Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Оборудование и технологии обработки материалов»

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ФРЕЗ

Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по курсу «Режущий инструмент» для студентов направления

15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2025

Цепь работы: изучить конструкционные элементы и геометрические параметры фрез, а также способы их измерения.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ Схемы резания при фрезеровании

Фреза - многозубый вращающийся инструмент, режущие зубья которого последовательно один за другим входят в зону резания. Подача осуществляется относительным движением обрабатываемой детали и фрезы.

Фрезы в основном применяются для обработки плоских и фасонных поверхностей. По назначению фрезы разделяются на фрезы для обработки плоскостей, уступов, фасонных поверхностей, пазов, нарезания резьбы, зубьев и отрезки.

Обработка фрезерованием является одним из наиболее высокопроизводительных, универсальных и широко применяемых методов.

В зависимости от расположения у фрезы режущих зубьев, схемы фрезерования плоских поверхностей разделяют на цилиндрическое и торцевое фрезерование.

Цилиндрическое фрезерование осуществляется зубьями на образующей поверхности фрезы, при этом в процессе резания участвует одновременно небольшое число зубьев. По направлению вращения V фрезы и подачи S заготовки различают встречное и попутное фрезерование. При встречном фрезеровании толщина срезаемого слоя и нагрузка на зуб возрастают равномерно, что благоприятно сказывается на стойкости фрезы. Однако сила резания стремится оторвать заготовку от рабочего стола, что вызывает вибрацию и увеличивает шероховатость обработанной поверхности. При этом встречное фрезерование рекомендуется для черновой обработки.

Во время попутного фрезерования зуб фрезы сразу начинает срезать слой материала наибольшей толщины, что отрицательно влияет на стойкость фрезы. Сила резания прижимает заготовку к рабочему столу и уменьшает вибрации, поэтому попутное фрезерование применяется для чистовой обработки.

Торцевое фрезерование производится зубьями на торцевой поверхности фрезы. При этом в резании одновременно участвует большое число зубьев, что

повышает производительность обработки и качество обработанной поверхности.

Конструкция и **классификация** фрез

Обозначение фрез по ОКП:

1800-фрезы:

1810 - фрезы из инструментальных сталей зуборезные и резьбовые;

1811 - из инструментальных сталей зуборезные дисковые;

1812 - из быстрорежущей стали зуборезные пальцевые;

1813 - из быстрорежущей стали червячные мелкомодульные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем;

1814 - из быстрорежущей стали червячные модульные для цилиндрических колес с эвольвентным профилем;

1815 - из быстрорежущей стали червячные под шевер, питчевые и другие специальные;

1816 - из быстрорежущей стали червячные для шпаевых валов;

1817 - из быстрорежущей стали червячные для нарезания зубьев звездочек и колес с зацеплением Новикова, червячных и конических;

1818 - из быстрорежущей стали резьбовые;

1819 - из быстрорежущей стали резьбовые специальные.

1820 - фрезы из быстрорежущей стали концевые обдирочные, копирные, шпоночные для Т-образных и сегментных пазов:

1821 - концевые с цилиндрическим хвостовиком;

1822 - концевые с коническим хвостовиком;

1823 - концевые с резьбовым хвостовиком;

1824 - обдирочные с коническим хвостовиком;

1825 - копирные с коническим хвостовиком;

1826 - шпоночные с цилиндрическим хвостовиком;

1827 - шпоночные с коническим хвостовиком;

1828 - для Т-образных и сегментных пазов.

1830 - фрезы из быстрорежущей стали торцевые, цилиндрические, дисковые отрезные и прорезные:

1831 - торцевые;

1832 - цилиндрические;

1833 - дисковые трехсторонние;

1834 - дисковые пазовые;

1835 - дисковые двусторонние;

1836 - отрезные;

1837 - прорезные.

1840 - фрезы из быстрорежущей стали полукруглые и вогнутые угловые фасонные разных профилей и др.:

1841 - полукруглые выпуклые и вогнутые;

1842 - угловые;

1843 - фасонные разных профилей.

1850 - фрезы твердосплавные (кроме специальных и для станков с ЧПУ):

1851 - зуборезные цельные;

1852 - концевые цельные;

1853 - концевые и цилиндрические с припаянными пластинками и коронками;

1854 - торцевые с припаянными пластинками;

1855 - торцевые сборные с механическим креплением многогранных и круглых пластин;

1856 - шпоночные, дисковые, прорезные и другие цельные фрезы;

1857 - шпоночные с припаянными пластинками;

1858 - дисковые трехсторонние, двусторонние, пазовые с припаянными пластинками.

1860 - ножи запасные к фрезам:

1861 - трехсторонним и торцевым из быстрорежущей стали;

1862 - трехсторонним с пластинками из твердого сплава;

1863 - торцовым с пластинками из твердого сплава.

1870 - пластинки твердосплавные с механическим закреплением:

1871 - правильной трехгранной формы;

1872 - неправильной трехгранной формы;

1873 - квадратной формы;

1874 - параллелограммной формы;

1875 - ромбической формы;

1876 - пятигранной формы;

1877 - шестигранной формы;

1878 - прямоугольной формы;

1879 - круглой формы.

1880 - фрезы специальные:

1881 - из быстрорежущей стали;

1882 - твердосплавные.

1890 - фрезы для станков с ЧПУ и автоматических линий:

1891 - концевые из быстрорежущей стали;

1892 - торцевые твердосплавные с припаянными пластинками;

1893 - для Т-образных пазов твердосплавные с припаянными пластинками;

1894 - концевые твердосплавные с припаянными пластинками;

1895 - торцевые твердосплавные сборные с механическим креплением многогранных и круглых пластин.

По способу изготовления фрезы разделятся на цельные, составные и сборные.

Цельные фрезы изготавливают из инструментальных низколегированных сталей ХГ, ХВГ, ХВ5, 9ХС с невысокой теплостойкостью и применяют в ремонтном и мелкосерийном производстве деталей при скорости резания до 25 м/мин.

Составные фрезы имеют рабочую часть, изготовленную из инструментальной быстрорежущей стали Р12, Р6М3, Р6М5, Р9К5, а хвостовик -из конструкционной углеродистой либо легированной стали. Рабочая часть и хвостовик соединяются с помощью сварки, что позволяет снизить стоимость фрез и

за счет повышенной теплостойкости материала рабочей части использовать их в крупносерийном производстве при скоростях резания до 100 м/мин.

Сборные фрезы снабжаются режущими зубьями (ножами) из быстрорежущей стали, а также зубьями из конструкционной легированной либо инструментальной углеродистой стали с режущими пластинками из инструментального твердого сплава. Режущие ножи удерживаются в гнездах корпуса фрезы за счет механического крепления. Твердосплавные режущие пластины спекаются из смеси кобальта и карбида вольфрама (ВК6, ВК8, ВК10М) с карбидом титана (Т5К10, Т14К8, Т60К6) и карбидом тантала (ТТ7К12, ТТ20К9). Высокая теплостойкость указанных материалов обеспечила наиболее широкое применение сборных твердосплавных фрез в массовом производстве при скорости резания до 800 м/мин. Для чистовой обработки используются пластинки, изготовленные из смеси порошков на основе корунда $A1_2O_3$ - минералокерамики марок ВО-13, ВО-14, ВОК-60, ВОК-63, позволяющей в несколько раз повысить производительность и стойкость фрезы.

Материал корпусов и хвостовиков - сталь 45,40Х, 50Х,40ХНМА, 50ХФА.

Материал державок сборных фрез - сталь 45, 40Х, У8,9ХС, 40ХГНМ.

Основные элементы фрез имеют следующую твердость: рабочая часть цельных и ножи сборных быстрорежущих фрез - 62...65 HRC или 63...67 HRC - для фрез из быстрорежущих сталей с повышенным содержанием кобальта (более 5%) или ванадия (более 3%); державки сборных фрез - 45...62 HRC; корпуса сборных фрез при объемной закалке всего корпуса - 35...50 HRC, в случае применения поверхностной закалки с помощью ТВЧ или лазерного нагрева участков корпусов, контактирующих с режущими элементами, державками или ножами - 50...55 HRC, корпус - 28...32 HRC.

По способу крепления к шпинделю станка различают насадные и хвостовые фрезы.

Насадные фрезы имеют центральное отверстие со шпоночной канавкой или торцевым пазом, что позволяет установить их на оправку, закрепляемую затем в шпинделе станка.

Хвостовые фрезы снабжены конусным хвостовиком, которым фреза устанавливается и закрепляется в конусном отверстии переходной втулки или шпинделя станка.

По положению режущей кромки зубьев относительно оси фрезы выделяют фрезы с прямыми, винтовыми и разнонаправлейными зубьями.

Прямозубые фрезы просты в изготовлении, но резание происходит неравномерно, что снижает стойкость фрезы и качество обработанной поверхности.

Фрезы с режущими кромками, направленными под углом к оси фрезы, врезаются в материал и выходят из процесса резания постепенно по всей ширине, что стабилизирует резание, повышает стойкость фрезы и качество обработки. При установке фрезы направление винтовой линии ее зубьев и направление вращения шпинделя должны быть равноименными, чтобы осевая составляющая силы резания была направлена в сторону шпинделя.

Разнонаправленные зубья при работе фрезы создают силы резания, которые уравновешивают друг друга.

По форме задней поверхности зубьев различают фрезы с остроконечными и затылованными зубьями.

По количеству зубьев и величине их шага фрезы делят на крупнозубые и мелкозубые.

Крупнозубые фрезы имеют высокую прочность и стойкость, но создают неравномерный режим фрезерования, что позволяет применять их для чернового фрезерования. Мелкозубые фрезы обеспечивают равномерную работу и высокое качество поверхности при чистовом фрезеровании.

Резьбовые фрезы могут быть дисковыми либо гребенчатыми с формой зубьев, соответствующей профилю нарезаемой резьбы. Дисковые фрезы с остроконечными зубьями используются для нарезания длинных резьб трапецеидального профиля, например, ходового винта станков. Гребенчатые фрезы имеют затылованные зубья и служат для нарезания наружной или внутренней треугольной резьбы небольшой длины. Они изготавливаются хвостовыми цельной

или составной конструкции либо цельными насадными.

Зуборезные модульные фрезы делятся на дисковые, пальцевые и червячные. Они имеют затылованные зубья с профилем, соответствующим профилю нарезаемой зубчатой поверхности. Дисковые модульные фрезы предназначены для нарезания прямозубых колес и зубчатых реек методом копирования. Пальцевые модульные фрезы служат для нарезания цилиндрических и конических прямозубых, косозубых и шевронных колес методом копирования. Они изготавливаются цельными, составными или сборными. Червячные модульные фрезы применяются для нарезания методом обкатки цилиндрических и конических зубчатых колес с прямыми, косыми и спиральными зубьями, они могут быть цельными из быстрорежущей стали, сборными со вставными пластинками или гребенчатыми ножами из быстрорежущей стали либо из твердого сплава.

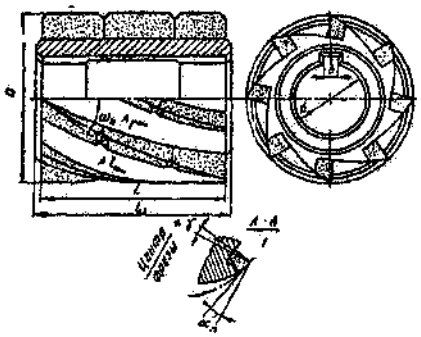

Рис. 1. Цилиндрическая фреза, оснащенная винтовыми пластинками твердого сплава

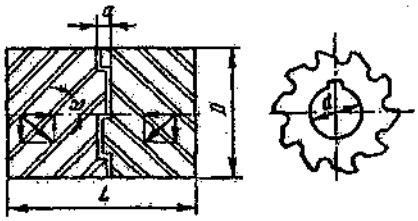

Рис. 2. Составная цилиндрическая фреза

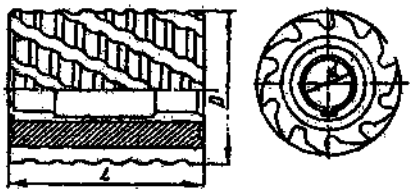

Рис. 3. Кукурузная цилиндрическая фреза

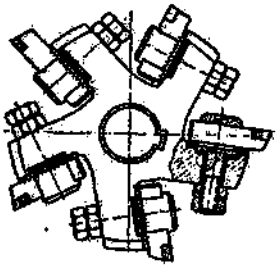

Рис. 4. Сборная цилиндрическая фреза со вставными регулируемыми зубьями

На рис. 1 показана конструкция цилиндрической фрезы с винтовыми пластинками: твердого сплава; на рис. 2 - составная цилиндрическая фреза с разнонаправленными зубьями. На рис. 3 представлена кукурузная цилиндрическая фреза с канавками для дробления стружки; на рис. 4 - сборная цилиндрическая фреза со вставными регулируемыми зубьями, в которой твердосплавные пластины напаяны на промежуточные корпуса.

Геометрия фрез

Геометрические параметры фрезы включают ее габаритные размеры и углы, под которыми расположены поверхности и режущие кромки зуба фрезы.

Габаритные размеры - это диаметр *D* фрезы, на котором расположены наиболее удаленные от оси фрезы точки ее режущих кромок, длина *L* или высота *B* фрезы и ее посадочный диаметр *d*.

Углы зуба фрезы измеряются в секущих плоскостях и плане. Для цилиндрической фрезы главной секущей плоскостью может быть плоскость N, нормальная к режущей кромке зуба либо оси фрезы. Для торцевой фрезы главные секущие плоскости образуют нормальное к режущей кромке сечение или сечение, нормальное к оси фрезы. Вспомогательная секущая плоскость располагается нормально к вспомогательной режущей кромке зуба торцевой фрезы.

В секущих плоскостях измеряют в общем случае передний угол γ, задний угол α и угол заострения β. Передний угол γ измеряют между передней поверхностью зуба (или касательной к ней) и осевой плоскостью, проведенной через режущую кромку. Задний угол α измеряют между задней поверхностью зуба (или касательной к ней) и плоскостью резания. Угол заострения β заключен между передней и задней поверхностями зуба.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение геометрических параметров фрез можно производить с помощью универсального угломера Семенова.

Угломер Семенова работает контактным методом, с установкой между линейками угломера соответствующих поверхностей фрез с беззазорным контактом. Результаты измерений считывают с градусной шкалы и нониуса.

Точность измерения - 30 минут по градусной шкале и 5 минут по нониусу.

Биение режущих кромок и задний угол а измеряются индикатором при вращении фрез, установленных в шпиндельную головку, с контролем угла

поворота шпинделя. Ножка индикатора устанавливается перпендикулярно к задней поверхности с натягом.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1.Перед работой изучается устройство измерительных приборов.

2.Обращение с режущими инструментами и средствами измерения во время работы должно быть бережным и аккуратным.

3.Запрещается без разрешения преподавателя или лаборанта трогать приборы, не относящиеся к данной работе.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Преподаватель выдает студентам методическую документацию. Студенты изучают методические указания, знакомятся с конструкцией фрез по каталогам и экспонатам. После этого они персонально получают фрезы и выполняют работу.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Линейные и диаметральные размеры фрез определяются с точностью до 0,1мм, а угловые - до 1 градуса.

Значение каждого размера определяется как среднее арифметическое значение трех измерений:

$$X = \frac{П_1 + П_2 + П_3}{3},$$

где $П$ - результаты измерений.

Результаты расчетов угловых размеров записываются с точностью до 30 минут.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет о лабораторной работе должен включать:

1) название лабораторной работы;
2) цель работы;
3) эскиз фрезы;

4)численные значения параметров фрез, определенных измерением и расчетным путем;

5)заключение о работоспособности сверл.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1.Основные типы фрез

2.Основные конструктивные элементы фрез.

3.Как измеряются параметры фрез?

4.Как производится обработка результатов измерений?

ЛИТЕРАТУРА

1.Справочник инструментальщика / под ред. Н.А. Ординарцева. М.: Машиностроение, 1987. 846 с.

2.Самойлов В.С. Металлообрабатывающий твердосплавной инструмент: справочник / В.С. Самойлов. М.: Машиностроение, 1988.368 с.

3.Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов / Г.Г. Иноземцев. М.: Машиностроение, 1984. 184 с.

4.Родин П.Р. Металлорежущий инструмент / П.Р. Родий. Киев: Вища школа, 19S6. 455 с.

ВРЕМЯ, ОТВЕДЕННОЕ НА РАБОТУ

Подготовка к: работе	0,5 акад. часа.
Выполнение работы	0,5 акад. час.
Оформление отчета	0,5 акад. час.
Отчет о лабораторной работе	0,5 акад. часа.
Всего	2 акад. часа.