

**Исследование в области технологического обеспечения качества
при обработке поверхностей деталей на вертикально-фрезерных станках.
Часть 2. Исследование схем обработки различных поверхностей деталей
концевыми фрезами на вертикально-фрезерном станке
Баринов А. В.¹, Платонов А. В.², Бегаева Е. Г.³, Самсонов И. С.⁴, Любомиров А. С.⁵**

¹Баринов Александр Васильевич / Barinov Alexander Vasilyevich - доктор технических наук, профессор;

²Платонов Александр Васильевич / Platonov Alexander Vasilyevich - кандидат технических наук, доцент;

³Бегаева Екатерина Геннадьевна / Begaeva Ekaterina Gennadyevna – магистрант;

⁴Самсонов Игорь Сергеевич / Samsonov Igor Sergeevich – студент;

⁵Любомиров Александр Сергеевич / Lubomirov Alexander Sergeevich - студент,
кафедра технологии машиностроения,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Нижегородский государственный технический университет (НГТУ) им. Р.Е. Алексеева,

Арзамасский политехнический институт (филиал), г. Арзамас

Аннотация: в статье рассмотрены типовые схемы обработки поверхностей различной геометрии получаемых на операциях фрезерной обработки концевыми фрезами.

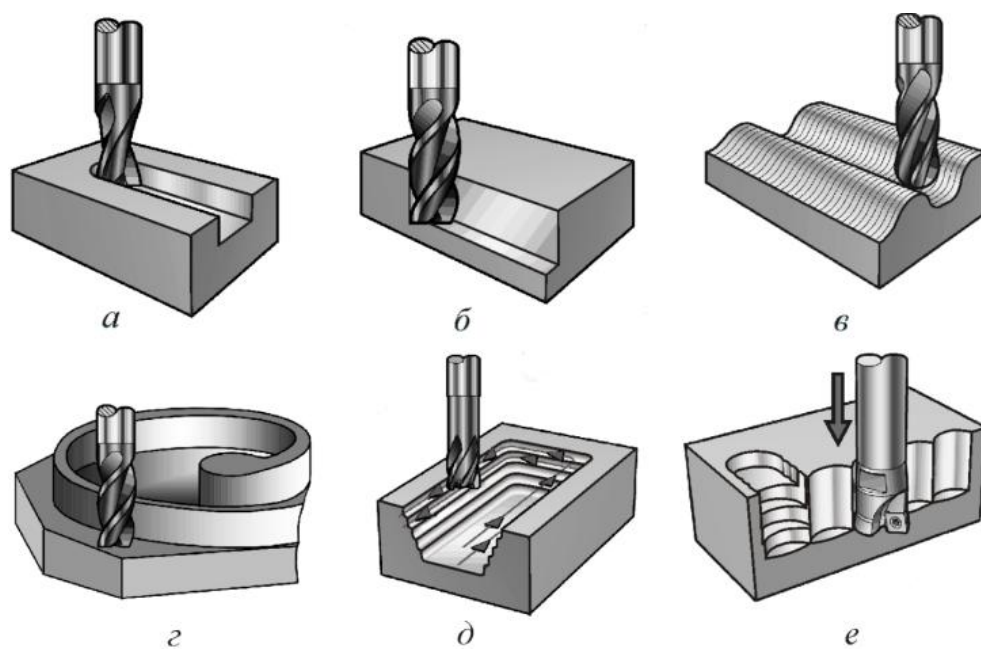
Ключевые слова: станок, фрезерный станок, вертикально фрезерный станок, фрезерование, схема фрезерования, концевая фреза, фреза.

УДК: 621.941

Целью работы является ознакомление магистрантов по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (15.04.05) со схемами обработки различных поверхностей деталей концевыми фрезами на вертикально-фрезерном станке. Предполагается, как и в первой статье данной серии, что материал рассматриваемой статьи, в свою очередь, может стать одним из разделов методического пособия по дисциплине «Технологическое обеспечение качества» магистерской программы образовательного стандарта 1485 от 21.11.2014. Содержание первой статьи, данной статьи и следующей – третьей, позволит магистрантам освоить навыки по компетенциям, предусмотренным вышеуказанным образовательным стандартом. Как сообщалось в первой работе, общая тема работы «Исследования в области технологического обеспечения качества при обработке поверхностей деталей на вертикально-фрезерных станках» разделена на три статьи, которые, на наш взгляд, хотя и содержат различные темы, но прочитанные в одном источнике содержат целостное представление о главной теме.

Обработку протяженных плоских открытых поверхностей выполняют цилиндрическими, торцевыми и иногда концевыми фрезами. Фрезерование торцевыми фрезами более производительно, чем цилиндрическими, кроме того, шероховатость обработанной поверхности получается значительно меньше, чем при фрезеровании цилиндрическими фрезами. В серийном производстве при обработке плоских поверхностей, особенно крупногабаритных корпусных деталей, преимущественно применяют торцевое фрезерование, используя при этом фрезы большого диаметра со вставными резами (ножами) или со сменными пластинками.

Многие операции фрезерования выполняются концевыми фрезами различной конструкции. Концевые фрезы могут быть цельными, выполненными из быстрорежущих сталей или твердосплавными. Такие фрезы различной длины обычно имеют 2...6 зубьев с углом подъема стружечной канавки 30...45°. Для черновой обработки используют концевые фрезы со стружко-разделительными канавками или волнистой режущей кромкой, что обеспечивает разделение стружки и снижение сил резания. Кроме того, широкое применение получили сборные фрезы, имеющие один или несколько рядов режущих пластин. На рисунке 1 показаны различные виды поверхностей, обрабатываемые концевыми фрезами.



*Рис. 1. Фрезерование концевыми фрезами:
 а – паза; б – прямоугольного выступа; в – сложной поверхности; г – контура; д – фасонного углубления;
 е – выборка с вертикальной подачей фрезы*

При обработке концевыми фрезами имеет место как цилиндрическое, так и торцовое фрезерование. Цилиндрическое фрезерование используется при обработке контуров боковой поверхностью инструмента. Часто сьем материала с заготовки осуществляется одновременно боковой и торцовой поверхностями концевых фрез.

Фрезерование с осевой подачей инструмента используется для производительной предварительной обработки, когда требуется удалить большие объемы материала. Оно применяется для черновой выборки прямоугольных уступов, пазов, фасонных углублений и выступов. По сравнению с обычным фрезерованием отсутствует или минимальна радиальная (изгибающая) нагрузка на инструмент. Поскольку жесткость фрезы в осевом направлении на порядок выше, чем в радиальном направлении, появляется возможность резкого увеличения производительности съема материала. Фрезерование с осевой подачей особенно эффективно для обработки вязких высокопрочных материалов, в частности, титановых и никелевых сплавов. Фрезерование широко используется для получения различной формы пазов, фасок, ребер, профильных элементов. Фрезы для обработки пазов отличаются специальной геометрией и более жесткими допусками по диаметру, необходимыми для обеспечения точности.

Обработку прямоугольных пазов выполняют за один или несколько проходов. Черновая обработка широких пазов на оборудовании с ЧПУ может выполняться с «разбивкой» (рисунки 2).

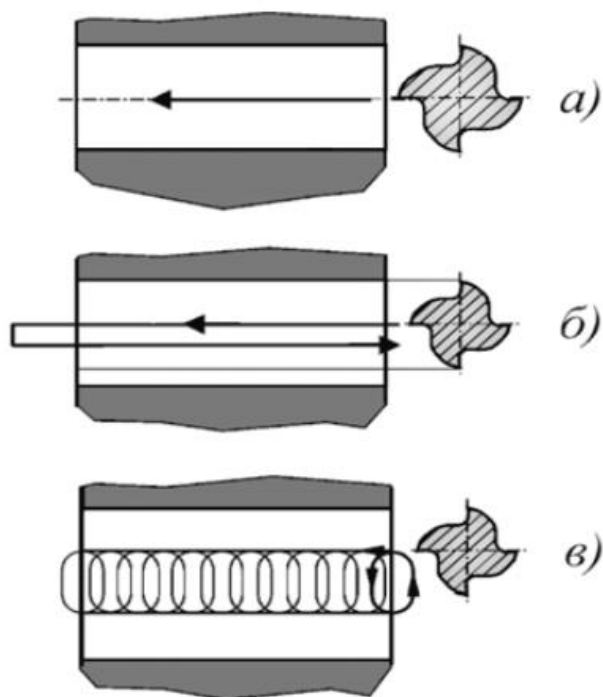


Рис. 2. Обработка прямоугольных пазов концевыми фрезами: а – за один проход; б – за несколько проходов; в – с «разбивкой» паза движением фрезы по замкнутому контуру

Шпоночные пазы под призматические шпонки обрабатывают концевыми (шпоночными) фрезами начерно на полную глубину, а затем выполняют чистовое встречное фрезерование по контуру (рисунок 3). Сегментные шпоночные канавки обрабатывают специальными дисковыми фрезами.

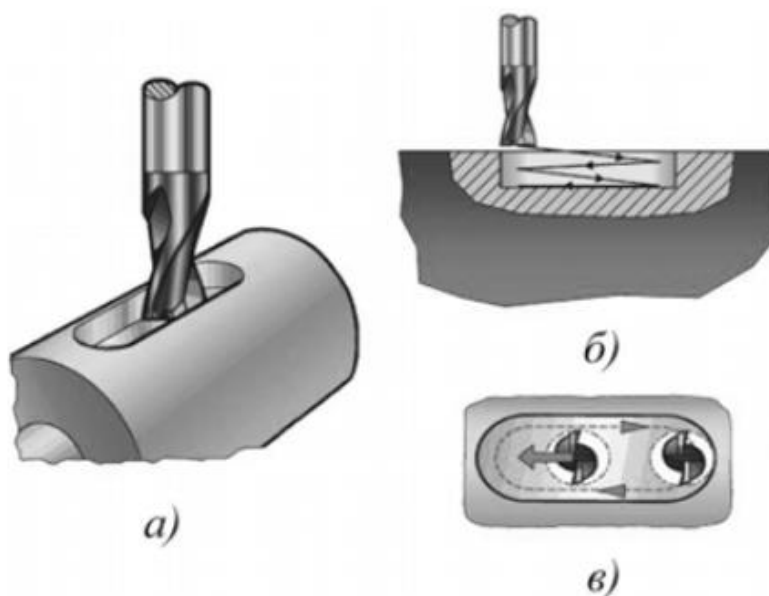


Рис. 3. Обработка шпоночных пазов: а – общий вид фрезерования паза; б – схема врезания фрезы; в – схема перемещения фрезы в горизонтальной плоскости паза

Особой сложностью и ответственностью отличается обработка тонкостенных элементов, например, стенок. Чтобы уменьшить их деформацию, съем материала может производиться концевыми фрезами по приведенной схеме (Рисунок 4). В данном случае выполняется последовательное многопроходное удаление материала с разных сторон стенки, что обеспечивает повышение жесткости обработки. Окончательно форма стенки достигается чистовым фрезерованием на мягких режимах.

В зависимости от условий подвода инструмента к заготовке выделяют открытые, полуоткрытые и закрытые зоны обработки. К числу открытых относятся зоны, не налагающие ограничений на перемещения инструмента либо вдоль его оси, либо в плоскости, перпендикулярной к этой оси. У зон полуоткрытого типа

имеются границы, ограничивающие перемещения инструмента. У закрытых зон такие границы замкнуты. При программировании фрезерной обработки зон различного вида используются типовые схемы выполнения технологических переходов, определяющие правила построения траектории инструмента.

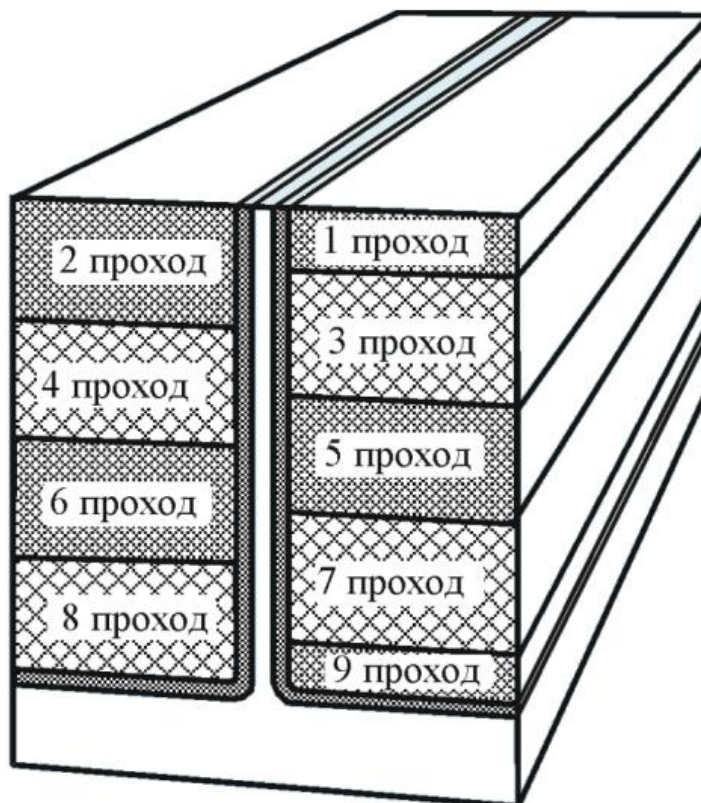


Рис. 4. Схема обработки тонкостенных деталей

При обработке открытых поверхностей концевыми фрезами используют схемы «зигзаг» и «петля». «Зигзаг» применяют при черновой обработке, поскольку при ее реализации имеют место как встречное, так и попутное фрезерование, что, вследствие разной направленности сил резания, вызывает образование характерных ступенек. Схему «петля» целесообразно применять при чистовой обработке (Рисунок 5).

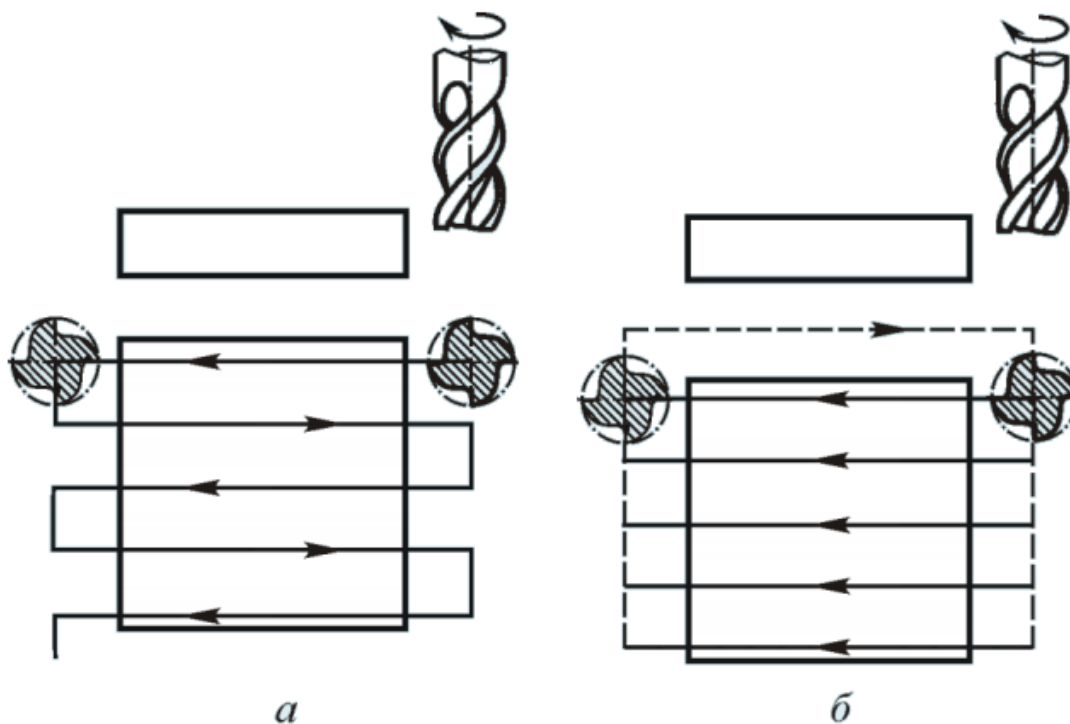


Рис. 5. Обработка открытых поверхностей по схеме «зигзаг» (а) и «петля» (б)

Для черновой обработки полуоткрытых поверхностей используют схему «лента», а для чистовой «петля». Для обработки закрытых поверхностей применяют схему «виток» (Рисунок 6).

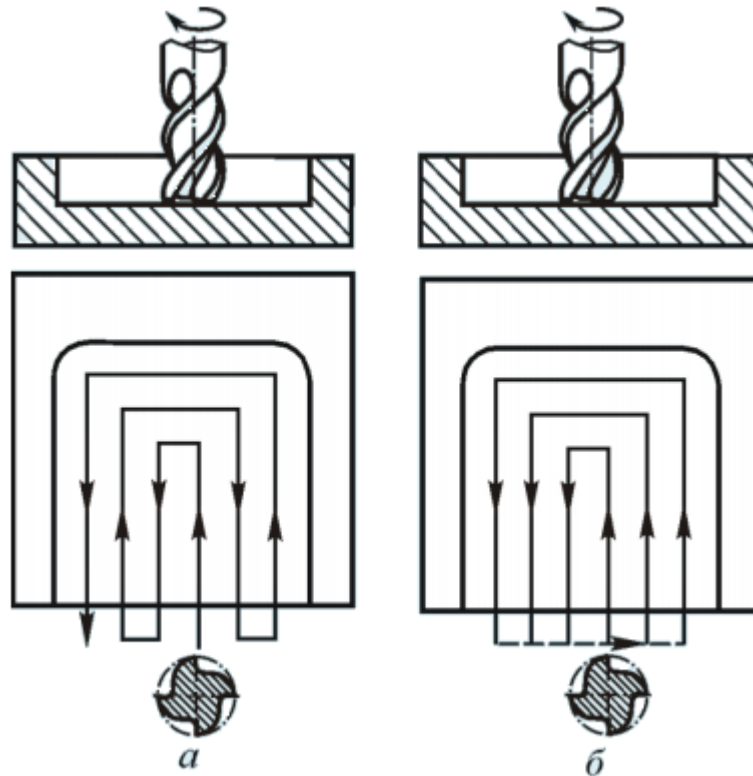


Рис. 6. Обработка полуоткрытых поверхностей, по схеме «лента» (а) и «петля» (б)

Особенностью обработки закрытых поверхностей является необходимость вертикального ввода инструмента в обрабатываемую поверхность. Поскольку фрезы с числом зубьев более двух не допускают прямого вертикального врезания на значительную глубину, его выполняют в процессе перемещения инструмента с подачей. Угол врезания α зависит от конструктивных особенностей и заточки фрезы. Он указывается в паспорте инструмента. Иногда для обработки закрытых поверхностей производят предварительное засверливание, обеспечивающее вертикальный ввод фрезы (Рисунок 7).

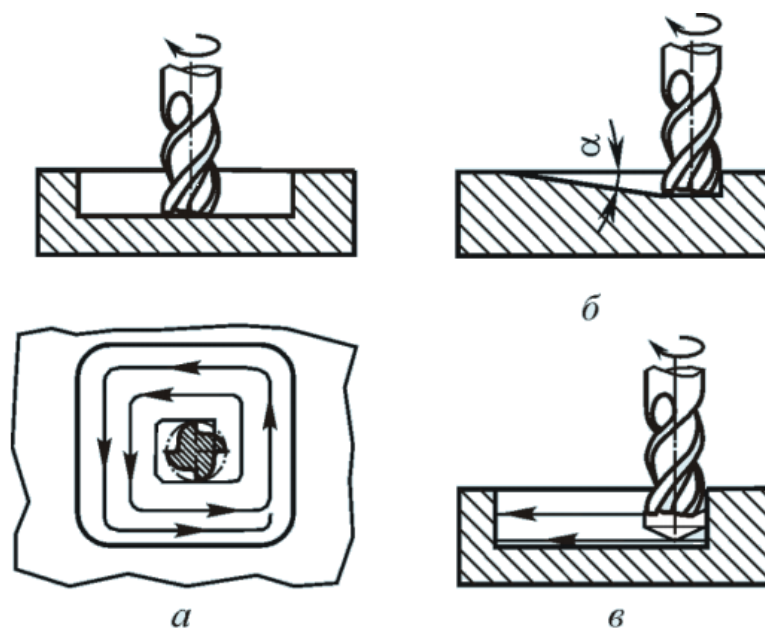


Рис. 7. Обработка закрытых поверхностей по типовым схеме «виток» (а), врезание инструмента с подачей (б) и обработка с предварительным засверливанием (в)

Фрезерование специальных сложных контуров деталей обычно выполняется концевыми фрезами (Рисунок 8). Инструмент подводится к обрабатываемой заготовке и перемещается эквидистантно обрабатываемому контуру. Контур может быть наружными и внутренними. Обычно обработка выполняется в условиях, когда ось фрезы параллельна оси контура, однако иногда приходится обрабатывать контуры, например, объемных кулачков, с изменением положения (наклоном) оси инструмента или поворотом оси заготовки. Контур с наклонными стенками могут быть получены при обработке специальными коническими концевыми фрезами [2].

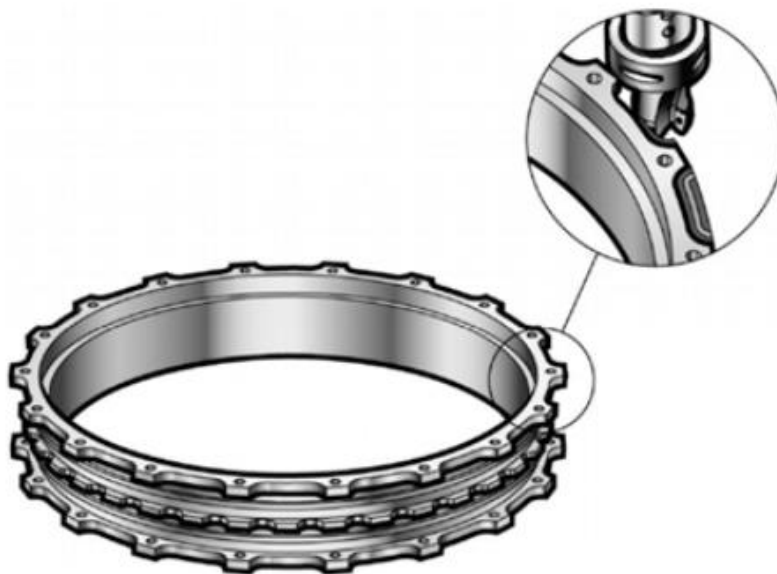


Рис. 8. Фрезерование сложных контуров деталей

В процессе фрезерования на инструмент действуют силы резания, постоянно изменяющиеся как по величине, так и по направлению. В ряде случаев такие изменения носят скачкообразный характер, что особенно неблагоприятно сказывается на точности обработки. При разработке операций контурного фрезерования особое внимание уделяется условиям врезания и отвода инструмента. При обработке контуров с высокими требованиями по точности важно выполнять чистовую обработку, имея равномерный припуск, поэтому предусматривают этап чернового фрезерования. Чтобы избежать «зарезов» контура, врезание в заготовку при чистовой обработке должно производиться таким образом, чтобы сила резания плавно увеличивалась, приближаясь к значению, характерному для рабочего участка. Это обеспечивается вводом инструмента по касательной к обрабатываемому контуру (рисунок 9).

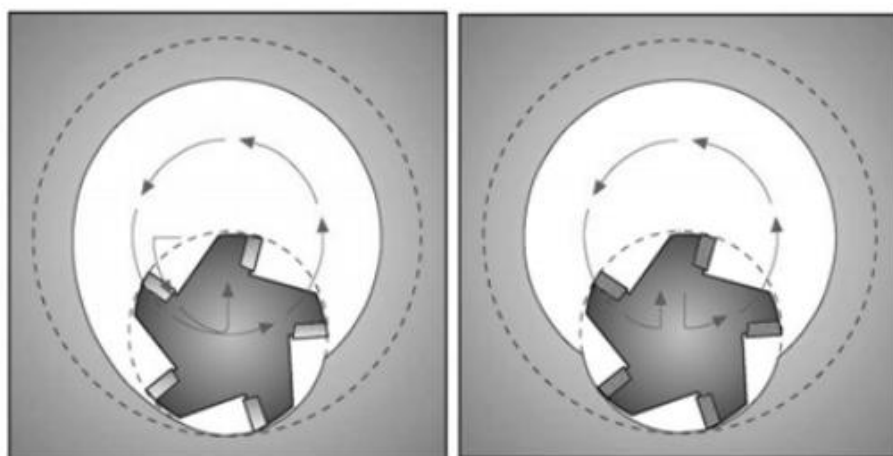


Рис. 9. Схемы врезания при обработке внутреннего кругового контура: слева – по касательной; справа – по нормали

В данной статье были рассмотрены типовые схемы обработки различных поверхностей на фрезерных операциях, данные схемы позволяют производить обработку деталей на вертикально-фрезерных станках с применением концевых фрез. Выше изложенный материал полезен станочником для выбора оптимальной схемы фрезерования, которая способствует повышению качества обработки, студентам и магистрантам технологических специальностей для ознакомления с различными схемами обработки на вертикально-фрезерных станках.

Литература

1. *Якобсон М. О.* Вопросы взаимосвязи точности размера и чистоты поверхности при механической обработке, М., Машгиз, 1966 г.
2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.vniimalmaz.ru/Frezerovaniye_P.pdf технология обработки на фрезерных станках.
3. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Сулова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение – 1, 2001 - 944 с., ил.
4. *Яхин А. Б.* Проектирование технологических процессов механической обработки, М., Оборонгиз, 1956 г.
5. *Корсаков В. С.* Влияние нестабильности усилий резания на точность обработки, М., Машгиз, 1961 г.