

ВВЕДЕНИЕ

Режущий инструмент является одной из специальных дисциплин в подготовке инженера.

Инженер в своей практической работе связан с проектированием и эксплуатацией режущих инструментов. От качества используемых в машиностроении инструментов в значительной степени зависит производительность труда, эффективность работы оборудования, особенно автоматических линий, многооперационных станков с ЧПУ, гибких производственных модулей и других комплектов оборудования.

Для обеспечения хорошей профессиональной подготовки инженер должен получить правильное представление о значении инструментального производства, перспективах его развития, методах и приемах решения инженерных задач, связанных с проектированием, производством и эксплуатацией режущих инструментов.

Основными задачами курсовой работы (проекта) является закрепление теоретических знаний, полученных студентами на лекциях, в процессе самостоятельного изучения курса и во время производственных практик, применение этих знаний для решения практических задач проектирования специального металлорежущего инструмента, а также обоснование выбора инструмента из стандартного для изготовления конкретных деталей на конкретном металлорежущем оборудовании

						Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

1.1 Резцы фасонные

Резцы с фасонной режущей кромкой применяют для обработки поверхностей вращения цилиндрических и винтовых поверхностей на токарных и револьверных станках, автоматах и полуавтоматах. Схема обработки поверхности вращения фасонным резцом показана на рисунок 1. В процессе обработки заготовка быстро вращается вокруг своей оси, а резец совершает движение подачи. Наиболее часто движение подачи является поступательным. Оно может осуществляться в радиальном направлении. Резцы с таким направлением подачи называют радиальными (рисунок 1.1 а). В процессе обработки направления движения подачи одной или нескольких точек режущей кромки такого резца пересекает ось детали. Фасонные резцы с осевой подачей применяют при обработке односторонних профилей, не имеющих кольцевых канавок или выступов, а также при обработке торцовых фасонных поверхностей (рисунок 1.1). По сравнению с радиальными резцами при обработке ступенчатых деталей рассматриваемые резцы срезают меньшие сечения, а силы резания будут меньшими. Это позволяет обрабатывать менее жесткие детали.

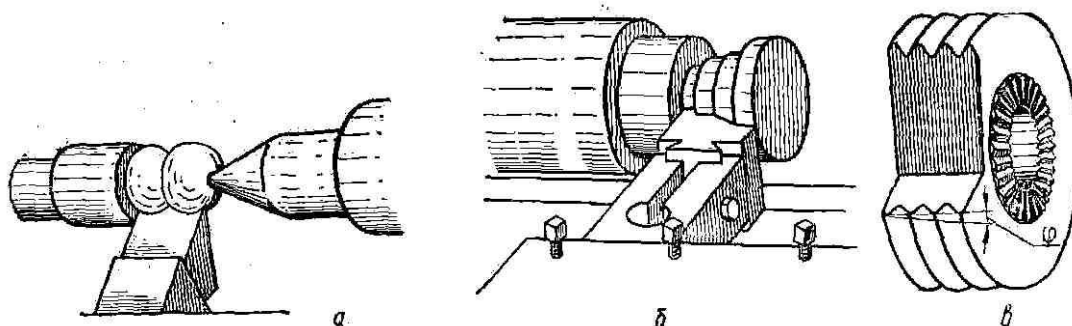


Рисунок 1.1 - Схемы обработки поверхности вращения фасонным резцами

Направление подачи различных точек режущей кромки фасонного резца может касаться обработанной поверхности детали. Фасонные резцы с таким направлением подачи называют тангенциальными фасонными резцами (рисунок 1.1 в). Произвольная точка режущей кромки такого резца начинает резание в точке А, а заканчивает работу в точке В. При дальнейшем движении подачи резец металла не снимает, поэтому детали получаются идентичными, по размерам, независимо от того, в какой момент времени выключено движение подачи. Некоторое распространение находят фасонные резцы с вращательным движением подачи. Такие резцы могут быть радиальными и тангенциальными. У тангенциальных резцов режущая кромка описывает

поверхность вращения И касающуюся поверхности детали Д. В этом случае размеры обработанной поверхности детали не зависят от момента выключения движения подачи.

Часто фасонные резцы используются на строгальных, долбежных или специальных станках при обработке цилиндрических поверхностей. В процессе обработки резец относительно детали совершает поступательное движение резания, направление которого совпадает с образующей цилиндрической поверхности, и движение подачи. Обычно такие резцы проектируются как резцы радиального типа, у которых направление поступательного движения подачи перпендикулярно образующим. Например, резцы зубодолбежных головок, предназначенные для одновременной обработки всех зубьев цилиндрических зубчатых колес.

Фасонные резцы для обработки цилиндрических поверхностей могут иметь вращательное движение подачи и проектироваться как резцы тангенциального типа. При вращательном движении подачи режущая кромка резца описывает поверхность вращения, касающуюся поверхности детали. В результате этого движения любая точка режущей кромки в определенный момент времени входит в контакт с материалом заготовки и срезает его, а затем выходит из соприкосновения с заготовкой. Поэтому, как и у тангенциальных резцов, в этом случае момент выключения подачи резца не оказывает влияния на размеры детали.

Обработка винтовых поверхностей фасонными резцами производится при винтовом движении резания. В результате этого движения винтовая поверхность детали скользит «сама по себе». Кроме движения резания при обработке винтовых поверхностей фасонный резец после каждого прохода углубляется в материал заготовки до получения полного профиля винтовой поверхности. Рассматриваемые резцы наиболее часто применяют при обработкере�ьбы.

По форме задней поверхности, особенностям конструкции фасонные резцы делятся на стержневые, призматические и круглые. Стержневые фасонные резцы подобны обычным токарным резцам, но имеют фасонную режущую кромку, соответствующую форме поверхности детали. Эти резцы имеют малое число переточек и в серийном производстве используются редко. Закрепляются они в суппорте как обычные резцы.

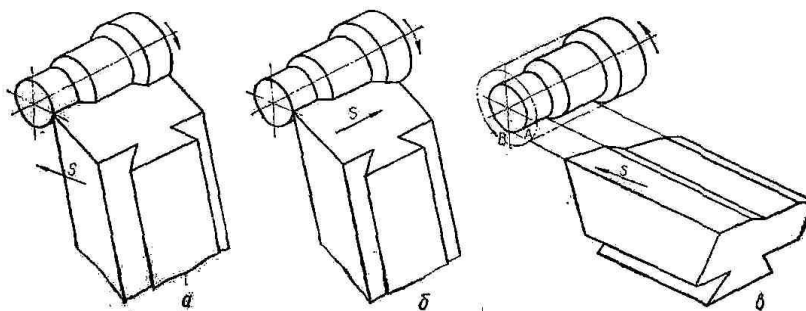


Рисунок 1.2 - Типы фасонных резцов

Призматический фасонный резец представляет собой призму. Одна из боковых граней имеет фасонную цилиндрическую поверхность и служит задней поверхностью, а одна из плоских торцевых граней служит передней поверхностью. Задние углы на фасонной режущей кромке такого резца создаются за счет его наклонной установки в державке. Круглый фасонный резец является телом вращения, у которого вырезан угловой паз, для создания передней плоскости и пространства для схода стружки. Ось резца устанавливается выше оси детали, поэтому на фасонной режущей кромке создаются положительные задние углы. Дисковые фасонные резцы просты в изготовлении и допускают большое число переточек, но крепятся менее жестко и обычно применяются для обработки деталей с меньшими глубинами профиля, чем призматические фасонные резцы. У круглых резцов, ось которых параллельна оси детали, задние углы на участках режущих кромок, перпендикулярных оси детали, равны нулю. На этих участках задняя поверхность, создающаяся при вращении режущей кромки вокруг оси резца, является торцевой плоскостью. В процессе работы резца эта плоскость соприкасается с соответствующей торцевой плоскостью детали.

1.2 Червячные фрезы

Червячная фреза представляет собой соответствующим образом спрофилированный червяк с режущими зубьями (рисунок 1.3), имеющими передний и задний углы. Передний угол γ — угол между передней поверхностью зуба и радиальной плоскостью фрезы. Для чистовых фрез $\gamma = 0$. Задний угол α у наружных кромок — угол между задней поверхностью зуба и плоскостью, касательной к наружному цилиндру и проходящей через данную кромку; он равен $10\text{—}12^\circ$. Задние боковые углы (у боковых режущих кромок) составляют $3\text{—}4^\circ$. Задние углы червячных фрез образуются затылованием на затыловочных станках (кроме острозаточенных фрез, зубья которых затачивают по задним поверхностям на затыловочных или шлифовальных станках).

Червячные фрезы классифицируют по роду обработки, числу заходов, направлению витков и по конструкции.

По роду обработки различают черновые, чистовые и прецизионные фрезы.

Черновые фрезы предназначены для предварительного нарезания зубьев. Они могут быть изготовлены с меньшей точностью, чем чистовые, и иметь передний угол («поднутрение»), равный $5\text{—}7^\circ$. Толщина зубьев этих фрез обычно меньше, чем у чистовых, на величину припуска под чистовое нарезание.

Чистовые фрезы, предназначенные для чистовой обработки зубьев, стандартизированы. Их размеры указаны в ГОСТ 9324—80Е.

Прецизионные фрезы, предназначенные для нарезания зубьев колес особо точных передач, например турбинных, выполняют обычно с увеличенным диаметром.

По числу заходов различают однозаходные и многозаходные (двух и трехзаходные) фрезы. Последние имеют увеличенный угол подъема витка и,

						Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

следовательно, дают большую ошибку профиля нарезаемых зубьев. Их применяют для чернового нарезания перед последующей чистовой обработкой или отделкой зубьев с целью снижения машинного времени зубообработки. В последнее время в некоторых случаях применяют многозаходные чистовые червячные фрезы с увеличенным диаметром.

По направлению витков фрезы бывают правые (правозаходные) и левые (левозаходные), по конструкции цельные и сборные (со вставными рейками — гребенками или со вставными зубьями).

Кроме перечисленных, находят применение следующие специальные фрезы:
-черновые фрезы высокой производительности с измененной схемой резания. К ним относятся фрезы «Прогресс» и др. От обычных фрез они отличаются тем что их зубья делают различной высоты или толщины с целью обеспечения увеличенных подач вследствие более равномерной загрузки зубьев фрезы при черновом нарезании; черновые острозаточенные фрезы конструкции ВНИИ, зубья которых не затылуют, а затачивают по задним граням;

-фрезы с уменьшенным углом профиля (чистовые или черновые) для облегчения процесса резания и уменьшения шероховатости поверхности нарезаемых зубьев;

-фрезы зубья которых оснащены пластинками из твердого сплава;

-фрезы под шевингование или шлифование (с уменьшенным углом профиля на верхнем участке зуба);

-фрезы незатылованные сборные (со вставными рейками), зубья которых шлифуют на резьбо- или червячно-шлифовальных станках.

Чистовые фрезы (ГОСТ 9324—80Е) изготавливают следующих типов и классов точности:

типа 1 — цельные прецизионные класса точности АА (модуль 1—10 мм);

типа 2 — цельные модулей 1—10 мм классов точности А, В, С и D; модулей 11 — 14 мм классов точности АА, А, В, С и D; модулей 16— 20 мм классов точности А А и А;

типа 3 — сборные модулей 8—25 мм классов точности А, В, С и D.

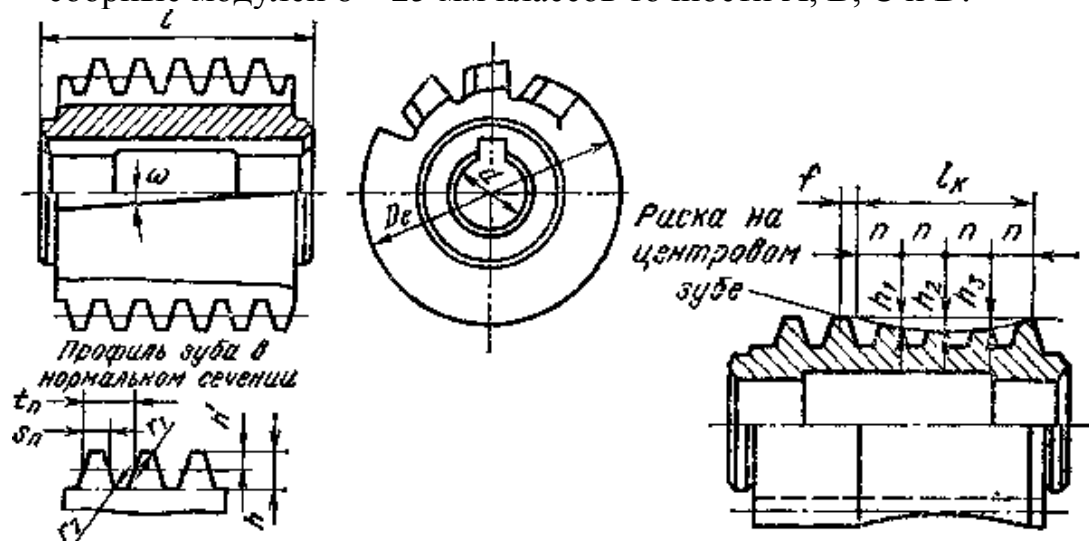


Рис. 1.3 - Схема черновой червячной фрезы с переменной высотой зуба.

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	8

Особо точные фрезы класса ААА по ОСТ 2ИЧ1-1—75 предназначены для обработки колес 5-й степени точности.

Фрезы изготавливают со шлифованным профилем по длине не менее $1/3$ длины зуба. Для фрез, изготавливаемых в централизованном порядке, установлен передний угол 0, а задний угол на наружном диаметре 9—12°. По согласованию с заказчиком фрезы типа 2 и 3 изготовлены с заборным конусом (для косозубых колес), фрезы классов точности АА и А — с модифицированным профилем.

Цельные фрезы и режущую часть сборных фрез изготавливают из быстрорежущей стали. Твердость режущей части HRC 62—65. Уменьшение твердости фрез приводит к резкому снижению их стойкости.

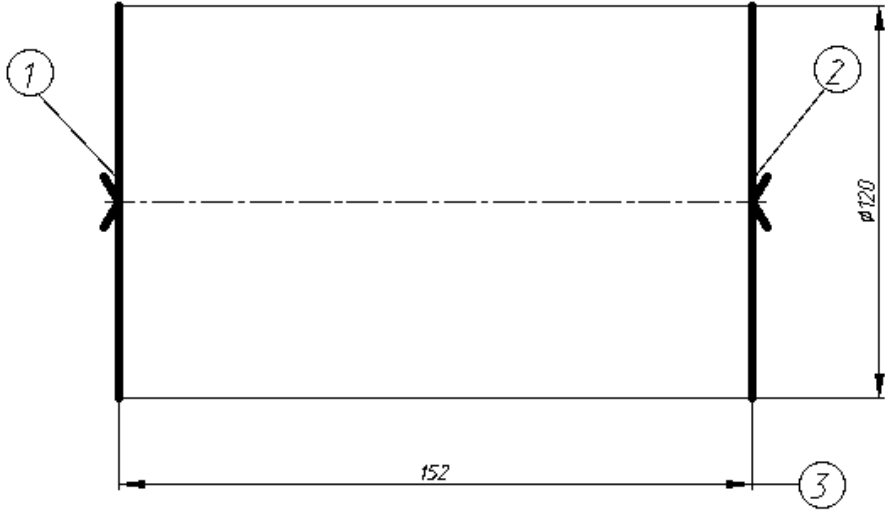
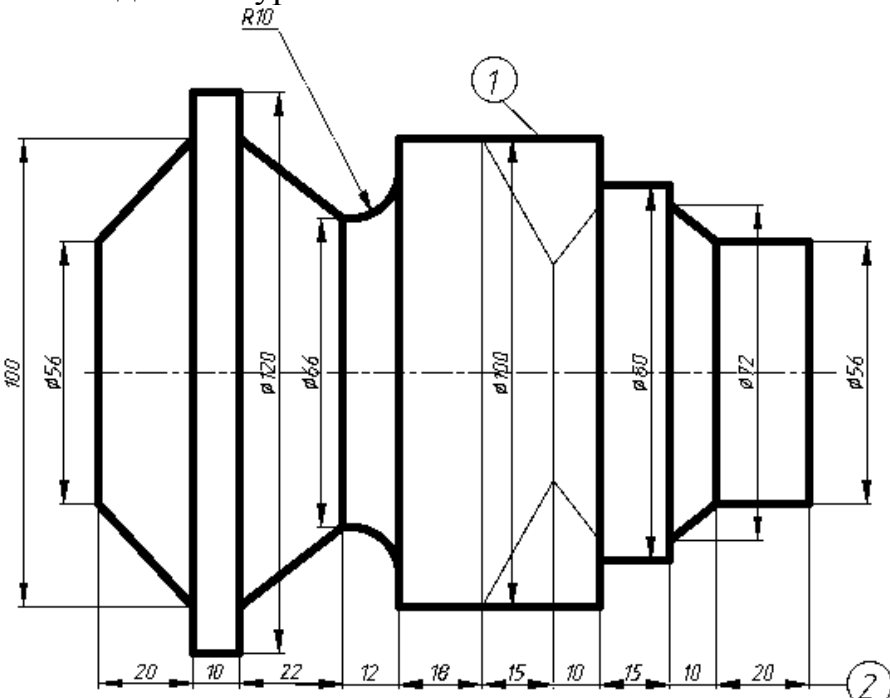
Основные размеры стандартных фрез (рисунок 1.3) приведены в табл. 10 и 11. Радиус скругления зубьев фрез принимают равным (0,3—0,4) *т*. Отклонение диаметра посадочного отверстия фрез класса АА и А в поле допуска H5 (СТ СЭВ 144-75).

Высокопроизводительные фрезы. При черновом нарезании колеса червячными фрезами наибольшая нагрузка приходится на наружные (периферийные) режущие кромки зубьев, срезающие основную часть припуска. Эти кромки по длине фрезы загружены неравномерно по толщине и длине срезаемой стружки. Вследствие этого допускаемая подача в процессе резания определяется по наиболее нагруженному зубу фрезы. Подачу можно значительно увеличить, если более равномерно нагружать зубья фрезы. С этой целью срезают часть зуба по высоте на наружной поверхности фрезы, что осуществляется на затыловочном станке по шаблону. Эти фрезы являются фрезами определенной установки, т. е. их довольно точно устанавливают в осевом направлении, для чего на одном зубе фрезы наносят риску, которая должна совпадать с межосевым перпендикуляром (рисунок 1.3).

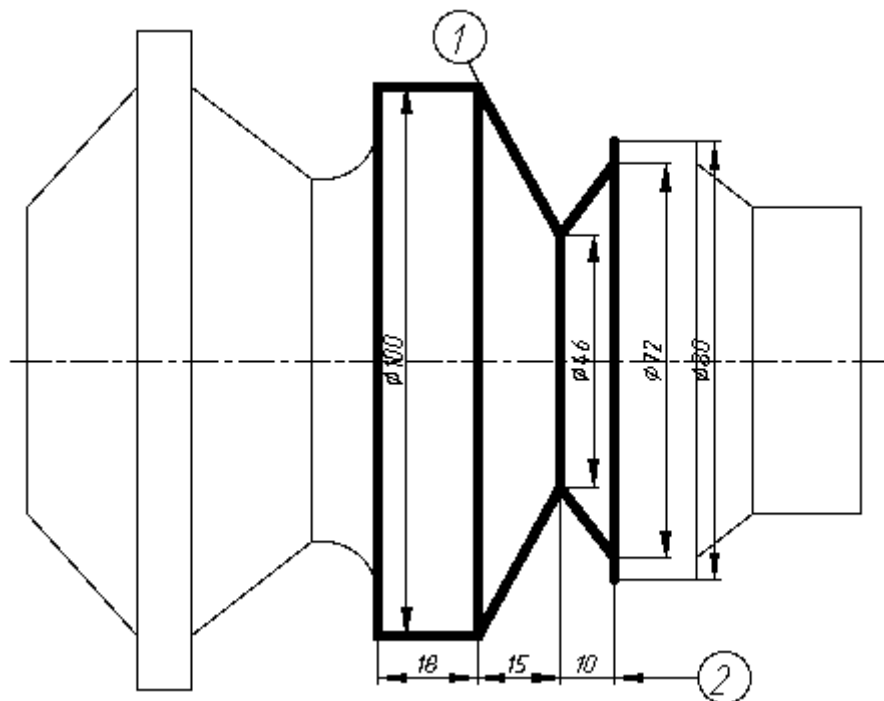
						Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

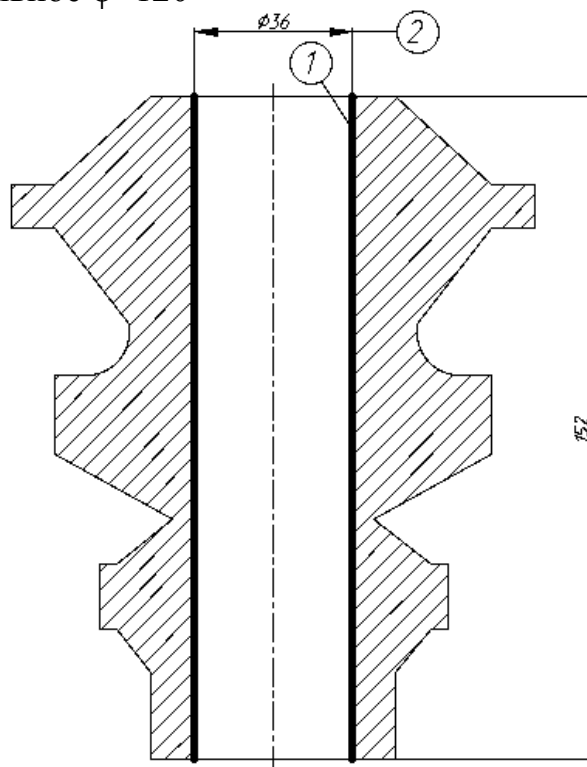
Таблица 2.1 - Маршрутно – операционная запись технологического процесса изготовления детали

Шифр записи	Содержание Записи
<p>А 005 Фрезерно – центральная МР71М</p> <p>Б Установить и закрепить заготовку</p> <p>О Фрезеровать торцы 1 и 2, в размер 3, центровать</p> <p>Т Фреза торцовая, сверло центровочное</p>	
<p>А 010 Токарная с ЧПУ</p> <p>Б 16к20Т1</p> <p>О Установить и закрепить заготовку</p> <p>Т Точить пов.1, в размеры 2, с переустановкой</p> <p>Резец токаный для контурного точения</p>	

А 015 Токарная 165
 Б Установить и закрепить заготовку
 О Точить фасонную пов.1 в размеры 2
 Т Резец фасонный

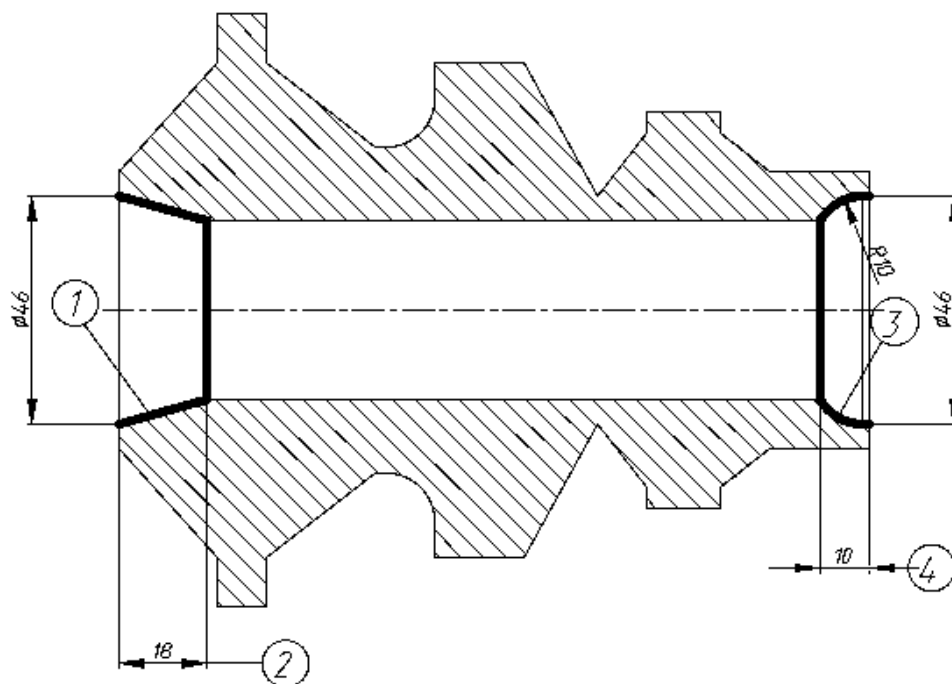


А 020 Вертикально – сверлильная
 Б 2Н150
 О Сверлить отверстие 1, в размер 2
 Т Сверло универсальное $\varphi=120^\circ$



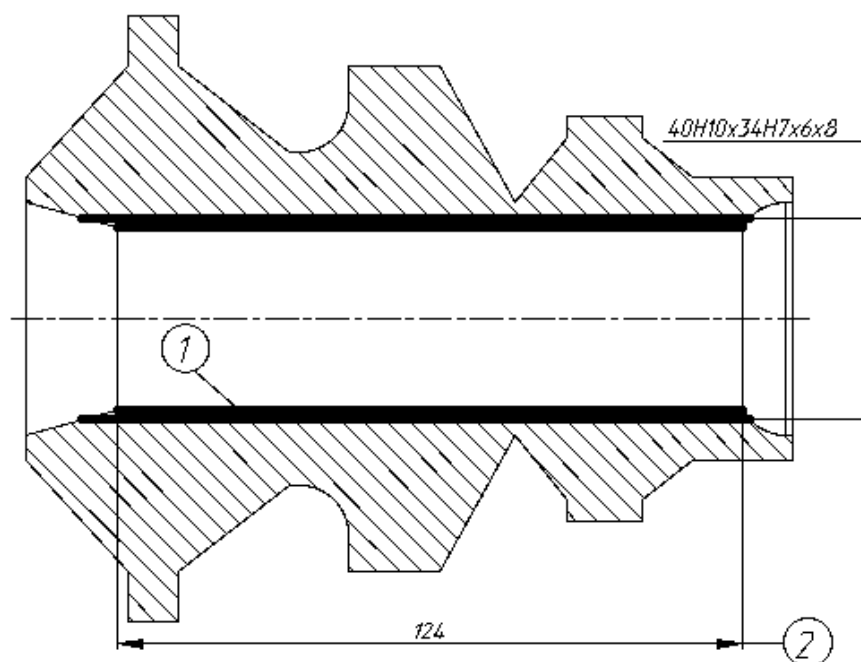
А
Б
О
Т

025 Горизонтально – расточная ГРС 100
Установить и закрепить заготовку
Расточить отв. 1 и 2, в размеры 3 и 4, с переустановкой
Резцы расточные



А
Б
О
Т

030 Горизонтально протяжная
7A523
Протянуть отверстие 1, в размер 2
Протяжка шлицевая

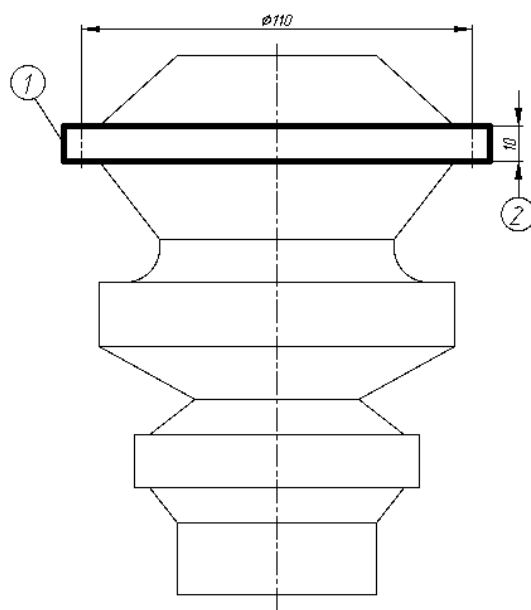


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

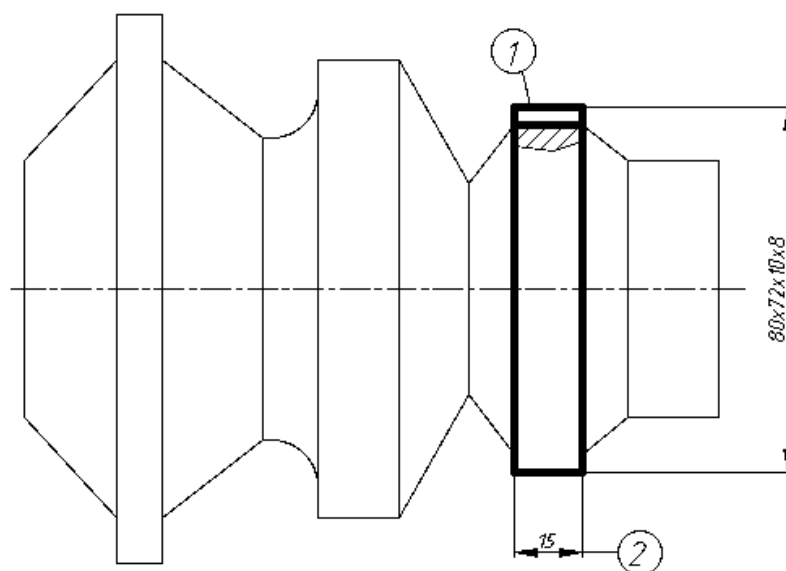
Лист

12

А 040 Зубодолбежная 5М150
Б Установить и закрепить заготовку
О Обработать поверхности 1, в размер 2
Т Долбяк зуборезный



А 045 Шлицефрезерная 5М150
Б Установить и закрепить заготовку
О Фрезеровать поверхности 1, в размер 2
Т Фреза червячная



А 055 Контрольная
Б Контролировать деталь
О
Т

3. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФАСОННОГО РЕЗЦА, ЕГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО БЛОКА И НАЛАДКИ

3.1 Расчет режимов резания фасонного резца

Определяем подачу согласно рекомендациям, ([4], стр.14)
 $S = 0.025 \dots 0.055$ мм/об;

Принимаем $S = 0.03$ мм/об.

Определяем передний и задние углы:

Для материала Сталь 30ХГЗЦ с $\sigma_B = 600$ МПа и твердостью 220НВ

Выбираем $\gamma = 10^\circ$ и $\alpha = 12^\circ$, согласно ([4], стр.44).

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m * S^y} * K_v$$

Где, C_v – коэффициент, $C_v = 22,5$, ([4], стр. 37) ;

m и y – показатели степени, $m = 0.75$, $y = 0.85$, ([4], , стр.41)

T – стойкость инструмента, $T = 60$ мин, ([4], стр. 37);

K_v – поправочный коэффициент.

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где, K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала. ([4], стр.38);

$$K_{mv} = K_r * \left(\frac{\sigma_b}{700}\right)$$

Где, σ_b – предел прочности обрабатываемого материала, $\sigma_b = 600$ МПа;

K_r – коэффициент надежности, $K_r = 1$, ([4], стр.38)

n – показатель степени, $n = 1.25$

$$K_{mv} = K_r * \left(\frac{\sigma_b}{700}\right)^n = 1 * \left(\frac{600}{700}\right)^{1.25} = 0,82$$

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовок,
 $K_{nv} = 1$, ([3], т. 5, стр. 263);

K_{uv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента, $K_{uv} = 1$, ([4], стр. 38);

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 0,82 * 1 * 1 = 0,82$$

Тогда,

$$v = \frac{C_v}{T^m * S^y} * K_v = \frac{22,5}{60^{0.75} * 0.03^{0.85}} * 0,82 = 17,25 \text{ мм/об}$$

По паспорту принимаем $v = 18$ мм/об

Определяем силы резания:

Сила резания P_z определяется для каждого участка.

$$P_z = 10 * C_p * b^x * S^y * K_p$$

Где, b – длина лезвия участка инструмента.

C_p и K_p - коэффициенты выбираемые по приложению 3 ([4], стр. 39).

						Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_p = 240, x = 1, y = 1. \quad b_1 = 18 \quad b_2 = 15 \quad b_3 = 10$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p}$$

$$K_{\varphi p} = 1.25 \quad K_{\gamma p} = 1.2$$

Где,

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{700} \right)^{0.35} = \left(\frac{600}{700} \right)^{0.35} = 0,95$$

Тогда,

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} = 0,95 * 1.25 * 1.2 = 1.42$$

$$P_{z1} = 10 * C_p * b_1^x * S^y * K_p = 10 * 240 * 18^1 * 0.03^1 * 1.42 = 1840,3 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 * C_p * b_2^x * S^y * K_p = 10 * 240 * 15^1 * 0.03^1 * 1.42 = 1533,6 \text{ Н}$$

$$P_{z3} = 10 * C_p * b_3^x * S^y * K_p = 10 * 240 * 10^1 * 0.03^1 * 1.42 = 1022,4 \text{ Н}$$

$$P_{zi} = P_{z1} + P_{z2} + P_{z3} = 1840,3 + 1533,6 + 1022,4 = 4396,3 \text{ Н}$$

Сила резания P_y определяется.:

$$P_y = 10 * C_p * b^x * S^y * K_p$$

$$C_p = 240, x = 0,9, y = 1. \quad b_1 = 18 \quad b_2 = 15 \quad b_3 = 10$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p}$$

$$K_{\varphi p} = 0,9 \quad K_{\gamma p} = 1.2$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{700} \right)^{0.35} = \left(\frac{600}{700} \right)^{0.35} = 0,95$$

Тогда,

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} = 0,95 * 0,9 * 1.2 = 1,02$$

$$P_{y1} = 10 * C_p * b_1^x * S^y * K_p = 10 * 240 * 18^{0,9} * 0.03^1 * 1,02 = 1050 \text{ Н}$$

$$P_{y2} = 10 * C_p * b_2^x * S^y * K_p = 10 * 240 * 15^{0,9} * 0.03^1 * 1,02 = 875 \text{ Н}$$

$$P_{y3} = 10 * C_p * b_3^x * S^y * K_p = 10 * 240 * 10^{0,9} * 0.03^1 * 1,02 = 583,3 \text{ Н}$$

$$P_{yi} = P_{y1} + P_{y2} + P_{y3} = 1050 + 875 + 583,3 = 2508,3 \text{ Н}$$

Сила резания P_x определяется:

$$P_x = 10 * C_p * b^x * S^y * K_p$$

$$C_p = 240, x = 1.05, y = 1. \quad b_1 = 18 \quad b_2 = 15 \quad b_3 = 10$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p}$$

$$K_{\varphi p} = 0,5 \quad K_{\gamma p} = 1.2$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{700} \right)^{0.35} = \left(\frac{600}{700} \right)^{0.35} = 0,95$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} = 0,95 * 0,5 * 1.2 = 0,57$$

$$P_{x1} = 10 * C_p * b_1^x * S^y * K_p = 10 * 240 * 18^{1.05} * 0.03^1 * 0,57 = 829 \text{ Н}$$

$$P_{x2} = 10 * C_p * b_2^x * S^y * K_p = 10 * 240 * 15^{1.05} * 0.03^1 * 0,59 = 710 \text{ Н}$$

$$P_{x3} = 10 * C_p * b_3^x * S^y * K_p = 10 * 240 * 10^{1.05} * 0.03^1 * 0,55 = 435 \text{ Н}$$

$$P_{xi} = P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} = 829 + 710 + 435 = 1974 \text{ Н}$$

Определим мощность резания станка:

$$N = \frac{P_{zi} * v}{1020 * 60} \quad N = \frac{4396,3 * 18}{1020 * 60} = 1,29 \text{ кВт}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Мощность станка берем из паспорта станка $[N_{ст}] = 10 \text{ кВт}$

КПД станка $\eta = 0,9$

Мощность станка определяется:

$$N_{ст} = \eta * [N_{ст}] = 0,9 * 10 = 9 \text{ кВт}$$

$$N = 1,29 \text{ кВт} < [N_{ст}] = 9 \text{ кВт}$$

Удовлетворяет условию.

3.2 Проектирование и расчет фасонного резца.

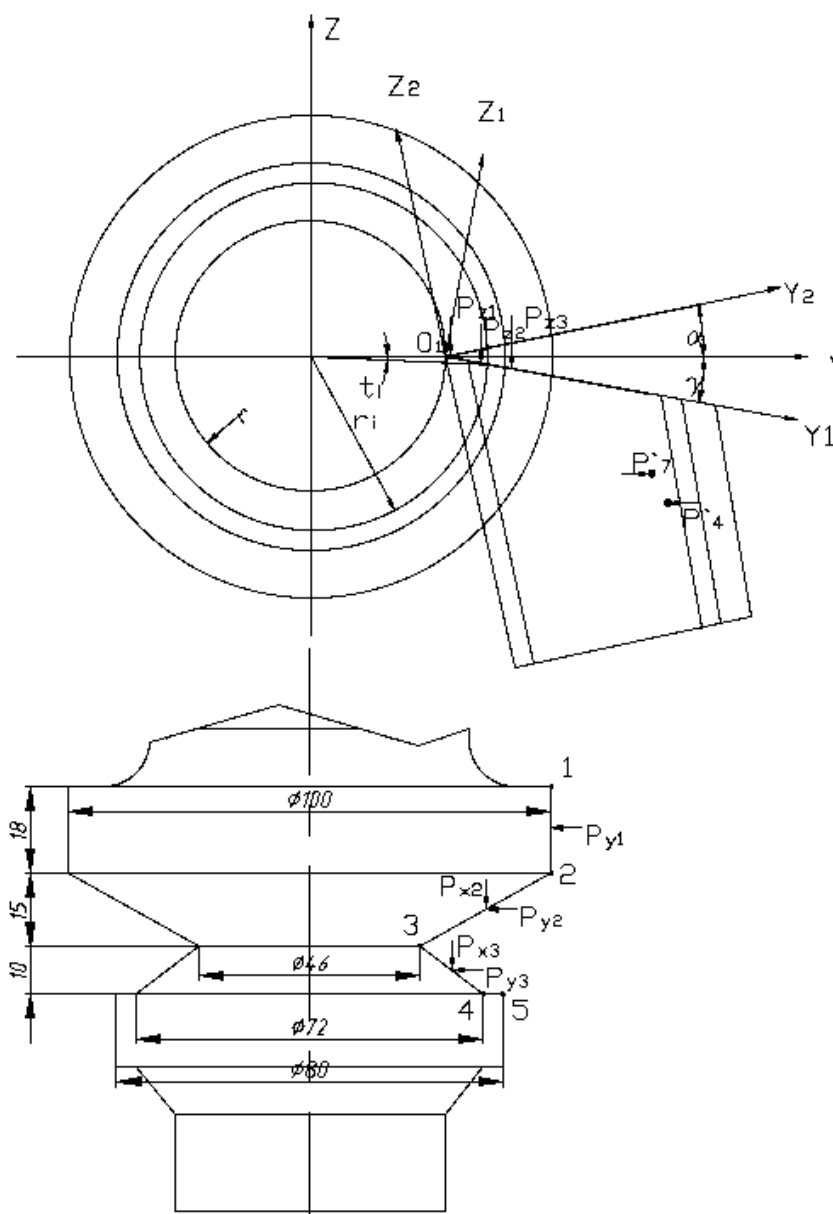


Рисунок 3.1 – Схема к расчёту фасонного резца

$$P'_{61} = 5142 \quad P'_{62} = 7963$$

Определим силу действующую со стороны прижима:

$$Q = k * (P'_{61} * tg(\varphi_1) + P'_{62})$$

Где, $tg(\varphi_1)$ – коэффициент трения между прижимом и державкой.

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	16

$tg(\varphi_1) = 0.16 \dots 0.2$, ([4], стр. 18).

Принимаем $tg(\varphi_1) = 0.18$

k – коэффициент запаса, ([4], стр. 18-19).

$$k = k_0 * k_1 * k_2 * k_3 * k_4$$

Где, k_0 – гарантированный коэффициент запаса.

k_1 – коэффициент, учитывающий колебания сил резания (равный 1.2 – при черновой обработке и 1 – при чистовой).

k_2 – коэффициент, учитывающий изменение сил резания от износа инструмента, $k_2 = 1 \dots 1.2$;

k_3 – коэффициент, учитывающий прерывистость процесса резания. При обработке прерывистой поверхности $k_3 = 1.2$, а при обработке непрерывной поверхности $k_3 = 1.0$.

k_4 – коэффициент, учитывающий непостоянство сил закрепления.

$$k_0 = 1.4 \quad k_1 = 1.1 \quad k_2 = 1.2 \quad k_3 = 1.0 \quad k_4 = 1.2$$

$$k = k_0 * k_1 * k_2 * k_3 * k_4 = 1.4 * 1.1 * 1.2 * 1 * 1.2 = 2.376$$

$$Q = k * (P'_{61} * tg(\varphi_1) + P'_{62}) = 2.2 * (5142 * 0.18 + 7963) = 19554 \text{ Н}$$

Определяем диаметр резьбы винта:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * \sigma_p}}$$

Где, σ_p – предел прочности винта на разрыв, $\sigma_p = 0.2 * \sigma_T$

σ_T – предел текучести, МПа. Для Сталь 30ХГЗЦ $\sigma_T = 600$ МПа

Отсюда $\sigma_p = 0.2 * 600 = 120$ МПа

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * \sigma_p}} = \sqrt{\frac{4 * 19554}{3.14 * 120}} = 14,4 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр резьбы винта $d = 16$ мм, так как для данной резьбы $d_1 = 14,4$ мм при шаге $P = 1.5$ мм ([4], стр.20)

3.3 Профилирование фасонного резца

Рассчитаем координаты XYZ, учитывая что угол t_i равен:

$$t_i = \arcsin\left(\frac{r}{r_i} * \sin(\gamma)\right) - \gamma$$

Исходя из твердости и предела текучести обрабатываемого материала выбираем передний γ и задний угол α по ([4], стр .44).

$$\gamma = 10^\circ \quad \alpha = 12^\circ$$

$$r_1 = 50 \text{ мм} \quad r_2 = 50 \text{ мм} \quad r_3 = 23 \text{ мм} \quad r_4 = 36 \text{ мм} \quad r_5 = 40 \text{ мм}$$

$$r_{min} = 23 \text{ мм}$$

Значения переднего и заднего углов принимаем для точки режущей кромки резца, обрабатывающей минимальный радиус детали г.

						Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Минимальный радиус $r = 23 \text{ мм}$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 12^\circ$ (для материала – Сталь 30ХГ3Ц).

Запишем уравнение поверхности детали для произвольной точки i :

$$\begin{aligned} z &= r_i \cdot \sin(t_i) \\ y &= r_i \cdot \cos(t_i) \\ x &= f(r_i), \end{aligned}$$

в точку с минимальным радиусом детали r и направим ось OY по следу передней поверхности резца. Запишем уравнение поверхности детали в новой системе координат, для чего в начале запишем уравнения связи между системами ZYX и $Z_1Y_1X_1$.

$$\begin{aligned} Y_1 &= (y - r_i) \cdot \cos(\gamma) - z \cdot \sin(\gamma) \\ Z_1 &= (y - r_i) \cdot \sin(\gamma) + z \cdot \cos(\gamma) \\ x &= f(r_i) \end{aligned}$$

Подставим в уравнения выражение, получим

$$\begin{aligned} Y_1 &= (r_i \cdot \cos(t_i) - r) \cdot \cos(\gamma) - r_i \cdot \sin(t_i) \cdot \sin(\gamma) \\ Z_1 &= (r_i \cdot \cos(t_i) - r) \cdot \sin(\gamma) - r_i \cdot \sin(t_i) \cdot \cos(\gamma) \\ X_1 &= f(r_i) \end{aligned}$$

Решив совместно уравнения с уравнением плоскости касательной к передней поверхности, получим:

$$\begin{aligned} t_i &= \arcsin\left(\frac{r}{r_i} \cdot \sin(\gamma)\right) - \gamma \\ t_1 &= \arcsin\left(\frac{23}{50} \cdot \sin(10^\circ)\right) - 10 = -5,41^\circ \\ z &= 50 \cdot \sin(-5,41^\circ) = -4,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= 50 \cdot \cos(-5,41^\circ) = 49,77 \\ Y_1 &= (50 \cdot \cos(-5,41^\circ) - 23) \cdot \cos(10^\circ) - 50 \cdot \sin(-5,41^\circ) \cdot \sin(10^\circ) = 24,9 \\ Z_1 &= (50 \cdot \cos(-5,41^\circ) - 23) \cdot \sin(10^\circ) - 50 \cdot \sin(-5,41^\circ) \cdot \cos(10^\circ) = 0. \end{aligned}$$

Все остальные вычисленные значения для каждой исследуемой точки и заносим данные в таблицу 3.1.

При изготовлении резца необходимо знать координаты его профиля в сечении перпендикулярном к задней поверхности. Для определения этих координат поместим третью систему координат в точку с радиусом r , причём ось OY_2 направим перпендикулярно задней поверхности. Тогда:

$$\begin{aligned} Y_2 &= Y_1 \cdot \cos(\alpha + \gamma) \\ Y_2 &= 24,9 \cdot \cos(12^\circ + 10^\circ) = 23,08. \end{aligned}$$

Также рассчитываем для каждой точки и заносим данные в таблицу 3,1.

Таким образом, подставив радиусы характерных точек в уравнение определим углы t для каждой точки. Полученные значения углов подставляем в уравнение определяем координаты Y_1 для каждой точки и из уравнения – координаты Y_2 .

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Таблица 3.1 – Расчитанные значения координат для заданного профиля.

№ исследуемой точки	z_i	y_i	t_i	Y_{1i}	Z_{1i}	Y_{2i}
1	-4,72	49,77	-5,41	24,9	0	23,08
2	-4,72	49,77	-5,41	24,9	0	23,08
3	0	23	0	0	0	0
4	-2,27	35,92	-3,63	12,39	0	11,48
5	-2,97	39,88	-4,26	12,83	0	11,89

Проверка кинематической погрешности обработки.

Выбрав 1-й конический участок на поверхности детали с максимальными размерами выделяем промежуточную точку 6 на середине, и определяем её координату в системе $X_2Y_2Z_2$.

$$Y_{16} = \frac{Y_{12} + Y_{13}}{2} = \frac{24,9 + 0}{2} = 12,45$$

$$Y_{16} = \frac{Y_{16}}{\cos(\alpha + \gamma)} = \frac{12,45}{\cos(12^\circ + 10^\circ)} = 13,43$$

$$r_6^d = \sqrt{(Y_{16} + r \cdot \cos(\gamma))^2 + (r \cdot \sin(\gamma))^2} = \sqrt{(13,43 + 23 \cdot \cos(10^\circ))^2 + (23 \sin(10^\circ))^2} = 36,542 \text{ мм}$$

$$r_6^H = \frac{r_2 + r_3}{2} = \frac{50 + 23}{2} = 36,5 \text{ мм.}$$

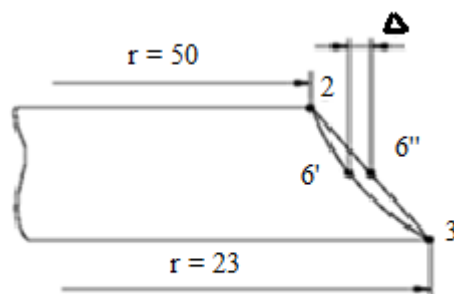


Рисунок 3.2 – Схема кинематической погрешности на коническом участке детали

Затем определяем номинальный размер в сечении детали проходящей через точку 6:

$$\Delta_K = r_6^H - r_6^d = 36,5 - 36,542 = 0,042 \text{ мм.}$$

Выбрав 2-й конический участок на поверхности детали с максимальными размерами выделяем промежуточную точку 7 на середине, и определяем её координату в системе $X_2Y_2Z_2$.

$$Y_{17} = \frac{Y_{13} + Y_{14}}{2} = \frac{0 + 12,39}{2} = 6,2$$

$$Y_{17} = \frac{Y_{16}}{\cos(\alpha + \gamma)} = \frac{6.2}{\cos(12^\circ + 10^\circ)} = 6.68$$

$$r_7^D = \sqrt{(Y_{17} + r \cdot \cos(\gamma))^2 + (r \cdot \sin(\gamma))^2} = \sqrt{(6.68 + 23 \cdot \cos(10^\circ))^2 + (23 \sin(10^\circ))^2} = 29.54 \text{ мм}$$

$$r_7^H = \frac{r_3 + r_4}{2} = \frac{23 + 36}{2} = 29.5 \text{ мм.}$$

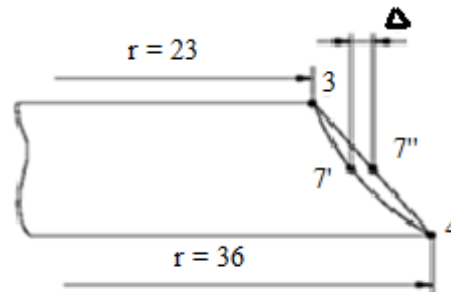


Рисунок 3.2 – Схема кинематической погрешности на коническом участке детали

Затем определяем номинальный размер в сечении детали проходящей через точку 7:

$$\Delta_K = r_7^H - r_7^D = 29.5 - 29.54 = 0.04 \text{ мм.}$$

Погрешность обработки должна быть меньше 1/3 допуска на размер. Если это условие не выполняется, то необходимо на круглом участке выбрать дополнительную точку и произвести расчёт её координат на резце. Таким образом кинематическая погрешность уменьшится в два раза.

Допуск по выбранному качеству равен $0.14/0.3 = 0.047 \text{ м}$

Условие выполняется

Построение графика изменения углов α и γ в статической системе координат. Для построения графика необходимо рассчитать значения углов α и α в каждой из характерных точек i резца по формулам:

$$\gamma'_{iH} = \arctg(\tg(\gamma - |t_i|) \cdot \sin(\varphi_{i,i-1}))$$

$$\gamma''_{iH} = \arctg(\tg(\gamma - |t_i|) \cdot \sin(\varphi_{i,i+1}))$$

$$\alpha'_{iH} = \arctg(\tg((\alpha + \gamma) - (\gamma - |t_i|)) \cdot \sin(\varphi_{i,i-1}))$$

$$\alpha''_{iH} = \arctg(\tg((\alpha + \gamma) - (\gamma - |t_i|)) \cdot \sin(\varphi_{i,i+1}))$$

$\gamma'_{iH}, \alpha'_{iH}$ - величины переднего и заднего поперечных углов выбранных высшее;

t_i - углы рассчитанные по формуле;

$\varphi_{i,i-1}$; $\varphi_{i,i+1}$ - углы в плане для режущих кромок обрабатывающих участки детали $i, i1$ и $i, i1$.

$$\varphi_{i,i+1} = \arctg \frac{\Delta X_{i,i+1}}{|\Delta Y_{i,i+1}|} \Delta Y_{i,i+1} = Y'_{i,i+1} - Y'_i = r_{i+1} - r_i \cdot \cos(t_{i+1} - t_i)$$

$$\varphi_{i,i-1} = \arctg \frac{\Delta X_{i,i-1}}{|\Delta Y_{i,i-1}|} \Delta Y_{i,i-1} = Y'_i - Y'_{i,i-1} = r_i - r_{i-1} \cdot \cos(t_i - t_{i-1}).$$

Причём основная статическая плоскость проходит через точку i .

$X_{i,i1}$, $X_{i-1,i1}$ - расстояние между точками i и $i-1$, i и $i1$ вдоль оси детали. При построении графика по одной оси откладываем значения углов, по второй длину режущей кромки. При малых значениях передних углов необходимо разработать мероприятия по улучшению условий работы резца (лунки на передней поверхности).

Рассчитаем значение углов для i -ой точки:

$$\Delta Y_{1,2} = r_2 \cdot \cos(t_2 - t_1) - r_1 = 50 \cdot \cos(-5.41 - (-5.41)) - 50 = 0,001^\circ$$

$$\Delta Y_{2,1} = r_2 - r_1 \cdot \cos(t_2 - t_1) = 50 - 50 \cdot \cos(-5.41 - (-5.41)) = 0^\circ$$

$$\varphi_{2-3} = \arctg \frac{|\Delta Y_{2-3}|}{|\Delta X_{2-3}|} = \frac{0,001}{18} = 90^\circ$$

$$\varphi_{2-1} = \arctg \frac{\Delta Y_{2-1}}{|\Delta X_{2-1}|} = \frac{0}{18} = 0^\circ$$

$$\gamma'_2 = \arctg(\operatorname{tg}(\gamma - |t_2|) \cdot \sin(\varphi_{2-1})) = \arctg(\operatorname{tg}(10^\circ - |-5.41^\circ|) \cdot \sin(90^\circ)) = 4.59^\circ$$

$$\gamma''_2 = \arctg(\operatorname{tg}(\gamma - |t_1|) \cdot \sin(\varphi_{2-3})) = \arctg(\operatorname{tg}(10^\circ - |-5.41^\circ|) \cdot \sin(0^\circ)) = 0^\circ$$

$$\begin{aligned} \alpha'_2 &= \arctg(\operatorname{tg}((\alpha + \gamma) - (\gamma - |t_1|)) \cdot \sin(\varphi_{2-1})) = \\ &= \arctg(\operatorname{tg}(12^\circ + 10^\circ) - (10 - |5.41^\circ|) \cdot \sin(90^\circ)) = 17.41^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha''_2 &= \arctg(\operatorname{tg}((\alpha + \gamma) - (\gamma - |t_2|)) \cdot \sin(\varphi_{2-3})) = \\ &= \arctg(\operatorname{tg}(12^\circ + 10^\circ) - (10 - |5.41|) \cdot \sin(0^\circ)) = 0^\circ \end{aligned}$$

Все остальные вычисленные значения для каждой исследуемой точки и заносим данные в таблицу 3,2.

Таблица 3,2 - Расчетные значения углов для заданного профиля.

i	$\varphi_{i,i+1}$	$\varphi_{i,i-1}$	γ'_{iH}	γ''_{iH}	α'_{iH}	α''_{iH}
1	90	-	4.59	0	17.41	0
2	60.9	90	4.62	4.59	17.38	17.41
3	52.4	60.94	10	9,98	12	12,02
4	0	52.4	0	5.09	0	16.91
5	-	0	0	0	0	0

По результатам коррекционных расчётов можно построить профили шаблона для контроля точности шлифовального фасонного резца. Для этого через узловую точку 1 параллельно оси или без крепления резца проводим координатную линию, от которой в перпендикулярном направлении откладываем расстояние, определяющие относительно положение всех точек фасонного профиля. Для призматических резцов координатные расстояния $P_1, P_2 \dots P_i$, вычисляются как разность радиуса R и радиусов точек фасонного профиля резца в нормальном сечении.

$$P_1 = R - R_1 = 23 - 50 = -27 \text{ мм}$$

$$P_2 = R - R_2 = 23 - 50 = -27 \text{ мм}$$

$$P_3 = R - R_3 = 23 - 23 = 0 \text{ мм}$$

$$P_4 = R - R_4 = 23 - 36 = -13 \text{ мм}$$

$$P_5 = R - R_5 = 23 - 40 = -17 \text{ мм}$$

Осевые расстояния между узловыми координатными точками фасонного профиля шаблонов, предназначенные для контроля точности фасонной поверхности радиальных резцов, ось и без крепления которых параллельны оси обрабатываемых ими деталей, а также тангенциальных резцов, равны осевым расстояниям между одноименными узловыми точками фасонного профиля.

Опускна шаблон и контршаблон выбираем согласно принятому качеству Н8, h8.

Допуск на шаблон и контршаблон выбираем по качеству Н8, h8.

Допуски на обрабатываемый профиль детали выбираем согласно принятому качеству Н10, h10.

$$\varnothing 100 \pm 0.14$$

$$\varnothing 46 \pm 0.084$$

$$\varnothing 72 \pm 0.12$$

Допуски на обрабатываемый профиль резца выбираем согласно принятому качеству Н8, h8.

$$54 \pm 0.046$$

$$80 \pm 0.054$$

$$75 \pm 0.054$$

Данную державку мы выбрали исходя из условия, что ведется обработка деталей невысокой жесткости, но которая также соответствует надежности крепления и возможность точной установки, регулировки резца по высоте обрабатываемой детали.

3.5. Наладка фасонного блока

Фасонный блок состоит из резца 1, который устанавливается в державку 2 и прижимается прижимом и при помощи болта М16-6Н. Ось 3 крепится винтом 6 к державке. Для регулирования режущей кромки резца относительно оси детали в опоре имеется винт М10, которым и выставляют необходимую высоту резца.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

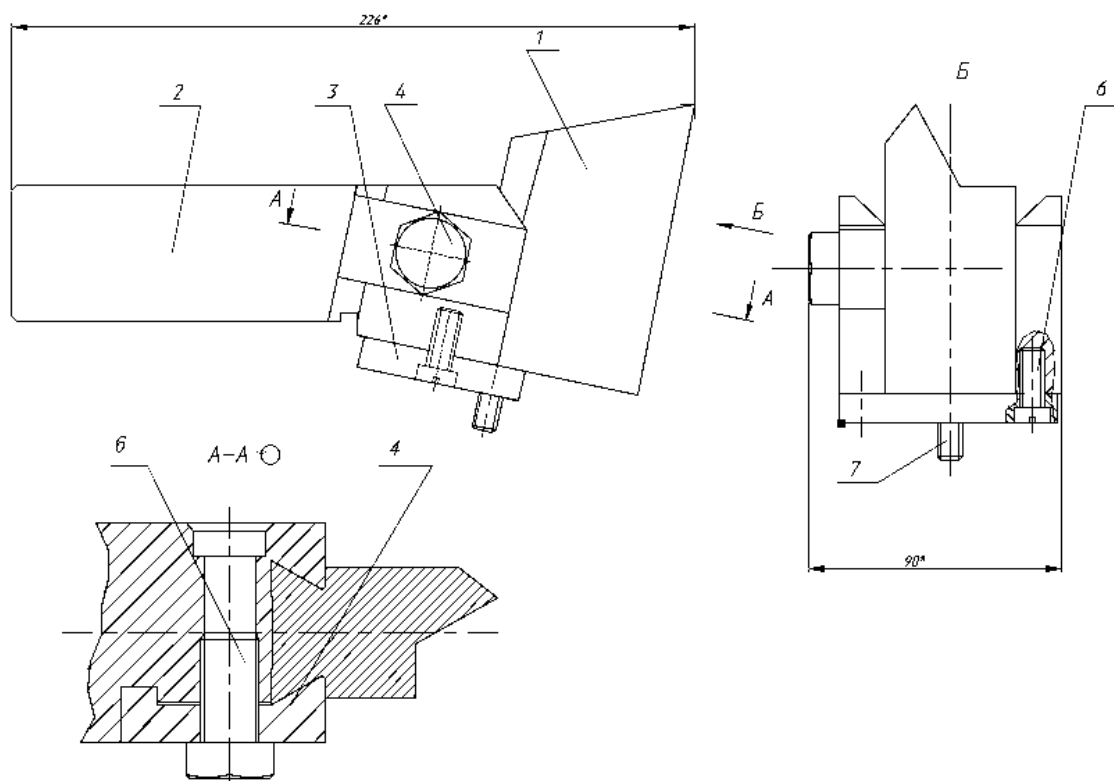


Рис. 3.3 – Схема наладки фасонного резца

Определяем длину рабочего хода резца:

$$L_{\text{рх}} = l_{\text{под}} + t,$$

где $l_{\text{под}}$ – длина подвода инструмента, $l_{\text{под}} = 5$;

t – глубина резания, $t = 27$ мм.

Тогда,

$$L_{\text{рх}} = 5 + 27 = 32 \text{ мм.}$$

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЧЕРВЯЧНОЙ ФРЕЗЫ, ЕГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО БЛОКА И НАЛАДКИ

4.1 Расчет режимов резания при фрезеровании

Исходной величиной подачи при фрезеровании является величина подачи на зуб S_z :

Количество зубьев фрезы принимаем из ГОСТ 9324-80, $z = 8$;

$$S_z = \frac{S}{z}$$

Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания приведены в таблицах 33-38 ([1], стр. 283-287);

Принимаем, исходя из рекомендаций $S_z = 0.1$ мм/об.

Глубина фрезерования $t = 4$ мм;

Ширина фрезерования $B = 15$ мм.

Окружную скорость фрезы определяем по формуле ([1], стр. 282).

$$V = \frac{C_v * D^q * K_v}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * z^p}$$

Где, C_v – коэффициент, зависящий от материала, $C_v = 28$;

D – диаметр фрезы, принимаем исходя из ГОСТ 9324-80, $D=85$ мм;

T – период стойкости инструмента, $T=180$ мин, ([1], т. 40, стр. 290);

z – количество зубьев фрезы, $z = 8$.

Коэффициенты выбираем исходя из рекомендаций ([1], т. 39, стр. 287);

$q=0.3$

$u = 0.2$

$x=0.4$

$p = 0.1$

$y=0.3$

$m = 0.33$

Общий поправочный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где, K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала.

$$K_{mv} = K_r * \left(\frac{\sigma_b}{700}\right)$$

Где, σ_b – предел прочности обрабатываемого материала, $\sigma_b = 600$ МПа;

K_r – коэффициент надежности, $K_r = 1$, ([1], т. 5, стр. 262);

$$K_{mv} = K_r * \left(\frac{\sigma_b}{700}\right) = 1 * \left(\frac{600}{700}\right) = 0.86$$

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовок, $K_{nv} = 1$, ([1], т. 5, стр. 262);

K_{uv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента, $K_{uv} = 1$, ([1], т. 5, стр. 262);

Отсюда,

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 0.86 * 1 * 1 = 0.86$$

						Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тогда скорость резания равна:

$$V = \frac{C_v * D^q * K_v}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * z^p} = \frac{28 * 85^{0,3} * 0,86}{180^{0,33} * 4^{0,3} * 0,1^{0,3} * 15^{0,1} * 8^{0,1}} = 70,2 \text{ м/мин}$$

Определим частоту вращения:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 * 70,2}{3,14 * 85} = 263,2 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспорту станка $n = 250 \text{ об/мин}$.

Произведем перерасчет скорости резания исходя из рассчитанной частоты вращения:

$$V = \frac{\pi * D * n}{1000} = \frac{3,14 * 85 * 250}{1000} = 66,7 \text{ м/мин}$$

Главная составляющая сила резания при фрезеровании – окружная сила P_z :

$$P_z = K_{mp} * \frac{10 * C_p * t^x * S_z^y * B^u * z^p}{D^q * n^w}$$

Находим коэффициенты и показатели степеней по ([1], т. 39, стр. 287);

$$q=0,86 \quad u=1 \quad C_p=53,2$$

$$x=0,86 \quad w=0$$

$$y=0,72 \quad m=0,25$$

$$K_{mp} = K_r * \left(\frac{\sigma_b}{700} \right)^m = 1 * \left(\frac{600}{700} \right)^{0,25} = 0,96$$

Находим главную составляющую силы резания:

$$P_z = 0,96 * \frac{10 * 28 * 4^{0,86} * 0,1^{0,72} * 15^1 * 8^1}{85^{0,86} * 250^0} = 470,1 \text{ Н}$$

Остальные составляющие силы резания находим по формулам:

$$P_y = 0,5 * P_z = 0,5 * 470,1 = 235 \text{ Н}$$

$$P_x = 0,3 * P_z * tg(w) = 0,3 * 470,1 * 0,36 = 50,8 \text{ Н}$$

Где, w – угол профиля зуба.

Находим мощность резания:

$$N_P = \frac{P_P * v}{1020 * 60} \leq \eta * N_{ст}$$

где, η – КПД станка, $\eta = 0,9$

$N_{ст}$ – мощность двигателя станка, $N_{ст} = 5 \text{ кВт}$;

$$P_P = P_z$$

$$N_P = \frac{P_P * v}{1020 * 60} \quad N_P = \frac{470,1 * 66,7}{1020 * 60} = 0,51 \text{ кВт}$$

Мощность станка берем из паспорта станка $[N_{ст}] = 5 \text{ кВт}$

КПД станка $\eta = 0,9$

Мощность станка определяется:

$$N_{ст} = \eta * [N_{ст}] = 0,9 * 5 = 4,5 \text{ кВт}$$

$$N = 0,51 \text{ кВт} < [N_{ст}] = 4,5 \text{ кВт}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Следовательно выбранный станок удовлетворяет условиям резания.

4.2 Расчет геометрии червячной фрезы и ее конструктивных особенностей.

Материал фрезы выбираем наиболее применяемый, материал режущей части – Р6М5.

По заданию нам дано,

Наружный диаметр	$D_{max} = 80 \text{ мм}$
Внутренний диаметр	$D_{min} = 72 \text{ мм}$
Ширина шлицев	$b = 10 \text{ мм}$
Длина шлицев	$l = 15 \text{ мм}$
Фаска у наружного диаметра	$c = 0.5 \text{ мм}$
Допуск наружного диаметра	$E_{нар} = 0.14$
Допуск внутреннего диаметра	$E_{вн} = 0.1$
Допуск ширины зуба	$E = 0.058$

Определим расчетный наружный диаметр обрабатываемой детали по формуле:

$$D_{расч} = D_{max} - 2 * c = 80 - 2 * 0.5 = 79 \text{ мм}$$

Рассчитаем радиус наружный:

$$R_{нар} = \frac{D_{расч}}{2} = \frac{79}{2} = 39,5 \text{ мм}$$

Определим внутренний расчетный диаметр с учетом допусков по формуле:

$$d_{расч} = D_{min} + 0.25 * E_{вн} = 79 + 0.25 * 0.1 = 79.025 \text{ мм}$$

Расчетную ширину шлицев принимаем (с учетом допусков на ширину шлицев) по формуле:

$$B_{расч} = b_{min} + 0.25 * E = 9,942 + 0.25 * 0.058 = 9,967 \text{ мм}$$

$$\text{Где, } b_{min} = b - E = 10 - 0.058 = 9.942 \text{ мм}$$

Профиль вала $\psi = 0$;

$$\sin(\psi) = \frac{B_{расч}}{2 * R_{нар}} = \frac{9,967}{2 * 39,5} = 0,126$$

Для расчета профиля воспользуемся табличными данными. Для этого выбираем ближайшее наименьшее значение $\sin(\psi) = 7^\circ$.

Поскольку принятый угол отличается от расчетного, то корректируем величину радиуса начальной окружности на принятое значение угла ψ .

$$R_{нар} = \cos(\psi) * \frac{D_{расч}}{2} = 0.992 * 79/2 = 39,18 \text{ мм}$$

Таким образом, глубина зуба равна приблизительно $0.12R_h$. Находим соответствующие координаты точек профиля фрезы.

Координаты точки А будут равны, мм:

$$X_1 = 0.023 * R_{нар} = 0.023 * 39,18 = 0,9$$

$$Y_1 = 0.083 * R_{нар} = 0.083 * 39,18 = 3,25$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Для точки В координаты будут равны, мм:

$$X_2 = 0.058 * R_{\text{нар}} = 0.058 * 39,18 = 2,27$$

Координаты центра заменяющей окружности находим по таблице, мм:

$$X_0 = 0.534 * R_{\text{нар}} = 0.534 * 39,18 = 20,92$$

$$Y_0 = 0.106 * R_{\text{нар}} = 0.106 * 39,18 = 4,15$$

Радиус заменяющей окружности, мм:

$$q = 0.544 * R_{\text{нар}} = 0.544 * 39,18 = 21,31$$

По последним двум графам таблицы находим максимальное отклонение профиля при замене его окружностью:

$$P_1 = 0.00063 * R_{\text{нар}} = 0.00063 * 39,18 = 0.0324 \text{ мм}$$

$$P_2 = 0.00058 * R_{\text{нар}} = 0.00058 * 39,18 = 0.022 \text{ мм}$$

Для нашей детали эти отклонения допустимы. Таким образом мы получили все координаты профиля.

Шаг витков по нормали определяем по формуле:

$$P_n = \pi * \frac{R_{\text{нар}}}{z} = 3.14 * \frac{39,18}{8} = 15,4 \text{ мм}$$

Для построения профиля нам нужна B_n – толщина зуба фрезы по нормальной прямой. Ее можно определить по формуле:

$$B_n = R_{\text{нар}} * \left[\left(\frac{\pi}{z} \right) - 0.01745 * \sin(\psi) \right] = 39,18 * \left[\left(\frac{3.14}{8} \right) - 0.01745 * \sin(7^\circ) \right] = 15,37 \text{ мм}$$

Полученный профиль имеет высоту h_a (для крайней точки профиля детали, расположенной на расчетном внутреннем диаметре):

$$\alpha = 1, \gamma = 1$$

$$h_a = R_{\text{нар}} * [\sin(\alpha_k) * (\sin(\alpha_k) * \sin(\gamma))]$$

$$\cos(\alpha) = d_{\text{расч}} * \cos\left(\frac{\gamma}{2 * R_{\text{нар}}}\right) = 79.025 * \cos\left(\frac{7}{2 * 39.5}\right) = 4,2$$

$$\sin(\gamma) = \frac{B_{\text{расч}}}{d_{\text{расч}}} = \frac{9,967}{79.025} = 0.126$$

По таблицам находим остальные данные:

$$\alpha_k = 53^\circ, \sin(\alpha_k) = 0.8$$

$$h_a = R_{\text{нар}} * [\sin(\alpha_k) * (\sin(\alpha_k) * \sin(\gamma))] = 39,18 * [0.8 * (0.8 * 0.126)] = 3,2 \text{ мм}$$

Но мы знаем, что в данной детали разница между начальным и внутренним диаметром составляет:

$$f = R_{\text{нар}} - \frac{D_{\text{max}}}{2} = 39,18 - \frac{80}{2} = -0,82 \text{ мм}$$

Таким образом зуб фрезы будет врезаться в изделие глубже внутреннего диаметра на 0,82 мм и для получения правильного зуба необходимо сделать уски.

Наружный диаметр фрезы выбираем по ГОСТ 8027-90, D=85 мм, число зубьев фрезы $z = 8$.

						Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$D = 85, \quad z = 8$$

Определим величину затылования K шлифованной части зуба по формуле:

$$K = \pi * D * \frac{tg(\alpha)}{z} = 3.14 * 85 * \frac{0.14}{8} = 4,67$$

Принимаем $K = 5$.

Принимаем зуб с двойным затылованием. Величина K затылования не шлифованной части зуба определим по формуле:

$$K_1 = 1.1 * K = 1.1 * 5 = 5,5$$

Принимаем $K_1 = 6$

Находим средний расчетный диаметр фрезы по формуле:

$$D_t = D - 2 * h_a - 0.35 * K = 85 - 2 * 3,2 - 0.35 * 5 = 76,85 \text{ мм}$$

Определим угол наклона винтовой линии по формуле:

$$\sin(\omega) = \frac{P_n}{\pi * D_t} = \frac{15,4}{3.14 * 76,85} = 0.064$$

$$\arcsin(0.064) = 4^\circ$$

Определим шаг винтовой канавки:

$$S_K = \pi * D_t * tg(\omega) = 3.14 * 76,85 * 0.064 = 15,5 \text{ мм}$$

Шаг витков по оси определяем по формуле:

$$P_{oc} = \frac{P_n}{\chi} = \frac{15,5}{1} = 15,5 \text{ мм}$$

χ – коэффициент, $\chi = 1.2$, ([1], т. 42, стр. 293);

Определим рабочую часть фрезы по формуле:

$$L_1 = 5 * P_{oc} = 5 * 15,5 = 77,5 \text{ мм}$$

Общую длину фрезы принимаем по ГОСТ 8027-60, $L = 90 \text{ мм}$.

Остальные элементы фрезы – диаметр отверстия, размеры шпоночной канавки, диаметр буртика принимаем по ГОСТ 8027-60.

Глубину H канавки определим по формуле:

$$H = h_{\text{проф}} + \frac{K_1 + K_2}{2} = 10 + \frac{5 + 6}{2} = 15.5 \text{ мм}$$

$h_{\text{проф}}$ – высота профиля зуба, $h_{\text{проф}} = 10$, ([1], т. 43, стр. 294);

Принимаем $H = 16 \text{ мм}$.

Угол впадины принимаем равным 18° .

Допуски на основные элементы червячной фрезы принимаем по ГОСТ 8027-60.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

4.3 Определение реакций опор

Определим реакции в вертикальной плоскости:

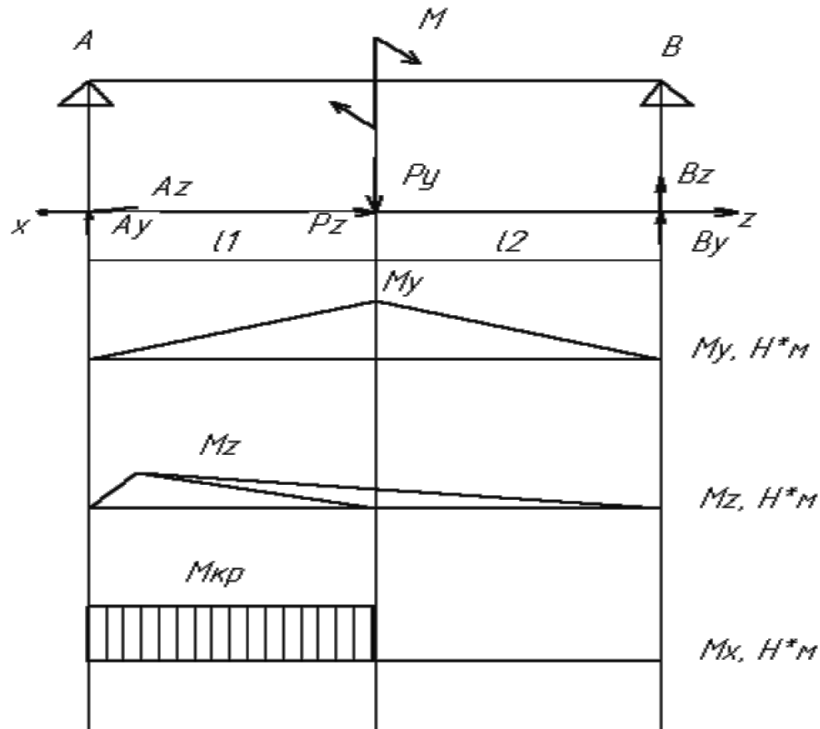


Рисунок 4.1 – Расчетная схема оправки и эпюры

$L_1 = 115$ мм – расстояние от шпинделя до середины фрезы.

$L_2 = 90$ мм – расстояние от середины фрезы до задней опоры.

$$A_z = \frac{\sum_{i=1}^k P_{zi}}{\sum_{i=1}^k L_i} = \frac{470,1 * 115}{115 + 90} = 263,7 \text{ Н}$$

$$B_z = \frac{\sum_{i=1}^k P_{zi}}{\sum_{i=1}^k L_i} = \frac{470,1 * 90}{115 + 90} = 206,4 \text{ Н}$$

Определим реакции в горизонтальной плоскости:

$$A_y = \frac{\sum_{i=1}^k P_{yi}}{\sum_{i=1}^k L_i} = \frac{235,05 * 115}{115 + 90} = 131,8 \text{ Н}$$

$$B_y = \frac{\sum_{i=1}^k P_{yi}}{\sum_{i=1}^k L_i} = \frac{235,05 * 90}{115 + 90} = 103,2 \text{ Н}$$

Найдем суммарный момент в каждой точке по формуле:

$$M_x = (-P_z * r + P_y * l_2) * 10^{-3} = (-263,8 * 90 + 131,8 * 10) * 10^{-3} = -3,84 \text{ Н * м}$$

$$M_y = (P_x * l_2 + P_z * L) * 10^{-3} = (615,8 * 10 + 263,8 * 115) * 10^{-3} = -43,02 \text{ Н * м}$$

$$M_z = (P_x * r - P_y * L) * 10^{-3} = (615,8 * 90 - 131,8 * 115) * 10^{-3} = -14,53 \text{ Н * м}$$

$$M_9 = \sqrt{M_y^2 + M_z^2 + 0.75 * M_x^2} = \sqrt{43,02^2 + 14,53^2 + 0.75 * 3,84^2} = 46,5 \text{ Н * м}$$

4.4 Расчет червячной фрезы на прочность

В связи с тем, что диаметр оправки набора фрез предварительно выбирается из конструктивных соображений, на завершающем этапе проектирования необходимо проводить проверку выбранного диаметра оправки на прочность и жесткость. Пользуясь соответствующими положениями теории прочности диаметр оправки:

$\sigma = 20 \text{ МПа}$ – допускаемое напряжение материала оправки, ([1], т. 2, стр. 69).

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * M_{\text{эКВ}}}{\pi * \sigma}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 46,5}{3,14 * 20 * 10^6}} = 29,7 \text{ мм}$$

Принимаем $d = 32 \text{ мм}$, исходя из рекомендаций ([1], стр. 281).

4.5 Расчет наладки на точность

Угловые ошибки звеньев (перекос оси) и векторные ошибки (параллельное смещение осей) элементов инструментальной наладки суммируем путем приведения перекосов осей к векторному виду в плоскости замыкающего звена (биение режущей части) через передаточное отношение.

Половина допустимого биения режущей части:

$$e_{\Sigma} = \frac{1}{k_{\Sigma}} * \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i * e_i * K_i)^2}$$

Где, K_i – коэффициент рассеивания присоединительных поверхностей.

l – значение перекоса.

$l \text{ (AT 5)} = 0,0013 \text{ мм}$, ([4], стр. 39);

n – число элементов наладки на точность позиционирования;

$A_i l_i$ – произведение векторной величины;

$$A_i = \frac{l_i}{l_{in}}$$

Где, l_i – расстояние от вершины режущей кромки до сечения, проходящего через торец крепежа;

l_{in} – условия длины нормирования перекоса в i -ом сечении;

K_{Σ} – коэффициент рассеивания замыкающего звена; ([4], стр. 39);

$$K_{\Sigma} = 1 + \frac{0,55}{\sum l_i} * [\sqrt{[\sum (l_i * K_i)]^2} - \sqrt{(\sum l_i)^2}]$$

Где, K_i – коэффициент рассеивания цилиндрических поверхностей;

						Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_i = 1.09$$

l_i – расстояние от вершины режущей кромки до сечения, проходящего через торец крепежа;

n – число элементов наладки на точность позиционирования;

Таблица 4.1 – Составные звенья размерной цепи.

Звено размерной цепи (биение)	Погрешность	l_i , мкм	K_i	A_i
Биение цилиндрических отверстий в шпинделе	векторная	4	1.09	1
Биение шпинделя	угловая	1.15	1.32	0.7
Биение оправки в шпинделе	угловая	2	1.62	1.3
Биение фрезы относительно оправки	векторная	5	1.14	1.1

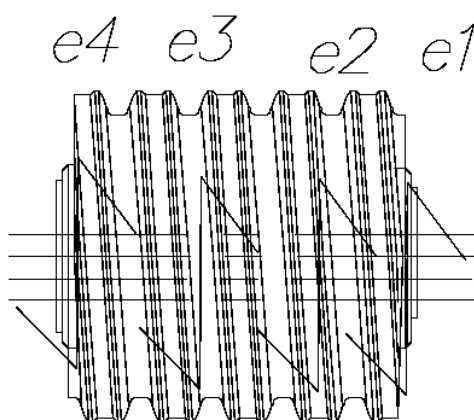


Рисунок 4.2 – Эскиз блока.

Подставим данные из таблицы и вычислим:

$$\begin{aligned}
 K_{\Sigma} &= 1 + \frac{0.55}{l_1 + l_2 + l + l_4} * \\
 & * \left[\sqrt{(l_1 * K)^2 + (l_2 * K_2)^2 + (l * K_3)^2 + (l_4 * K_4)^2} - \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 + l_4^2} \right] = \\
 &= 1.051 \text{ мкм} \\
 l_{\Sigma} &= \frac{1}{K_{\Sigma}} * \sqrt{(A_1 * l_1 * k_1)^2 + (A_2 * l_2 * k_2)^2 + (A_3 * l_3 * k_3)^2 + (A_4 * l_4 * k_4)^2} = \\
 &= \frac{1}{1.051} * \\
 & * \sqrt{(1 * 4 * 1.09)^2 + (0.7 * 1.15 * 1.32)^2 + (1.3 * 2 * 1.62)^2 + (1.1 * 5 * 1.14)^2} = \\
 &= 7,68 \text{ мкм}
 \end{aligned}$$

Тогда полное допустимое биение составляет:

$$2l_{\Sigma} = 15,36 \text{ мкм}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Допустимое биение режущих кромок после установки инструментального блока в шпиндель:

$$l \leq \frac{1}{3} IT$$

Где, IT – допуск на размер.

$$0.0153 \text{ мкм} \leq \frac{1}{3} * 0.14 = 0.046 \text{ мкм}$$

Условие выполняется.

4.5 Наладка зубофрезерная

Червячная фреза устанавливается в оправку 1, на которой устанавливаются компенсирующие кольца 5 для набора необходимой ширины оправки. Затем устанавливаются опора 4, которая стоит в серьге зубофрезерного станка. Все это на оправке удерживается шайбой и гайкой 6. От поворота червячную фрезу фиксируют шпонкой. Затем оправка устанавливается одним концом в шпиндель и зажимается винтом, а другим концом в серьгу станка.

Определим длину рабочего хода инструмента:

$$L_{\text{рх}} = Y_{\text{подв}} + L_{\text{рез}} + Y_{\text{пер}}$$

Где, $Y_{\text{подв}}$ – длина подвода инструмента, мм. $Y_{\text{подв}} = 20$;

$L_{\text{рез}}$ – длина резания, мм. $L_{\text{рез}} = 15$;

$Y_{\text{пер}}$ – длина перебега инструмента, мм. $Y_{\text{пер}} = 20$;

$$L_{\text{рх}} = Y_{\text{подв}} + L_{\text{рез}} + Y_{\text{пер}} = 20 + 15 + 20 = 55 \text{ мм}$$

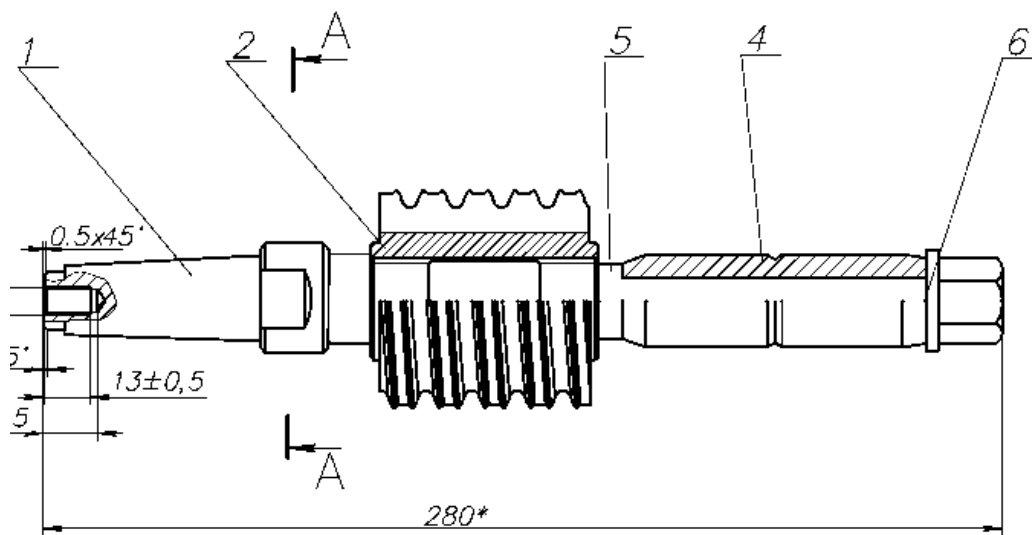


Рисунок 4.3 – Наладка шлицефрезерного блока.

5 СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Для контроля качества инструмента качества инструмента используют как стандартные, так и специальные средства контроля.

Кроме средств измерения, представители каждой партии инструмента должны подвергаться испытаниям в работе на работоспособность, средний и установленный период стойкости, что является комплексным показателем качества изготовления инструментов. Режимы резания и методы испытаний зависят от вида инструмента и могут назначаться с учетом рекомендаций методики лабораторных испытаний инструментов, разработанной ВНИИ инструкция и требований стандартов и технических условия на конкретные виды инструмента.

Перечень используемых ГОСТов

ГОСТ 16885-71- Резцы фасонные.

ГОСТ 9324-80 – Фрезы червячные чистовые однозаходные.

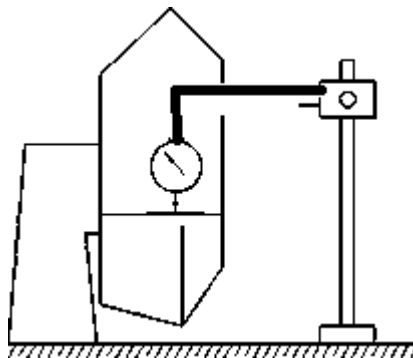


Рисунок 5.1 – Схема измерения отклонение от параллельности режущей кромки фасонного резца

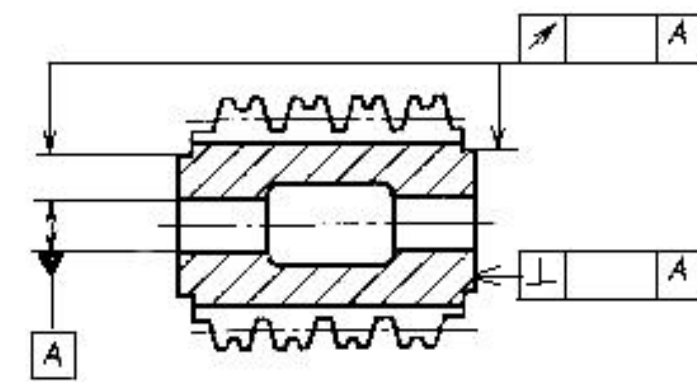


Рисунок 5.2 – Контроль радиального и торцевого биения червячной фрезы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данного курсового проекта было спроектировано четыре вида режущего инструмента: фасонный резец и червячную фрезу, а также их инструментальный блок и наладки, выполнены расчёты на прочность и точность элементов имеющихся конструкции, изучены специфические возможности различных инструментов. Расчёты произведены с использованием специальной литературы и с учётом ГОСТов.

Работа над данным курсовым проектом позволила изучить и углубить знания, полученные в курсе «проектирование металлорежущих инструментов» и приобрести практические навыки расчёта и конструирования инструментов.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И. А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.
2. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту, под ред. Н.А. Нефедова, К.А. Осипова. Москва, «Машиностроение», 1969г.
3. Режимы резания металлов. Справочник. Барановский Ю.В. Москва, «Машиностроение», 1972г.
4. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов Г.И. Кирсанов, Москва, «Машиностроение», 1986г.
5. Методические указания к курсовой работе по предмету «Режущий инструмент и инструментообеспечение автоматизированного производства», Михайлов М.И., Гомель, 1992г.
7. Справочник технолога-машиностроителя т.2, под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, Москв, «Машиностроение», 1986г.
8. Петрусевич, А.И. Зубчатые и червячные передачи. Энциклопедический справочник. В 2-х . Т.2. / А.И. Петрусевич. – М.: Машиностроение, 1972. – 342 с.
9. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 455 с.
10. Краткий справочник конструктора/ Р.И. Жирнов, М.;Машиностроение, 1984г.
11. Справочник конструктора-машиностроителя: В 2т./ под ред. Анурьев В.И - М.: Машиностроение. 1987 –Т1.

						Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36