

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»
(Самарский университет)

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ТИПОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве методических указаний для студентов Самарского университета, обучающихся по основной образовательной программе высшего образования по специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей и направлениям подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

Составитель
Л.В. Соловацкая

САМАРА
Издательство Самарского университета
2017

УДК 621.9 (075)

ББК 34.634я7

Составитель *Л.В. Соловацкая*

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В. Н. Г а в р и л о в

Фрезерование типовых поверхностей деталей: метод. указания / сост. *Л.В. Соловацкая*. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 44 с.

Приведены сведения о разновидностях конструкций фрез, особенностях их применения для обработки деталей на фрезерных станках. Дан краткий обзор различных способов установки фрез и закрепления заготовок на станке. Рассмотрен пример расчета основных параметров режима фрезерования. В приложении представлены таблицы со справочными материалами для расчета режима фрезерования, а также варианты индивидуальных заданий.

Предназначены для студентов, обучающихся по основной образовательной программе высшего образования по специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей и направлениям подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов.

Разработаны на кафедре технологий производства двигателей.

УДК 621.9 (075)

ББК 34.634я7

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Классификация фрез	5
2 Схемы обработки деталей фрезерованием.....	10
3 Оборудование, используемое при обработке фрезерованием	12
4 Параметры режима резания при фрезеровании.....	15
5 Установка фрез и закрепление заготовок на станке.....	21
6 Влияние режимов фрезерования на производительность и качество обработки	23
7 Пример расчета режима резания при фрезеровании.....	24
Контрольные вопросы	27
Список использованных источников	27
Приложение	28

ВВЕДЕНИЕ

Процесс фрезерования является весьма распространенной операцией в технологии машиностроения. Фрезерованием обрабатывают плоские, криволинейные и угловые поверхности, пазы и уступы. Точность обработки находится в пределах 14-6 квалитетов, шероховатость поверхности составляет от $R_z 80$ до $R_a 0,32$ мкм.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- изучение конструкций и геометрии фрез;
- ознакомление с конструкцией фрезерного станка;
- определение параметров режима резания;
- подготовка и проведение операции фрезерования поверхности детали на станке.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Обмер и эскизирование концевых фрез.
2. Ознакомление с устройством фрезерного станка *6Т82Г-1*.
3. Расчет параметров режима резания.
4. Определение способов установки фрез и закрепления заготовок на станке.
5. Фрезерование заготовки.
6. Измерение шероховатости обработанной поверхности.
7. Подготовка ответов на контрольные вопросы.
8. Оформление отчета по лабораторной работе.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ФРЕЗ

Различают фрезы цилиндрические, торцовые, концевые, дисковые, угловые, фасонные. Эти фрезы можно отнести к группе фрез общего назначения.

По способу крепления на станке выделяют фрезы насадные и концевые, закрепляемые с помощью хвостовиков.

Фрезы могут быть цельные и сборные. Сборные фрезы имеют корпус и режущие элементы из разных материалов. Аналогично различают фрезы быстрорежущие и твердосплавные, в зависимости от инструментального материала режущей части.

Наиболее распространенные конструкции фрез стандартизованы. Кроме вышеперечисленных можно встретить и прочие виды фрез: прорезные, отрезные, шпоночные, пазовые, сегментные и другие, которые по существу являются модификациями основных фрез общего назначения.

Общий вид некоторых фрез приведен на рис. 1.

Спиральные цилиндрические фрезы применяют для обработки плоских поверхностей.

Фасонные фрезы назначают для обработки различных фасонных профилей.

Концевые фрезы являются основным инструментом для фрезерования сложных контуров деталей на станках с числовым программным управлением. Они также служат для обработки уступов и пазов. Концевые фрезы, в отличие от цилиндрических, имеют зубья на торце фрезы.

Дисковые трехсторонние фрезы предназначены для обработки пазов, двухсторонние – уступов.

Торцовые фрезы служат для обработки пазов, уступов и плоскостей.

Угловыми фрезами обрабатывают сопряженные поверхности, образующие в пересечении угол.

По форме профилей зубьев фрезы подразделяют на острозаточенные и затылованные (рис. 2). Острозаточенные фрезы перетачивают по задней поверхности.

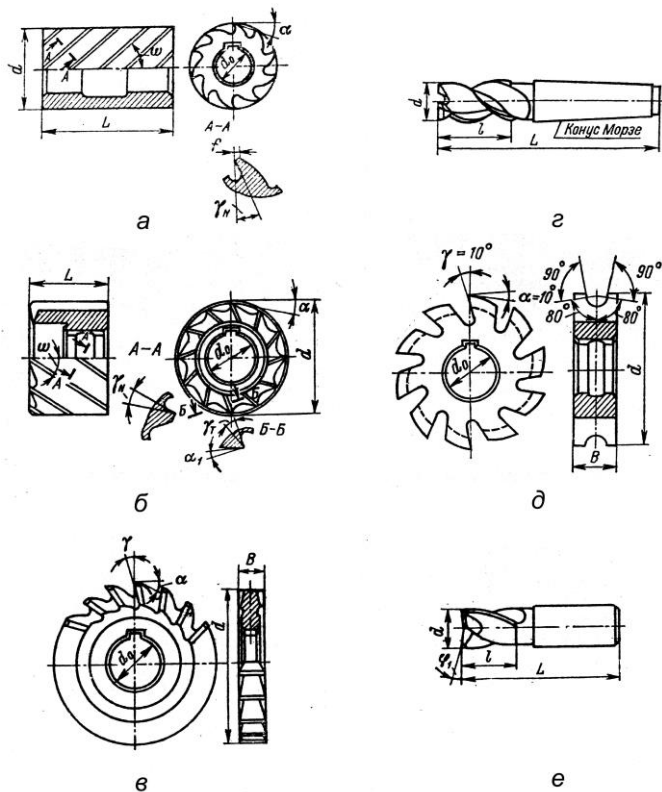


Рис. 1. Некоторые виды конструкций фрез: а – цилиндрическая; б – торцовая; в – дисковая; г – концевая; д – фасонная; е – шпоночная.

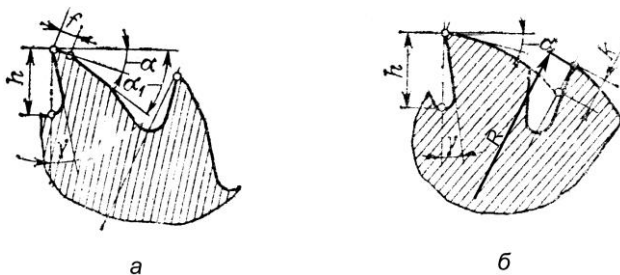


Рис. 2. Формы профилей зубьев: а – острозаточенная; б – затылованная; h – высота зуба; γ – передний угол; f – фаска на задней поверхности; R – радиус фрезы $\alpha_ч$ – задний угол спинки зуба

Измеряют наружный диаметр фрезы d , длину фрезы L , длину режущей части l , высоту зуба h , длину фаски заточки заднего угла f_2 , размеры хвостовика, по которым в приложении находят номер конуса Морзе. Определяют угловые параметры: передний угол γ_N , задний угол α , угол спирали зуба ω , вспомогательные углы в плане φ_0 и φ_1 , угол наклона режущей кромки на торце фрезы λ . Для определения угла спирали ω фрезу прокатывают по копировальной бумаге. На полученном отпечатке измеряют величину подъема зуба и делят на соответствующую длину образующей. Таким образом, находят тангенс угла спирали.

Для измерения переднего и заднего углов на цилиндрической части фрезы применяют угломер системы Бабчициера (рис. 4).

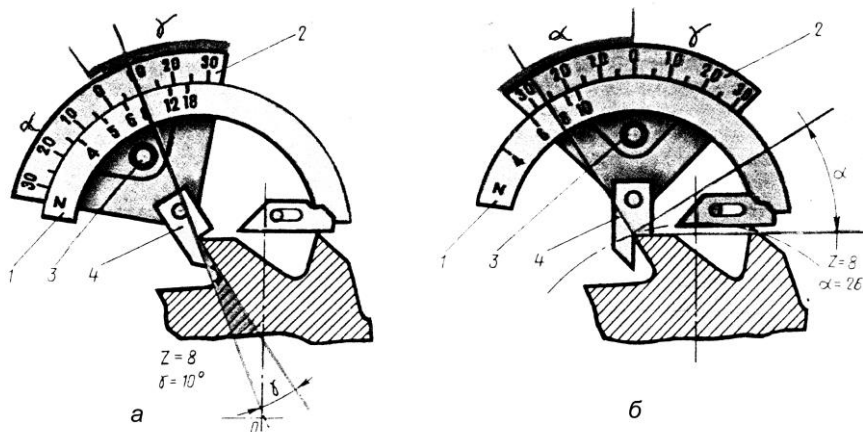


Рис. 4. Схемы измерения переднего γ и заднего α углов фрезы:

1 – сектор z ; 2 – сектор γ и α ; 3 – ось; 4 – измеряющий нож

Передний угол γ_N измеряют в главной секущей плоскости, проходящей перпендикулярно режущему лезвию (сечение А-А на рис. 3). Расположив соответствующим образом угломер (рис. 4 а), устанавливают опорный нож дуги z на соседний зуб, а измеряющий нож 4 прижимают к передней поверхности зуба так, чтобы не оставалось просвета. Против числа зубьев z снимают показание переднего угла γ .

Задний угол α измеряют в плоскости, перпендикулярной оси фрезы. Для этого, расположив нужным образом угломер (рис. 4 б), поворачивают сектор 2 до касания измеряющего ножа 4 задней поверхности зуба и против величины z снимают значение заднего угла α .

Угол заострения β измеряют между передней и задней поверхностями зуба фрезы

$$\beta = 90 - (\gamma_N + \alpha_N).$$

Окружной шаг между зубьями фрезы находят по формуле

$$P_0 = \pi D / z.$$

Осевой шаг, измеряемый вдоль оси фрезы, будет

$$P_s = \pi D / z \operatorname{tg} \omega.$$

В качестве инструментальных материалов для фрез используют быстрорежущие стали Р6М5, Р9К5, Р9Ф5, Р18, Р9, Р6М5К5, Р9М4К8 и твердые сплавы ВК8, ВК10-ОМ, Т5К10, Т15К6 и другие. Для корпусов и хвостовиков фрез применяют стали 45, 40Х.

2. СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Наиболее распространенными поверхностями деталей, обрабатываемыми в процессе фрезерования, являются плоские поверхности, уступы, канавки, пазы, прорезы, фасонные профили. Некоторые схемы фрезерования приведены на рис. 5.

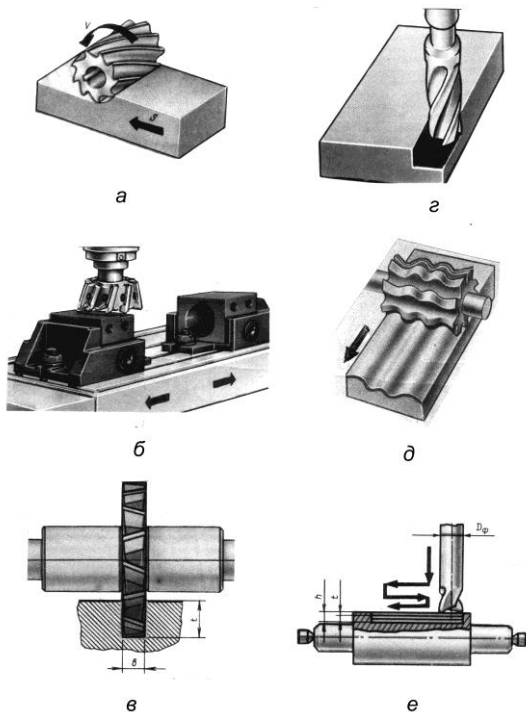


Рис. 5. Обработка типовых поверхностей разными видами фрез:
a – цилиндрической; *б* – торцевой; *в* – дисковой; *г* – концевой; *д* – фасонной;
е – шпоночной. На рис.: v – скорость резания; s – движение подачи; t – глубина резания; b – ширина фрезерования; D – диаметр фрезы; h – глубина шпоночного паза.

Фрезерование плоских поверхностей наиболее часто выполняют цилиндрическими или торцевыми фрезами (рис. 5 *a*, *б*). Пазы, уступы, канавки обрабатывают дисковыми или концевыми фрезами (рис. 5 *в*, *г*). Фасонные профили деталей изготавливают фасонными фрезами на универсальных фрезерных станках (рис. 5 *д*). На рис. 5 *е* приведена схема обработки паза шпоночной фрезой.

Различают два метода фрезерования:

- попутное (по подаче) (рис. 6 а);
- встречное (против подачи) (рис. 6 б).

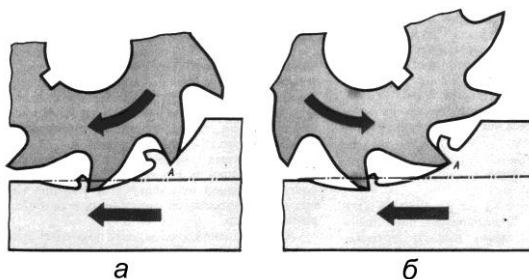


Рис. 6. Два метода фрезерования: а – попутное; б – встречное

При попутном фрезеровании направление вращения фрезы в зоне контакта с заготовкой совпадает с направлением ее подачи, а при встречном – противоположное.

При попутном фрезеровании резание начинается с максимальной толщины среза, что уменьшает влияние наклепа поверхности резания на износ зубьев фрезы. Этим объясняется увеличение стойкости фрезы при попутном фрезеровании жаропрочных и титановых сплавов, склонных к образованию наклепа. Также благоприятно и то, что фреза прижимает заготовку к столу станка. Однако следует иметь в виду, что фреза может потянуть заготовку вместе со столом станка в направлении подачи, выбирая при этом зазор в передаче ходового механизма подачи фрезерного станка. С целью устранения люфта в передаче ходовой винт-гайка на ходовом винте фрезерного станка могут устанавливаться две гайки, регулировкой положения которых относительно друг друга можно устранить указанный выше люфт.

При встречном фрезеровании подхвата фрезой заготовки быть не может, так как в этом случае горизонтальная составляющая силы резания всегда направлена против подачи стола.

3 ОБОРУДОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Фрезерные станки относятся к 6 группе по классификации металлорежущих станков и подразделяются на 9 подгрупп, например, вертикально-фрезерные (с вертикальным расположением шпинделя), горизонтально-фрезерные, универсальные и др.

В соответствии с общепринятым обозначением металлорежущих станков на первом месте ставят номер группы, на втором месте – номер подгруппы, на третьем месте (или третьем и четвертом) – характерный размер станка. Например, станок *6Т82Г-1*, станок фрезерный (6 группа), горизонтально-фрезерный (с горизонтальным расположением шпинделя, (8 подгруппа), имеет стол №2 с размерами ширины и длины стола 320×1250 мм. Буква *Т* означает модернизацию, буква с цифрой *Г-1* – модификацию станка.

Рассмотрим более подробно устройство станка *6Т82Г-1* (рис. 7). Станок состоит из основания *А* и станины *Б*, отлитых из чугуна. В полости основания находится резервуар для смазывающе-охлаждающей жидкости. В нижней части станины размещается электрооборудование, в средней – коробка скоростей и селективный механизм, в верхней – горизонтальный шпиндель *В*, приводимый во вращение от электродвигателя *Е*.

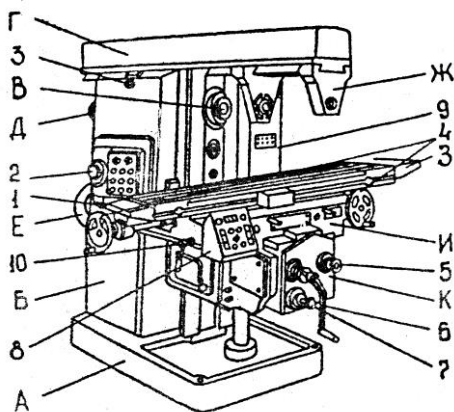


Рис. 7. Общий вид горизонтального консольно-фрезерного станка *6Т82Г-1*

В процессе обработки заготовки фрезерный станок реализует два движения: вращение фрезы и подачу заготовки. Вращение фрезы, определяющее скорость резания ($v = \pi Dn/1000$ м/мин) называется главным движением. Подача выражает скорость перемещения заготовки и задается в мм/мин. Обозначается буквой S_m . Подача может быть вертикальной (вертикальное перемещение консоли), поперечной (перемещение салазок) и продольной (перемещение стола).

Привод главного движения состоит из источника движения, в качестве которого служит электродвигатель, коробки скоростей, обеспечивающей 18 различных чисел оборотов в минуту шпинделя. Числа оборотов шпинделя (частоты вращения) изменяются ступенчато (ступенчатое регулирование).

При мощности электродвигателя $N = 7,5$ кВт и к.п.д. привода $\eta = 0,8$ станок обеспечивает на шпинделе мощность $N_e = 6$ кВт.

Привод подачи состоит из электродвигателя $N = 2,2$ кВт, коробки подач, обеспечивающей 22 различные величины подачи и ходовых винтов с гайками, преобразующих вращательное движение зубчатых колес коробки подач в поступательное перемещение консоли, салазок и стола. Скорость быстрых установочных перемещений – 4000 мм/мин. Вертикальные подачи консоли в 3 раза меньше продольных и поперечных подач стола и салазок. Наибольшее усилие резания, допустимое механизмами подачи, составляет 15 кН для продольной подачи стола.

4. ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Глубина резания t представляет собою расстояние между обрабатываемой 1 и уже обработанной 2 поверхностями, т.е. припуск на сторону.

Величину t принимают максимально допустимой, стараясь снять весь припуск за один проход. Ограничением здесь может быть недостаточная жесткость или прочность фрезы, оправки, заготовки, приспособления, мощность электродвигателя станка. Во всех видах фрезерования, за исключением торцового, глубина фрезерования t определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой и измеряется в направлении, перпендикулярном оси фрезы (рис. 8).

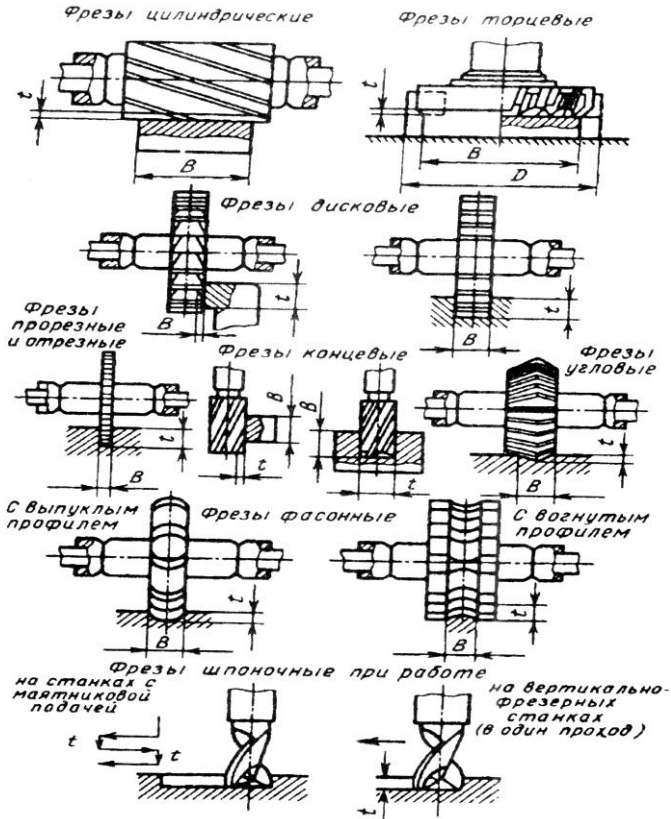


Рис. 8. Определение ширины B и глубины t резания при различных видах фрезерования

Ширина фрезерования B определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующего в резании. Ширину фрезерования B измеряют в направлении параллельном оси фрезы. При торцовом фрезеровании эти понятия меняются местами (рис. 8).

Ширина фрезерования B определяет один из элементов сечения среза. Другим является толщина среза a_z , которая измеряется в направлении радиуса фрезы к поверхности резания.

Сечение среза $F_z = B \cdot a_z$ (рис. 9).

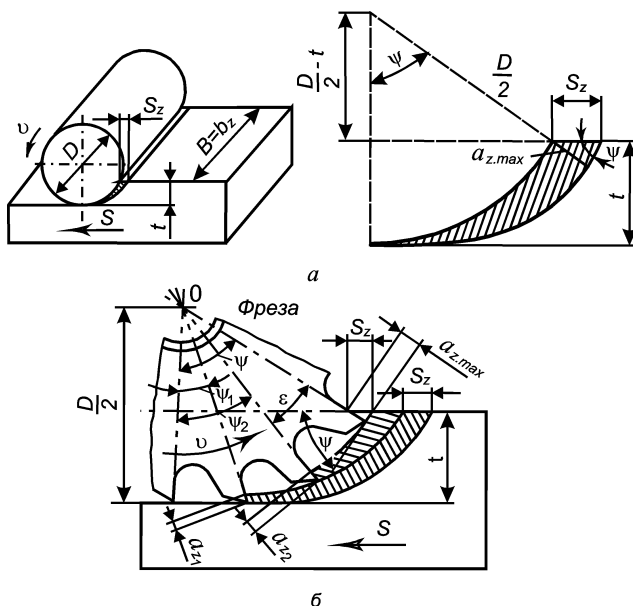


Рис. 9. Элементы режима резания при фрезеровании

Подача на зуб S_z есть величина перемещения стола фрезерного станка за время поворота фрезы на центральный угол между зубьями η (рис. 9), который находят по формуле $\eta = 360^\circ/z$. Величина S_z зависит от многих факторов (инструментальный и обрабатываемой материалы, диаметр фрезы, глубина и ширина фрезерования, жесткость системы станок – приспособление – инструмент – заготовка и др.) и определяется по нормативам режимов резания при фрезеровании. При этом все обрабатываемые материалы классифицируют в несколько определенных групп, выделяют

виды фрезерования и материал режущей части фрезы – быстрорежущая сталь или твердый сплав. Далее производят расчет подачи по формулам [1], [2]

$$S_z = \frac{C_s \cdot D^\mu \cdot K_s}{t^p \cdot B^w},$$

или $S_z = S_{zT} \cdot K_s$, в зависимости от приведенных в нормативах данных, где C_s – коэффициент пропорциональности;

D – диаметр фрезы;

K_s – коэффициент, учитывающий дополнительные условия на обработку;

t – глубина фрезерования;

B – ширина фрезерования;

S_{zT} – табличное значение подачи;

μ, p, w – показатели степеней.

Конкретные значения коэффициентов и показателей степеней определяют по таблицам нормативов режимов резания [1].

Скорость резания при фрезеровании может быть определена по формулам [1]:

$$v = v_T \cdot K_v,$$

или

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot B^r \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot z^u},$$

в зависимости от приведенных нормативных данных различных видов фрезерования, инструментальных и обрабатываемых материалов [1].

В этих формулах введены дополнительные обозначения:

v_T – табличное значение скорости резания;

K_v – поправочный коэффициент на измененные условия резания;

C_v – коэффициент пропорциональности;

T – стойкость фрезы (мин);

q, m, r, x, y, u – показатели степеней.

В таблицах нормативов могут также быть указаны непосредственные значения скорости резания для конкретных значений параметров режима фрезерования.

Фактическая линейная скорость вращения фрезы, определяемая по формуле

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} \text{ (м/мин)}$$

не должна превышать скорость резания, найденную по нормативам

$$v_{\phi} \leq v.$$

Отсюда находим допустимую частоту вращения фрезы

$$n \leq \frac{1000 v}{\pi D}$$

Рассчитанное значение « n » сравнивают с паспортными данными станка и принимают ближайшее меньшее число оборотов шпинделя $n_{cm} \leq n$.

Находят минутную подачу $S_M = S_z \cdot z \cdot n_{cm}$ и принимают ее ближайшее меньшее значение по паспорту станка $S_{MCT} \leq S_M$.

Определяют действительные значения параметров режима резания: $N_{t\delta} = n_{cm}$; $V_{\delta} = \pi D n_{\delta} / 1000$; $S_{M\delta} = S_{MCT}$; $S_{z\delta} = S_{M\delta} / n_{\delta} \cdot z$.

Толщина среза a_z определяется по формуле (рис. 9)

$$a_z = s_z \cdot \sin \varphi, \text{ где}$$

где φ – текущее значение угла положения зуба фрезы на поверхности резания.

Толщина среза при фрезеровании – величина переменная и изменяется (при встречном фрезеровании) от нуля до некоторого максимального значения, соответствующего положению зуба на угле контакта Ψ , определяемого радиусами фрезы, направленными в точку входа и выхода зуба из контакта с заготовкой. Величина угла контакта рассчитывается по формуле

$$\Psi = 2 \arcsin \left(\frac{t}{D} \right)^{0.5}.$$

При попутном фрезеровании толщина среза изменяется наоборот, т.е. от максимального своего значения до нуля.

Число одновременно работающих зубьев цилиндрической и концевой фрез

$$z_0 = \frac{\psi}{\eta} + \frac{B}{P_s}$$

Машинное время обработки (рис. 9)

$$T_M = \frac{L \cdot i}{S_{Mб}} + \frac{L(i-1)}{S_{Mб}}$$

где $L = l + l_1 + l_2$ – общая длина перемещения стола;

l – длина обрабатываемой поверхности;

l_1 – длина врезания, $l_1 = \sqrt{t(D-t)}$;

$l_2 = 2,5$ мм – длина перебега;

i – число проходов;

$S_{Mб}$ – быстрая установочная подача.

Мощность резания N_e находят по формуле

$$N_e = E \cdot \frac{VBZ}{1000} K_1,$$

где E – нормативный коэффициент, зависящий от вида фрезерования [1].

Необходимые для расчета справочные данные берут из нормативов режимов резания [1]. При этом должно выполняться условие $N_e \leq N_{cm}$.

Мощность на шпинделе станка

$$N_{cm} = N_{эл} \cdot \eta,$$

где $N_{эл}$ – мощность главного электродвигателя, кВт; η – коэффициент полезного действия главного привода; $\eta = 0,8$.

Среднее суммарное значение окружной (тангенциальной) составляющей силы резания P_z (см. рис. 8):

$$P_z = \frac{60000 N_e}{V_d} (H),$$

где N_e (кВт), V_d (м/мин).

Горизонтальная составляющая P_n при этом составляет

$$P_n = (0,8-1,1) P_z,$$

т.к. она учитывает также проекцию радиальной составляющей P_r . Сила P_n не должна превышать допустимое усилие механизма подачи станка Q_{cm} :

$$P_n \leq Q_{cm}.$$

Коэффициент использования инструмента

$$K_u = S_{z0} n \div S_z \cdot n.$$

Коэффициент использования станка

$$K_c = N_e / N_{cm}.$$

По своей природе фрезерование является неравномерным процессом, так как сечение среза непрерывно меняется. Однако, для цилиндрических

и концевых фрез при условии $\frac{B}{P_s} = c$, где $c = 1, 2, \dots$ – целое число, сум-

марное сечение среза от всех одновременно режущих зубьев является величиной постоянной. Такое фрезерование называется равномерным. Оно характеризуется увеличением стойкости фрезы в 2-3 раза.

Реальное значение коэффициента равномерности

$$C = \frac{BZ \cdot \operatorname{tg} \omega}{\pi D}.$$

Процесс фрезерования всегда сопровождается вибрациями. Для уменьшения вибраций рекомендуется располагать зубья концевых фрез неравномерно по окружности. Для практического определения центральных углов метод зубьями достаточно измерить расстояния между отпечатками зубьев на развертке фрезы l_i в направлении, перпендикулярном оси фрезы и выполнить расчеты

$$\eta_i = \frac{360 l_i}{\pi D}.$$

Стремление к повышению равномерности фрезерования заставляет увеличивать угол спирали фрезы до $\omega = 45-50^\circ$. Это ведет к неоправданному возрастанию переднего угла γ' на торцевом лезвии фрезы, т.к. в этом случае $\gamma' = \omega$. Угол заострения $\beta' = 90 - (\gamma' + \alpha)$ резко уменьшается, что ведет к заметному снижению прочности зуба и стойкости фрезы. Поэтому вблизи торца рекомендуется затачивать вторую спираль с меньшим углом подъема $\omega' = 20^\circ$ на длине 2-3 мм.

5 УСТАНОВКА ФРЕЗЫ И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК НА СТАНКЕ

Цилиндрические фрезы устанавливают на оправках, которые затем вставляют в коническое отверстие шпинделя и затягивают шомполом 7 (рис. 10), проходящим внутри полого шпинделя. Так создается момент трения, противодействующий моменту резания.

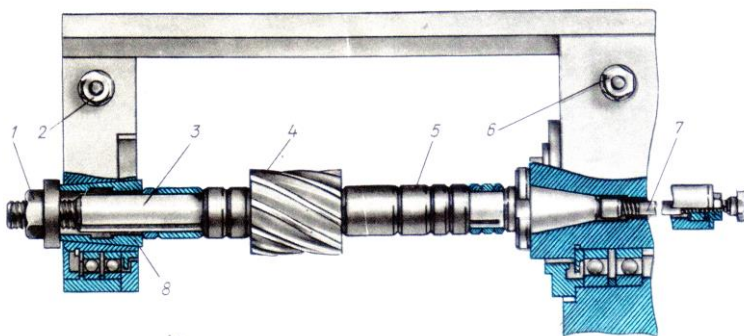


Рис. 10. Схема установки цилиндрической фрезы на горизонтально-фрезерном станке: 1, 2, 6 – гайки; 3 – оправка; 4 – фреза; 5 – кольца; 7 – шомпол

Надежность закрепления обеспечивается установкой дополнительных торцевых шпонок. Другой конец оправки может быть консольным или иметь вторую опору в серьге, устанавливаемой на хоботе (балке) станка. На оправку 3 устанавливают кольца 5, фрезу 4, конусную втулку 8 под серьгу и все затягивается гайкой 1. Серьга и хобот стопорятся гайками 2 и 6.

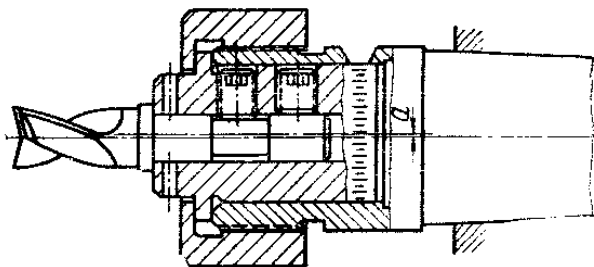
На станке 6Т82Г-1 имеется специальное устройство для электромеханического зажима инструмента.

После закрепления оправки с фрезой в шпинделе станка проверяют биение зубьев фрезы с помощью магнитной стойки с индикатором. Для этого медленно вращают шпиндель, предварительно отсоединив его от коробки скоростей, снимая показания индикатора. Ножка индикатора должна быть направлена по радиусу фрезы, и упираться в заднюю поверхность зуба с небольшим натягом. Биение зубьев фрезы не должно превышать 0,05 мм.

Концевые фрезы выпускают с коническим и цилиндрическим хвостовиком. Фрезы с коническим хвостовиком устанавливают в шпиндель станка, используя переходные втулки. Для *закрепления концевых фрез* с цилиндрическим хвостовиком используется патрон, который изготавливается с высокой точностью.

С целью сокращения времени для *закрепления концевых фрез* при частой замене их применяют быстродействующие патроны или концевые фрезы с резьбовым хвостовиком. Эти фрезы своим хвостовиком ввертывают в резьбовую втулку, закрепленную в шпинделе.

В последнее время появились патроны для закрепления концевых фрез, позволяющие устанавливать фрезу с регулируемым эксцентриситетом (рис. 11).



*Рис. 11. Закрепление концевой фрезы в эксцентриковом патроне;
a – эксцентриситет*

Для закрепления заготовок на фрезерных станках применяют машинные тиски, угловые плиты, прихваты и пр.

6 ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ

Производительность обработки является важнейшим показателем совершенства технологического процесса. Существенное влияние на повышение производительности оказывает сокращение машинного времени, затрачиваемого на обработку поверхности детали.

Число зубьев фрезы z зависит от диаметра фрезы, глубины резания и подачи, т.к. должно обеспечить необходимые размеры стружечных каналов фрез, форму и размеры зубьев.

Частота вращения фрезы n зависит от инструментального материала, т.к. допустимые температуры резания для твердых сплавов ($\theta = 850^\circ\text{C}$) выше допускаемых быстрорежущими фрезами ($\theta = 620^\circ\text{C}$). Поэтому твердосплавные фрезы позволяют применить скорости резания в два раза большие по сравнению с быстрорежущими фрезами и, соответственно, увеличить производительность обработки.

Качество обработанной поверхности при фрезеровании обычно оценивается по ее шероховатости. Среди режимных параметров наибольшее влияние на высоту остающихся гребешков оказывает подача на зуб S_z . Высота неровностей на обработанной поверхности при фрезеровании зависит также от вида фрезерования, физико-механических свойств обрабатываемого и инструментального материалов, геометрии зубьев фрезы, их заточки, износа, виброустойчивости системы станок – заготовка – инструмент, применения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и др. В ходе выполнения лабораторной работы проводится фрезерование заготовки на различных подачах, измерение параметра R_a шероховатости на профилометре и построение графиков зависимости R_a от S_z .

7 ПРИМЕР РАСЧЕТА РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Задание (варианты заданий представлены в приложении, таблица П1). Рассчитать режим фрезерования контура детали концевой фрезой. Материал детали – АК8, ширина фрезерования $B = 50$ мм, глубина резания $t = 5$ мм, шероховатость $R_a = 2,5$ мкм, длина обрабатываемой поверхности $l_k = 400$ мм. Шифр типовой схемы фрезерования – П. Состояние материала – без корки. Условия обработки – без СОЖ. Угол спирали зуба фрезы – $\omega = 45^\circ$.

1) Выбираем фрезу с параметрами: $D = 32$ мм, $L = 155$ мм; $l = 53$ мм;
 $Z = 6$; К.М. – №4. (приложение, табл. П4).

2) Материал АК8 – алюминиевый сплав, относиться ко II группе (приложение, таблица П6).

3) Выбираем материал режущей части фрезы – для материалов II группы *быстрорежущая сталь Р6М5* (приложение, табл. П8).

4) Выбираем подачу на зуб – для материала II группы, режущей части из быстрорежущей стали, диаметра фрезы $D = 32$ мм (ближе к 30) и глубины резания $t = 5$ мм – $S_{ZT} = 0,18$ мм/зуб (приложение, табл. П12).

Тогда подача $S_Z = S_{ZT} \cdot K_S$,

где $K_S = K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3} \cdot K_{S4}$

$K_{S1} = 1,0$ – для концевых фрез и типовой схемы фрезерования II (приложение, табл. П10),

$K_{S2} = 1,0$ – для материала инструмента – быстрорежущая сталь (приложение, табл. П11),

$K_{S3} = 0,25$ – для шероховатости поверхности $R_a = 2,5$ мкм ($R_z \approx 4 \cdot R_a$) (приложение, табл. П11),

$K_{S4} = 0,57$ – для обрабатываемой поверхности – фасонный профиль (контур) (приложение, табл. П11).

$$K_S = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,25 \cdot 0,57 = 0,143.$$

$$S_z = 0,143 \cdot 0,18 = 0,025 \text{ мм/зуб.}$$

5) Рассчитываем скорость резания:

$V_T = 99$ м/мин – для обработки алюминиевых сплавов II группы, диаметра фрезы $D = 32$ мм, ширины фрезерования $B = 50$ мм, глубины ре-

зания $t = 5$ мм (ближе к 4,5) и подачи на зуб $S_{ZT} = 0,18$ мм/зуб (пункт 4, приложение, табл. П16).

Тогда скорость

$$V = V_T \cdot K_V,$$

где $K_V = K_{V1} \cdot K_{V2} \cdot K_{V3} \cdot K_{V4} \cdot K_{V5} \cdot K_{V6} \cdot K_{V7}$

$K_{V1} = 1,1$ – для обрабатываемого материала АК8 (приложение, табл. П7),

$K_{V2} = 1,0$ – для материала инструмента Р6М5 (ближе к Р6М5К5) (приложение, табл. П19),

$K_{V3} = 1,0$ – для состояния материала без корки (приложение, табл. П18),

$K_{V4} = 1,0$ – для концевых фрез и типовой схемы фрезерования П (приложение, табл. П19),

$K_{V5} = 0,57$ – для обрабатываемой поверхности – фасонный профиль (контур) (приложение, табл. П19),

$K_{V6} = 1,0$ – для условий обработки – без СОЖ (приложение, табл. П19),

$K_{V7} = 0,8$ – для ширины фрезерования $B = 50$ мм материалов II группы (приложение, табл. П19).

$$K_V = 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,57 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,449$$

$$V = 99 \cdot 0,449 = 44,45 \text{ м/мин.}$$

б) Находим частоту вращения шпинделя:

$$n \leq \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 44,45}{\pi \cdot 32} = 442,38 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем ближайшее меньшее паспортное значение « n » по данным станка 6Т82Г-1 (приложение, табл. П2) – $n_{cm} = 400 \text{ мин}^{-1}$.

7) Рассчитываем минутную подачу:

$$S_M = S_Z \cdot Z \cdot n_{cm} = 0,025 \cdot 6 \cdot 400 = 60 \text{ мм/мин.}$$

Принимаем ближайшее меньшее по паспорту 6Т82Г-1 (приложение, табл. П3) – $S_{Mcm} = 50 \text{ мм/мин.}$

8) Действительные значения параметров режима фрезерования:

$B = 50 \text{ мм}$; $t = 5 \text{ мм}$; $n_\partial = 400 \text{ мин}^{-1}$; $S_{M\partial} = 50 \text{ мм/мин}$; $S_{z\partial} = 0,02 \text{ мм/зуб}$ ($S_{z\partial} = S_{M\partial}/Z \cdot n_\partial$); $V_\partial = 40,2 \text{ м/мин}$ ($V_\partial = \pi \cdot D \cdot n_\partial / 1000$).

9) Угол контакта

$$\psi = 2 \arcsin \left(\frac{t}{D} \right)^{0,5} = 2 \arcsin \left(\frac{5}{32} \right)^{0,5} = 46,6^\circ.$$

10) Центральный угол между зубьями фрезы:

$$\eta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{6} = 60^\circ.$$

11) Осевой шаг между зубьями фрезы:

$$P_s = \frac{\pi \cdot D}{z \cdot \operatorname{tg} \omega} = \frac{\pi \cdot 32}{6 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ} = 16,75 \text{ мм.}$$

12) Число одновременно работающих зубьев:

$$Z_0 = \frac{\psi}{\eta} + \frac{B}{P_s} = \frac{46,6^\circ}{60^\circ} + \frac{50}{16,75} = 3,76.$$

13) Машинное время обработки:

$$T_M = \frac{I_K}{S_{Mo}} = \frac{400}{50} = 8 \text{ мин.}$$

14) Мощность резания:

$$N_e = E \cdot \frac{V_\delta \cdot B \cdot Z}{1000} \cdot K_1 = 0,11 \cdot \frac{40,2 \cdot 50 \cdot 6}{1000} \cdot 0,5 = 0,66 \text{ кВт,}$$

где $E = 0,11$ – для $S_{зд} = 0,02$ мм/зуб, концевой фрезы и отношения

$D/t = 32/5 = 6,4$ (приложение, табл. П22),

$K_1 = 0,5$ – для материалов группы II (приложение, табл. П24).

Так как $N_{эл.} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт} \geq N_e$, следовательно, станок может выполнить рассчитываемый режим резания.

15) Среднее значение суммарной тангенциальной силы резания:

$$P_H = 1,1 \cdot P_Z = \frac{60000 \cdot N_e}{V_\delta} = 1,1 \cdot \frac{60000 \cdot 0,66}{40,2} = 1083,6 \text{ Н.}$$

Так как $P_H = 1,08 \text{ кН} < Q_{cm} = 15 \text{ кН}$ (для станка 6Т82Г-1), следовательно, станок может выполнить рассчитываемый режим резания.

16) Коэффициент использования инструмента:

$$K_u = \frac{S_{z0} \cdot n_\delta}{S_z \cdot n} = \frac{0,02 \cdot 400}{0,025 \cdot 442,38} = 0,72 \approx 72\%.$$

17) Коэффициент использования станка:

$$K_c = \frac{N_e}{N_{cm}} = \frac{0,66}{6} = 0,11 \approx 11\%.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные виды фрез и их параметры.
2. Назовите формы профилей зубьев фрез.
3. Укажите типовые поверхности деталей, обрабатываемые фрезерованием.
4. В чем заключается различие двух методов фрезерования?
5. Как обозначают фрезерные станки?
6. Назовите основные узлы станка 6Т82Г-1.
7. Назовите параметры режима фрезерования и формулы для их расчета.
8. Приведите схемы установки и закрепления фрез на станке.
9. Перечислите способы закрепления заготовок.
10. Как проверяют биение зубьев фрезы?
11. Как производят выверку установки заготовки?
12. Перечислите углы заточки концевых фрез.
13. Как производится измерение переднего и заднего углов концевой фрезы?
14. Как определить частоту вращения шпинделя?
15. Что такое угол контакта?
16. Как определить число одновременно работающих зубьев?
17. Как определить мощность резания при фрезеровании?
18. Как определить толщину среза?
19. Что такое затылование фрез?
20. Какие факторы влияют на величину подачи на зуб?
21. Какие факторы влияют на шероховатость обработанной поверхности?
22. Как определяют машинное время обработки?
23. От каких параметров зависит коэффициент равномерности фрезерования?
24. Как уменьшить вибрации концевых фрез?
25. Как увеличивают прочность зуба концевой фрезы на торце?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 *Бурмистров, Е.В.* Лабораторный практикум по процессам механической обработки [Текст] : учеб. пособие / Е.В. Бурмистров [и др.] ; – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2006. – 90 с.
- 2 *Волков, А.Н.* Режимы резания авиационных материалов при фрезеровании [Текст]: учебное пособие / А.Н. Волков. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 1994. – 90с.

Студент _____

Группа _____ Дата _____

Лабораторная работа № ФРЕЗЕРОВАНИЕ ТИПОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы:

- ✓ изучение конструкций и геометрии фрез;
- ✓ ознакомление с конструкцией фрезерного станка;
- ✓ определение параметров режима резания;
- ✓ подготовка и проведение операции фрезерования поверхности детали на станке.

1 Изучение конструкции и геометрии концевых фрез

1.1 Эскиз фрезы

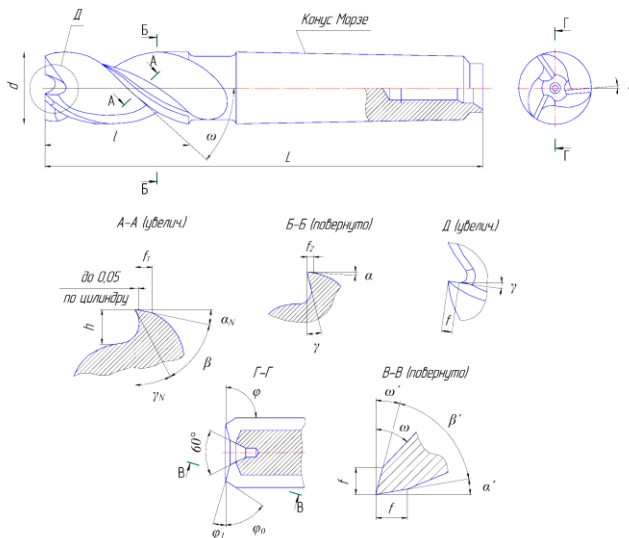


Рис. 1. Конструкция концевой фрезы

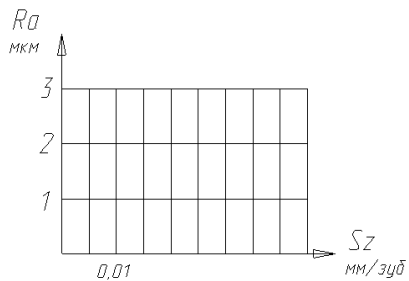
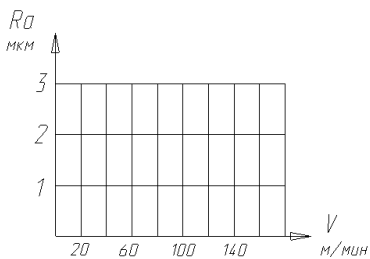
1.2 Конструктивные и геометрические параметры фрезы

№ п/п	Наименование	Обозначение	Формула	Результат	
				измерения	вычисления
1	Диаметр фрезы	d			
2	Длина фрезы	L			
3	Длина режущей части	l			
4	Конус Морзе	-			
5	Диаметр посадочного отверстия	d_l			
6	Длина посадочного отверстия	l_l			
7	Окружной шаг	t_s	$t_s = \pi D / z$		
8	Осевой шаг	t_o	$t_o = t_s \operatorname{ctg} \omega$		
9	Нормальный шаг	t_n	$t_n = t_o \sin \omega$		
10	Высота зуба	h	$h = (0,3 \dots 0,45) \pi D / z$		
11	Ширина задней поверхности	f			
12	Нормальный передний угол	γ_n	$\gamma_n = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \gamma_u \cos \omega)$		
13	Нормальный задний угол	α_n	$\alpha_n = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \alpha_u / \cos \omega)$		
14	Инструментальный главный передний угол	γ_u			
15	Инструментальный главный задний угол	α_u			
16	Угол наклона зубьев	ω			
17	Угол канавки	ν			
18	Число зубьев фрезы	z			
19	Размер под шпонку	t_l			
20	Ширина шпоночного паза	b			

2 Расчет параметров режима резания

3 Результаты измерения шероховатости обработанной поверхности при фрезеровании на разных режимах

№ п/п	Глубина резания t , мм	B , мм	Частота вращения n , об/мин	Подача S_m , мм/мин	Подача S_z , мм/зуб	Шероховатость R_a , мкм	Скорость резания V , м/мин



4 Ответы на контрольные вопросы по лабораторной работе

Преподаватель _____

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1 – Индивидуальные задания к расчету режима резания при фрезеровании концевыми фрезами

<i>№ n/n</i>	<i>Обрабатываемый материал</i>	<i>Тип обрабатываемой поверхности</i>	<i>Ширина фрезерования В, мм</i>	<i>Глубина фрезерования t, мм</i>	<i>Шероховатость поверхности Ra, мкм</i>	<i>Длина обрабатываемой поверхности</i>	<i>Состояние материала</i>	<i>Условия обработки</i>	<i>Угол спирали зуба ω, °</i>
1	МА2	Плоскость	20	3	50	50	с коркой	с СОЖ	20°
2	Д16Т	Уступ	25	4	30	100	без корки	без СОЖ	25°
3	БрАЖ9	Паз	30	5	15	150	с коркой	с СОЖ	30°
4	СЧ25	Колодец	35	6	2,5	200	без корки	без СОЖ	35°
5	Ст. 45	Контур	40	3	50	250	с коркой	с СОЖ	40°
6	40Х	Плоскость	45	4	30	300	без корки	без СОЖ	45°
7	12Х1МФ	Уступ	50	5	15	350	с коркой	с СОЖ	50°
8	07Х16Н6	Паз	20	6	2,5	400	без корки	без СОЖ	20°
9	12Х18Н9	Колодец	25	3	50	50	с коркой	с СОЖ	25°
10	ХН56ВТ	Контур	30	4	30	100	без корки	без СОЖ	30°
11	ЖС6	Плоскость	35	5	15	150	с коркой	с СОЖ	35°
12	ВТ9	Уступ	40	6	2,5	200	без корки	без СОЖ	40°
13	МЛ5	Паз	45	3	50	250	с коркой	с СОЖ	45°
14	АЛ3	Колодец	50	4	30	300	без корки	без СОЖ	50°
15	БрА7	Контур	20	5	15	350	с коркой	с СОЖ	20°
16	КЧ40	Плоскость	25	6	2,5	400	без корки	без СОЖ	25°
17	У10	Уступ	30	3	50	50	с коркой	с СОЖ	30°
18	30ХГСА	Паз	35	4	30	100	без корки	без СОЖ	35°
19	ОТ4	Колодец	40	5	15	150	с коркой	с СОЖ	40°
20	12ХНЗА	Контур	45	6	2,5	200	без корки	без СОЖ	45°

Таблица П2 – Частоты вращения шпинделя станка 6Т82Г-1, мин⁻¹

31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600

Таблица П3 – Продольные подачи стола станка 6Т82Г-1, мм/мин

12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125
160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600

Таблица П4 – Концевые фрезы с коническим хвостовиком (ГОСТ 17026-71)

<i>D</i>	<i>L</i>	<i>l</i>	<i>Z</i>	Конус Морзе	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>l</i>	<i>Z</i>	Конус Морзе
10;11	92	22	4	1	25;28	147	45	5	3
12;14	96;111	26	4	2	32;36	155;178	53	6	4
16;18	117	32	4	2	40;45	188;221	63	6	4
20;22	123;140	38	5	3	50;63	200;248	75;90	8	5

Таблица П5 – Концевые фрезы с коническим хвостовиком, оснащенные прямыми пластинами из твердого сплава

<i>D</i>	<i>L</i>	<i>ℓ</i>	<i>Z</i>	К.М.	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>ℓ</i>	<i>Z</i>	К.М.
16	105	16	4	2	32	150	20	5	4
20	125	20	5	3	40	150	25	6	4
25	125	20	5	3	50	190	32	6	5

Таблица П6 – Классификация сталей и сплавов

<i>Обрабатываемый материал</i>	<i>Номер группы</i>
Магниевые сплавы	I
Алюминиевые сплавы	II
Медные сплавы	III
Чугуны	IV
Углеродистые стали	V
Легированные стали	VI
Теплоустойчивые стали	VII
Коррозионно-стойкие стали	VIII
Жаропрочные деформируемые стали	IX
Коррозионно- и жаростойкие, жаропрочные деформируемые стали	X
Жаропрочные и жаростойкие деформируемые сплавы на никелевой основе	XI
Жаропрочные литейные сплавы на никелевой основе	XII
Титановые сплавы	XIII
Высокопрочные стали	XIV

Таблица П7 – Классификация обрабатываемых материалов

<i>Марка материала</i>	<i>σ_B, МПа</i>	<i>НВ</i>	<i>Kv1</i>
<i>I. Магниевые сплавы</i>			
МЛ5	195-245	-	1,0
МЛ10, МА5	294	-	0,9
МА1	165-196	-	3,0
МА2	215-245	-	2,5
МА8	215-225	-	1,8
<i>II. Алюминиевые сплавы</i>			
Д1АМ	150-240	-	1,0
Д16Т	350	-	1,0
АЛ2	147-157	50	0,6
АМц	98	-	0,8
АМг3	176	-	2,5
АМг6	284-314	-	2,5
АЛ3	137-167	65	0,8
АЛ6	147	45	0,8
АК6	360	-	0,9
АК8	333-451	-	1,1

Продолжение таблицы П7

<i>III. Медь и медные сплавы</i>			
БрАЖ9	500	110-150	1,0
БрАМц9	500	115	1,0
БрАЖН10	640	170-220	0,8
БрОФ10	215-245	90	0,8
БрБ2	735-980	-	0,6
БрОС10	196	65	0,6
БрАЖС8	180	75	1,3
БрА7	180	70	1,3
БрОФ6	180	85	1,7
БрОЦС6	176	60	2,2
<i>IV. Чугуны</i>			
СЧ20	200	180-200	1,0
СЧ24	235	170-241	0,89
СЧ25	245	180-250	0,83
СЧ35	310	240-260	0,71
КЧ37	310	110-160	1,66
КЧ40	310	180-200	0,89
ЧН15Д7	150	120-250	0,89
<i>V. Углеродистые стали</i>			
Ст0, Ст2	295-395	77-107	2,1
Ст3, Ст5, Ст6	492-590	138-169	1,4
Ст20, Ст25, Ст35, Ст45	690-750	100-223	1,0
Ст50, Ст60	850-980	248-288	0,68
А12, А15, А20, А50	395-492	107-138	2,2
У7, У8, У9, У10, У12, У13	590-690	169-200	0,8
<i>VI. Легированные стали</i>			
15Х	395-492	116-146	1,61
38ХА	590-690	174-203	0,85
40Х	787-886	230-262	0,53
20Г, 40Г, 60Г	395-492	160-200	1,4
20ХГ, 40ХГ	490-590	146-174	0,91
30ХГСА	882-980	260-288	0,41
12ХН3А	395-492	116-146	1,67
12Х2Н4А	590-690	174-203	0,95
20Х2Н4А	787-886	230-260	0,58
38ХМЮА	1080-1176	317-345	0,34

Окончание таблицы П7

<i>VII. Теплоустойчивые стали</i>			
12X1MФ, 15X6CЮ	650	180	1,8
20X3MBФ	880-1300	262-363	1,4
25X2H4MA	900-1000	262-363	1,4
34XH3MФ	600-800	174-235	1,2
<i>VIII. Коррозионно-стойкие стали</i>			
07X16H6	1000	285	1,0
09X15H8Ю	700-1000	212-311	0,9
X17H5M3	700-1000	212-311	0,7
40X13	750-1100	225-311	1,0
95X18	1100-1400	311-388	0,6
<i>IX. Жаропрочные деформируемые стали</i>			
10X12HBMФА	882	262	1,1
15X12BHMФ	750	223	0,9
<i>X. Коррозионно- и жаростойкие, жаропрочные деформируемые стали</i>			
12X18H9	540-610	145-175	1,0
12X18H10T	540-610	143-175	1,0
<i>XI. Жаропрочные и жаростойкие деформируемые сплавы на никелевой основе</i>			
XH35BTЮ	882-931	262-269	0,35
XH56BT	833-882	248-262	0,35
XH56BMTЮ	900-1000	262-285	0,2
<i>XII. Жаропрочные литейные сплавы на никелевой основе</i>			
ВНЛ	1000-1170	285-341	0,4
ВХ9Л	780	229	0,24
ВЖЛ	735	217	0,12
ЖС6, ЖС6У	882-931	262-269	0,1
<i>XIII. Сплавы на титановой основе</i>			
BT1	450-700	126-212	1,2
OT4, BT4, BT5	588-1029	167-302	0,8
BT6, BT20	833-1150	248-331	0,6
BT3, BT8, BT9, BT18	950-1200	269-341	0,4
<i>XIV. Высокочерные стали</i>			
28X3CHMBФА	1600	450	0,44
38X3CHMBФА	1700	460	0,36
43X3CHMBФА	2100	-	0,24

Таблица П8 – Назначение быстрорежущей стали

Номер группы обрабатываемого материала	Марка стали
I-III	P6M5, 10P6M5
IV-XI	P6M5, 10P6M5, P6M3, P9
VII-VIII	P6M5K5, P9Ф2К10, P12
IX-XII	P9K5, P9M4K8, P12Ф2К8М3, P18Ф2К8М
XIII	P9M4K8, P6M5K5, P9K5, P12Ф4K5
XIV	-

Таблица П9 – Назначение твердого сплава

Номер группы обрабатываемого материала	Марка при фрезеровании	
	Черновом	Чистовом
I-III	BK6M, BK8	BK3M, BK4
IV	BK6, BK8, BK10	BK4, BK6M
V-VI	T15K6, T17K12	T14K8, T30K4
VII	T15K6, T5K10	T14K8, T15K6
VIII-XIII	BK6M, BK8, BK10, BK10M	BK8, BK8B, BK6M, BK10
XIV	T15K6, BK6M, BK8, T10K8B	T15K6, T30K4, BK3M, BK6M

Таблица П10 – Поправочный коэффициент на подачу K_{S1}

Фрезы	Шифр типовой схемы					
	I	II	III	IV	V	VI
Концевые	1,2	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4

Таблица П11 – Поправочные коэффициенты на подачу K_{S2} , K_{S3} , K_{S4}

Материал инструмента	Быстрорежущая сталь		Твердый сплав	
K_{S2}	1,0		0,85	
Параметр шероховатости Rz, мкм	320-160	160-80	80-40	10-6,3
K_{S3}	1,3	1,0	0,5	0,25
Вид обрабатываемой поверхности	Плоскость, уступ	Паз, колодец	Фасонный профиль	
K_{S4}	1,0	0,66	0,57	

Таблица П12 – Поддачи на зуб S_{ZT} при фрезеровании концевыми фрезами из быстрорежущих сталей

Группы материалов	Диаметр фрезы	Глубина резания t , мм			
		5	10	15	20
I-IV	16	0,1	0,08	-	-
	20	0,12	0,1	-	-
	25	0,15	0,12	-	-
	30	0,18	0,15	0,12	0,1
XIII	16	0,05	0,04	0,03	-
	20	0,07	0,06	0,05	0,04
	25	0,08	0,07	0,06	0,05
	30	0,11	0,08	0,07	0,06

Таблица П13 – Поддачи на зуб S_{ZT} при фрезеровании материалов II, III групп концевыми твердосплавными фрезами

D , мм	z	t , мм	B , мм			
			5	10	18	30
16	3	4	0,17	0,14	0,1	0,07
		8	0,13	0,08	0,06	0,05
25	3	6	0,23	0,18	0,14	0,12
		10	0,18	0,13	0,1	0,09
32	4	8	0,25	0,18	0,14	0,12
		14	0,18	0,14	0,12	0,09

Таблица П14 – Поддачи S_{ZT} при фрезеровании сплавов IV группы концевыми фрезами с пластинами из твердых сплавов

$txB, \text{мм}^2$	Диаметр фрезы $D, \text{мм}$			
	16	20	25	32
10	0,15	0,19	0,24	-
20	0,12	0,15	0,19	0,2
40	0,08	0,12	0,15	0,15
65	0,06	0,08	0,11	0,12
80	0,05	0,07	0,1	0,11
100	0,04	0,06	0,08	0,1

Таблица П15 – Поддачи S_{ZT} при фрезеровании сплавов XIII группы концевыми фрезами с пластинами из твердых сплавов

$D, \text{мм}$	z	S_z при $t, \text{мм}$			
		3	5	8	12
<i>Сплавы с $\sigma_B < 1200 \text{ МПа}$</i>					
25	4	0,08-0,1	-	-	-
30		0,08-0,1	0,06-0,08	-	-
40	6	0,1-0,12	0,08-0,1	0,06-0,08	-
50		0,1-0,12	0,08-0,1	0,06-0,08	0,04-0,06
<i>Сплавы с $\sigma_B > 1200 \text{ МПа}$</i>					
25	4	0,06-0,08	-	-	-
30	-	0,06-0,08	0,04-0,06	-	-
40	-	0,08-0,1	0,06-0,08	0,04-0,06	-
50	-	0,08-0,1	0,06-0,08	0,04-0,06	0,03-0,04

Таблица ПП6– Скорость резания V_T при фрезеровании магниевых и алюминиевых сплавов I, II групп концевыми быстрорежущими фрезами

Диаметр фрезы D , мм	Ширина фрезерования B , мм	Глубина резания t , мм	Подача на зуб S_z , мм/зуб			
			0,08	0,18	0,29	0,4
12	12-40	1,5	92	59	47	-
		5,0	81	52	41	-
20	12-40	1,5	125	81	64	-
		4,5	106	68	54	-
25	15-50	1,5	147	94	75	55
		4,5	132	85	68	53
32	15-50	1,5	170	110	87	68
		4,5	154	99	79	62

Таблица ПП7– Скорость резания V_T при фрезеровании медных сплавов и чугунов III, IV групп концевыми быстрорежущими фрезами

Диаметр фрезы D , мм	Ширина фрезерования B , мм	Глубина резания t , мм	Подача на зуб S_z , мм/зуб			
			0,05	0,1	0,18	0,3
<i>III группа</i>						
16	12-40	3,5	79	70	-	-
25	15-50	3,5	93	82	73	-
		6	82	73	65	-
32	15-50	3,5	89	79	70	62
		6	79	70	62	55
<i>IV группа</i>						
16	20-30	3,5	48	43	-	-
25	20-30	3,5	63	56	49	45
		6	51	46	41	35
32	20-30	3,5	60	56	50	45
		6	52	46	41	36

Таблица П18– Скорость резания V_T при фрезеровании сталей V, VI групп концевыми быстрорежущими фрезами

Диаметр фрезы D , мм	Ширина фрезерования B , мм	Глубина резания t , мм	Подача на зуб S_z , мм/зуб			
			0,05	0,1	0,15	0,2
<i>III группа</i>						
16	12-40	3,5	69	55	-	-
25	15-50	3,5	80	64	50	44
		6	66	52	41	36
32	15-50	3,5	78	62	48	43
		6	64	51	40	35
40	18-60	3,5	84	66	52	46
		6	70	55	43	38

Таблица П19 – Поправочные коэффициенты на скорость резания при фрезеровании концевыми фрезами

Материал инструмента	P9K5	P6M5K5	P9M4K8	P9M4K8Ф
K_{V2}	1,0		1,1	1,15
Состояние поверхности	С коркой		Без корки	
K_{V3}	0,8		1,0	
Обрабатываемый элемент	Плоскость, уступ		Паз, колодец, фасонный профиль	
K_{V5}	1,0		0,57	

Продолжение таблицы П19

Условия обработки	С СОЖ	Без СОЖ		
K_{V6}	1,2	1,0		
Ширина фрезерования при обработке материалов I-IV групп	20	20-30	30-45	45
K_{V7}	1,12	1,0	0,89	0,8
Ширина фрезерования при обработке V, VI групп	10	10-30		30
K_{V7}	1,13	1,0		0,89

Таблица П20 – Скорость резания V_T при фрезеровании материалов XII группы концевыми быстрорежущими фрезами

$D, \text{мм}$	$B, \text{мм}$	$t, \text{мм}$	$S_z, \text{мм/зуб}$	$V, \text{м/мин}$
18-40	5-20	1-40	0,02-0,06	40-80

Таблица П21 – Скорость резания V_T при фрезеровании материалов IV-X групп концевыми твердосплавными фрезами

$D, \text{мм}$	z	$B, \text{мм}$	$t, \text{мм}$	$S_z, \text{мм/зуб}$			
				0,04	0,08	0,15	
<i>VI группа</i>							
25	3	20	5	115	100	87	
			10	82	72	65	
32	4		6	115	100	87	
			13	80	70	62	
40		30	7	112	97	87	
			15	80	70	62	
<i>V, VI группы</i>							
25	3		20	5	112	95	84
		20		81	70	62	
32	4	6		112	98	87	
		28		81	70	62	
40		30	7	118	101	90	
			36	81	70	62	
<i>VII-X группы</i>							
25	3		20	5	56	48	42
		20		41	35	31	
32	4	6		56	49	43	
		28		41	35	31	
40		30	7	59	50	45	
			36	41	35	31	

Таблица П22 – Поправочный коэффициент K_{v4} на скорость резания

Фрезы	Шифр типовой схемы фрезерования					
	I	II	III	IV	V	VI
Концевые	1,1	1,0	0,9	0,75	0,5	0,35

Таблица П23 – Исходные данные для расчета мощности резания при фрезеровании материалов II, IV-VI групп

S_z , мм/зуб	Значения E для концевых фрез			
	D/t			
	20	8	3	1,5
0,02	0,05	0,11	0,3	0,5
0,04	0,08	0,11	0,3	0,5
0,06	0,11	0,25	0,6	1,0
0,1	0,16	0,35	0,8	1,5
0,16	0,23	0,5	1,1	2,0
0,20	0,26	0,6	1,3	2,4
0,30	0,35	0,8	1,7	3,2

Таблица П24 – Значения коэффициента K_1

Материал инструмента	Группы материалов					
	V, VI HB				IV HB	
	До 156	170-229	269-302	321-375	163-229	235-295
Быстрорежущая сталь	0,7	1,0	1,3	1,6	1,0	1,2
Твердый сплав	1,15	1,3	1,45	1,55	1,25	1,4

Для материалов II группы $K_1 = 0,4-0,5$.

Учебное издание

**ФРЕЗЕРОВАНИЕ
ТИПОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ**

Методические указания

Составитель

Соловацкая Людмила Владимировна

Редактор И.И. Спиридонова

Доверстка И.И. Спиридонова

Подписано в печать 17.10.2017. Формат 60 × 84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 2,75.

Тираж 25 экз. Заказ . Арт. 54/2017.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С.П. КОРОЛЕВА (САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Издательство Самарского университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.