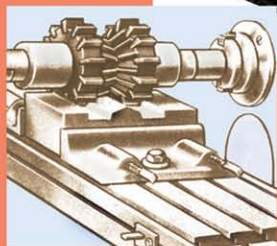
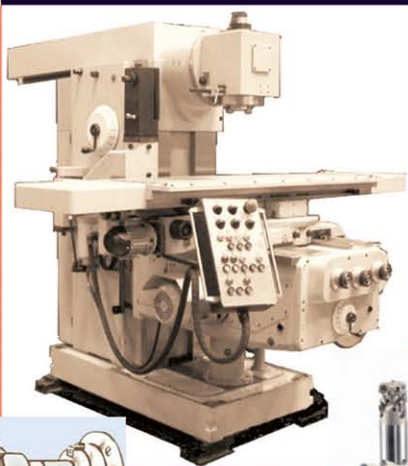


**проф**ТЕХ

В.С. Мычко

# ФРЕЗЕРНОЕ ДЕЛО



В.С. Мычко

---

# ФРЕЗЕРНОЕ ДЕЛО

Допущено  
Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для учащихся учреждений,  
обеспечивающих получение профессионально-технического  
образования, по учебной специальности  
«Механическая обработка металла на станках и линиях»  
(единичная квалификация «Фрезеровщик»)



Минск  
«Вышэйшая школа»  
2009

УДК 621.914(075.32)  
ББК 34.63я722  
М95

Рецензенты: цикловая комиссия общепрофессиональных и специальных предметов филиала «Профессионально-технический колледж» учреждения образования «Республиканский институт профессионального образования» (М.В. Зарецкая); профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Белорусского национального технического университета кандидат технических наук А.И. Кочергин.

Выпуск издания осуществлен по заказу Республиканского института профессионального образования и при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь.

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.*

### **Мычко, В. С.**

М95 Фрезерное дело : учеб. пособие / В. С. Мычко. – Минск : Выш. шк., 2009. – 542 с. : ил.  
ISBN 978-985-06-1799-6.

Приведены сведения о металлорежущих станках фрезерной группы. Подробно рассмотрены технологии обработки металла резанием и применяемый режущий инструмент, приведены справочные сведения, необходимые для назначения режимов резания и припусков на обработку. Соответствует требованиям типовой учебно-программной документации.

Для учащихся профессионально-технических учебных заведений, обучающихся по специальности «Механическая обработка металла на станках и линиях» (единичная квалификация «Фрезеровщик»). Может быть рекомендовано в качестве теоретического руководства фрезеровщикам для повышения квалификации на производстве.

УДК 621.914(075.32)  
ББК 34.63я722

ISBN 978-985-06-1799-6

© Мычко, В.С., 2009

© Издательство «Вышэйшая школа», 2009

## ВВЕДЕНИЕ

Реформирование экономики в современном мире влечет существенные изменения в структуре средств производства: увеличивается удельный вес сложного современного оборудования, повышается степень автоматизации машин и механизмов, улучшаются их технические характеристики, что сочетается с высокой производительностью, присущей специальным станкам, и гибкостью, свойственной универсальному оборудованию. Для перевооружения машиностроения и металлообрабатывающей промышленности необходимо увеличить производство современных станков и другого прогрессивного технологического оборудования. Ключевыми направлениями развития машиностроения являются создание гибких автоматизированных производств, применение систем автоматизированного проектирования, машин и оборудования со встроенными средствами микропроцессорной техники, многоцелевых станков с программным управлением.

Внедрение в промышленность, строительство и сельское хозяйство новой техники требует высокой квалификации рабочих, способных освоить и полностью использовать все виды технического оснащения. Становясь физически более легким, труд постепенно начинает приобретать все более творческий характер, что подразумевает овладение обширными знаниями. Например, чтобы успешно и точно обработать деталь, произвести наладку и подналадку сложного оборудования, нужно хорошо знать его конструкцию; чтобы осмыслить характер протекания каких-либо процессов, необходимо иметь знания в области механики, электротехники, электроники и др.

Фрезерные станки составляют значительную долю (на некоторых предприятиях примерно пятую часть от заводского парка) в объеме металлорежущего оборудования. Разнообразие типов и моделей таких станков позволяет выполнять широкий круг работ. Станки отличаются назначением, конструкцией, кинематикой, размерами, уровнем автоматизации и степенью точности. Достижение и сохранение в течение длительного времени высокой производительности и точности

фрезерных станков являются важной экономической задачей, которую можно решить совершенствованием конструкции станков, правильной эксплуатацией, своевременным и технически грамотным обслуживанием.

Повышение производительности станков достигается увеличением мощности и быстроходности привода главного движения, скоростей быстрых перемещений, расширением диапазона регулирования скоростей и подач, автоматизацией цикла обработки и вспомогательных движений в станках, применением приспособлений, расширяющих технологические возможности. Точность и долговечность станков повышается за счет более точного изготовления деталей и узлов, увеличения жесткости станков, применения устройств для автоматической выборки зазоров в сопрягающихся парах, централизованного смазывания при защите от загрязнения трущихся пар.

При проектировании фрезерных станков применяют унификацию узлов и механизмов, что позволяет на базе основной модели создать серию станков с единым по конструкции и системам управления решением. Значительно увеличивается выпуск станков с программным управлением (ПУ), которые дают возможность повысить производительность труда, автоматизировать мелкосерийное и единичное производство, сократить время производственного цикла, повысить точность изготовления деталей, уменьшить затраты времени на их контроль. Широкое применение в станках с ПУ находят микропроцессоры, позволяющие более гибко управлять станками. Получили дальнейшее развитие многооперационные станки, на которых производят комплексную последовательную обработку деталей различными инструментами с автоматической их сменой в рабочей позиции.

Знание конструктивных особенностей и эксплуатационных возможностей фрезерного станка, своевременное его обслуживание при соответствующей организации рабочего места помогают рабочему добиться высокой производительности и качества обработки при сохранении в течение длительного времени основных технических характеристик станка.

Перед системой профессионально-технического образования стоят задачи по созданию новых учебных пособий и технологий при обучении учащихся рабочим профессиям. Фрезеровщик – одна из самых распространенных рабочих профессий в металлообрабатывающей промышленности. Ка-

чественные теоретические знания и их постоянное совершенствование в процессе производственной деятельности позволяют повысить уровень профессионального мастерства фрезеровщика.

В настоящем учебном пособии приводятся сведения о перспективах развития машиностроения и фрезерных станков, новых требованиях к профессии фрезеровщика.

Содержание учебного пособия рассчитано на теоретическую подготовку фрезеровщиков для универсальных работ. Пособие также поможет молодому рабочему в дальнейшем повышении его квалификации на производстве.

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ

### 1.1. Основные движения при фрезеровании

Для осуществления процесса резания необходимы два движения – главное и движение подачи. При выполнении фрезерных работ заготовке 3 (рис. 1.1) сообщается поступательное движение, а режущему инструменту – фрезе 2 – вращательное с определенной скоростью. Вращение фрезы, за счет которого совершается процесс резания, называется *главным движением*, а поступательное перемещение заготовки, обеспечивающее непрерывность этого процесса, – *движением подачи*.

Фрезерованием обрабатывают различные по форме и размерам детали со сложными поверхностями. Это обуславливает большое конструктивное разнообразие фрезерных станков. Наиболее распространенными в машиностроении являются консольно-фрезерные станки. Их характерной особенностью является наличие *консоли* в виде подвижного кронштейна, предназначенного для сообщения обрабатываемой заготовке движения подачи в вертикальном направлении. В связи с невысокой жесткостью консоли технологические возможности таких станков ограничиваются массой обрабатываемых деталей до 250–300 кг.

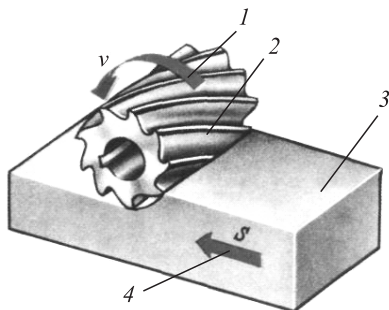


Рис. 1.1. Основные движения при фрезерной обработке:  
1 – главное движение; 2 – фреза; 3 – заготовка; 4 – движение подачи

## Контрольные вопросы

1. Назовите основные движения при фрезерной обработке и их назначение.
2. Какое назначение имеет консоль?

## 1.2. Краткие сведения о консольно-фрезерных станках

Станки фрезерной группы составляют значительную часть станочного парка. Каждая модель станка имеет определенное условное обозначение, состоящее из цифр и букв: первая цифра показывает группу, к которой относится данный станок, вторая – тип станка в данной группе, третья и четвертая – условный номер станка; буквы означают модернизацию станка.

Станок состоит из ряда характерных узлов, которые на рис. 1.2 обозначены буквами.

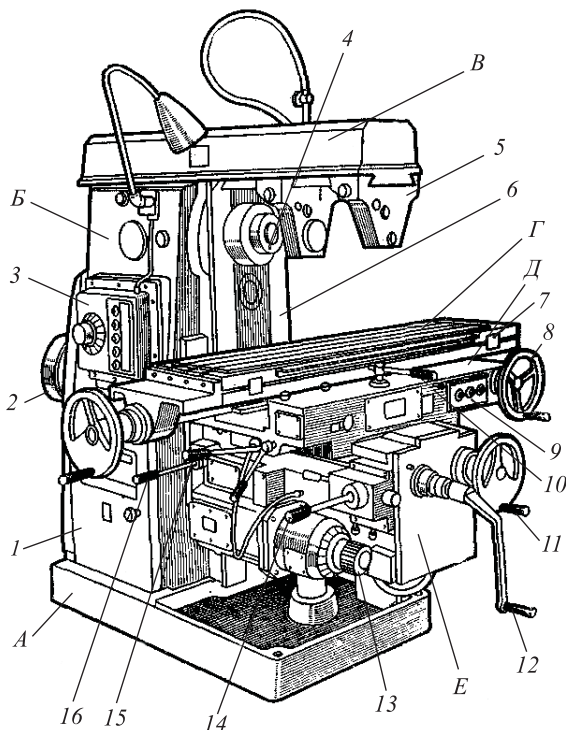


Рис. 1.2. Горизонтальный консольно-фрезерный станок модели 6P82Г: А – основание; Б – станина; В – хобот; Г – стол; Д – салазки; Е – консоль



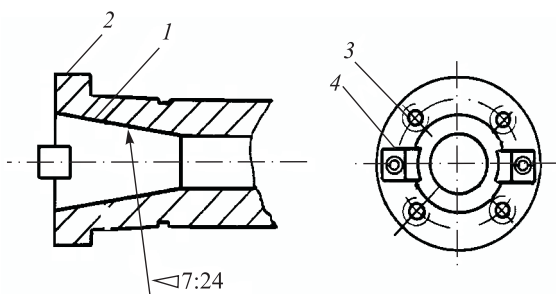


Рис. 1.3. Передняя часть шпинделя фрезерного станка

**Основание А** служит опорой станков, а также используется в качестве резервуара для смазочно-охлаждающих технических средств (СОТС).

**Станина В** является базовым узлом станка, во внутренней полости которого размещены коробка скоростей с пультом переключения 3, шпиндель 4, электродвигатель главного движения 2 и аппаратура электрооборудования (в боковых нишах, закрытых дверцами 1). По вертикальным направляющим б типа «ласточкин хвост» перемещается консоль, в верхнем направляющем пазу такой же формы подвижно установлен хобот.

**Шпиндель** (рис. 1.3) – жесткий пустотелый вал, на переднем конце которого устанавливаются и закрепляются фрезы. Конический участок 1 отверстия, имеющий стандартную конусность  $\angle 7:24$  (разность диаметров конуса – 7 мм на длине 24 мм), предназначен для установки фрез с помощью оправок или переходных втулок. Цилиндр 2 служит для непосредственной установки крупногабаритных фрез с креплением их к торцу шпинделя с помощью четырех винтов, входящих в резьбовые отверстия 3. Торцовые шпонки 4 предназначены для передачи крутящего момента от шпинделя к фрезе.

**Хобот В** в станках с горизонтальным шпинделем предназначен для поддержания свободного конца фрезерной оправки серьгой 5. Его вылет из станка можно регулировать и фиксировать в необходимом положении.

**Консоль Е** – чугунная отливка коробчатой формы, внутри которой размещены электродвигатель привода подачи, коробка подач и механизм ее переключения. Вертикальным пазом типа «ласточкин хвост» она соединяется с направляющими станины; по горизонтальным направляющим перемещаются салазки.

**Салазки Д** являются промежуточным узлом между консолью и столом станка. Нижним пазом салазки установлены на горизонтальных направляющих консоли и перемещаются по ним в поперечном направлении, по верхним направляющим салазок стол перемещается в продольном направлении.

**Стол Г** расположен на салазках и перемещается по ним в продольном направлении. На нем устанавливаются и закрепляются обрабатываемые заготовки (непосредственно или при помощи различных приспособлений). Для этой цели со стороны рабочей плоскости в нем предусмотрены продольные Т-образные пазы. С помощью консоли и салазок стола консольно-фрезерного станка можно сообщить движения подачи в трех взаимно перпендикулярных направлениях: продольном, поперечном и вертикальном.

В зависимости от расположения шпинделя (вала, сообщающего вращение фрезе) и некоторых других конструктивных особенностей консольно-фрезерные станки делятся на горизонтальные, вертикальные, универсальные и широкоуниверсальные. Рассмотренный выше станок является *горизонтальным*.

**Универсальные фрезерные станки** отличаются от горизонтальных тем, что стол у них может поворачиваться в горизонтальной плоскости на угол  $45^\circ$  в обе стороны. Поэтому салазки таких станков состоят из двух частей – верхней и нижней. Верхняя часть снабжена круговой градусной шкалой для отсчета угла поворота и винтовыми зажимами для фиксации углового положения.

**Вертикальные фрезерные станки** выпускаются в двух исполнениях: с неповоротным и поворотным шпинделем. В последнем случае (рис. 1.4) шпиндель *б*, смонтированный с по-

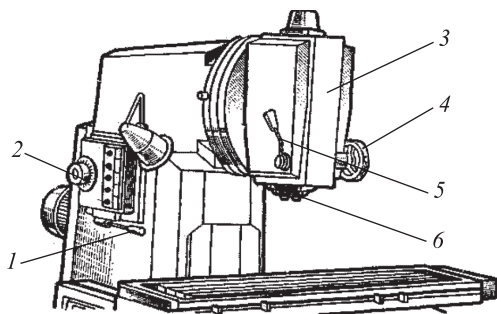


Рис. 1.4. Конструктивные особенности вертикального консольно-фрезерного станка модели 6P12

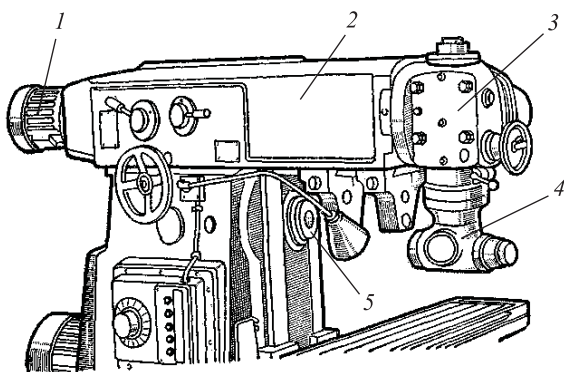


Рис. 1.5. Конструктивные особенности широкоуниверсального консольно-фрезерного станка модели 6P82Ш

мощью выдвигной гильзы в поворотной шпиндельной головке 3, может быть повернут в вертикальной плоскости на угол до  $45^\circ$  в обе стороны. Гильза со шпинделем выдвигается маховичком 4 и зажимается рукояткой 5.

**Широкоуниверсальные фрезерные станки** (рис. 1.5) отличаются наличием двух шпинделей: горизонтального 5 и поворотного 4. Поворотный шпиндель представляет собой поворотную шпиндельную головку 3 на выдвигном хоботе 2, внутри которого встроена самостоятельная коробка скоростей с электродвигателем 1. Конструкция шпиндельной головки позволяет устанавливать шпиндель под разными углами наклона в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, что значительно расширяет технологические возможности станка.

**Управление станками.** Устройство и расположение механизмов управления станком зависят от его конструкции. Тем не менее в схемах управления станками используется много типовых решений, принцип осуществления которых рассмотрим по рис. 1.2.

На двери 1 левого электрошкафа станины размещены три рукоятки пакетных переключений: для подключения станка к электросети, включения насоса системы охлаждения, направления вращения (реверсирования) шпинделя.

Кнопочная станция панели 3 снабжена кнопками с надписями: «Шпиндель», «Стоп», «Толчок», «Быстро». Кнопкой «Шпиндель» включается вращение шпинделя, кнопкой «Стоп» выключаются все движения станка. Пусковые кнопки «Толчок» и «Быстро» действуют только в момент нажима на них.

Первая служит для кратковременного поворота механизма коробки скоростей перед его переключением; с помощью второй включают ускоренный ход стола, если включена механическая подача в соответствующем направлении.

Дублирующая кнопочная панель 9 смонтирована с правой стороны салазок. Сдублированные рукоятки 10 и 15, 14 и 16 служат для выключения механических подач во всех направлениях. Ручные перемещения стола осуществляются маховичками 8 и 11 и рычагом 12, которые снабжены отсчетными устройствами – лимбами.

Для автоматического выключения продольной подачи в Т-образном боковом пазу стола установлены регулируемые кулачки 7, крайние положения которых ограничены винтами. Аналогичные кулачки для выключения поперечной и вертикальной подач располагаются с левой стороны салазок и станины. С целью повышения жесткости системы при тяжелых условиях работы на станке предусмотрена возможность зажима салазок, консоли и стола. Коробка подач переключается выдвижным грибком 13, коробка скоростей – рукояткой 1 и лимбом 2 (см. рис. 1.4).

**Уход за станком.** Как и всякая машина, фрезерный станок нуждается в систематическом уходе, который обязан выполнять фрезеровщик в течение каждой рабочей смены.

**До начала работы** необходимо выполнить следующие действия.

1. Проверить общее состояние станка: наличие щитков ограждения, рукояток управления, ограничительных кулачков, состояние направляющих и рабочей поверхности стола, надежность крепления всех частей.

2. Проверить уровень масла по контрольным глазкам станины, консоли, салазок и серьги. При недостаточном количестве его – долить.

3. Залить масло во все масленки ручной смазки. Смазать направляющие салазок и стола ручным насосом.

4. Проверить работу станка на холостом ходу. При этом следует убедиться в исправном действии органов управления, механизма торможения шпинделя, систем автоматической смазки по струйным маслоуказателям и системы охлаждения.

**В течение работы** следует придерживаться следующих правил.

1. Внимательно следить за работой станка; оберегать направляющие консоли и рабочую плоскость стола от механических повреждений.

2. Не переключать коробку скоростей и коробку подач на ходу; перед включением механической подачи убедиться в свободном перемещении консоли и салазок.

**По окончании работы** нельзя забывать о следующем:

1. Отключить станок от электросети.
2. Тщательно очистить станок от стружки, протереть его хлопчатобумажной ветошью, смоченной в керосине.
3. Смазать тонким слоем масла направляющие станины, консоли, рабочую поверхность стола и открытые поверхности шпинделя.
4. Сообщить сменщику и мастеру о всех замеченных недостатках в работе станка.

Следует учитывать, что каждая модель станка может иметь ряд конструктивных особенностей, которые предусмотреть в общих правилах по уходу невозможно. Поэтому, впервые приступая к работе, фрезеровщик обязан по техническому паспорту тщательно изучить инструкцию по уходу за станком.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные узлы консольно-фрезерного станка. Каково их назначение?
2. В чем заключаются основные правила ухода за станком?

## **1.3. Понятие о процессе резания металлов**

Фрезерование является одним из самых распространенных видов механической обработки. Этим способом осуществляют черновую, получистовую и чистовую обработку простых и фасонных поверхностей заготовок из стали, чугуна, цветных металлов и пластмасс.

Фрезерование характеризуется высокой производительностью, позволяет получать поверхности правильной геометрической формы. Применяя фрезы, оснащенные современными режущими материалами (синтетическими сверхтвердыми, минералокерамикой), можно обрабатывать закаленные до высокой твердости материалы, заменяя при этом шлифование.

Процесс резания металлов изучается наукой, которая является частью физики твердых тел и называется **теорией резания**. Фрезеровщику необходимо знание основ этой теории.

Теория резания рассматривает общие закономерности процесса образования стружки, явления, сопровождающие про-

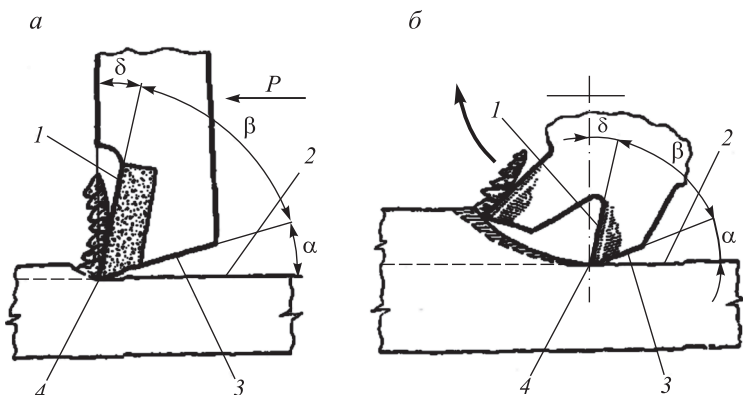


Рис. 1.6. Работа резца (а) и зуба фрезы (б)

процесс резания: усадку стружки, наростообразование, наклеп поверхностного слоя обработанной детали, теплообразование, вибрации. Изучаются силы, действующие на инструмент, их влияние на процесс резания, износ инструментов и пути повышения их стойкости, влияние геометрии инструментов на процесс резания, влияние режимов резания на силы резания и стойкость инструмента, правила выбора смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) и способы подвода их в зону резания и т.д.

В процессе резания инструмент должен занимать определенное положение относительно станка и обрабатываемой детали, т.е. определенным образом крепиться на станке и в большинстве случаев не менять своего положения относительно станка в процессе работы. Для этой цели служит так называемая присоединительная часть инструмента, например державка резца или хвостовик сверла. Непосредственно резание выполняется режущей частью под действием усилия, передаваемого со станка через присоединительную часть инструмента. Чтобы режущая часть смогла внедриться под отделяемый слой припуска, она должна иметь форму клина. Процесс резания подобен процессу расклинивания, а режущая часть инструмента – *клину* (рис. 1.6, а), который лежит в основе конструкции любого режущего инструмента. Это объясняется способностью клина создавать выигрыш в силе, необходимой для проникновения инструмента в обрабатываемый материал.

У резца или зуба фрезы различают (рис. 1.6): переднюю поверхность 1, по которой сходит стружка, заднюю поверхность

3, обращенную к обработанной детали, и режущее лезвие 4 – пересечения передней и задней поверхностей.

Если восстановить перпендикуляр к обработанной поверхности детали 2, то можно определить положение поверхностей резца (или зуба фрезы) с помощью трех углов: переднего угла  $\gamma$ , расположенного между передней поверхностью резца и перпендикуляром к обработанной поверхности детали; угла заострения  $\beta$  – между передней и задней поверхностями резца; заднего угла  $\alpha$  – между задней поверхностью резца и обработанной поверхностью детали. Эти углы называются главными, так как от их величины в основном зависят режущие способности инструмента. Передний угол предназначен для создания благоприятных условий резания, задний – для уменьшения трения инструмента о поверхность заготовки.

По мере внедрения резца в обрабатываемый материал небольшой участок срезаемого слоя, наиболее близко расположенный к передней поверхности резца, сжимается и деформируется. Его частицы сдвигаются друг относительно друга до тех пор, пока напряжение, создаваемое внешней силой  $P$ , не превзойдут силы сцепления частиц металла и не произойдет скалывание и отделение элемента стружки. После этого аналогичный процесс формирования следующих элементов стружки повторяется. Таким образом, резание металла совершается последовательным отделением элементов стружки.

В отличие от резца фреза представляет собой круглое тело, на поверхности которого расположен ряд зубьев, совершающих вращательное главное движение. Каждый ее зуб только часть круговой траектории находится в контакте с обрабатываемой деталью, срезая короткие стружки по форме запятой. В остальном сущность процессов резания резца и зуба фрезы аналогичны.

**Виды стружек.** При обработке образуется элемент металла, называемый *стружкой*. В зависимости от условий резания металлическая стружка может приобретать следующие виды: элементной (скалывания), ступенчатой, сливной, надлома (рис. 1.7).

*Элементная стружка* (рис. 1.7, а) образуется в процессе обработки твердых и маловязких материалов (твердой стали и некоторых видов латуни) при низкой скорости резания и больших подачах. Состоит из отдельных связанных один с другим элементов или совсем не связанных между собой, имеет пилообразную поверхность. При изменении условий резания стружка переходит в сливную, и наоборот.

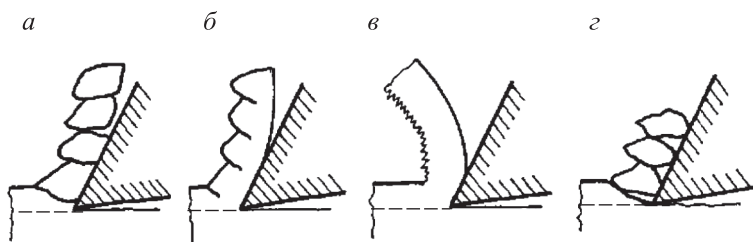


Рис. 1.7. Виды стружки

*Ступенчатая стружка* (рис. 1.7, б) образуется при обработке стали средней твердости, алюминия и его сплавов со средней скоростью резания. Она представляет собой ленту, гладкую со стороны резца и зазубренную с внутренней стороны.

*Сливная стружка* (рис. 1.7, в) образуется в процессе резания мягких пластичных материалов (углеродистые конструкционные качественные стали), меди, свинца, олова и некоторых пластмасс при высокой скорости резания, малых подачах и температуре 400–500 °С. Эта стружка имеет вид спирали или длинной ленты.

*Стружка надлома* (рис. 1.7, г) образуется при резании хрупких материалов (чугуна, бронзы) и состоит из отдельных кусочков.

**Физические явления при резании.** Резание металлов представляет собой сложный физический процесс, сопровождаемый выделением теплоты, возникновением сил сопротивления резанию и внешним трением.

Теплота выделяется вследствие деформации срезаемого слоя и внешнего трения соприкасающихся поверхностей инструмента, стружки и обрабатываемой детали. Подавляющая масса теплоты уносится стружкой, часть ее поглощается заготовкой, режущим инструментом и незначительная часть уходит в окружающее пространство. Тем не менее в зоне резания создается высокая температура, которая является основной причиной, ускоряющей износ инструмента.

Кроме того, обрабатываемый материал оказывает сопротивление резанию, прогибая инструмент, заготовку и части станка, в результате чего ухудшается точность обработки.

В результате действия сил резания и относительного скольжения на контактных поверхностях инструмента, стружки и обрабатываемой детали возникает значительное трение, являющееся одной из причин износа фрезы.



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
<b>Глава 1</b>	
<b>ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ .....</b>	<b>6</b>
1.1. Основные движения при фрезеровании .....	6
<i>Контрольные вопросы</i> .....	7
1.2. Краткие сведения о консольно-фрезерных станках .....	7
<i>Контрольные вопросы</i> .....	12
1.3. Понятие о процессе резания металлов .....	12
<i>Контрольные вопросы</i> .....	16
1.4. Явления, сопровождающие процесс образования стружки .....	16
<i>Контрольные вопросы</i> .....	18
1.5. Классификация фрез .....	18
<i>Контрольные вопросы</i> .....	21
1.6. Сведения о геометрии фрез .....	21
<i>Контрольные вопросы</i> .....	28
1.7. Режимы резания и охлаждения при фрезеровании .....	28
<i>Контрольные вопросы</i> .....	34
1.8. Материалы, используемые для изготовления инструмента .....	34
<i>Контрольные вопросы</i> .....	45
1.9. Силы, действующие при фрезеровании .....	45
<i>Контрольные вопросы</i> .....	49
1.10. Мощность и крутящий момент при резании .....	49
<i>Контрольные вопросы</i> .....	50
1.11. Износ фрезы .....	50
<i>Контрольные вопросы</i> .....	53
1.12. Период стойкости фрезы .....	53
<i>Контрольные вопросы</i> .....	55
	533

1.13. Выбор рациональных режимов резания .....	55
<i>Контрольные вопросы</i> .....	64
1.14. Организация рабочего места фрезеровщика .....	64
<i>Контрольные вопросы</i> .....	65
1.15. Правила безопасности труда при работе на фрезерном станке .....	65
<i>Контрольные вопросы</i> .....	67

## **Глава 2**

<b>СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЗМАХ И МАШИНАХ</b> .....	68
2.1. Основные понятия и определения .....	68
<i>Контрольные вопросы</i> .....	69
2.2. Типовые детали передач движения .....	69
<i>Контрольные вопросы</i> .....	74
2.3. Подшипники .....	74
<i>Контрольные вопросы</i> .....	79
2.4. Муфты .....	79
<i>Контрольные вопросы</i> .....	83
2.5. Передачи вращательного движения .....	83
<i>Контрольные вопросы</i> .....	88
2.6. Передачи и механизмы, преобразующие вид движения .....	89
<i>Контрольные вопросы</i> .....	93

## **Глава 3**

<b>ТЕХНОЛОГИЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ</b> .....	94
3.1. Понятие о плоскостях и требования, предъявляемые к точности обработки .....	94
<i>Контрольные вопросы</i> .....	98
3.2. Основные определения .....	98
3.3. Отклонения формы поверхностей .....	99
<i>Контрольные вопросы</i> .....	102
3.4. Отклонения расположения поверхностей .....	102
<i>Контрольные вопросы</i> .....	106

3.5. Нормы шероховатости поверхности .....	106
<i>Контрольные вопросы</i> .....	110
3.6. Средства измерения и контроля плоскостей .....	110
<i>Контрольные вопросы</i> .....	117
3.7. Средства контроля и измерения углов. Угловые меры и шаблоны	117
<i>Контрольные вопросы</i> .....	121
3.8. Установка заготовок и приспособлений на станке .....	121
<i>Контрольные вопросы</i> .....	129
3.9. Фрезы для обработки плоскостей и их установка на станке ...	129
<i>Контрольные вопросы</i> .....	136
3.10. Способы и методы обработки плоскостей .....	136
<i>Контрольные вопросы</i> .....	141
3.11. Выбор режимов резания при фрезеровании плоскостей .....	141
<i>Контрольные вопросы</i> .....	144
3.12. Фрезерование горизонтальных и вертикальных плоскостей ...	144
<i>Контрольные вопросы</i> .....	152
3.13. Особенности обработки сопряженных плоскостей .....	152
<i>Контрольные вопросы</i> .....	154
3.14. Фрезерование наклонных плоскостей и скосов .....	154
<i>Контрольные вопросы</i> .....	157
3.15. Дефекты при фрезеровании плоскостей и их предупреждение	157
<i>Контрольные вопросы</i> .....	159

#### **Глава 4**

<b>ТЕХНОЛОГИЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ УСТУПОВ И ПАЗОВ</b> .....	160
4.1. Виды уступов, пазов, канавок и требования к ним .....	160
<i>Контрольные вопросы</i> .....	161
4.2. Фрезы для обработки уступов, пазов, канавок и особенности их установки на станке .....	161
<i>Контрольные вопросы</i> .....	167
4.3. Фрезерование уступов .....	167
<i>Контрольные вопросы</i> .....	169

4.4. Фрезерование пазов .....	169
<i>Контрольные вопросы</i> .....	171
4.5. Особенности фрезерования шпоночных пазов .....	171
<i>Контрольные вопросы</i> .....	179
4.6. Дефекты при обработке уступов, пазов, канавок и их предупреждение .....	180
<i>Контрольные вопросы</i> .....	180
4.7. Разрезание металла и прорезание шлицев .....	181
<i>Контрольные вопросы</i> .....	183

## **Глава 5**

<b>ТЕХНОЛОГИЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ПАЗОВ И КАНАВОК</b> .....	184
5.1. Общие сведения о специальных пазах .....	184
<i>Контрольные вопросы</i> .....	185
5.2. Фрезерование Т-образных пазов .....	185
<i>Контрольные вопросы</i> .....	188
5.3. Фрезерование пазов типа «ласточкин хвост» .....	188
<i>Контрольные вопросы</i> .....	191

## **Глава 6**

<b>ТЕХНОЛОГИЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ</b> .....	192
6.1. Общие сведения о фасонных поверхностях .....	192
<i>Контрольные вопросы</i> .....	193
6.2. Фрезерование фасонных поверхностей фасонными фрезами ...	193
<i>Контрольные вопросы</i> .....	198
6.3. Фрезерование фасонных поверхностей комбинированием двух подач .....	198
<i>Контрольные вопросы</i> .....	200
6.4. Фрезерование фасонных поверхностей по накладным копирам	200
<i>Контрольные вопросы</i> .....	202
6.5. Фрезерование фасонных поверхностей на круглых поворотных столах .....	202
<i>Контрольные вопросы</i> .....	206

## **Глава 7**

<b>ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ</b> .....	207
7.1. Понятие о производственном и технологическом процессах ...	207
<i>Контрольные вопросы</i> .....	209
7.2. Технологическая документация и ее оформление .....	209
<i>Контрольные вопросы</i> .....	212
7.3. Элементы технологического процесса .....	212
<i>Контрольные вопросы</i> .....	213
7.4. Типы производства .....	213
<i>Контрольные вопросы</i> .....	215
7.5. Базирование заготовок .....	215
<i>Контрольные вопросы</i> .....	221
7.6. Общие и межоперационные припуски на обработку .....	221
<i>Контрольные вопросы</i> .....	222
7.7. Построение технологического процесса .....	223
<i>Контрольные вопросы</i> .....	243

## **Глава 8**

<b>ФРЕЗЕРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК</b> .....	244
8.1. Общие сведения о делительных головках .....	244
<i>Контрольные вопросы</i> .....	244
8.2. Простые делительные головки .....	244
<i>Контрольные вопросы</i> .....	246
8.3. Универсальные делительные головки .....	246
<i>Контрольные вопросы</i> .....	248
8.4. Способы деления заготовок при помощи универсальных делительных головок .....	249
<i>Контрольные вопросы</i> .....	256
8.5. Оптические делительные головки .....	257
<i>Контрольные вопросы</i> .....	258
8.6. Принадлежности делительных головок .....	258
<i>Контрольные вопросы</i> .....	260

## **Глава 9**

### **ЭЛЕМЕНТЫ ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ И ИХ РАСЧЕТЫ . . . 261**

9.1. Общие сведения о зубчатых механизмах . . . . . 261

*Контрольные вопросы* . . . . . 265

9.2. Основные геометрические параметры зубчатых колес . . . . . 265

*Контрольные вопросы* . . . . . 268

## **Глава 10**

### **ДРУГИЕ ВИДЫ ФРЕЗЕРНЫХ РАБОТ (СЛОЖНЫЕ ВИДЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ) . . . . . 269**

10.1. Установка заготовок на УДГ . . . . . 269

*Контрольные вопросы* . . . . . 272

10.2. Фрезерование многогранников . . . . . 272

*Контрольные вопросы* . . . . . 275

10.3. Фрезерование прямозубых цилиндрических зубчатых колес . . . 275

*Контрольные вопросы* . . . . . 282

10.4. Фрезерование зубчатых реек . . . . . 282

*Контрольные вопросы* . . . . . 284

10.5. Фрезерование угловых канавок на цилиндрических  
заготовках . . . . . 284

*Контрольные вопросы* . . . . . 287

10.6. Фрезерование угловых канавок на конусе и торце . . . . . 287

*Контрольные вопросы* . . . . . 289

10.7. Фрезерование кулачковых муфт . . . . . 290

*Контрольные вопросы* . . . . . 293

10.8. Фрезерование винтовых канавок . . . . . 294

*Контрольные вопросы* . . . . . 300

## **Глава 11**

### **ОСНОВЫ НАЛАДКИ СТАНКА . . . . . 301**

11.1. Методы наладки станков . . . . . 301

*Контрольные вопросы* . . . . . 303

11.2. Общие сведения о порядке наладки станков . . . . . 303

*Контрольные вопросы* . . . . . 305

11.3. Особенности наладки фрезерных станков .....	305
<i>Контрольные вопросы</i> .....	310
11.4. Особенности наладки многоцелевых станков с программным управлением. Установка зажимного приспособления .....	310
<i>Контрольные вопросы</i> .....	314

## **Глава 12**

### **КОНСТРУКЦИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ И ЗУБОРЕЗНЫХ РАБОТ .....**

12.1. Классификация фрез и зуборезного инструмента .....	315
<i>Контрольные вопросы</i> .....	315
12.2. Фрезы универсального назначения .....	316
<i>Контрольные вопросы</i> .....	329
12.3. Новейшие фрезы для высокопроизводительной обработки ...	329
<i>Контрольные вопросы</i> .....	330
12.4. Рекомендации по рациональной эксплуатации фрез .....	331
<i>Контрольные вопросы</i> .....	338

## **Глава 13**

### **СПОСОБЫ НАРЕЗАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ СТАНКОВ .....**

13.1 Общие сведения о зубообрабатывающих станках .....	339
<i>Контрольные вопросы</i> .....	339
13.2. Методы нарезания зубчатых колес .....	340
<i>Контрольные вопросы</i> .....	346
13.3. Зубофрезерные станки. Методы обработки на зубофрезерных станках .....	346
<i>Контрольные вопросы</i> .....	346
13.4. Нарезание цилиндрических зубчатых колес на зубодолбежных станках .....	355
<i>Контрольные вопросы</i> .....	360
13.5. Нарезание конических зубчатых колес .....	360
<i>Контрольные вопросы</i> .....	365
13.6. Зубошевингование зубчатых колес .....	365
<i>Контрольные вопросы</i> .....	370

13.7. Общие сведения об обработке колес на зубошлифовальных, зубохонинговальных, зубообкаточных, зубозакругляющих станках	370
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	373
13.8. Контроль зубчатых колес . . . . .	373
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	376
13.9. Виды дефектов при зубообработке и меры их предупреждения . . . . .	377
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	379

## **Глава 14**

### **ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ, ИХ УСТРОЙСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ** . . . . .

	380
14.1. Сведения из истории развития фрезерных станков . . . . .	380
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	382
14.2. Основные типы фрезерных станков, их назначение, компоновка и классификация . . . . .	382
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	392
14.3. Понятие о кинематической схеме . . . . .	392
14.4. Типовые механизмы фрезерных станков . . . . .	395
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	406
14.5. Горизонтально-фрезерные станки . . . . .	406
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	415
14.5.1. Горизонтально-фрезерные станки 1-го размера . . . . .	416
14.5.2. Горизонтально-фрезерные станки 6Р81Г, 6Р82Г . . . . .	417
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	424
14.6. Консольно-фрезерные станки . . . . .	424
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	428
14.6.1. Консольно-фрезерные станки 2-го и 3-го размеров . . . . .	428
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	438
14.7. Вертикально-фрезерные станки . . . . .	438
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	443
14.8. Фрезерные станки Орша-Ф32У и Орша-Ф32Ш . . . . .	443
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	452
14.9. Смазка станков . . . . .	452
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	455



14.10. Модернизация фрезерных станков .....	455
<i>Контрольные вопросы</i> .....	457
14.11. Испытание и проверка фрезерных станков на точность .....	457
<i>Контрольные вопросы</i> .....	457
14.12. Электрооборудование горизонтальных консольно-фрезерных станков FW350R, FW450R .....	465
<i>Контрольные вопросы</i> .....	468
14.13. Электроснабжение рабочего места .....	468
<i>Контрольные вопросы</i> .....	470
14.14. Электроизмерительные приборы .....	470
<i>Контрольные вопросы</i> .....	472
14.15. Технические средства механизации производства .....	472
<i>Контрольные вопросы</i> .....	474
14.16. Классификация транспортных средств .....	474
<i>Контрольные вопросы</i> .....	477
14.17. Гибкая автоматизация производства .....	477
14.18. Обеспечение заготовками и деталями в гибких производственных системах .....	479
<i>Контрольные вопросы</i> .....	480

## **Глава 15**

<b>ОСНОВЫ ПЛАЗМЕННО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ</b> ...	481
15.1. Назначение плазменно-механической обработки .....	481
<i>Контрольные вопросы</i> .....	488
15.2. Инструменты, используемые для плазменно-механической обработки .....	488
<i>Контрольные вопросы</i> .....	490

## **Глава 16**

<b>НОВЕЙШИЕ ФРЕЗЕРНЫЕ И ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ</b> .....	491
16.1. Системы управления станками .....	491
<i>Контрольные вопросы</i> .....	497
16.2. Основные преимущества использования станков с ПУ .....	497
<i>Контрольные вопросы</i> .....	499

16.3. Фрезерные станки с ПУ .....	499
<i>Контрольные вопросы</i> .....	501
16.4. Система координат и основные типы фрезерных станков с ПУ	501
<i>Контрольные вопросы</i> .....	504
16.5. Режущий и вспомогательный инструмент для станков с ПУ ..	504
<i>Контрольные вопросы</i> .....	511
16.6. Вспомогательный инструмент для станков сверлильно- расточной и фрезерной групп .....	512
<i>Контрольные вопросы</i> .....	521
16.7. Обработка контуров и поверхностей фрезерованием .....	521
<i>Контрольные вопросы</i> .....	523
16.8. Вертикальный консольно-фрезерный станок с ПУ модели FSS400CNC .....	523
<i>Контрольные вопросы</i> .....	530
Литература .....	531

Учебное издание

**Мычко** Виктор Степанович

## **ФРЕЗЕРНОЕ ДЕЛО**

Учебное пособие

Редактор *Е.В. Савицкая*

Художественный редактор *В.А. Ярошевич*

Технический редактор *М.В. Бригер*

Корректоры *Е.В. Савицкая, В.П. Шкредова*

Компьютерная верстка *М.В. Бригер*

Подписано в печать 29.12.2009. Формат 84×108/32. Бумага офсетная.

Гарнитура «Times New Roman». Офсетная печать. Усл. печ. л. 28,56.

Уч.-изд. л. 27,04. Тираж 800 экз. Заказ 3939.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».

ЛИ № 02330/0494062 от 03.02.2009. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.

<http://vshph.com>

Филиал № 1 открытого акционерного общества «Красная звезда».

ЛП № 02330/0494160 от 03.04.2009. Ул. Советская, 80, 225409, Барановичи.