

УДК 621.9.02

С.Г. Кондрашов, Г.Е. Диневич

СХЕМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Наведено аналіз схем різання при фрезеруванні, сформульовані напрями конструювання ефективних конструкцій інструментів на базі прогресивних схем різання.

Введение. Согласно общепринятому определению, приведенному в работе [1], под схемой резания (СР) следует понимать последовательность срезания слоев металла с заготовки и распределение нагрузки на каждую режущую кромку инструмента. Распределение нагрузки является важным фактором, влияющим не только на производительность, но и точность, шероховатость обработанной поверхности. При этом следует учитывать, что в настоящее время нет обоснованных и четких рекомендаций по выбору геометрических параметров даже при известном законе изменения их вдоль режущей кромки. Кроме того, принятая СР во многих случаях фактически определяет конструкцию проектируемого режущего инструмента.

Постановка задачи. Для успешного решения задачи создания совершенных конструкций инструментов необходимо знать действительный, обусловленный совокупностью всех действующих факторов, характер загрузки различных участков режущих кромок. Нагрузка же исследуемой точки режущей кромки при обработке заданной заготовки известным инструментом определяется, кроме геометрии, скоростью резания v , толщиной среза a , а также продолжительностью ее контакта с материалом заготовки, т.е. временем резания и отдыха. При этом на интенсивность износа и стойкость инструмента наиболее сильно влияют скорость резания и в меньшей степени толщина среза [2].

Суммируя изложенное, можно заключить, что повышение эффективности режущих инструментов за счет рационального распределения нагрузки на режущие элементы и выравнивания нагрузки на текущие точки режущих кромок, является сложной многокритериальной оптимизационной задачей, на сегодняшний день не имеющей универсального решения и единого подхода к такому решению. Кроме того, в настоящее время нет обоснованных и четких рекомендаций по выбору геометрических параметров даже при известном законе изменения их вдоль режущей кромки.

Основная часть. С точки зрения распределения нагрузки между отдельными режущими кромками фрезы являются одним из наиболее благоприятных инструментов, т.к. в абсолютном большинстве случаев являются многолезвийным инструментом с практически неограниченными условиями обработки объемами для размещения крепежных и режущих элементов и числом зубьев.

При фрезеровании (за исключением фасонных инструментов) в общем случае точки режущих кромок фрез могут формировать обработанную поверхность в различные моменты времени, т.е. реализуют последовательную СР. Это наблюдается, например, при обработке плоскостей цилиндрическими фрезами с винтовыми зубьями.

При обработке на горизонтально-фрезерном станке плоскости цилиндрической фрезой с прямыми канавками все точки режущей кромки любого зуба одновременно оформляют поверхность детали в тот момент времени, когда режущая кромка занимает низшее положение. Если же взять цилиндрическую фрезу с винтовыми канавками, то в этом случае точки режущей кромки любого зуба оформляют поверхность детали в различные моменты времени, последовательно сменяя одна другую. Подобное же явление наблюдается при работе червячных фрез, зуборезных долбяков, гребенок и им подобных инструментов, т.е. имеет место последовательная (генераторная) СР.

Большое влияние на интенсивность износа, а, следовательно, и на загрузку режущей части оказывает форма поперечного среза. Она может иметь форму параллелепипеда или треугольника, быть Г-образной или П-образной. Наиболее неблагоприятна П-образная форма сечения среза, где имеют место очень сложные условия стружкообразования и ее завивания.



Рис. 1. Форма поперечного среза

Наилучшие условия имеют место в том случае, когда сечение среза имеет форму параллелепипеда или треугольника. Поэтому проектируя фрезы, стремятся перейти от П-образной к Г-образной (рис.2), а если возможно – к сечению среза в виде параллелепипеда или треугольника. Так, неблагоприятная форма

стружки наблюдается при фрезеровании фрезами, имеющими трапецеидальный профиль. Такие фрезы применяются при черновом прорезании впадин зубьев зубчатых колес, при фрезеровании червяков. У фрезы трапецеидального профиля с одинаковыми зубьями каждый зуб срезает стружку вершинной и обеими боковыми режущими кромками, т.е. в этом случае образуются наиболее неблагоприятные П-образные сечения среза.

В работе [2] определена толщина среза на боковой режущей кромке такой фрезы. При определении поверхности резания пренебрегают движением подачи

$$a = \frac{z}{2} \sin \alpha \sin \varphi.$$

На вершинной режущей кромке, у которой угол в плане равен 90° , толщина среза

$$a = \frac{z}{2} \sin \alpha.$$

Таким образом, боковая режущая кромка срезает гораздо меньшие толщины среза, чем вершинная, наиболее нагруженная. Рассмотрение формулы для подсчета толщины среза показывает, что изменить толщину среза на боковой кромке можно только изменяя число z боковых режущих зубьев. Изменить угол в плане φ невозможно, т.к. в этом случае изменится профиль детали. Поэтому для того, чтобы несколько выровнять нагрузку режущих кромок у трапецеидальной фрезы, срезают то одного, то с другого торца боковые режущие кромки. Каждый зуб такой фрезы работает вершинной и одной боковой режущими кромками. В результате сечение среза трансформируется из П-образного в Г-образное. Благодаря частичному срезанию боковых зубьев на боковых малонагруженных кромках, толщина среза увеличивается в 2 раза при сохранении общей площади поперечного среза, снимаемого зубом. Это приводит к снижению усилий резания, повышает стойкость инструмента и соответственно производительность обработки.

Чтобы обеспечить срезание режущими кромками рассматриваемой фрезы сечений среза в виде параллелепипеда или треугольника, в конструкцию фрезы вносят следующие изменения. Один зуб выполняют завышенным по высоте, но уменьшенным по ширине. Он срезает материал заготовки только вершинной режущей кромкой. Смежный зуб, наоборот, выполняют с уменьшенной высотой и с требуемой шириной. Он срезает материал заготовки только боковыми режущими кромками.

Аналогичная картина имеет место при обработке зубчатых деталей червячными фрезами. Опыты показывают, что стойкость червячных фрез, у которых часть зубьев срезает стружку только вершинными кромками, а другая – только боковыми, в 2-4 раза выше стойкости стандартных фрез.



Рис. 2. Г-образная форма срезаемого слоя

Таким образом, за счет целесообразной загрузки отдельных участков режущих кромок можно совершенствовать конструкции инструментов. Перераспределения нагрузки за счет расположения пластин в корпусе легко достичь у торцовых фрез. Известны ступенчатые фрезы по а.с. СССР №666010, 931329 и ряд других, у которых на торцовой поверхности корпуса по спирали Архимеда выполнен буртик с гнездами под режущие элементы, высота которого увеличивается к центру спирали. Окончательно формирует обрабатываемую поверхность последний режущий элемент спирали. После появления и распространения CAD/CAM технологий достаточно широкое применение получили новые схемы фрезерования с врезанием и круговой интерполяцией (рис.3). Если правильно выбрать начальную точку обработки, после врезания не остается несрезанного припуска. Движение инструмента по винтовой траектории широко применяется при фрезеровании штампов, пресс-форм, отверстий большого диаметра и других деталей сложной формы. Такой способ обработки отверстий больших диаметров имеет несколько преимуществ. Вся обработка производится одним инструментом, нет проблем с отводом стружки и отсутствуют вибрации, поскольку диаметр инструмента значительно меньше диаметра обрабатываемого отверстия. Рекомендуется выбирать фрезы из условия, чтобы их диаметр был

в 2 раза меньше обрабатываемого отверстия. При винтовой интерполяции нельзя превышать максимально допустимый угол врезания.

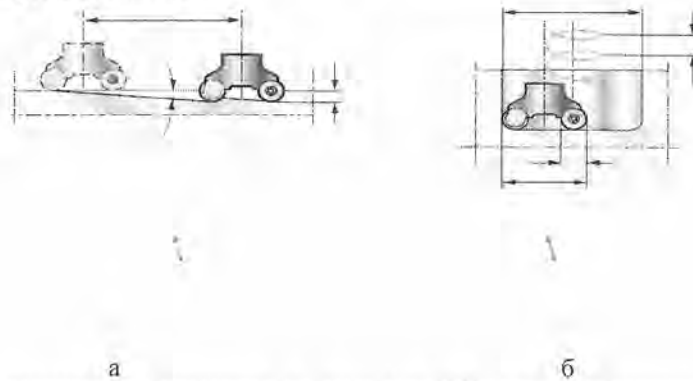


Рис. 3. Фрезерование с врезанием по двум осям (а) и круговой интерполяцией (б)

Такой способ фрезерования вносит значительные особенности в механику срезания припуска. Можно предположить значительное влияние на величины рабочих углов значений суммарной (по двум осям – а) и по трем осям – б) подачи, т.е. кинематических углов. Несмотря на достаточно большое распространение, эти схемы фрезерования изучены на сегодня недостаточно и представляют значительный интерес для подробных исследований.

Разновидностью СР при фрезеровании следует считать обработку с зачистной режущей кромкой. Существуют специальные зачистные пластины для фрезерования, устанавливаемые на фрезе ниже уровня остальных пластин и имеющие зачистную кромку, параллельную обрабатываемой поверхности, которая «зачищает» эту поверхность в процессе резания. Подобно пластинам Wiper для точения (3), они разработаны для улучшения качества поверхности. Возможен и другой вариант их использования – увеличение подачи при той же чистоте обработки.



Рис. 4. Схема установки зачистной пластины

Если величина подачи за оборот фрезы меньше, чем длина зачистной кромки, то окончательно поверхность будет оформляться самой выступающей в осевом направлении пластиной. Обычно зачистная пластина выступает в осевом направлении относительно режущих пластин на 0,05 мм (рис.4,5).

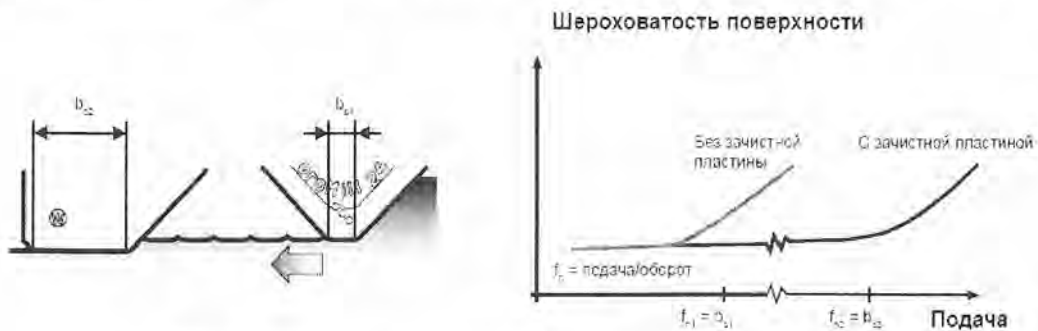


Рис. 5. Образование микронеровностей с зачистной пластиной

Режущая кромка зачистной пластины выполняется с большим радиусом, чтобы обеспечить качество поверхности даже при наклоне шпинделя.

Выводы. В работе приведен анализ и классификация схем резания при фрезеровании, которые могут установить структуру и взаимосвязи между отдельными схемами и указать перспективу дальнейшего совершенствования схем, повысить эффективность существующих инструментов и наметить пути создания новых, более совершенных.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. Киев: Вища школа, 1974. – 430 с.
2. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов. Киев: Вища школа, 1990. – 420 с.
3. www.coromant.sandvik.com/ru. Каталог 2009.

КОНДРАШОВ Сергей Григорьевич – к.т.н., доцент кафедры технологии машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– исследования в области металлорежущих инструментов

ДИНЕВИЧ Григорий Ефимович – доцент, декан факультета машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– исследования в области металлорежущих инструментов.