МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»
(Самарский университет)

Институт ракетно-космической техники
Кафедра технологий производства двигателей

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

«Разработка технологического процесса изготовления детали «переходник»»

По направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение
(уровень бакалавриата)
направленность (профиль) «Машиностроительные технологии и оборудование»

Студент Е.В.Таразанов

Руководитель ВКР,
А.В. Агаповичев

Нормоконтролер

Самара 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»
(Самарский университет)

Институт ракетно-космической техники
Кафедра технологий производства двигателей

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.И. Хаймович
«____»_____2019 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
(бакалавр)

студенту Таразанову
группа № 1454-150301V

Тема работы Разработка технологического процесса изготовления детали «переходник»

Исходные данные Чертеж детали и базовый технологический процесс. Программа выпуска деталей 1000 шт. в год

Структурные части работы (перечень вопросов, надлежащих разработке) Анализ материала детали и инструментальных материалов, использованных в техпроцессе. Технологический анализ рабочего чертежа. Экономическое обоснование выбора заготовки. Разработка маршрутной технологии изготовления переходника. Экономическое обоснование выбора станков с ЧПУ. Проектирование станочного приспособления для сверлильной операции. Выбор современного режущего инструмента для токарной операции.

Научный руководитель

_____А.В.Агаповичев
«____»_____2019 г.

Задание принял к исполнению

_____Е.В. Таразанов
«____»_____2019 г.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 51 с, 17 рисунков, 15 таблиц, 25 источников, 4 приложения.

Графическая часть: 2 листа формата А2, 6 листов формата А1.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, РАБОЧИЙ ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ, ЗАГОТОВКА, ЭСКИЗНЫЙ МАРШРУТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, НОРМАТИВЫ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, СТАНОК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ, СТАНОК С ЧПУ, НОРМАТИВЫ ВРЕМЕНИ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ СТАНОЧНОЕ, РАСЧЕТ НА ТОЧНОСТЬ, УСИЛИЕ ЗАКРЕПЛЕНИЯ, ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА.

В данной выпускной квалификационной работе бакалавра представлен спроектированный технологический процесс изготовления детали «фленц крепления трубопровожа». Рассмотрено описание механического цеха, в котором изготавливается деталь. Изучены свойства материала, из которого изготовлена деталь, а также используемых инструментальных материалов. Разработаны два варианта заготовки и проведено их экономическое сравнение. Составлен эскизный маршрут изготовления детали. Разработаны графические операционные эскизы для токарной и протяжной операций. Проведен анализ выполнения одной из операций на универсальном оборудовании и на станке с ЧПУ. Спроектировано и рассчитано на точность станочное приспособление. Предоставлено описание новейшего технологического оборудования с ЧПУ, обрабатывающего центра Millturn M40-g. Был представлен алгоритм выбора современного импортного режущего инструмента, а так же режимов резания для него.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕХА 7
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ 9
2.1 Характеристика материала детали 12Х18Н10Т 9
2.2 Характеристика инструментального материала 13
3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ 15
3.1 Технологический анализ рабочего чертежа детали 15
3.1.1 Назначение и условия работы детали 15
3.1.2 Описание конструкции детали и её технологичности 16
3.1.3 Анализ связи между точностью размеров и шероховатостью поверхностей 16
3.1.4 Анализ наличия хороших установочных баз 17
3.1.5 Оценка влияния простановки размеров 17
3.1.6 Анализ уровня унификации и стандартизации элементов 18
3.2 Определение типа производства 18
3.3 Выбор формы заготовки и способа её получения 18
3.4 Проектирование технологического маршрута изготовления детали 21
3.4.1 Выбор технологических баз 21
3.4.2 Определение числа ступеней обработки поверхностей 21
3.4.3 Определение последовательности обработки поверхностей 21
3.4.4 Проектирование технологического маршрута 23
4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИИ 27
4.1 Вариант выполнения операции на станке 1К62 27
4.1.1 Нормирование операции на станке 1К62 28
4.1.2 Определение технологической себестоимости операции 29
4.2 Вариант выполнения операции на станке с ЧПУ Millturn M40-g 32
4.2.1 Нормирование операции на станке с ЧПУ Millturn M40-g 33

4.2.2 Определение технологической себестоимости операции 33
5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ 36
5.1 Изучение и анализ исходных данных 36
5.2 Разработка технического задания на проектирование приспособления 36
5.3 Разработка конструктивной схемы приспособления 38
5.4 Описание конструкции и работы приспособления 39
5.5 Технико – экономические расчеты при проектировании приспособления 41
5.5.1 Расчет приспособления на точность.. 41
5.5.2 Определение силы закрепления 42
6 ВЫБОР СОВРЕМЕННОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА 44
6.1 Описание современного оборудования 44
6.2 Описание алгоритма выбора инструмента 45
7 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА 53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 56
ПРИЛОЖЕНИЕ 58

ВВЕДЕНИЕ

Разработка технологического процесса изготовления детали заключается в определении для конкретных производственных условий оптимального варианта перехода от полуфабриката (заготовки), поставляемого в механический цех, к готовой детали. Спроектированный вариант должен обеспечивать требуемое качество детали при ее наименьшей себестоимости.

Современное производство отличается сложностью форм изготавливаемых изделий, использованием труднообрабатываемых материалов, высокими требованиями к качеству поверхности деталей, точности размеров и форм. В тоже время технологический процесс изготовления деталей должен быть экономически выгоден – иметь минимальные затраты времени и используемых материалов, низкую себестоимость и высокую производительность труда.

Вопросы технологической подготовки производства должны решаться специалистами технологических служб вместе с конструкторами изделия. В результате этого сотрудничества необходимо представлять какую обработку, на каком оборудовании, каким инструментом наиболее оптимально производить. При формировании окончательного варианта изготовления детали должна быть информация о режимах резания на каждом этапе обработки и о приспособлениях, которые позволят получить заданную точность размеров и параметры шероховатости.

Определяющим фактором технологического процесса являются затраты на изготовление детали, так как они должны быть сопоставимы с затратами на аналогичный процесс конкурентов.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕХА

Деталь «фланец крепления трубопровода» изготавливается в механическом цехе. Механический цех является подразделением АО РКЦ «Прогресс». В цехе изготавливаются более 9000 наименований деталей: штуцера, корпуса, основания, кронштейны, уплотнительные кольца и многое другое.

В цехе производится полный цикл механической обработки большого количества изделий различных наименований. Цех территориально разделен на несколько мастерских (участков). Все изделия, производимые в данном цеху, по конструктивному сходству распределены по соответствующим участкам.

Механический цех наряду с универсальным оборудованием оснащен современными обрабатывающими центрами.

Универсальное оборудование в цехе представлено токарно-винторезными (16К20), вертикально-сверлильными (2А125, 2Н135), фрезерными (6М82, 6Р83), круглошлифовальными, плоскошлифовальными, протяжными станками (7510, 7710); оборудование с ЧПУ – токарными обрабатывающими центрами *HURCO* производства компании «Зенитек Украина», которая является представителем Индианаполиса, США.

За оборудование в цехе и его наладку отвечают наладчики. Слесарные операции (снятие заусенцев, полирование и др.) выполняются вручную.

Применение станков с ЧПУ и обрабатывающих центров в несколько раз сокращает длительность процесса изготовления деталей, оптимизирует вспомогательное производство (уменьшается время на переустановку, закрепление и раскрепление деталей и др.), тем самым обеспечивая высокую производительность труда, повышение качества продукции. Кроме того, изготовление деталей на обрабатывающем центре позволяет все механические операции производить в одном цеху или участке. Уменьшение времени на изготовление детали ведет к сокращению затрат труда, а значит и себестоимости изделий.

Мастер каждого участка, имея план выпуска изделий определенного наименования, производит распределение загрузки станков. Рациональное распределение процесса изготовления деталей обеспечивает сдачу готовой продукции в указанные сроки.

Стабильная работа участков цеха и самого цеха в целом позволяет обеспечивать постоянное снабжение готовыми изделиями сборочные цеха, которые уже поставляют готовые сборочные единицы заказчикам.

Операции, связанные с термообработкой и гальваническими покрытиями, выполняются в цехах термообработки, которые располагаются либо в одном корпусе с механическими цехами, либо рядом, что позволяет сократить время на транспортировку.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1 Характеристика материала детали Сталь 12Х18Н10Т

Хромоникелетитановая аустенитная сталь 12Х18Н10Т получила наибольшее распространение в промышленности ввиду возможности успешного использования ее в разнообразных эксплуатационных условиях. Она обладает высокой коррозионной стойкостью в ряде жидких сред, устойчива против межкристаллитной коррозии после сварочного нагрева, сравнительно мало охрупчивается в результате длительного воздействия высоких температур и может быть применена в качестве жаропрочного материала при температурах около 600 °*C*. Будучи высокопластичной в условиях глубокого холода, эта сталь используется в установках для получения жидкого кислорода.

Сварные швы конструкций, работающих в контакте с агрессивными жидкостями, должны прежде всего обладать стойкостью против межкристаллитной коррозии.

Применяемые для электрошлаковой сварки пластинчатые электроды из горячекатаных листов содержат не менее 0,10% углерода (*C*). При таком содержании углерода ввиду замедленного охлаждения, характерного для электрошлаковой сварки, возможно появление склонности шва к межкристаллитной коррозии. Этому способствует также крупнокристаллическое строение металла шва.

При использовании фторидных флюсов окисление титана, содержащегося в электроде, невелико и не превышает 20%. Однако даже небольшое уменьшение концентрации титана в шве при содержании 0,1*% C* влечет за собой снижение коррозионной стойкости. Поэтому при электрошлаковой сварке рекомендуется применять электроды из сталей с пониженным содержанием углерода, с тем чтобы концентрация его в шве не превышала 0,08%. Если его концентрация в основном металле равна 0,12%, необходимо применять пластинчатый электрод, содержащий не более 0,03*% C*.

Рост зерна в околошовной зоне не снижает механических свойств сварного соединения, однако он крайне нежелателен с точки зрения коррозионной стойкости околошовной зоны, особенно на участке, непосредственно примыкающем ко шву. При нагреве свариваемого металла до температур, превышающих 1200 – 1250 °*C*, карбиды титана растворяются в аустените. При последующем замедленном охлаждении, особенно в интервале критических температур (875 – 450 °*C*), способных вызвать распад твердого раствора, происходит выпадение карбидной фазы по границам зерен аустенита и обеднение пограничных областей последних хромом. В результате свариваемый металл приобретает склонность к межкристаллитной коррозии. Для ее предотвращения при электрошлаковой сварке необходимо применять сталь 12Х18Н10Т со строго контролируемым химическим составом: содержание углерода в ней не должно превышать 0,06%, соотношение содержаний титана и углерода *Ti/C* должно быть не менее 7.

Другим средством устранения склонности к коррозии сварного соединения у линии сплавления служит нагрев в течение 3 - 4 *ч* при 850 – 900 °*C* с охлаждением на воздухе.

Сталь и электрод в состоянии поставки (после закалки в воду от 1100 °*C*) обычно имеют почти чисто аустенитную структуру с очень небольшим количеством, не более 1*%, δ* - феррита. Металл шва вследствие дендритной ликвации содержит до 7,5*% δ* - феррита. Это приводит к резкому снижению ударной вязкости в условиях глубокого холода.

Сварные швы на стали 12Х18Н10Т заметно уступают основному металлу в пластичности, что объясняется дендритной ликвацией углерода. Причиной пониженной ударной вязкости сварных швов является недостаточная стабильность аустенита при сверхнизких температурах. В условиях глубокого холода возможен распад аустенита по схеме А - М или А - а + К", где А - аустенит, М - мартенсит, а - вторичный феррит, К" - вторичные карбиды. Наличие небольшого количества первичного феррита в данном случае не имеет решающего значения. Об этом свидетельствуют результаты следующих

опытов. Часть образцов подвергли закалке на воздухе после часового нагрева при 1080 °*C*, благодаря чему была ликвидирована дендритная ликвация углерода, но сохранена ферритная составляющая. Ударная вязкость шва повысилась в 2 раза.

Наличие закалки шва после сварки (a_n, *МДж/м*^{2} при различной температуре °С):

- нет - при 20 °*C* = 1,81; при - 196 °*C* = 0,54,
- есть - при 20 °*C* = 3,5; при - 196 °*C* = 1,03.

Таким образом, повышение ударной вязкости сварного шва на стали 12Х18Н10Т можно достичь устранением дендритной ликвации углерода путем высокотемпературного нагрева. В данном случае может быть применена и местная термообработка швов.

Более простое средство повышения ударной вязкости металла шва - увеличение содержания никеля в шве до 12 - 14%, что обеспечивает стабильную аустенитную структуру. Чтобы получить шов с таким содержанием никеля, можно использовать электроды из стали типа Х23Н18. В этом случае сварные швы без термообработки сохраняют достаточно высокую ударную вязкость в условиях глубокого холода. В случае, когда сталь 12Х18Н10Т применяется в качестве жаропрочного материала, необходимо ограничивать содержание в шве первичного феррита 5%. Это предотвращает опасность превращения δ - σ в сварном шве и обеспечивается использованием пластинчатых электродов из стали 12Х18Н10Т. Наиболее высокие показатели жаропрочности швов достигаются при повышенном содержании углерода и карбидообразуюших элементов - титана и ниобия.

В случае отсутствия стали с повышенным содержанием углерода применяют электроды с содержанием 0,07 - 0,08% *C* и дополнительно науглероживают металл шва, например, путем подачи крупки древесного угля или графита на поверхность шлаковой ванны тотчас после ее наведения. При сварке металла сечением 100×100 *мм* достаточно подать 1,7 *г* крупки размером 1 - 3 *мм*. Содержание углерода в шве может быть увеличено также за счет

введения в шлаковую ванну 10% массы шлака смеси Na_2C0_3 (82 - 86%) и SiC (14 - 18%) или применения составного электрода из сталей 12Х18Н10Т и углеродистой.

Швы стали 12Х18Н10Т отличаются грубой столбчатой макроструктурой. Литой металл шва содержит ферритную составляющую, обусловленную дендритной ликвацией. Под воздействием глубокого холода в основном металле и сварном шве возрастает количество ферромагнитной составляющей. Так, например, в стали 12Х18Н10Т, имеющей в состоянии поставки 2,5 - 3% феррита после 30 *мин* пребывания в жидком азоте (-196 °*C*), количество магнитной составляющей возрастает до 7 - 9% (при комнатной температуре), а в сварном шве соответственно 7,5 - 8,5 и 10 - 12%.

Интересно отметить, что после воздействия глубокого холода в околошовной зоне наблюдается более мелкая структура, чем после сварки. Закалка разрушает столбчатую микроструктуру сварных швов и способствует некоторому растворению ферритной составляющей. Типичная для аустенитных сварных швов столбчатая макроструктура сохраняется.

Таблица 2.1 – Химический состав стали 12Х18Н10Т, %

C	*Si*	*Mn*	*Ni*	*Cr*	*Cu*	*Ti*	*Fe*	Примеси
до 0,12	до 0,8	До 2	9 - 11	17 - 19	до 0,3	0,4 - 1	около 67	всего до 0,55

Из стали 12Х18Н10Т изготавливаются плиты, прутки, прессованные полуфабрикаты и штамповки.

Твердость стали 12Х18Н10Т - $HB \cdot 10^{-1} = 169\ МПа$, после закалки - $HB \cdot 10^{-1} = 179\ МПа$.

Механические характеристики заготовок представлены в таблице 2.3, физические свойства стали 12Х18Н10Т – в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Физические свойства стали 12Х18Н10Т

T, °C	$E \times 10^{-5}$, *МПа*	$a \times 10^{6}$, *1/°C*	λ, *Вт/(м·°C)*	ρ, *кг/м^3*	*C, Дж/(кг·°C)*	$R \times 10^{9}$, *Ом·м*
20	1,98	-	15	7920	-	725
100	1,94	16,6	16	-	462	792
200	1,89	17	18	-	496	861
500	1,66	17,9	23	-	550	1028
700	1,47	18,6	27	-	575	1115

Таблица 2.3 – Механические свойства стали 12Х18Н10Т

Сортамент	Размер, *мм*	$\sigma_в$, *МПа*	σ_T, *МПа*	δ_5, *%*	Термообработка
Прутки ГОСТ 5949-75	60	510	196	40	Закалка 1020-1100 °*C*, воздух, масло или вода
Прутки шлифованные ГОСТ 18907-73	-	590-830	-	20	Обработанные на заданную прочность
	До 5	930	-	-	Нагартованные
Листы горячекатанные и холоднокатанные ГОСТ 7350-77	Св. 4	530	236	38	Закалка 1000-1080 °*C*, вода или воздух
	До 3,9	530	205	40	Закалка 1050-1080 °*C*, вода или воздух
	До 3,9	880-1080	-	10	Нагартованные
Поковки ГОСТ 25054-81	До 1000	510	196	35	Закалка 1050-1100 °*C*, вода или воздух

Зарубежными аналогами стали 12Х18Н10Т являются: в США – 321, 321H, S32100, S32109, в Германии – 1.4541, 1.4878, X10CrNiTi18-10, в Японии – SUS321, в Швеции - 2337.

2.2 Характеристика инструментального материала

Твердые сплавы представляют раствор карбидов вольфрама и карбидов титана в металлическом кобальте. Их изготовляют в виде пластин необходимой формы путем спекания при температуре около 1900 °*C*. Получающиеся пластины обладают очень высокой твердостью *HRC* 88 — 92, большой износостойкостью и красностойкостью (900 — 1000 °*C*). Пластины твердых сплавов припаивают или механически крепят специальными прижимами к

корпусу (державке) из конструкционной или инструментальной углеродистой стали (У7А, У8А).

Режущие инструменты с пластинами из твердых сплавов применяют для обработки самых твердых металлов, включая закаленную сталь и неметаллические материалы (стекло, фарфор, пластмассы) при скоростях резания в 3 — 4 раза больше, чем скорость обработки инструментом из быстрорежущей стали. В настоящее время заводы твердых сплавов выпускают две основные группы этих сплавов: вольфрамовая группа, основные марки которой ВК2, ВКЗ, ВК4, ВК6, ВК6М, ВК8, ВК8В, и титановольфрамовая с основными марками Т5К10, Т5К12В, Т14К8, Т15К6, Т30К4 и Т60К6, и титано-тантало-вольфрамовая ТТ7К12. Твердые сплавы группы ВК предназначены для обработки чугуна и других твердых, хрупких металлов и неметаллических материалов; сплавы группы ТК предназначаются для обработки сталей.

Во всех приведенных марках твердых сплавов цифры после буквы К обозначают содержание кобальта в процентах, а цифры после буквы Т — содержание карбида титана в процентах; остальное до 100% — карбиды вольфрама. Например, твердый сплав ВК6 содержит 6% кобальта и 94% карбидов вольфрама; сплав Т60К6 — 60% карбида титана, 6% кобальта и 34% карбида вольфрама. Они предназначаются для обработки резанием металлов и неметаллических материалов и по ряду свойств — твердости, эксплуатационной прочности и износоустойчивости — превосходят некоторые старые марки твердых сплавов (ВКЗ, ВК6, ВК8).

Исходя из этого выбираем более подходящий для нас Т15К6.

Таблица 2.4 – Состав и характеристики основных физико - механических свойств сплава Т15К6 на основе *WC - Co*

Сплав	Состав сплава, *%*			Характеристики физико-механических свойств		
	WC	*TiC*	*Co*	Предел прочности при изгибе, *МПа*	Плотность,$\times 10^{-3}$ *кг/м*^{3}	*HRA*
Т15К6	79	15	6	1176	11,1 – 11,6	90,0

Так же, как и у сплавов ВК, предел прочности при изгибе и сжатии, а также ударная вязкость у сплавов ТК увеличиваются с ростом содержания кобальта.

С увеличением содержания углерода в пределах трехфазной области прочность при изгибе растет, а твердость и износостойкость снижаются.

Наличие структурно свободного углерода приводит одновременно к снижению прочности, твердости и износостойкости при резании. Присутствие в сплаве g - фазы снижает предел прочности при изгибе, но повышает твердость и износостойкость при резании.

У сплавов с одинаковым содержанием кобальта и одинаковым размером карбидных фаз предел прочности при изгибе и сжатии, ударная вязкость, пластическая деформация и модуль упругости уменьшаются при увеличении содержания карбида титана.

В соответствии с приведенными закономерностями меняются и режущие свойства сплавов: увеличение содержания кобальта приводит к снижению износостойкости сплавов при резании, а с ростом содержания карбида титана (при постоянном объемном содержании кобальта) повышается износостойкость, но одновременно снижается эксплуатационная прочность. Поэтому такие марки сплавов, как Т30К4 и Т15К6, применяется для обработки материалов резанием – чистового точения с малым сечением среза (типа алмазной обработки); нарезания резьбы и развертывания отверстий незакалённых и закаленных углеродистых сталей.

Сплавы Т5К10, Т5К12 с наибольшим содержанием кобальта и запасом хрупкой прочности предназначены для работы в тяжелых условиях ударных нагрузок с пониженной скоростью резания применяется для обработки материалов резанием – чернового точения при неравномерном сечении среза и прерывистом резании, фасонного точения, отрезки токарными резцами, чистового строгания, чернового фрезерования прерывистых поверхностей и других видов обработки углеродистых и легированных сталей, преимущественно в виде поковок, штамповок и отливок по корке и окалине.

В таблице 2.5 приведены состав и характеристики основных физико - механических свойств твердых сплавов, в соответствии с ГОСТ 3882-74.

Таблица 2.5 – Состав и характеристики основных физико-механических свойств сплавов на основе *WC - Co*

Сплав	Состав сплава, *%*			Характеристики физико - механических свойств		
	WC	*TiC*	*Co*	Предел прочности при изгибе, *МПа*	Плотность, 10^3 *кг/м*^{3}	*HRA*
Т14К8	78	14	8	1176	15,0 - 15,3	91,0
Т15К6	79	15	6	1519	14,9 - 15,2	89,5
Т30К4	66	30	4	1519	14,6 - 15,0	88,5

3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

3.1 Технологический анализ рабочего чертежа детали

Для разработки технологического процесса в качестве исходных данных задаются: рабочий чертеж детали и годовая программа выпуска 1000 штук.

Деталь – «фланец крепления трубопровода». На рабочем чертеже детали отмечены следующие технические требования:

1) твердость *НВ* 169 - 179;

2) неуказанные радиусы скругления 0,3…0,5 *мм*;

3) неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных ±JT14/2.

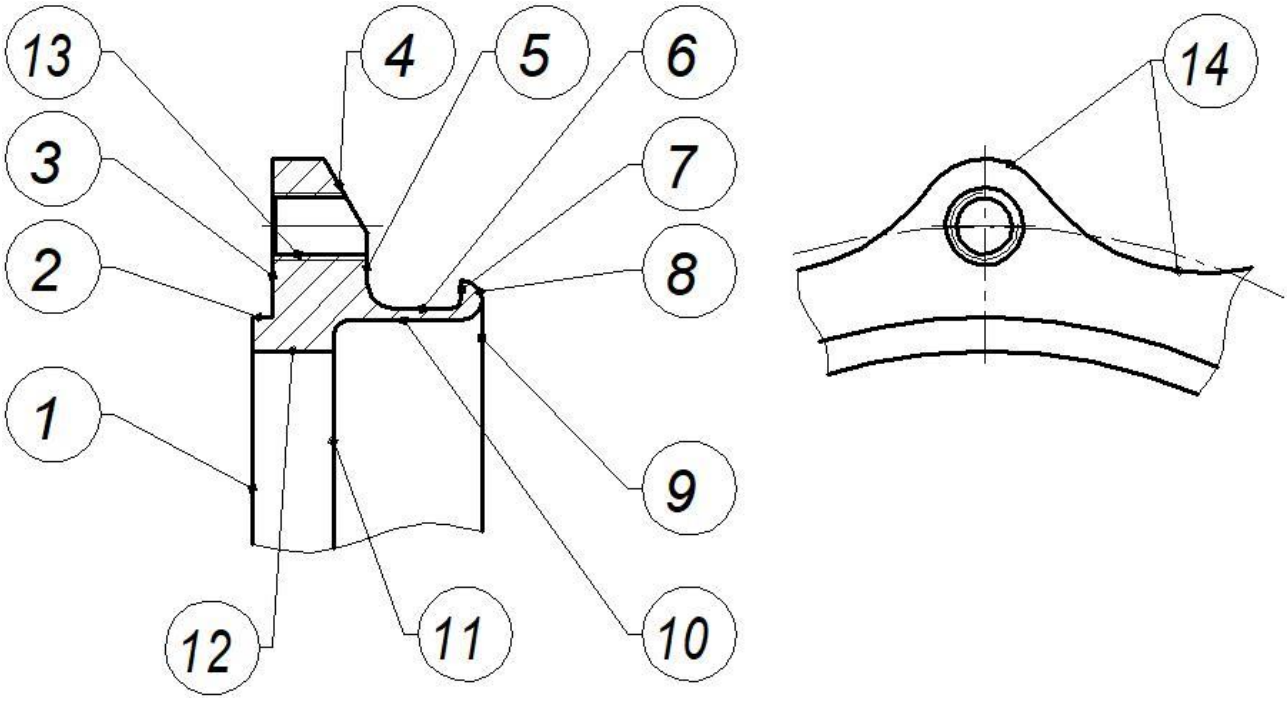


Рисунок 3.1 – Нумерация поверхностей детали

3.1.1 Назначение и условие работы детали

Деталь «фланец крепления трубопровода» является промежуточной. Она предназначена для соединения других деталей, входящих в сборочную единицу, которая служит для передачи топлива.

Деталь по своим конструктивным и технологическим особенностям можно отнести к классу фланцев.

Деталь не работает в условиях агрессивных сред или больших перепадов температур. Также не испытывает ударных и вибрационных нагрузок. Поэтому к детали не предъявляются повышенные требования к точности размеров (практически все размеры выполняются по 14 квалитету) и качеству поверхностей (шероховатость практически всех поверхностей *Rz*20 *мкм*).

3.1.2 Описание конструкции детали и ее технологичности

Деталь «фланец крепления трубопровода» представляет собой фланец, который состоит в основном из цилиндрических поверхностей. На внешней поверхности детали выполнен сложный фасонный контур, образованный сопряжением радиусов R30±0,5 *мм* и R10±0,5 *мм*. На фланце выполнены двенадцать резьбовых отверстий М10-7*H*, которые предназначены для крепления фланца к корпусу сборочной единицы.

Конструкторскими поверхностями детали являются поверхности 2 и 3. Они определяют положение детали в сборочной единице. Шероховатость поверхностей 2 и 3 - *Ra*2,5 *мкм*, размер поверхности 2 – диаметр $\mathbf{171}^{\mathbf{-0,145}}_{\mathbf{-0,395}}$ *мм*, поверхности 3 – $14_{-0,43}$ *мм*.

По поверхности 10 фланец соединяется с ответной деталью. Эта поверхность является рабочей. Шероховатость поверхности 10 – *Rz*20 *мкм*, размер поверхности – диаметр $170^{+0,25}$ *мм*.

3.1.3 Анализ связи между точностью размеров и шероховатостью поверхностей

Проанализировав связь между точностью размеров, формы и расположению поверхности и шероховатостью согласно [19], делаем вывод, что шероховатость всех поверхностей выше требуемой точности их обработки.

Для поверхности 2 допуск на размер 250 *мкм*, что соответствует грубым поверхностям с *Rz*40 – *Rz*320 *мкм*, на чертеже проставлено *Ra*2,5 *мкм*; для поверхности 3 допуск на размер 430 *мкм*, что соответствует грубым поверхностям с *Rz*40 – *Rz*320 *мкм*, а на чертеже проставлено *Ra*2,5 *мкм*. Это объясняется тем, что поверхность 2 и 3 являются конструкторскими, по ним

происходит соединение фланца с корпусом сборочной единицы. Точность размеров остальных поверхностей обеспечивается возможностями инструментов и выбранных режимов обработки.

Также проведем проверку связи между точностью размеров, формы и расположению поверхности и шероховатостью согласно выражению $Rz \leq K_p T_p$ для поверхности 2, где K_p = 0,15 – коэффициент, зависящий от квалитета, вида погрешностей (формы или расположения), T_p = 250 *мкм* – точность размеров, *Ra*2,5 *мкм* – шероховатость поверхности. Поэтому 2,5 ≤ 0,15×250 = 37,5, неравенство верное, следовательно, что шероховатость поверхности соответствует требуемой точности ее обработки.

3.1.4 Анализ наличия хороших установочных баз

Деталь, в основном, образована простыми поверхностями достаточной протяженности. Это позволяет использовать их в качестве надежных установочных баз. Однако деталь тонкостенная (толщина стенки от 2 до 5 *мм*), а значит обладает малой жесткостью. Для исключения коробления в процессе обработки необходимо применение приспособлений, увеличивающих жесткость детали.

3.1.5 Оценка влияния простановки размеров

Простановка размеров на чертеже позволяет при проектировании технологического маршрута совместить конструкторские и технологические базы, что уменьшает погрешности базирования и исключает необходимость пересчета размеров исполнителем, т. е. такая простановка размеров позволяет обеспечить непосредственное получение и измерение размеров, заданных в чертеже.

Размер, определяющий положение контура 14, проставлен от центра резьбового отверстия 13, т. е. от точки, являющейся теоретической. Такой размер трудно выдержать при обработке и затем проконтролировать.

3.1.6 Анализ уровня унификации и стандартизации элементов

Деталь имеет ряд унифицированных элементов: фаски, радиусы закруглений и др., что позволяет использовать унифицированные режущие инструменты.

Все поверхности детали доступны для обрабатывающего и измерительного инструмента, что позволяет использовать стандартный ряд инструментов (резцы, сверла, фрезы, метчики).

3.2 Определение типа производства

Проектирование технологического процесса и разработка его маршрута должны выполняться с учетом типа организации производства. Различают три основных типа машиностроительного производства: массовое, серийное и единичное.

Для оценки типа производства можно воспользоваться характеристикой серийности, в основу которой положена классификация деталей по их массе и габаритам. В нашем случае годовая программа выпуска $N = 1000$ штук, масса детали 1,38 *кг*, устанавливаем тип производства – серийное [16].

3.3 Выбор формы заготовки и способа ее получения

Анализ чертежа детали, тип производства позволяют установить вид, способ получения заготовки и точностные характеристики заготовки.

Заготовку детали «фланец крепления трубопровода» можно получить различными способами. Из всех возможных вариантов выберем штамповку на ГКМ (горизонтально – ковочной машине) [14] и покупную заготовку в виде круга [14].

На ГКМ обычно изготавливаются заготовки, которые на другом оборудовании рационально получить нельзя. Получение заготовок на ГКМ приводит к большей экономии металла по сравнению со штамповкой на прессах, молотах и др., так как штамповка производится в закрытых штампах. В ряде случаев у заготовок, полученных на ГКМ, отсутствуют штамповочные уклоны. Макроструктура заготовок обеспечивает высокое качество деталей.

Работу на ГКМ можно легко автоматизировать, что сократит время на штамповку.

Однако штамповка на ГКМ обладает меньшей универсальностью, так как номенклатура поковок сильно ограничена; низкой стойкостью штампов; необходимостью очистки нагретого прутка от окалины.

На рисунке 3.2 и 3.3 представлены эскизы получения двух вариантов заготовки для детали «фланец крепления трубопровода» из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, чистая масса детали $m_{дет}$ = 1,37 *кг*.

Первый вариант (рисунок 3.2) – штамповка на ГКМ, масса заготовки $m_{заг1}$ = 7,02 *кг*.

Второй вариант (рисунок 3.3) - круг, масса заготовки $m_{заг2}$ = 18,67 *кг*.

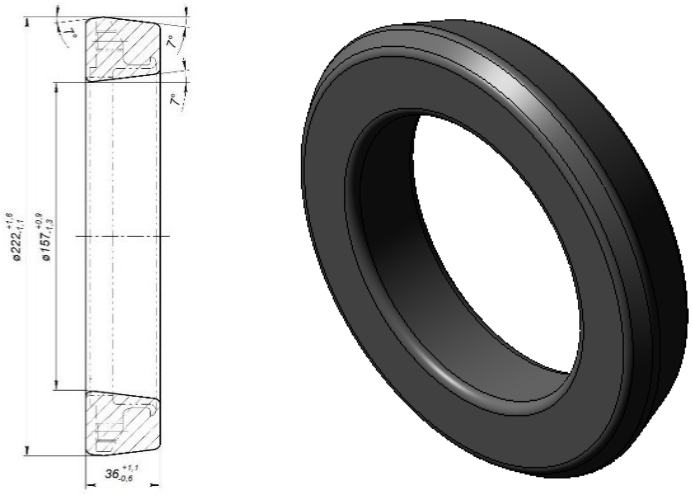


Рисунок 3.2 – Заготовка, полученная на ГКМ

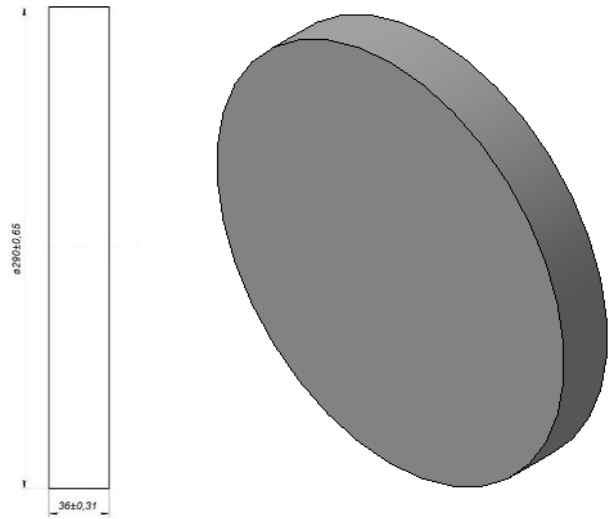


Рисунок 3.3 – Заготовка круг

Применение обоих вариантов не вызывает необходимости в разработке принципиально отличных техпроцессов изготовления детали. Следовательно, сравнительный экономический расчет проведем по стоимости приведенных вариантов получения заготовки [14, 22]. Данные сведем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Основные данные для расчета стоимости заготовок

№	Наименование показателей	Обознач. и ед. изм.	1 вариант ГКМ	2 вариант круг
1	Масса заготовки	$m_{заг}$, *кг*	7,02	18,67
2	Масса детали	$m_{дет}$, *кг*	1,37	
3	Базовая стоимость одной тонны штамповок [9]	C_1, *руб.*	306000	
4	Коэффициент, учитывающий класс точности заготовки	K_T	0,9	
5	Коэффициент, учитывающий марку материала	K_M	2,2	
6	Коэффициенты, зависящие от группы сложности и веса заготовок и от объема производства.	K_C	0,9	0,81
		K_B	0,9	0,8
		$K_П$	1	
7	Стоимость 1 тонны отходов [1]	$S_{отх}$,*руб.*	65000	

Расчет стоимости заготовок первого и второго варианта проведем по формуле

$$S_{заг} = \frac{C_1}{1000} \cdot G_{заг} \cdot к_Т \cdot к_С \cdot к_В \cdot к_М \cdot к_П - (G_{заг} - G_{дет}) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}$$ [22].

Определим стоимости заготовок по первому и второму вариантам:

$$S_{заг1} = \frac{306000}{1000} \cdot 7{,}02 \cdot 0{,}9 \cdot 2{,}2 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}9 \cdot 1 - (7{,}02 - 1{,}37) \cdot \frac{65000}{1000} = 3077{,}90 \ руб;$$

$$S_{заг2} = \frac{306000}{1000} \cdot 18{,}67 \cdot 0{,}9 \cdot 2{,}2 \cdot 0{,}81 \cdot 0{,}8 \cdot 1 - (18{,}67 - 1{,}37) \cdot \frac{65000}{1000} = 6205{,}53 \ руб.$$

В таблице 3.2 представлены результаты расчета, из которых можно сделать вывод о том, что вариант получения заготовки штамповкой на ГКМ целесообразнее, так как себестоимость заготовки меньше. В технологическом процессе будем использовать штамповку на ГКМ.

Таблица 3.2 - Результаты расчета стоимости заготовки по вариантам

№ п.п.	Наименование показателей	Ед. изм.	1 – вариант	2 - вариант
1	Способ получения заготовки	-	ГКМ	круг
2	Материал заготовки	-	Сталь 12Х18Н10Т	
3	Чистый вес масса детали	*кг*	1,37	
4	Масса заготовки	*кг*	7,02	18,67
5	Экономия материала на: а) одну заготовку б) на годовую программу N = 1000 *шт*.	 *кг.* *кг.*	 11,65 11650	
6	КИЗ	-	0,195	0,07
7	Стоимость заготовки	*руб.*	3077,90	6205,53

3.4 Проектирование технологического маршрута изготовления детали

3.4.1 Выбор технологических баз

Исходными технологическими базами можно назначить торцевые поверхности 1 и 9. В качестве черновой установочной базы выберем поверхности 9 и 14 как наиболее удобные для этой цели.

Более правильное определение технологических баз и установочных поверхностей возможно после составления технологического маршрута, т.е. после установления комплекса обрабатываемых поверхностей и простановки операционных размеров.

3.4.2 Определение числа ступеней обработки поверхностей

Число ступеней механической обработки определяется с помощью коэффициента уточнения E_n [16]:

$$E_n = T_{заг}/T_{дет},$$

где $T_{заг}$ – допуск на поверхности заготовки,

$T_{дет}$ – допуск на поверхности детали.

Расчет ступеней обработки каждой поверхности представлен в таблице 3.3. В таблице $n_{мех}$ – число ступеней механической обработки; $n_{кор}$ – скорректированное число ступеней обработки; $n_{общ}$ – общее число ступеней обработки.

Таблица 3.3 – Определение числа ступеней обработки поверхностей

№	$T_{заг}$	$T_{дет}$	$E_п$	$n_{мех}$	$n_{кор}$	$n_{общ}$	Шероховатость
1	1,7	0,62	2,74	1	2	3	*Rz*20
2	-	0,25	-	1	2	3	*Ra*2,5
3	-	0,25	-	1	2	3	*Ra*2,5
4	-	1	-	1	1	2	*Rz*20
5	-	0,43	-	1	1	2	*Rz*20
6	-	0,25	-	1	1	2	*Rz*20
7	-	0,25	-	1	1	2	*Rz*20
8	-	1	-	1	1	2	*Rz*20
9	1,7	0,62	2,74	1	1	2	*Rz*20
10	-	0,25	-	1	1	2	*Rz*20
11	-	0,52	-	1	1	2	*Rz*20
12	2,2	0,25	8,8	2	2	3	*Rz*20
13	-	0,3	-	1	1	2	*Rz*20
14	2,7	1	2,7	1	1	2	*Rz*20

Проведя анализ полученных данных, представленных в таблице 3.3, можно сделать следующие выводы: для поверхностей 2 и 3 расчетное количество ступеней обработки следует увеличить, так как их шероховатость *Ra*2,5 *мкм*, для поверхности 1 – так как она сопрягаются с поверхностями, которые обрабатываются большее число раз (поверхности 2, 3 и 12).

3.4.3 Определение последовательности обработки поверхностей

Все элементарные поверхности детали можно разделить на группы: цилиндрические (поверхности 2, 6, 10, 12), торцы (1, 3, 5, 7, 9, 11), резьбовые отверстия (13), фасонная поверхность фланца (14), конические (4), радиусная (8).

В качестве первой черновой базы принимаем поверхности 9 и 14.

Менее ответственные поверхности обрабатываются на этапе чистового точения. После получения готовой детали производится окончательный контроль детали.

3.4.4 Проектирование технологического маршрута

Анализ чертежа детали, заготовки, последовательности обработки поверхностей и ступеней обработки позволяют сформировать следующую

принципиальную схему технологического маршрута и технологического процесса в целом [16].

Таблица 3.4 – Этапы обработки заготовки и их назначение

Этап	Наименование этапа	Назначение
Э2	Черновой	Съем лишних напусков и припусков, формирование свободных поверхностей
Э8	Чистовой	Восстановление баз, чистовая обработка основных поверхностей
Э14	Контрольный	Окончательный контроль

Принадлежность каждой элементарной поверхности этапам обработки принципиальной схемы технологического процесса показана в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Ступени и вид обработки по каждой из поверхности

№ поверхности	Количество ступеней обработки	Этапы обработки детали		
		Э2	Э8	Э14
1	3	+	+	+
2	3	+	+	+
3	3	+	+	+
4	2	+	-	+
5	2	+	-	+
6	2	+	-	+
7	2	+	-	+
8	2	+	-	+
9	2	+	-	+
10	2	+	-	+
11	2	+	-	+
12	3	+	+	+
13	2	+	-	+
14	2	+	-	+

Выделим в каждом этапе группы поверхностей, которые могут быть обработаны в одной операции за одну установку заготовки, т.е. создадим технологические комплексы.

Таблица 3.6 – Распределение поверхностей по этапам обработки

Этап	Комплекс			
	1	2	3	4
Э2	1 - 3, 12	4 - 11	14	13
Э8	1- 3, 12			
Э14	все			

Поверхности, входящие в комплекс, будут обрабатываться в одной операции, а последовательность выполнения операций соответствует номеру этапа.

Для обработки элементарных поверхностей детали применимы методы точения поверхностей тел вращения, сверление отверстий, нарезание резьб, фрезерование фланца. Технологические возможности этих методов вполне соответствуют требованиям по точности и качеству поверхности.

С целью обеспечения более высокой производительности обработки для токарной и фрезерной обработки применим токарно-фрезерный обрабатывающий центр *Millturn M40-g*, для операции сверления – 2Н135.

Эскизный маршрут технологического процесса изготовления детали «фланец крепления трубопровода» (основные операции механической обработки) представлен на рисунках 3.4 – 3.9.

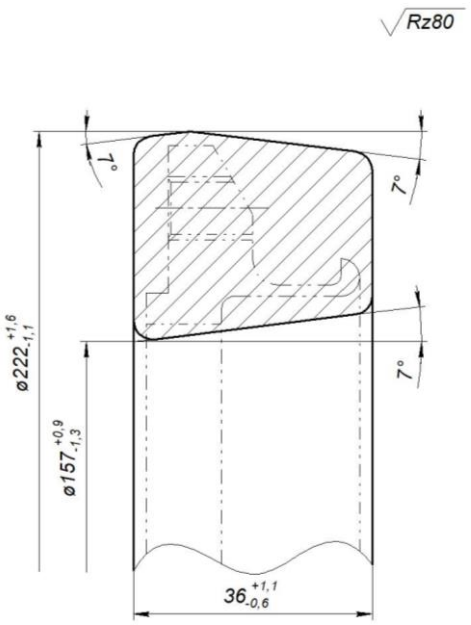


Рисунок 3.4 – Эскиз операции 05 «Заготовительная»

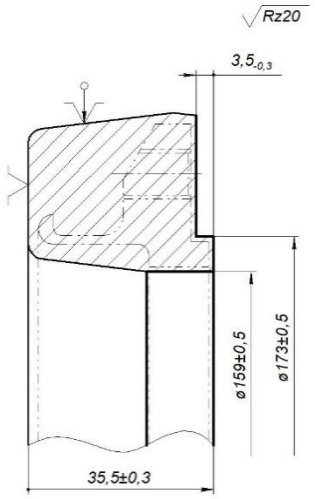


Рисунок 3.5 – Эскиз операции 10 «Токарная черновая»

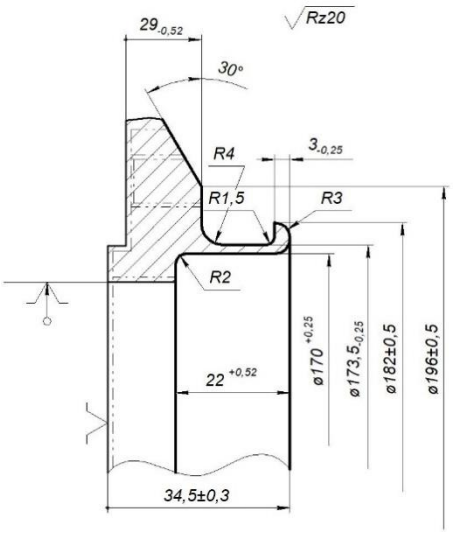


Рисунок 3.6 – Эскиз операции 15 «Токарная черновая»

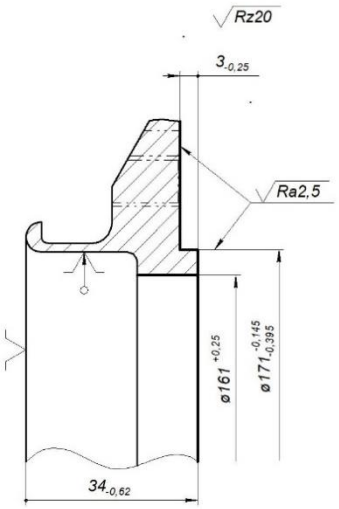


Рисунок 3.7 – Эскиз операции 20 «Токарная чистовая»

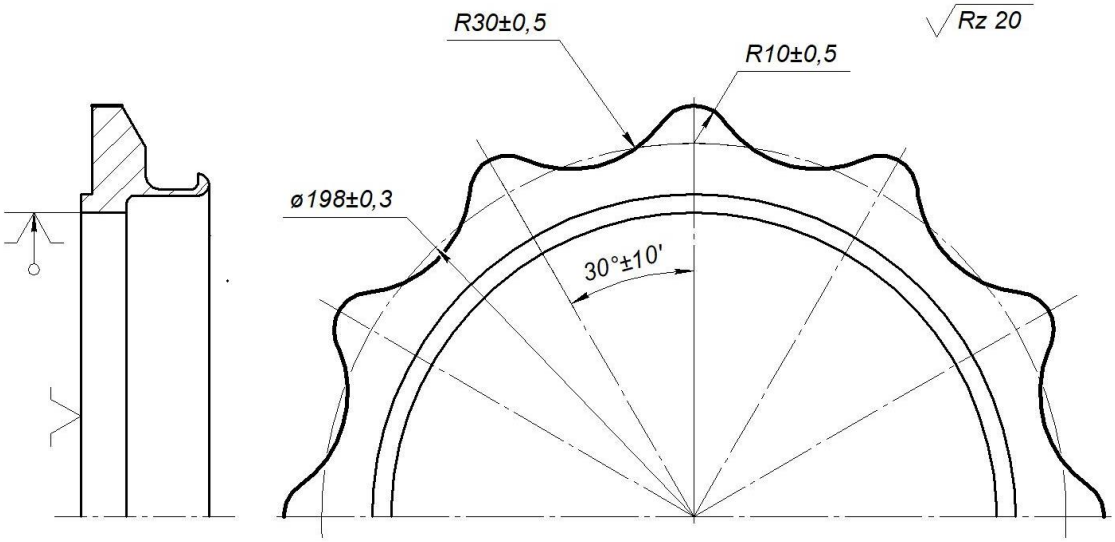


Рисунок 3.8 – Эскиз операции 25 «Фрезерная»

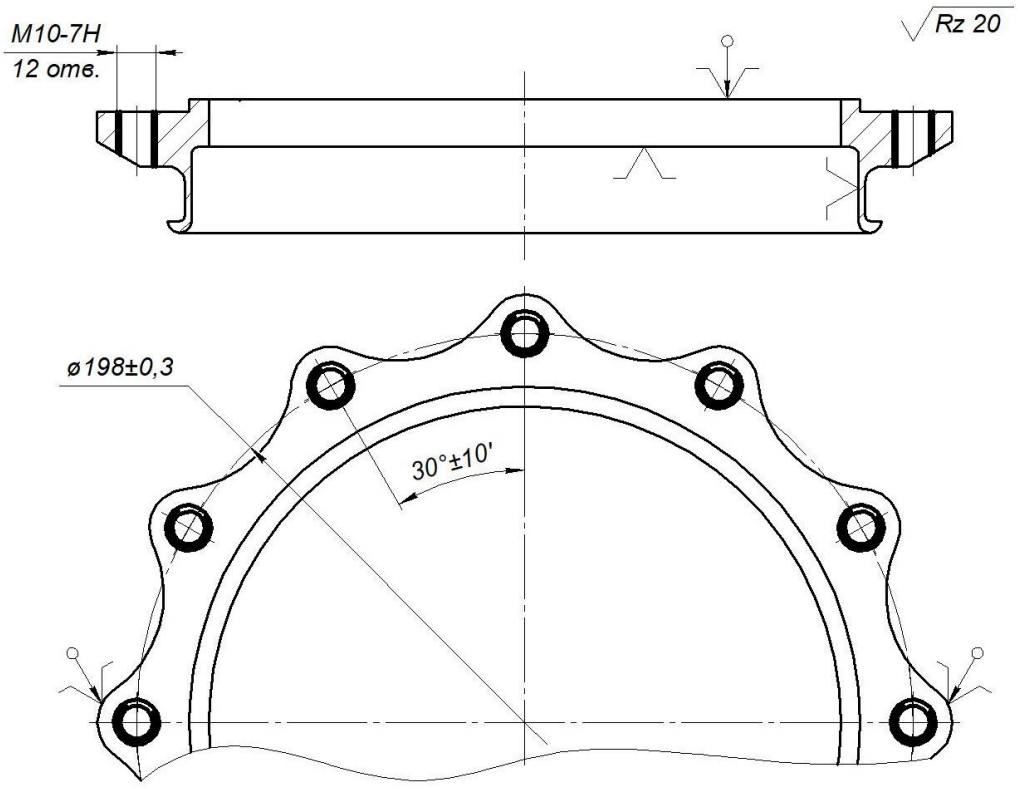


Рисунок 3.9 – Эскизы операций 30 «Сверление, нарезание резьбы»

4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИИ

Повышение эффективности работы цеха зависит от многих факторов. Одним из таких факторов являются затраты времени на изготовление детали, на ее установку, закрепление и снятие, на смену инструмента и прочее. Основное время, необходимое на обработку, изменить нельзя, а вот время на вспомогательные процессы можно оптимизировать с помощью замены универсального оборудования на оборудование с ЧПУ.

Рассмотрим экономическое сравнение выполнения операции 10 «Токарная черновая» (рисунок 3.5) на универсальном токарном станке 1К62 и на токарно-фрезерном обрабатывающем центре *Millturn M40-g*.

Проведем сравнение по технологической себестоимости, которая определяется по формуле [23]

$$С_{ОП} = З_{ПР} + З_{Н} + О_{А} + О_{Р} + П + И_{Р} + Э,$$

где $З_{ПР}$ - заработная плата производственных рабочих;

$З_{Н}$ - заработная плата рабочих – наладчиков;

$О_{А}$ - затраты на амортизацию оборудования;

$О_{Р}$ - затраты на ремонт и модернизацию оборудования;

$П$ - затраты на эксплуатацию и амортизацию приспособлений;

$И_{Р}$ - затраты на эксплуатацию и амортизацию режущих инструментов;

$Э$ - затраты на электроэнергию.

4.1 Вариант выполнения операции на станке 1К62

Исходные данные для расчета технологической себестоимости варианта выполнения токарной операции 10 на станке 1К62 приведены в таблице 4.1.

В операции 10 «Токарная черновая» производиться следующая обработка:

1) подрезка торца 9;

2) точение поверхностей 5, 6.

Таблица 4.1 – Исходные данные для расчета

Деталь	«фланец крепления трубопровода»
Материал	Сталь 12Х18Н10Т
Наименование операции	токарная черновая
Станок	универсальный токарный 1К62
Приспособление	3 – х кулачковый патрон
Инструмент	1) подрезной резец φ = 95°, материал быстрорежущая сталь Р9К5; 2) проходной упорный резец φ = 95°, материал быстрорежущая сталь Р9К5
Режимы обработки [21]	1) S = 0,2 *мм/об*, n = 125 *об/мин*; 2) S = 0,3 *мм/об*, n = 150 *об/мин*
Исполнитель	токарь третьего разряда
Годовая программа	1000 *штук*

Число обрабатываемых деталей в партии будет составлять

$$n = \frac{N_Г}{П_П} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ шт},$$

где $N_Г$ = 1000 - годовая программа выпуска;

$П_П$ = 4 - количество партий запуска в год.

4.1.1 Нормирование операции на станке 1К62

Определяем основное время на операцию

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

где $L = L_p + y$ - расчетная длина пути режущего инструмента, *мм*;

y = 2 *мм* – длина перебега;

i – число ходов.

Тогда

1) подрезка торца 9:

$$t_{пер1} = \frac{25+2}{125 \cdot 0.2} = 1 \text{ мин};$$

2) точение поверхностей 5, 6:

$$t_{пер2} = \frac{(17+2) \cdot 9}{150 \cdot 0,3} + \frac{17,1+2}{150 \cdot 0,3} = 4,224 мин.$$

Основное время на всю операцию

$$t_o = 1 + 4{,}224 = 5{,}224 \text{ мин}.$$

Вспомогательное время определяется по формуле

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{пер} + t_{изм},$$

где $t_{уст} = 0{,}4$ *мин* - время на установку, закрепление, снятие заготовки в патроне с креплением ключом с выверкой на биение мелом [20];

$t_{пер} = 0{,}09 + 0{,}09 + 1{,}26 = 1{,}44$ *мин* - вспомогательное время, связанное с переходом [20],

где 0,5×2 (установить и снять резец) + 0,07×2 (изменить число оборотов шпинделя) + 0,06×2 (изменить величину подачи) = 1,26 *мин* - затраты времени на приемы, не вошедшие в комплексы [20];

$t_{изм} = 0{,}1 + 0{,}1 + 0{,}13 + 0{,}16 + 0{,}13 + 0{,}13 + 0{,}1 + 0{,}23 \times 3 = 1{,}54$ *мин* - вспомогательное время на измерения [20];

$$t_{всп} = 0{,}4 + 1{,}44 + 1{,}54 = 3{,}38 \text{ мин}.$$

Оперативное время $t_{оп} = t_o + t_{всп} = 5{,}224 + 3{,}38 = 8{,}604$ *мин*.

Состав нормы штучного времени [23]

$$t_{ШТ} = t_{оп} \cdot \left[1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100}\right] = 8{,}604 \cdot \left[1 + \frac{6+5+3}{100}\right] = 9{,}81 \text{мин},$$

где $\alpha = 6$ - нормативный коэффициент на обслуживание рабочего места;

$\beta = 5$, $\gamma = 3$ - нормативные коэффициенты.

Штучное калькуляционное время

$$t_{ШТ-К} = t_{ШТ} + \frac{T_{ПЗ}}{n} = 9{,}81 + \frac{14}{250} = 9{,}866 \text{ мин},$$

где $T_{ПЗ} = 14$ *мин* - подготовительно-заключительное время [20].

4.1.2. Определение технологической себестоимости операции

Оплата труда производственных рабочих [23]

$$З_{ПР} = 1{,}32 \cdot З_{ПР}^{ч} \cdot К_{БМ} \cdot \frac{t_{ШТ-К}}{60} = 1{,}32 \cdot 135{,}4 \cdot 1 \cdot \frac{9{,}866}{60} = 29{,}39 \text{ руб},$$

где $К_{БМ} = 1$ - коэффициент, учитывающий число единиц оборудования, обслуживаемого одним рабочим (универсальное оборудование);

$$З_{ПР}^{Ч} = C_{\min} \cdot 1{,}07 \cdot 1{,}09 \cdot 1{,}12 \cdot 1{,}79 = 57{,}9 \cdot 1{,}07 \cdot 1{,}09 \cdot 1{,}12 \cdot 1{,}79 = 135{,}4 \ руб,$$

где коэффициент 1,07 – для одной и той же группы сдельная форма оплаты увеличена на 7% больше тарифной повременной ставки;

коэффициент 1,09 – для рабочих второй группы (обработка резанием) тарифные ставки увеличены на 9% по сравнению с третьей группой;

коэффициент 1,12 – для рабочих первой группы (станочники широкого профиля) тарифные ставки увеличены на 12% по сравнению со второй группой;

коэффициент 1,79 – для рабочего первой группы, работающего по сдельной форме оплаты труда по шестому разряду;

$$C_{\min} = \frac{ЗП_{\min}^{МЕС}}{Ф_{ЭФ.Р}^{МЕС}} = \frac{9489}{164} = 57{,}9 \ руб,$$

где $ЗП_{\min}^{МЕС}$ = 9489 *руб* - минимальная заработная плата в месяц установленная государством (МРОТ) согласно федеральному закону от 28.12.2017 №421-ФЗ;

$$Ф_{ЭФ.Р}^{МЕС} = \frac{Ф_{ЭФ.Р}^{ГОД}}{12} = \frac{1973}{12} = 164 \ часа,$$

где $Ф_{ЭФ.Р}^{ГОД}$ = 1973 *часа* – годовой фонд времени одного рабочего.

Оплата труда рабочих – наладчиков [23]

$$З_{Н} = 1{,}32 \cdot З_{Н}^{Ч} \cdot \frac{T_{Н}}{60 N_{Т}} = 1{,}32 \cdot 201{,}43 \cdot \frac{61{,}73}{60 \cdot 250} = 1{,}10 \ руб,$$

где $З_{Н}^{Ч}$ = 201,43 *руб* (на 1 квартал 2019 г.) - часовая тарифная ставка наладчика [10];

$T_{Н} = A_{Н} + B_{Н} \cdot N_{Р.Н.} + C_{Н} \cdot t_{ШТ} = 36 + 3 \cdot 2 + 2 \cdot 9{,}81 = 61{,}73$ - трудоемкость наладки;

где $A_{Н}$ = 36, $B_{Н}$ = 3, $C_{Н}$ = 2 – коэффициенты для токарных станков;

$N_{Р.Н}$ = 2 - количество режущих инструментов в наладке.

Расходы на амортизацию оборудования [23]

$$О_{А} = \frac{Ц \cdot (1 + К_{ТМ}) \cdot а}{Ф_{Г} \cdot К_{ИСП}} \cdot \frac{t_{ШТ-К}}{60} = \frac{1199000 \cdot (1 + 0{,}12) \cdot 0{,}122}{4015 \cdot 0{,}7} \cdot \frac{9{,}866}{60} = 9{,}58 \ руб,$$

где $Ц$ = 1199000 *руб* - стоимость станка 1К62 [6];

a = 0,122 - нормативы затрат на амортизацию, при двухсменной работе оборудования;

$К_{ИСП}$ = 0,7 - коэффициент загрузки оборудования при серийном типе производстве;

$К_{ТМ}$ = 0,12 – коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку и монтаж оборудования на все станки, кроме специальных и станков с ЧПУ;

$Ф_Г$ = 4015 *ч* - годовой фонд работы станка при двухсменной работе.

Расходы на ремонт и содержание оборудования [23]

$$О_Р = \frac{Ц \cdot (1 + К_{ТМ}) \cdot p_О}{Ф_Г \cdot К_{ИСП}} \cdot \frac{t_{ШТ-К}}{60} = \frac{1199000 \cdot (1 + 0{,}12) \cdot 0{,}105}{4015 \cdot 0{,}7} \cdot \frac{9{,}866}{60} = 8{,}25 \ руб,$$

где $p_о$ = 0,105 - норма затрат на ремонт и содержание оборудования.

Затраты на амортизацию и ремонт приспособлений [23]

$$П = \frac{Ц_{ПС} \cdot (1 + К_{ПР}) \cdot (a_П + p_П)}{N_Г} = \frac{7000 \cdot (1 + 0{,}25) \cdot (1 + 0{,}25)}{250} = 43{,}75 \ руб,$$

где $Ц_{ПС}$ = 7000 *руб* - стоимость 3 – х кулачкового патрона [3];

$К_{ПР}$ = 0,25 – коэффициент, учитывающий стоимость проектирования и отладки приспособления;

$p_П$ = 0,25 – коэффициент, учитывающий расходы на ремонт приспособления;

$a_П$ = 1 – для простых приспособлений коэффициент годовых отчислений на амортизацию приспособлений, зависящий от числа лет службы приспособления.

Расходы на амортизацию и эксплуатацию режущих инструментов [23]

$$И_Р = \sum_{i=1}^{l_У} И_Р^Ч \cdot \frac{t_{Oi}}{60} = 3{,}2 \cdot \frac{1}{60} + 3{,}8 \cdot \frac{4{,}224}{60} = 0{,}32 \ руб,$$

где $И_Р^Ч$ - стоимость машинного времени.

В операции применяются подрезной и проходной упорный резцы. Стоимость машинного времени данных резцов составляет 3,2 и 3,8 *руб/час* соответственно.

Затраты на силовую электроэнергию [23]

$$Э = \frac{N_{ЭД} \cdot K_{ОД} \cdot K_N \cdot K_Д \cdot K_{ПОТ}}{\eta_{ЭД}} \cdot \frac{t_{ШТ-К}}{60} \cdot Ц_Э = \frac{10 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}05}{0{,}65} \cdot \frac{9{,}866}{60} \cdot 3{,}84 = 4{,}50 \ руб,$$

где $N_{ЭЛ}$ = 10 *кВт* - мощность электродвигателя станка 1К62;

$K_{ОД}$ = 0,9 - коэффициент одновременности работы электродвигателя станка;

K_N = 0,7 - средний коэффициент загрузки двигателя станка по мощности;

$K_Д$ = 0,7 - средний коэффициент загрузки двигателя станка по времени;

$K_{ПОТ}$ = 1,05 - коэффициент, учитывающий потери эл/энергии в сети завода;

$\eta_{ЭЛ}$ = 0,65 - средний КПД двигателя;

$Ц_Э$ = 3,84 *руб/кВт·ч* - тариф электроэнергии на 1 января 2019 г.

Окончательно суммарная технологическая себестоимость будет равна

$$C_{ОП} = 29{,}39 + 1{,}10 + 9{,}58 + 8{,}25 + 43{,}75 + 0{,}32 + 4{,}50 = 96{,}89 \ руб.$$

4.2 Вариант выполнения операции на токарно-фрезерном обрабатывающем центре *Millturn M40-g*

Исходные данные для расчета технологической себестоимости варианта выполнения токарной операции 10 на станке *Millturn M40-g* приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Исходные данные для расчета

Деталь	«фланец крепления трубопровода»
Материал	Сталь 12Х18Н10Т
Наименование операции	токарная черновая
Станок	Токарно-фрезерный с ЧПУ Millturn M40-g
Приспособление	3 – х кулачковый патрон
Инструмент	1) Резец Sandvic Coromant DCLNR/L 2525V 12 пластина: CNMG 12 04 08 - PF
Режимы обработки [21]	S = 0,8 *мм/об*, n = 215 *об/мин*;
Исполнитель	наладчик пятого разряда
Годовая программа	1000 *штук*

4.2.1 Нормирование операции на станке с ЧПУ Millturn M40-g

Оперативное время t_o = 2,43 *мин*.

Вспомогательное время

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{пер} + t_{изм} = 0,4 + 0,04 + 1,54 = 1,98 \text{ мин},$$

где $t_{уст} = 0,4$ *мин* [20];

$t_{пер} = 0,02 \times 2 = 0,04$ *мин* [20],

$t_{изм} = 1,54$ *мин* [20].

Оперативное время $t_{оп} = t_{о} + t_{всп} = 2,43 + 1,98 = 4,41$ *мин*.

Состав нормы штучного времени [23]

$$t_{ШТ} = t_{оп} \cdot \left[1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100}\right] = 4,41 \cdot \left[1 + \frac{6 + 5 + 3}{100}\right] = 5,02 \text{ мин},$$

Штучное калькуляционное время

$$t_{ШТ-К} = t_{ШТ} + \frac{T_{ПЗ}}{n} = 5,02 + \frac{14}{250} = 5,076 \text{ мин}.$$

4.2.2. Определение технологической себестоимости операции

Оплата труда производственных рабочих [23]

$$З_{ПР} = 1,32 \cdot З_{ПР}^{Ч} \cdot К_{БМ} \cdot \frac{t_{ШТ-К}}{60} = 1,32 \cdot 135,4 \cdot 0,5 \cdot \frac{5,076}{60} = 7,56 \text{ руб},$$

где $К_{БМ} = 0,5$ – станки с ЧПУ;

$$З_{ПР}^{Ч} = C_{\min} \cdot 1,07 \cdot 1,09 \cdot 1,12 \cdot 1,79 = 57,9 \cdot 1,07 \cdot 1,09 \cdot 1,12 \cdot 1,79 = 135,4 \text{ руб},$$

$$C_{\min} = \frac{ЗП_{\min}^{МЕС}}{Ф_{ЭФ.Р}^{МЕС}} = \frac{9489}{164} = 57,9 \text{ руб},$$

$$Ф_{ЭФ.Р}^{МЕС} = \frac{Ф_{ЭФ.Р}^{ГОД}}{12} = \frac{1973}{12} = 164 \text{ часа}.$$

Оплата труда рабочих – наладчиков [23]

$$З_{Н} = 1,32 \cdot З_{Н}^{Ч} \cdot \frac{T_{Н}}{60 N_{Т}} = 1,32 \cdot 201,43 \cdot \frac{61,04}{60 \cdot 250} = 1,08 \text{ руб},$$

где $З_{Н}^{Ч} = 201,43$ *руб* (на 1 квартал 2019 г.) - часовая тарифная ставка наладчика [10];

$T_{Н} = A_{Н} + B_{Н} \cdot N_{Р.Н.} + C_{Н} \cdot t_{ШТ} = 40 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 5,02 = 61,04$ - трудоемкость наладки;

где $A_{Н} = 40$, $B_{Н} = 4$, $C_{Н} = 2$ – коэффициенты для станков с ЧПУ.

Расходы на амортизацию оборудования [23]

$$O_A = \frac{Ц \cdot (1 + K_{ТМ}) \cdot a}{Ф_Г \cdot K_{ИСП}} \cdot \frac{t_{ШТ-К}}{60} = \frac{25000000 \cdot (1 + 0{,}075) \cdot 0{,}122}{4015 \cdot 0{,}7} \cdot \frac{5{,}076}{60} = 98{,}70 \ руб,$$

где $Ц$ = 25000000 *руб* - стоимость станка Millturn M40-g [5];

$K_{ТМ}$ = 0,075 – коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку и монтаж оборудования станков с ЧПУ.

Расходы на ремонт и содержание оборудования [23]

$$O_Р = \frac{Ц \cdot (1 + K_{ТМ}) \cdot p_O}{Ф_Г \cdot K_{ИСП}} \cdot \frac{t_{ШТ-К}}{60} = \frac{25000000 \cdot (1 + 0{,}075) \cdot 0{,}105}{4015 \cdot 0{,}7} \cdot \frac{5{,}076}{60} = 84{,}94 \ руб.$$

Затраты на амортизацию и ремонт приспособлений [23]

$$П = \frac{Ц_{ПС} \cdot (1 + K_{ПР}) \cdot (a_П + p_П)}{N_Г} = \frac{7000 \cdot (1 + 0{,}25) \cdot (1 + 0{,}25)}{250} = 43{,}75 \ руб.$$

Расходы на амортизацию и эксплуатацию режущих инструментов [23]

$$И_Р = \sum_{i=1}^{l_У} И_Р^Ч \cdot \frac{t_{Oi}}{60} = 2{,}43 \cdot \frac{5{,}02}{60} = 0{,}20 \ руб.$$

Затраты на силовую электроэнергию [23]

$$Э = \frac{N_{ЭД} \cdot K_{ОД} \cdot K_N \cdot K_Д \cdot K_{ПОТ}}{\eta_{ЭД}} \cdot \frac{t_{ШТ-К}}{60} \cdot Ц_Э = \frac{40 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}05}{0{,}65} \cdot \frac{5{,}076}{60} \cdot 3{,}84 = 9{,}26 \ руб,$$

где $N_{ЭЛ}$ = 40 *кВт* - мощность электродвигателя станка Millturn M40-g.

Окончательно суммарная технологическая себестоимость будет равна

$C_{ОП}$ = 7,56 + 1,08 + 98,70 + 84,94 + 43,75 + 0,20 + 9,26 = 249,49 *руб*.

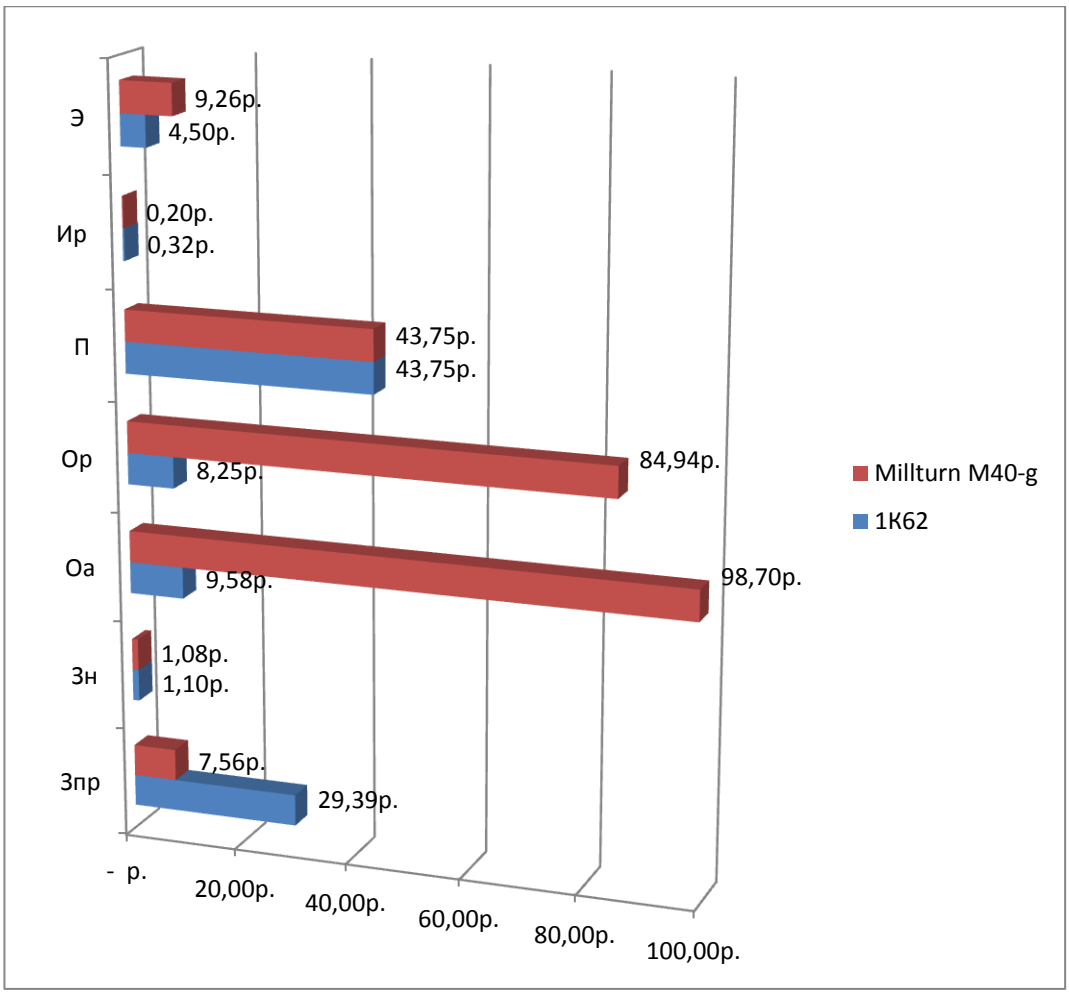


Рисунок 4.1 – Диаграмма затрат при выполнении операции 10 «Токарная черновая»

5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

5.1 Изучение и анализ исходных данных

Для проектирования специального приспособления выберем операцию № 30 «Сверление, нарезание резьбы». В данной операции производится сверление двенадцати отверстий под резьбу М10-7Н диаметром $8{,}5^{+0{,}3}$ *мм*.

Материал детали – сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632 - 72.

Операционный эскиз операции №30 представлен на рисунке 5.1.

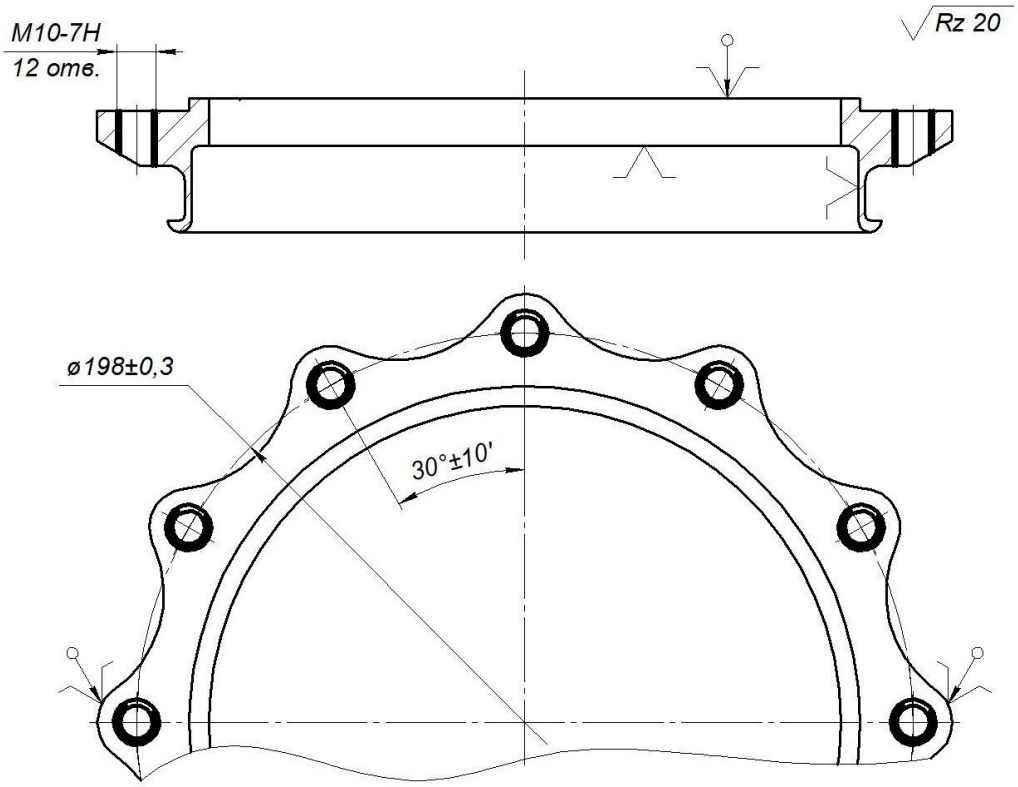


Рисунок 5.1 – Эскиз операции №30 «Сверление, нарезание резьбы»

Предполагаем, что деталь «фланец крепления трубопровода» в процессе обработки будет устанавливаться в приспособление по поверхности отверстия 10 с упором в торец 11 и закрепляться по поверхности торца 1, так же для исключения поворота детали во время обработки, деталь будет закреплена по поверхности 14. Обработка будет производиться на вертикально – сверлильном станке 2А135, спиральным сверлом диаметром 8,5h7 *мм* (материал инструмента быстрорежущая сталь Р18) при режимах резания t = 4,25 *мм*, S = 0,05 *мм/об*, n = 150 *об/мин*, v = 7,5 *м/мин* [16], а так же машинным метчиком М10-7Н (материал

инструмента быстрорежущая сталь Р6М5К5) при режимах резания S = 1,5 *мм/об*, n = 30 *об/мин*, v = 0,94 *м/мин* Годовая программа составляет 1000 *штук*. Производство является серийным.

5.2 Разработка технического задания на проектирование приспособления

Техническое задание на проектирование специального приспособления для операции №30 «Сверление, нарезание резьбы», представлено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Техническое задание на проектирование приспособления

Раздел	Содержание раздела
Наименование приспособления, область применения	Приспособление для сверления двенадцати отверстий под резьбу диаметром $8{,}5^{+0,3}$ *мм* со сменными втулками для нарезания резьбы М10-7Н на вертикально – сверлильном станке 2А135.
Основания для разработки	Операционный эскиз технологического процесса изготовления детали «фланец крепления трубопровода».
Цель и назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить: - точную и быструю установку, - надежное закрепление детали, - постоянное во времени положение детали относительно режущего инструмента с целью получения необходимой точности размеров детали, - удобство установки, закрепления и снятия детали.
Технические (тактико-технические) требования	Тип производства – серийное. Программа выпуска – 1000 *штук* в год. Размеры приспособления должны соответствовать вертикально – сверлильному станку 2А135. Входные данные о детали: - посадочный размер диаметр $170^{+0,25}$ *мм*, *Rz*20; - длина посадочной поверхности 22 *мм*; - габаритные размеры детали диаметр 218×34 *мм*. Выходные данные операции: – диаметр отверстий под резьбу $8{,}5^{+0,3}$ *мм*; - расположение отверстий по диаметру 198±0,3 *мм*; - расположение отверстий под углом 30°±10’ друг относительно друга.
Техническая характеристика вертикально – сверлильного станка 2А135	1) Размеры рабочего стола - 400×450 *мм*; 2) наибольший ход шпинделя – 200 *мм*; 3) наибольший ход стола – 270 *мм*; 4) наибольший диаметр сверления – 35 *мм*; 5) расстояние от торца шпинделя: до стола – 60 – 700 *мм*, до плиты – 690 – 1060 *мм*;

	6) ширина Т – образных пазов – 18Н12 *мм*; 7) расстояние между Т - образными пазами - 90±0,4 *мм*; 8) конус шпинделя – конус Морзе №3; 9) количество скоростей шпинделя – 12; 10) количество подач – 9; 11) габариты станка - 915×785×2350 *мм*; 12) вес – 880 *кг*; 13) режимы резания – для сверла: t = 4,25 *мм*, S = 0,05 *мм/мин*, n = 150 *об/мин*, v = 7,5 *м/мин*; для метчика: S = 1,5 *мм/об*, n = 30 *об/мин*, v = 0,94 *м/ми;* 14) инструмент – спиральное сверло диаметром 8,5h7 *мм*, материал инструмента – быстрорежущая сталь Р18; машинный метчик М10-7Н, материал - быстрорежущая сталь Р6М5К5. 15) материал детали – сталь 12Х18Н10Т.
Документация, используемая при разработке	ЕСТПП. Правила выбора технологической оснастки. ГОСТ14.305-73. ЕСТПП. Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделий ГОСТ14.201-83.
Документация, подлежащая разработке	Сборочный чертеж приспособления, спецификация.

5.3 Разработка конструктивной схемы приспособления

Основываясь на исходных данных, представленных в таблице 5.1 и типовых конструкций приспособлений, разработаем схему специального приспособления для сверления отверстий под резьбу со сменными втулками [10, 19].

На сверлильных станках для надежного закрепления деталей и обеспечения требуемого положения инструмента относительно оси обрабатываемого отверстия в основном применяются специальные приспособления, которые называются кондукторами.

Для того, чтобы при обработке ось режущего инструмента не отклонялась от заданного положения, в корпус кондуктора вставляются кондукторные втулки, которые бывают постоянные или быстросменные. Быстросменные втулки позволяют использовать приспособление для сверления отверстий разного диаметра.

Использование кондукторов для обработки деталей исключает необходимость в предварительной разметке деталей и центровых отверстий.

Все кондукторы можно разделить на скользящие и накладные. Накладные кондукторы накладываются на заготовку и не закрепляются, скользящие – не крепятся к столу станка, для каждого отверстия устанавливается в рабочее положение рабочим.

Технологической базой в нашем случае будет являться поверхность 10.

5.4 Описание конструкции и работы приспособления

Конструктивная схема приспособления представлена на рисунке 5.2.

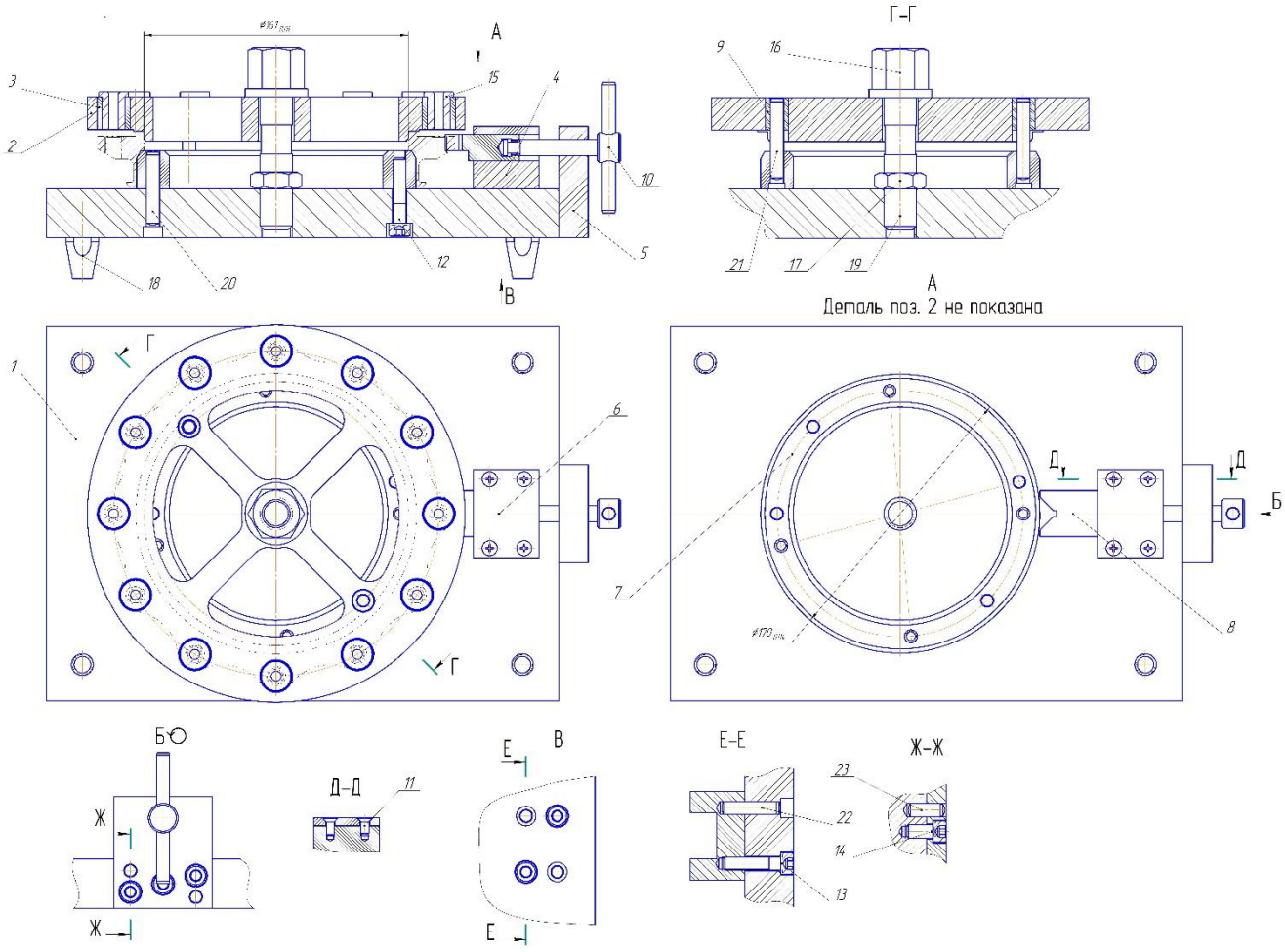


Рисунок 5.2 – Конструктивная схема приспособления

На плите 1 устанавливаются базирующее кольцо 7, направляющая для призмы 4 и стенка 5. На направляющей 4 закрепляется призма 8 и зажимается крышкой 6. В призму 8 через резьбовое отверстие стенки 5 закручивается

нажимной винт 10. Это обеспечивает прижим детали в призме. Деталь устанавливается на базирующее кольцо 7 и закрепляется призмой 8. Затем на деталь устанавливается кондукторная крышка 2, продевая через отверстие шпильку 19 и совмещая штифты 21 и втулки 9, что обеспечивает правильную установку крышки на детали. В кондукторной крышке 2 запрессованы гильзы 3, использующиеся для крепления в них кондукторных втулок 15. На шпильку 19 накручивается гайка 16 и зажимается до полного прижима детали к кольцу 7.

5.5 Технико – экономические расчеты при проектировании приспособления

5.5.1 Расчет приспособления на точность

После того, как разработана конструкция приспособления, необходимо проверить обеспечение им точности обработки отверстий детали:

- допуск на размер отверстия $T_1 = 0{,}3$ *мм*,

- допуск на положение отверстия $T_2 = 0{,}6$ *мм*.

Для обеспечения этих двух условий необходимо, чтобы выполнялось следующее условие [10]

$$\omega_{обр} \leq T_n,$$

где T_i – допуск на изготавливаемый размер детали, *мм*,

$\omega_{обр}$ – сумма погрешностей обработки, *мм*.

Погрешность обработки складывается:

1) из погрешности положения заготовки в приспособлении;

2) из погрешности установки приспособления;

3) из погрешности смещения оси инструмента от номинального положения;

4) из погрешности увода оси отверстия;

5) из погрешности метода обработки.

Погрешность обработки для сверления незначительна и принимается

$$\varepsilon_o = 0.$$

Положение приспособления, в нашем случае кондуктора, не зависит от положения корпуса кондуктора на столе станка, следовательно, погрешность установки приспособления принимаем

$$\varepsilon_{уст} = 0.$$

Погрешность положения заготовки в приспособлении определяется как максимальный зазор между посадочным кольцом кондуктора и установочным размером детали: размер посадочного кольца – диаметр $170_{-0,04}$ *мм*; установочный размер детали - диаметр $170^{+0,25}$ *мм*.

Схема образования погрешностей при сверлении в кондукторе представлена на рисунке 5.2.

Таким образом,

$$\varepsilon_{уз} = S_{наиб} = ei + ES = 0,25 + 0,04 = 0,29 \text{ мм}.$$

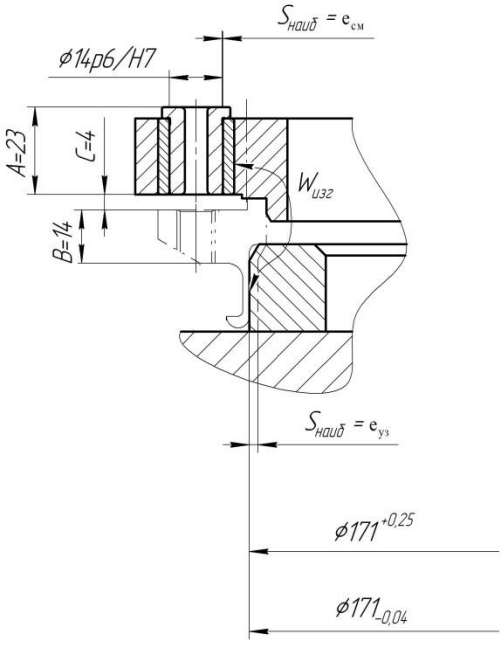


Рисунок 5.2 – Схема образования погрешностей при сверлении

Погрешность направляющих элементов (кондукторной втулки) зависит от погрешности смещения оси втулки относительно номинального положения $\varepsilon_{см}$ и погрешности увода оси отверстия $\varepsilon_{ув}$.

Погрешность смещения оси кондукторной втулки относительно номинального положения определяется как максимальный зазор между

отверстием в корпусе кондуктора и внешним диаметром втулки: размер отверстия - $14^{+0,018}$ *мм*; диаметр втулки - $14^{+0,029}_{+0,018}$ *мм*.

Таким образом

$$\varepsilon_{см} = S_{наиб} = ei + ES = 0,018 + 0,011 = 0,029 \text{ мм}.$$

Погрешность увода оси отверстия определим по формуле

$$\varepsilon_{ув} = S_{наиб} \cdot \left(\frac{B + C}{A} + \frac{1}{2} \right),$$

где $S_{наиб}$ – наибольший зазор между инструментом и кондукторной втулкой,

B = 14 *мм* – глубина отверстия,

C = 4 *мм* – расстояние между торцом кондукторной втулки и поверхностью детали,

A = 23 *мм* – длина направляющей части втулки.

Диаметр сверла 8,5h7 = $8,5_{-0,015}$ *мм*, диаметр отверстия в постоянной втулке 8,5F7 = $8,5^{+0,028}_{+0,013}$ *мм*.

Тогда максимальный зазор между втулкой и сверлом

$$S_{наиб} = 0,015 + 0,015 = 0,03 \text{ мм}.$$

Таким образом, увод оси отверстия в заготовке определяется

$$\varepsilon_{ув} = 0,03 \cdot \left(\frac{14 + 4}{23} + \frac{1}{2} \right) = 0,0384 \text{ мм}.$$

Результирующая погрешность определим по формуле

$$\omega_{обр} = \sqrt{\varepsilon_{уз}^2 + \varepsilon_{см}^2 + \varepsilon_{ув}^2} = \sqrt{0,29^2 + 0,029^2 + 0,0384^2} = 0,293 \text{ мм}.$$

Проверим возможность обработки в приспособлении размеров детали:

$$\omega_{обр} = 0,293 \text{ мм} \le T_1 = 0,3 \text{ мм};$$

$$\omega_{обр} = 0,293 \text{ мм} \le T_2 = 0,6 \text{ мм}.$$

Спроектированное приспособление – кондуктор для сверления двух отверстий для контровки обеспечивает заданную точность обработки.

5.5.2 Определение силы закрепления

В процессе сверления необходимо исключить проворот или вырывание детали из приспособления, для этого должны выполняться условия [10, 14]:

$$Q_{закр} \geq P_O;$$

$$M_{закр} \geq 2 \cdot M_{крут}.$$

Сила, создаваемая на детали режущим инструментом (в нашем случае сверлом) определяется по формуле [14]

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p = 10 \cdot 400 \cdot 8{,}5^1 \cdot 0{,}05^{0{,}8} \cdot 1 = 3094 H,$$

где D = 8,5 *мм* – диаметр сверла,

S = 0,05 *мм/мин* – подача,

C_p = 400; y = 0,8; q = 1; K_p = 1 – поправочные коэффициенты при сверлении стали сверлом из быстрорежущей стали.

Крутящий момент, создаваемый при резании

$$M_{крут} = 10 C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_{Mp} = 10 \cdot 0{,}12 \cdot 8{,}5^2 \cdot 0{,}05^{0{,}8} \cdot 1 = 7{,}89 H \cdot мм.$$

Определим силу, необходимую для исключения проворачивания заготовки в приспособлении [10].

Сила закрепления с помощью винта может быть определена

$$Q_{закр} = \frac{10 \cdot P_u \cdot l_{кл}}{d} = \frac{10 \cdot 100 \cdot 350}{20} = 17500 H,$$

где P_u = 100 *Н* – усилие, которое может создать рабочий,

$l_{кл}$ = 350 *мм* – длина гаечного ключа для гайки М20,

d = 20 *мм* – внутренний диаметр гайки.

Момент, необходимый для исключения проворачивания детали в приспособлении - это момент трения в отверстии приспособления

$$M_{тр} = \frac{1}{3} Q_{закр} \cdot f \cdot d = \frac{1}{3} \cdot 17500 \cdot 0{,}15 \cdot 171 = 448875 H \cdot мм,$$

где d = 171 *мм* – размер отверстия,

f = 0,15 – коэффициент трения.

Таким образом, получаем:

$$Q_{закр} = 17500 H \geq P_O = 3094 H;$$

$$M_{закр} = 448875 \cdot мм \geq 2 \cdot M_{крут} = 2 \cdot 7{,}89 = 15{,}78 H \cdot мм,$$

усилие закрепления заготовки в кондукторе больше силы резания, создаваемой при сверлении; а момент, необходимый для получения силы закрепления,

больше двойного крутящего момента на шпинделе станка, что исключает проворот или вырывание детали из приспособления

6 ВЫБОР СОВРЕМЕННОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

6.1 Описание современного оборудования

Использование того или иного вида оборудования зависит от сложности изготавливаемой детали и серийности производства. Бывают случаи, в которых при изготовлении детали со сложными профилями использование станков с ЧПУ является почти единственным технически оправданным решением.

Основными преимуществами станков с ПУ являются:

- более высокий уровень автоматизации;
- более точное изготовление детали;
- возможность многостаночного обслуживания;
- возможность быстрой переналадки станков с ЧПУ для обработки новых деталей, их широкое применение в серийном производстве;
- повышается производительность труда за счет сокращения основного и вспомогательного времени;
- повышается производительность станка в 1,5-5 раз по сравнению с аналогичными станками с ручным управлением;
- подготовка производства переносится в сферу инженерного труда, что имеет большое социальное значение;
- сочетается гибкость универсального оборудования с точностью и производительностью станка-автомата, что и позволяет решать вопрос комплексной автоматизации единичного и серийного производства;
- исключение операций разметки и подгонки при сборке, вследствие высокой идентичности деталей обработанных по программе;
- снижение продолжительности цикла изготовления деталей и уменьшение запасов незавершенного производства;
- снижение затрат на изготовление специальной оснастки;
- сокращение объема контроля т.к. размеры, полученные на станке с ЧПУ, допускается контролировать % от партии;

- качественное перевооружение машиностроения на базе современной электроники и вычислительной техники;

- снижение потребности в квалифицированных рабочих-станочниках, а подготовка производства переносится в сферу инженерного труда;

- функции оператора значительно упрощаются и сводятся к установке и снятию заготовки, это исключает влияние субъективных факторов на качество работы.

Для обработки данной детали используется обрабатывающий центр *Millturn M40-G.*

Внешний вид станка представлен на рисунке 3.4, характеристики приведены в таблице 3.6.

Станок предназначен для обработки деталей сложной конфигурации, требующие наравне с токарной, фрезерную обработку, с использованием встроенного фрезерного шпинделя и противошпинделя. Так же фрезерный шпиндель позволяет производить и токарную обработку. Для этого он имеет возможность установки в него различных резцов.

Основные отличительны черты станка: двухсторонняя обработка с противошпинделем; высокая жесткость станка; высокопрочная литая станина; высокая виброустойчивость; высокая температурная стабильность всей конструкции; высокая точность обработки; повышенная гибкость; повышенная производительность; эргономичный дизайн.



Рисунок 6.1 – Обрабатывающий центр *Millturn M40-g*

Таблица 3.6 – Технические характеристики обрабатывающего центра *Millturn M40-g*

Рабочая зона		
Установочный диаметр над верхними салазками	*мм*	520
Межцентровое расстояние	*мм*	1000/2000/3000
Диаметр стандартного патрона	*мм*	250/315/400
Перемещение по оси Y	*мм*	250 (-100/+150)
Перемещение по оси X	*мм*	600 (-20/+580)
Угол поворота оси B	*град*	-110°/+110°
Диаметр обработки между центрами	*мм*	520
Шпиндель		
Максимальная скорость вращения фрезерного шпинделя	*Об/мин*	6000/9000/12000
Максимальная мощность фрезерного шпинделя	*кВт*	20
Максимальный момент вращения фрезерного шпинделя	*Нм*	250/165/125
Максимальное давление при подаче СОЖ через шпиндель	*бар*	80
Максимальная мощность токарного шпинделя (левого)	*кВт*	33/54
Максимальный момент вращения токарного шпинделя (левого)	*Нм*	630/2000
Максимальная скорость вращения токарного шпинделя (левого)	*Об/мин*	4000/3300
Максимальная мощность токарного шпинделя (правого)	*кВт*	33
Максимальный момент вращения токарного шпинделя (правого)	*Нм*	630
Максимальная скорость вращения токарного шпинделя (правого)	*Об/мин*	4000
Инструментальный магазин		
Количество мест	*шт*	50/100
Система управления		
Тип	-	*Siemens SINUMERIK 840D*

6.2 Описание алгоритма выбора инструмента

Развитие процесса металлообработки идет быстрыми темпами. Современный инструмент достаточно сильно отличается по своим возможностям от применяемого десять и даже пять лет назад. Если оснастить два одинаковых станка современным и традиционным инструментом, то разница в производительности обработки и качестве изготовляемых деталей будет ощутима.

Применение современного инструмента эффективно как на новом, так и на старом оборудовании. Правильно выбранный инструмент позволяет быстрее окупить затраты на новое оборудование и значительно повысить производительность старого оборудования. В настоящее время все режущие инструменты по составу можно разделить на следующие группы: а) цельный; б) составной; в) сборный; г) модульный (наборный). У составного инструмента режущая и державочная части имеют неразъёмное соединение. Например, их крепление может осуществляться с помощью сварки или пайки. У сборного и модульного инструмента режущая и державочная части имеют разъёмное соединение. У модульного инструмента эти части представляют собой отдельные сборочные единицы (модули), которые имеют унифицированные присоединительные поверхности. При этом одна и та же режущая головка может быть присоединена к державкам (оправкам, корпусам) различной конфигурации и функционального назначения.

Основную долю в номенклатуре фирмы Sandvik Coromant инструментов составляют сборные и модульные инструменты.

Выбор режущей части таких инструментов включает в себя определение формы и размера сменной многогранной пластины (СМП), геометрии её передней поверхности, радиуса при вершине и инструментального материала.

Выбор державочной части (державки, оправки, корпуса) включает в себя определение её типа и размера. При этом необходимо учитывать возможности технологического оборудования (тип и размеры посадочных поверхностей резцедержателя и инструментального шпинделя). После выбора инструмента

необходимо определить режимы обработки.

В каталогах фирмы AB Sandvik Coromant алгоритмы выбора различного инструмента представлены в начале соответствующих разделов.

Выбор инструмента для токарной обработке

При выборе инструмента по каталогу Sandvik Coromant для начала необходимо определится с типом и размером Резца. Для этого по страницам каталога выбираем вид материала, который будем обрабатывать и по таблице определяем необходимый инструмент

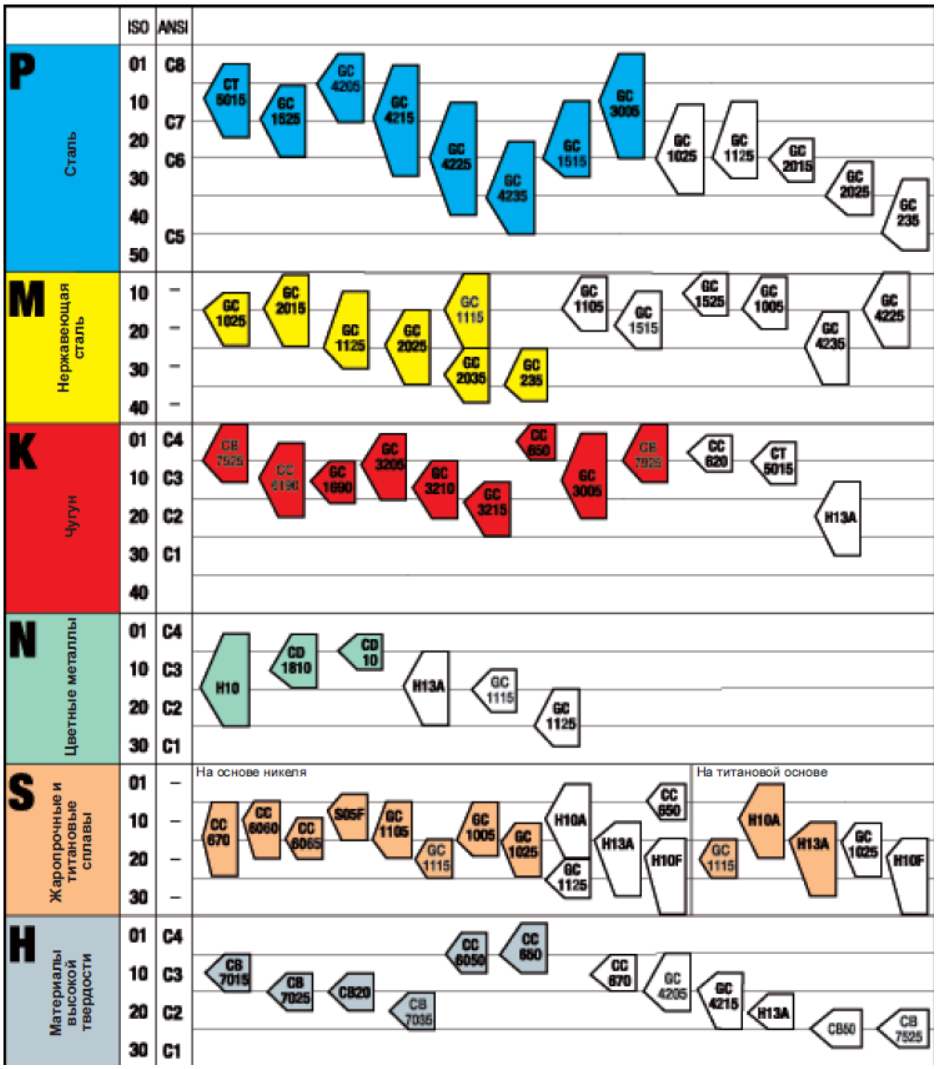
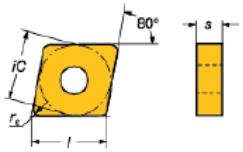


Рисунок 6.2 – Выбор типа инструмента



Области применения по ISO см. внизу таблицы.

	ISO	⊏⊐	iC	P							M						K					N	S								ANSI
				GC	GC	GC	GC	GC	GC	CT		GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	-	-	GC	GC	GC	GC	-	-	GC		
				1515	1525	4205	4215	4225	4235	5015		1115	1125	2015	2025	2035	235	3005	3205	3210	3215	H13A		1005	1105	1115	1125	H10A	H13A	-	S05F	
CNMG-WF	CNMG 09 03 04-WF	09	3/8	☆			★						★								★											CNMG 321-WF
	CNMG 09 03 08-WF			☆		☆	★	☆					★								★											CNMG 322-WF
	CNMG 12 04 04-WF	12	1/2	☆	☆		★	☆		☆		☆	☆	★				☆			★											CNMG 431-WF
	CNMG 12 04 08-WF			☆	☆	☆	★	☆		☆		☆	☆	★				☆			★											CNMG 432-WF
	CNMG 12 04 12-WF			☆		☆	★	☆					★								★											CNMG 433-WF
CNMG-WL	CNMG 12 04 04-WL	12	1/2	☆	☆		★	☆							☆																	CNMG 431-WL
	CNMG 12 04 08-WL			☆	☆		★	☆							☆																	CNMG 432-WL
CNMG-PF	CNMG 09 03 04-PF	09	3/8	☆	☆		★	☆		☆																						CNMG 321-PF
	CNMG 09 03 08-PF			☆	☆	☆	★	☆		☆																						CNMG 322-PF
	CNMG 12 04 04-PF	12	1/2	☆	☆		★	☆		☆																						CNMG 431-PF
	CNMG 12 04 08-PF			☆	☆	☆	★	☆		☆																						CNMG 432-PF
	CNMG 12 04 12-PF			☆	☆	☆	★	☆		☆																						CNMG 433-PF

Рисунок 6.3 – Выбор пластин

Определение режимов резания. Исходными данными для назначения скорости являются марка обрабатываемого материала, марка инструментального материала (твёрдого сплава) и максимальная толщина стружки (среза).

ISO P		Сталь	Удельная сила резания k_c 0.4	Твердость по Бринеллю	<<<< ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ			
					CT5005	CT5015	GC4225	GC2015
					h_{ex}, мм ≈ подача f_n, мм/об			
Код MC	Код CMC	Обрабатываемый материал	Н/мм²	НВ	0.05-0.1-0.2	0.05-0.1-0.2	0.1-0.4-0.8	0.1-0.4-0.8
					Скорость резания (V_c), м/мин			
		Нелегированная сталь						
P1.1.Z.AN	01.1	C = 0.1–0.25%	2000	125	730-590-485	650-540-440	510-345-245	440-300-210
P1.2.Z.AN	01.2	C = 0.25–0.55%	2100	150	650-530-420	570-480-385	455-305-215	400-270-190
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0.55–0.80%	2200	170	-	510-425-340	425-290-205	370-250-175
		Легированная сталь						
P2.1.Z.AN	02.1	Незакаленная	2150	180	530-450-360	480-400-320	460-305-215	395-265-190
P2.1.Z.AN	02.12	Подшипниковая сталь	2300	210	-	-	395-265-190	350-230-160
P2.5.Z.HT	02.2	Закаленная и отпущенная	2550	275	395-325-250	285-235-190	255-180-140	260-180-140
P2.5.Z.HT	02.2	Закаленная и отпущенная	2850	350	320-260-200	230-190-150	205-145-110	210-145-115

Рисунок 6.4 – Определение скорости резания

7 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА

При работе на металлорежущих станках во избежание травм следует придерживаться основных положений инструкции по технике безопасности. Основные положения этой инструкции приведены ниже [4].

Общие положения

1 К работе на металлорежущих допускаются лица, прошедшие медицинское освидетельствование, а также обучение и инструктаж по правилам эксплуатации и техники безопасности, сдавшие экзамены и получившие соответствующие удостоверения.

2 Рабочие должны работать в спецодежде, спецобуви, а также пользоваться, при необходимости, защитными приспособлениями (очки и т.п.), одежда должна быть застегнута на все пуговицы. Кроме того, должны работать в головном уборе, полностью закрывающем волосы. Работать на станках в обуви легкого типа (сандалиях, босоножках, тапочках и т.д.) запрещается.

3 Складировать материалы и готовую продукцию на стеллажах и других приспособлениях в специально отведенных местах. Запрещается размещать материалы и изделия в проходах и проездах, на полу вблизи рабочего места.

4 Отходы следует хранить в специальных ящиках и каждую смену убирать.

5 На рабочем месте следует хранить только те инструменты и приспособления, заготовки и готовые изделия, которые необходимы для выполнения работы в эту смену.

6 Запрещается удалять стружку со станков руками и выдувать ртом из отверстий, углублений. Для этого необходимо пользоваться приспособлениями - крючками с экранами, щетками и магнитами.

7 Станочник должен знать приемы оказания первой помощи пострадавшему. При получении травмы необходимо немедленно обратиться за медицинской помощью и одновременно сообщить мастеру или механику. Мастер или лицо, его заменяющее, обязан сообщить об этом немедленно

руководителю для своевременного составления акта о происшедшем несчастном случае и принятии мер, предупреждающих повторение подобных случаев.

Требования безопасности перед началом работы

1 Проверить наличие и исправность ограждений в опасных местах, а также заземление и зануление станков.

2 Проверить наличие необходимого инструмента, приспособлений, их исправность.

3 При установке режущего инструмента проверить: правильность заточки инструмента для обработки данного материала; прочность крепления оправки и фрезы; крепление сверла в патроне и правильность центрирования его с осью шпинделя станка.

Требования безопасности во время работы

1 Во время работы станка следить за надежностью крепления оградительных и предохранительных устройств и не снимать их.

2 Не брать и не подавать через работающие станки какие-либо инструменты.

3 Обязательно остановить станок и выключить электродвигатель: при уходе от станка даже на короткое время; при уборке, смазке, чистке станков; при обнаружении какой-либо неисправности в оборудовании.

Требования безопасности по окончании работы

1 Выключить станок и электродвигатель.

2 Привести в порядок рабочее место: убрать стружку со станка, инструмент и приспособления, сложить в отведенное место, аккуратно сложить готовые детали, заготовки.

3 Использованные обтирочные материалы необходимо убрать в специальные ящики.

4 Смазать трущиеся части станка.

5 При сдаче смены сообщить сменщику или руководителю о замеченных неисправностях станка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был спроектирован технологический процесс изготовления детали «фланец крепления трубопровода».

Представлено описание механического цеха, в котором изготавливается деталь, изучена номенклатура выпускаемых изделий, а также оборудование, которым оснащен цех.

Изучены и проанализированы основные свойства стали 12Х18Н10Т, из которой изготовлена деталь «фланец крепления трубопровода», а также инструментального материала – твердого сплава Т15К6, из которого изготовлен режущий инструмент, используемый в технологическом процессе.

Были разработаны два варианта заготовки для детали «фланец крепления трубопровода» - штамповка на ГКМ и круг. Было проведено экономическое сравнение этих вариантов.

Рассчитан и разработан эскизный маршрут технологического процесса изготовления детали. Разработаны графические операционные эскизы для операции 20 «Токарная чистовая» и операции 30 «Сверлильная».

Проанализировано выполнение операции 10 «токарная черновая» на универсальном оборудовании – токарно - винторезном станке 1К62 и на обрабатывающем центре Millturn M40-g. Произведен расчет и сравнение затрат при выполнении этой операции.

Спроектировано и рассчитано на точность станочное приспособление для операции 30 «Сверление, нарезание резьбы» на станке с 2А135.

В качестве спец. темы был подобран высокопроизводительный инструмент для обрабатывающего центра.

В результате проделанной работы удалось значительно снизить себестоимость изготовления детали и повысить производительность труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 http://loma.spb.ru/alyuminij/lom-alyuminievyj-amg/

2 http://metallicheckiy-portal.ru/articles/cvetmet/primenenie_aluminevix_splavov_v_stroit/38

3 https://tiu.ru/Patrony-tokarnye-trehkulachkovye.html

4 https://ohranatruda.ru/ot_biblio/instructions/168/2053/

5 http://www.gig-ant.com/import/151/2120.htm

6 http://www.gig-ant.com/machinery/10/1933.htm

7 http://www.innov.ru/news/economy/prisposobleniya-dlya-frez/

8 http://www.naukaspb.ru/spravochniki/Demo%20Metall/3_16.htm

9 http://www.pulscen.ru/price/030122-prutok-alyuminievyy

10 http://www.rccsorenburg.ru/sborniki_tekushchikh_cen/1_kvartal_2017.pdf

11 http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1434

12 FMS-3000 / Устройство ЧПУ на базе промышленного компьютера / Руководство по эксплуатации. – Н. - Новгород: ООО «Модмаш-софт», 2007. – 475с.

13 Винокуров, М.В. Разработка управляющей программы фрезерной обработки в ADEM7.0 [Текст]: метод. указания / М.В. Винокуров, К.Ю. Машиннов. - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. – 28с.

14 Вишняков, А.Е. Технико-экономическое обоснование выбора способа получения заготовки [Текст]: метод. указания / А.Е. Вишняков. Куйбышев: КуАИ, 1980. – 62 с.

15 Гжиров, Р.И. Программирование на станках с ЧПУ [Текст]: справочник / Р.И. Гжиров, П.П. Серебреницкий - Л.: Машиностроение, 1990.- 588с.

16 Демин, Ф.И. Проектирование технологического маршрута изготовления детали [Текст]: метод. указания к курсовой работе / Ф.И. Демин, К.П. Крашенинников, В.Г. Филимошин и др. – Самара: СГАУ, 1994. – 45 с.

17 Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Текст]: учебник / Ю.М. Зубарев. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 320 с.: ил.

18 Кишуров, В.М. Назначение и расчет наивыгоднейших режимов резания при механической обработке [Текст]: учеб. пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, М.Ф. Мугафаров, П.П. Черников. – Уфа: УГАТУ, 2011. – 146 с.

19 Крашенинников, К.П. Технологический анализ рабочего чертежа детали [Текст]: метод. указания / К.П. Крашенинников, В.П. Курбатов. – Куйбышев: КуАИ, 1986. – 38 с.

20 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство [Текст]. – М.: Машиностроение, 1974. – 421с.

21 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. Токарные, карусельные, токарно – револьверные, алмазно – расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки [Текст]. – М.: Машиностроение,1974. – 406 с.

22 Сазонов, М.Б. Разработка технологического процесса изготовления авиационных деталей [Текст]: учеб. пособие / М.Б. Сазонов, Л.В. Соловацкая. – Самара: Изд-во Самарского ун-та, 2016. – 88 с.

23 Шулепов, А.П. Определение технологической себестоимости операции по элементам затрат: метод. указания /А.П. Шулепов, Н.Д. Проничев, О.С. Сурков. – Самара: СГАУ, 2004. – 60с.

24 Шулепов, А.П. Проектирование технологической оснастки [Текст]: учебник / А.П. Шулепов, В.А. Шманев, И.Л. Шитарев. – Самара: СГАУ, 1996.

25 Фаскиев, Р.С. Проектирование приспособлений [Текст]: учеб. пособие / Р.С. Фаскиев, Е.В. Бондаренко. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. – 178 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОПЕРАЦИОННЫЕ КАРТЫ

СПЕЦИФИКАЦИЯ

ЧЕРТЕЖИ

ПЛАКАТЫ