получается при отношении длины исходной заготовки к ее диаметру больше 1,25, в тоже время при значении рассматриваемого отношения больше 2,5 не исключен продольный изгиб заготовки при ее осадке.¹⁴

Исходя из соотношения $1,25 \leq \frac{L_3}{D_3} \leq 2,5$; находим объём исходной заготовки:

$$V_{из} = \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot L_3; \quad (3.2)$$

примем $L = 2,5D \Rightarrow 2,5\pi D_3^3 = 4V_3$; тогда, диаметр исходной заготовки из ф-лы (3.2):

$$D_{из} = \sqrt[3]{\frac{4V_{из}}{2,5\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 394094}{2,5 \cdot 3,14}} = 58,56 \text{ мм};$$

Полученное значение диаметра исходной заготовки $D_{из}$ округлим до стандартного ряда диаметров проката ГОСТ 2590-2006 и примем пруток $D_{из} = 58_{-1,0}^{+0,4}$ мм обычной точности В1.

Длину заготовки определим делением объема заготовки на площадь сечения исходной заготовки выбранного диаметра из ф-лы (3.2).

$$L_3 = \frac{4V_{из}}{\pi D_3^2} = \frac{4 \cdot 394094}{3,14 \cdot 60^2} = 149,2 \pm 1,25 \text{ мм}. \quad (3.3)$$

Проверим соотношение длины к диаметру.

$$\frac{L_3}{D_3} = \frac{149,2}{58} = 2,57$$

3.3. Сортамент исходной заготовки.

По ГОСТ 4543-71 примем:

$$\text{Круг} \frac{60-\text{В ГОСТ 2590-2006}}{40\text{Х-1-2-ТО ГОСТ 4543-71}}$$

Круглый прокат, диаметром 60 мм, обычной точности прокатки В1 по ГОСТ 2590-2006, марки 40Х, группы качества поверхности 1, вариант механических свойств 2, термически обработанный ТО:

¹⁴ [Ф-ла (31,32) стр.51] А.С. Килов, С.В. Вольнов, К.А. Килов. Производство заготовок. Объемная штамповка: Серия учебных пособий из шести книг. Книга 1. Проектирование и производство поковок (штампованных заготовок): - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 155с.

В соответствии с ГОСТ 2590-2006 прокат из стали 40Х изготавливают длиной от 2 до 12м.

Определим общие потери материала при некрatности длины исходной заготовки длине изготавливаемого проката.

Общие потери материала [3, с.10]:

$$П_{\text{общ}} = П_{\text{нк}} + П_{\text{то}} + П_{\text{зж}} + П_{\text{отр}}. \quad (3.4)$$

где, $П_{\text{нк}}$ – *потери на некрatность торговой длины проката;*

$П_{\text{то}}$ – *потери на торцовую обрезку;*

$П_{\text{зж}}$ – *потери на зажим опорных концов;*

$П_{\text{отр}}$ – *потери на отрезку в виде стружки при резании.*

$$П_{\text{нк}} = \frac{L_{\text{нк}} \cdot 100}{L_{\text{пр}}}; \quad (3.5)$$

$$П_{\text{то}} = \frac{L_{\text{то}} \cdot 100}{L_{\text{пр}}}; \quad (3.6)$$

$$П_{\text{зж}} = \frac{L_{\text{зж}} \cdot 100}{L_{\text{пр}}}; \quad (3.7)$$

$$П_{\text{отр}} = \frac{L_{\text{р}} \cdot 100}{L_{\text{пр}}}. \quad (3.8)$$

где, $L_{\text{нк}}$ – *величина некрatности длины заготовки торговой длине проката*
 $L_{\text{пр}}$, (мм.);

Некрatность в зависимости от длины проката:

$$L_{\text{нк}} = L_{\text{пр}} - L_{\text{то}} - L_{\text{зж}} - n \cdot (L_{\text{з}} + L_{\text{р}}); \quad (3.9)$$

где, $L_{\text{пр}}$ – *торговая длина проката из сортамента;*

n – *целое число заготовок, изготавливаемых из принятой торговой длины проката;*

$L_{\text{з}}$ – *длина заготовки;*

$L_{\text{р}}$ – *ширина реза.*

Число заготовок, изготавливаемых из принятой торговой длины проката

$$n = \frac{L_{\text{пр}} - L_{\text{то}} - L_{\text{зж}}}{L_{\text{з}} + L_{\text{р}}}; \quad (3.10)$$

где, $L_{\text{зж}}$ – *минимальная длина опорного (зажимного) конца проката=60мм.*
 [3,с.11]

$L_{\text{то}}$ – *длина торцового обрезка* = $(0,3 \dots 0,5) \cdot D_{\text{з}} = 0,4 \cdot 58 = 24\text{мм.}$
 [3,с.11]

$L_{\text{р}}$ – *для пилы =1,1мм.*

По формуле (3.10) определим число заготовок из различной торговой длины проката. Пусть: 1 – 2000мм; 2 – 6000мм; 3 - 12000мм, тогда:

$$n1 = \frac{2000 - 24 - 60}{149,2 + 1,1} = 12 \text{шт};$$

$$n2 = \frac{6000 - 24 - 60}{149,2 + 1,1} = 39 \text{шт};$$

$$n3 = \frac{12000 - 24 - 60}{149,2 + 1,1} = 79 \text{шт};$$

По формуле (3.9) определим некрatность в зависимости от длины проката:

$$L_{\text{нк}}1 = 2000 - 24 - 60 - 12 \cdot (149,2 + 1,1) = 112,4 \text{мм};$$

$$L_{\text{нк}}2 = 6000 - 24 - 60 - 39 \cdot (149,2 + 1,1) = 54,3 \text{мм};$$

$$L_{\text{нк}}3 = 12000 - 24 - 60 - 79 \cdot (149,2 + 1,1) = 42,3 \text{мм}.$$

В дальнейших расчётах используем торговую длину, величина некрatности которой наименьшая, а значит $L_{\text{нк}}3 = 42,3 \text{мм}$.

По формуле (3.5) определим потери на некрatность торговой длины проката:

$$П_{\text{нк}} = \frac{42,3 \cdot 100}{12000} = 0,35\%;$$

По формуле (3.6) определим потери на торцовую обрезку проката:

$$П_{\text{то}} = \frac{24 \cdot 100}{12000} = 0,2\%;$$

По формуле (3.7)¹⁵ определим потери на зажим опорного конца проката при выбранной длине зажима:

$$П_{\text{зж}} = \frac{60 \cdot 100}{12000} = 0,5\%;$$

По формуле (3.8) определим потери на отрезку заготовки при выбранной ширине резца L_p :

$$П_{\text{отр}} = \frac{1,1 \cdot 100}{12000} = 0,00917\%;$$

Наконец по формуле (3.4) определим общие потери материала:

$$П_{\text{общ}} = 0,35 + 0,2 + 0,5 + 0,00917 = 1,05\%$$

¹⁵ По Табл. П1.1.2 [3, с.23]

Определим объем заготовки:

$$V_3 = \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot L_3 = \frac{3,14 \cdot 0,058^2}{4} \cdot 0,1492 = 0,00039 \text{ м}^3;$$

Определим массу заготовки:

$$M_3 = \rho \cdot V_3 = 7825 \cdot 0,00039 = 3,05 \text{ кг.}$$

где, ρ - плотность материала заготовки, (кг/м³);

Норма расхода материала на деталь с учетом всех потерь:

$$M_H = \frac{M_3 \cdot (100 + \Pi_{\text{общ}})}{100} = \frac{3,05 \cdot (100 + 1,05)}{100} = 3,08\%.$$

Определим коэффициент использования материала: [3, с.4]

$$\text{КИМ} = \frac{M_d}{M_H} = \frac{1,76}{3,08} = 0,57;$$

3.4. Выбор оборудования.

Чтобы избежать образования мертвых зон, переход в матрице примем под 45°, по рекомендации [5, с.76].

Для выбора оборудования произведем расчет необходимого усилия штампа [4, с.201].

$$P = \sigma_t \left\{ \left(1,5 + \mu_0 \frac{b}{h_0} \right) F_0 + \left(\frac{2\mu_0 b}{h_0} - 0,375 + 1,25 \ln \frac{d}{h_0} \right) F_n \right\}; \quad (3.11)$$

где, $\sigma_t = 785 \text{ МПа}$ - предел текучести металла в;

$\mu_0 = 0,5$ - коэффициент внешнего трения.;

$b=l=5 \text{ мм}$; $h_0=h_3=1,5 \text{ мм}$; принимаем значения из табл.2 [4, с.184];

$F_0 = 514,77 \text{ мм}^2$ - площадь облоя;

$F_n = 2827 \text{ мм}^2$ - площадь проекции поковки на площадь разъема;

$d = 60 \text{ мм}$ – диаметр поковки.

По ф-ле (2.15), минимальное необходимое усилие:

$$P = 785 \left\{ \left(1,5 + 0,5 \frac{5}{1,5} \right) 514,77 + \left(\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 5}{1,5} - 0,375 + 1,25 \ln \frac{60}{1,5} \right) \cdot 2827 \right\} = 785 \{ 1630 + 4672 \} = 3,547 \cdot 10^6 \text{ Па} = 3547 \text{ кН.}$$

Минимальное необходимое усилие пресса 3,5Мпа; Выбираем по ГОСТ 6809-87 КГШП с номинальным усилием пресса 4000кН или 400тс.

Для установления термомеханического режима выдавливания поковки используем табл.4 [4, с.95]:

Температура начала прессования – 1200-1050°C,

Скорость истечения металла – 4,5м/с.

Среднее удельное усилие. Коэффициент вытяжки.

$$\lambda = \frac{F}{f}; \quad (3.12)$$

где, F – площадь поперечного сечения матрицы (головки);

f – площадь поперечного сечения очка (стержня).

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 58^2}{4} = 2640 \text{ мм}^2$$

$$f = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 29,5^2}{4} = 683 \text{ мм}^2$$

Из ф-лы (3.12), коэффициент вытяжки:

$$\lambda = \frac{2640}{683} = 3,9 < 7,8$$

Значит, выдавливание осуществляется без торцевого заусенца.

Для нашей поковки без торцевого заусенца зазор между пуансоном и матрицей = 0,4мм [5, с.76].

При конструировании матрицы [5, с.76] для прямого выдавливания принимают высоту заготовки (и глубину контейнера) h_k , не превышающей пяти диаметров d_k (рис. 3.1). В нашем случае это требование удовлетворяется так как длина заготовки $149,2 \pm 1,25$, а диаметр $58^{+0,4}_{-1,0}$ и $149 < 5 \cdot 58$. Оптимальная величина угла ϕ составляет $35 - 50^\circ$, в нашем случае 45° , так же удовлетворяет требованиям.

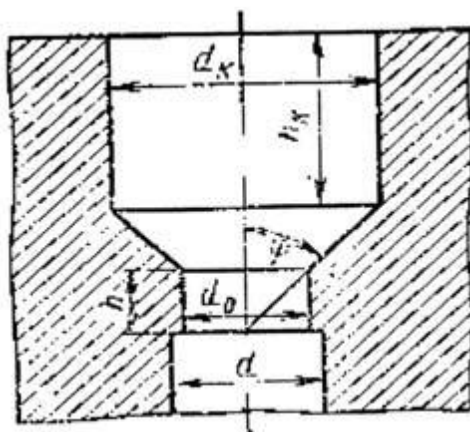


Рис. 3.3. Основные размеры матрицы для горячего выдавливания.

Смазочные материалы.

С целью снижения трения и усилия деформирования, охлаждения инструмента и предотвращения его разупрочнения, улучшения качества

поверхности при уменьшении износа инструмента будем использовать технологический смазочный материал.

По табл.5 [4, с.202] примем в качестве смазочного материала смесь графита с машинным маслом пропорциях 50/50(%).

3.5. Размеры приспособления.

Размеры блоков универсально-переналаживаемых штампов для КГШП усилием 400тс примем по ГОСТ 195-7980. Чертеж общего вида приспособления высадочный штамп, приведен в **ПРИЛОЖЕНИИ 6**.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – Стереотипное издание. Перепечатка с издания 1983г. – М.: Альянс, 2015.-256 с.
2. Основы технологии машиностроения: учебное пособие /В.Ф. Скворцов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 352 с.
3. Проектирование заготовок в машиностроении: учеб. пособ. / В.А. Дмитриев. – Самара: Самар. гос. тех. ун-т, 2008. - 174с.: ил
4. Ковка и штамповка: Справочник / т.2. Горячая штамповка / Е.И. Семенов [и др.]. - М.: Машиностроение, 1986. - 592 с.
5. Проектирование штампов для горячей объемной штамповки: учебное пособие / Ю. А. Титов, А. Ю. Титов. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. – 116 с.
6. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – Стереотипное издание. Перепечатка с издания 1983г. – М.: Альянс, 2015.-256 с.
7. Справочник технолога — машиностроителя. В 2-х т. Т1. / Под ред. А. М Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. -5-е изд., исправл. — М.: Машиностроение-1, 2003 г 912 с, ил.
8. <https://www.hoffmann-group.com/RU>
9. www.hgt.com.tw