

# Изготовление деталей из труднообрабатываемых материалов

Что предлагает система ADEM

А.А. Казаков, А.В. Конюхов (группа компаний ADEM)

Несомненно, что в процессе обработки деталей, в зависимости от физических и механических свойств материалов, требуется выдерживать определенные условия, влияющие прежде всего на стойкость инструмента. В то же время, возникает постоянное желание как можно больше сократить продолжительность обработки. В первую очередь, это относится к труднообрабатываемым материалам – таким, как титановые сплавы, жаропрочные и высокопрочные нержавеющие стали специального назначения (группы ВНС, ЭП).

Особенностью таких материалов являются их специфические свойства:

- низкая теплопроводность;
- высокая вязкость;
- высокая удельная прочность при невысокой твердости;

Низкая теплопроводность может приводить к сильному перегреву режущих кромок и корпуса фрезы, так как ни заготовка, ни стружка не обеспечивают достаточный отвод тепла. Кроме того, в силу высокой вязкости, стружка может налипать на режущую кромку – это, в свою очередь, приводит к повторному перерезанию ранее отделившейся стружки и выкрашиванию режущей кромки по задней поверхности. Поэтому, по возможности, смазочно-охлаждающую жидкость (СОЖ) следует подавать через инструмент под высоким давлением (до 100 бар) возле каждого гнезда пластины. Внешняя подача СОЖ недопустима, так как это приводит к разрушению режущих кромок вследствие теплового удара.

Кроме прочего, при обработке этих материалов часто возникает “наклёпная адгезия” (от лат. *adhaesio* – прилипание), то есть диффузионная сварка маленьких кусочков обрабатываемого материала с передней поверхностью режущей кромки. Эти кусочки отрываются вместе с материалом инструмента. Для борьбы с этим видом преждевременного износа обязательно нужна острая режущая кромка, передний угол которой должен быть положительным:  $5 \div 7$  градусов. Методом борьбы с наклёпной адгезией является увеличение скорости резания. Из вышесказанного ясно, что для уменьшения нагрева инструмента скорость надо снижать, а для устранения адгезии – увеличивать. Таким образом, правильность назначения режимов резания имеет большое значение. Диапазон оптимальных режимов резания труднообрабатываемых

материалов очень узкий, так что процентное управление подачей, реализованное в большинстве САМ-систем, не позволяет оптимизировать её на всей траектории.

Высокие показатели вязкости и удельной прочности таких материалов способствуют образованию наклепа на границе снимаемого слоя, а это приводит к возникновению износа режущей кромки типа “проточина”. Из-за нее при работоспособной кромке происходит лавинное разрушение инструмента от “проточкины” к торцу. Единственный способ

увеличить стойкость фрезы – это уменьшение ширины фрезерования при достижении критической величины “проточкины”, что выводит её из зоны обработки (рис. 1). В тех случаях, когда приходится применять традиционную послойную обработку, система ADEM позволяет уменьшить ширину фрезерования при достижении критической величины “проточкины” на необходимую величину ( $0.4 \div 0.6$  мм) через определенное число проходов, или время жизни пластины.

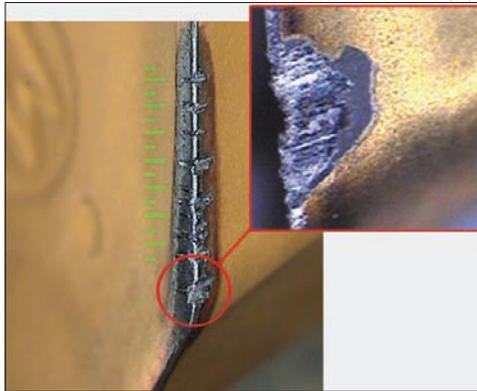


Рис. 1. Образование “проточкины” на режущей пластине

Другой вариант – переходить от послойной обработки к более прогрессивным высокоскоростным методам. Сегодня мы предлагаем поговорить именно об эффективности черновой фрезерной обработки, как наиболее емкой по времени и объему снимаемого материала. Решив проблему на данном этапе, мы можем говорить о существенном ускорении изготовления детали в целом.

Итак, черновая обработка. Цель – максимальная скорость удаления материала. Решение? Оно зависит от нескольких основных факторов:

- обрабатываемый материал;
- применяемый инструмент;
- жесткость крепления заготовки.

Некоторые специфические особенности работы с материалом мы уже рассмотрели выше, но есть и общие моменты. Все высокоскоростные методы обработки, как правило, работают с небольшим снимаемым припуском, а гладкость траектории обеспечиваются использованием дуговых перемещений. При этом радиус дуг меняется от перемещения к перемещению, а следовательно, необходимо изменять минутную подачу для обеспечения толщины стружки (не путать с подачей на зуб) в заданном диапазоне, с учетом разной скорости перемещения

по траектории оси и периферии инструмента при малой кривизне траектории. Такие критерии, как площадь снимаемого металла и снимаемый одним зубом объем, не позволяют оптимизировать режимы резания и являются ошибочными.

Таким образом, если не предпринимать дополнительных усилий, инструмент будет трудиться в некомфортных условиях, что значительно сокращает продолжительность его “возможной” жизни. Чтобы избежать этого, система ADEM на всех видах фрезерной обработки обеспечивает автоматический пересчет минутной подачи. Последняя рассчитывается именно исходя из условия постоянства толщины стружки, которую снимает каждый зуб.

Теперь обратимся к инструменту, точнее – его типу, а еще точнее – длине режущей части. В зависимости от этого и рассмотрим применение определенных схем обработки.

Вариант номер один – традиционные корпусные концевые фрезы. Их режущая часть определяется высотой пластины, и достаточно часто они имеют ограничения по максимальному углу врезания, ввиду отсутствия режущих кромок в центре. Для такого вида фрез ADEM предлагает два варианта фрезерования – плунжерное и винтовое.

Плунжерное фрезерование – инструмент в металле движется только в осевом направлении. Перемещаясь по определенной траектории, фреза как бы “высверливает” металл (рис. 2). В конце каждого вертикального движения инструмент можно отвести от металла и выполнить подвод к следующей точке вне детали или обеспечить классическую сверлильную схему – “как пришел, так и ушел”. Для обработки глубоких внутренних областей в тяжело обрабатываемых материалах реализована многопроходная схема (аналог глубокого сверления). При обработке закрытых областей выполняется спиральное врезание, с учетом параметров инструмента, в одной или нескольких

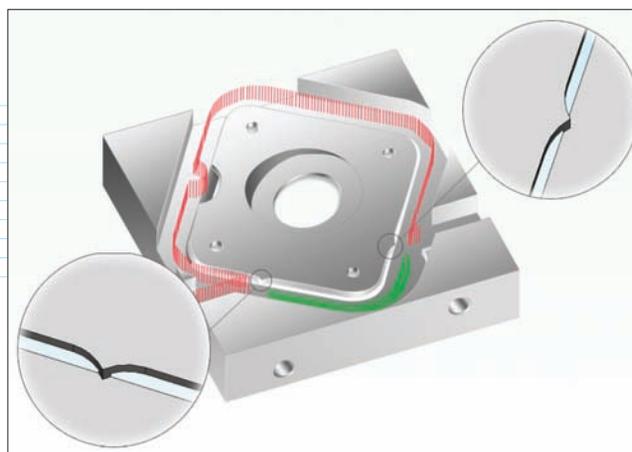


Рис. 3. Отрезка “слабо закрепленной” детали методом плунжерного фрезерования; площадь каждого из двух столбиков – 0,13 мм<sup>2</sup>

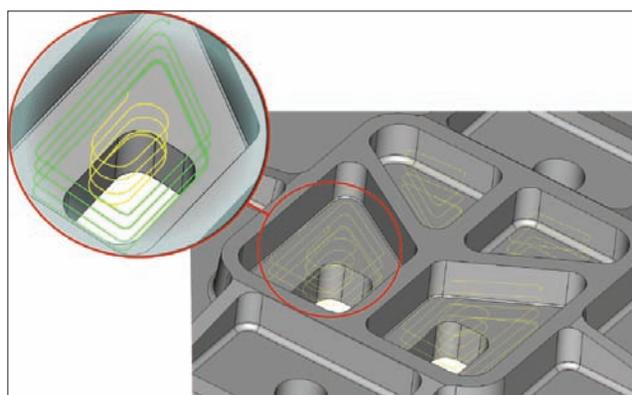


Рис. 4. Винтовая выборка

автоматически определяемых точках. Реализованы 9 вариантов выборки – от традиционного зигзага до спирали с автоматическим контролем бокового смещения (в плане) и различные варианты отвода инструмента.



Рис. 2. Четырехкоординатное плунжерное фрезерование моноколеса (титан)

Практика показала, что данный вид обработки с успехом работает даже на обычных концевых фрезах, уменьшая общее время выборки как минимум в два раза по сравнению с традиционной технологией. Еще одним позитивным моментом этого вида обработки является очень низкий уровень вибрации, что позволяет использовать его при отрезке готовой детали или обработке слабо закрепленных фрагментов (см. выноски на рис. 3 – площадь оставшихся кусочков составляет 0,5 мм<sup>2</sup>).

Следующим видом обработки, использующим инструмент с небольшой режущей частью, является винтовое фрезерование. Его суть заключается в том, что инструмент спирально врезается на всю глубину вдоль контура каждой эквидистанты (рис. 4). При этом шаг спирали автоматически выбирается

таким, чтобы избежать касания нерабочих элементов корпуса фрезы и обрабатываемого материала. Этот метод позволяет достигать очень высоких результатов: при обработке алюминиевых сплавов скорость удаления материала составляет порядка 160 кг/час (пиковая – до 300 кг/час), а при обработке высокопрочной нержавеющей стали – до 18. Также значительно снижается вибрация, что позволяет производить обработку тонкостенных деталей при консольном закреплении до 500 мм. Значительно уменьшается время обработки, особенно глубоких колодцев.

Совершенно другая ситуация возникает в том случае, когда в нашем распоряжении есть инструмент, способный работать на достаточно большую глубину (до 40÷50 мм). Его применение позволяет выполнить обработку за один проход, но стратегия обработки должна быть соответствующей. В системе ADEM мы называем её оптимизированной спиралью, хотя очень часто можно встретить термин “iMachining” (сейчас вообще очень модно добавлять “i” к названиям).

В чём же смысл этой стратегии? Во-первых, это постоянство снимаемого припуска, во-вторых – максимально возможное исключение резких перегибов траектории. Следовательно, при расчете сначала выделяется максимально гладкая область, вписанная в обрабатываемый колодец или уступ, металл в которой удаляется за счет спиральных движений. При этом для замкнутых элементов сначала выполняется спиральное врезание на всю глубину обрабатываемого элемента и далее делается его окончательная разгрузка. После удаления материала в основной области производится его автоматический подбор в оставшихся необработанных зонах с применением спиральной траектории (рис. 5). В случае

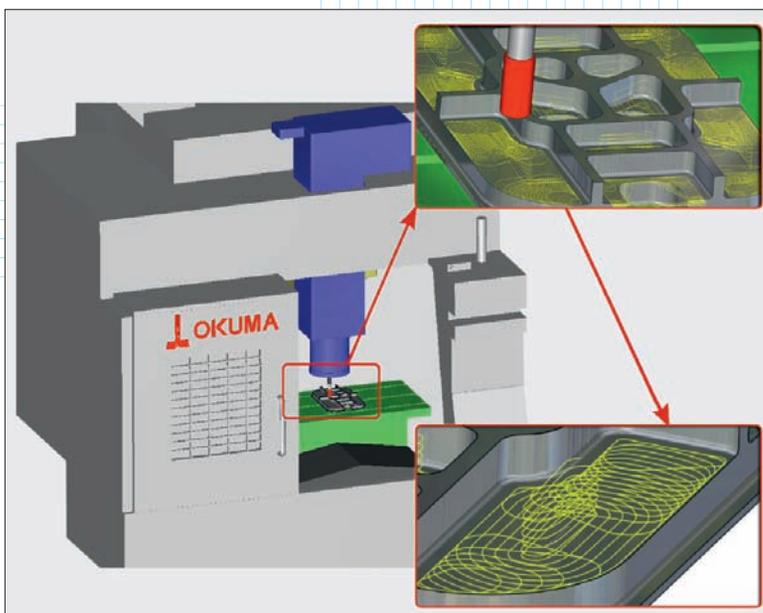


Рис. 5. Оптимизированная спираль

обнаружения закрытых зон (узких перешейков или островов), во избежание работы в полный диаметр, производится автоматическое включение трохоидального режима, а после выхода на открытое пространство – обратное переключение на спиральный режим. Применяя эту схему обработки, следует обращать особое внимание на эффективность удаления стружки из зоны резания.

Итак, именно учет особенностей труднообрабатываемых материалов, конструкции инструмента и использование современных методов обработки является залогом успеха. Что не раз было подтверждено нашими пользователями, работающими в авиационной, атомной и других отраслях промышленности. 👁

C A D / C A M / C A P P

Сквозная подготовка производства  
на вебинарах по четвергам  
в 10.00 по московскому времени!!!  
Вся информация на сайте:

<http://www.adem.ru>

Москва:

ул. Иркутская, д.11, офис 244

Тел. +7(495) 462 01 56

+7 (495) 502 13 41

e-mail: moscow@adem.ru

Ижевск:

ул. Красноармейская, д.69

Тел: +7 (3412) 522 341

+7 (3412) 522 433

e-mail: izhevsk@adem.ru

Екатеринбург:

ООО "Уральское Отделение ADEM"

620147, а/я 70

Тел/факс: +7 (343) 267 44 25

Моб: +7 (922) 224 31 90

e-mail: adem@urmail.ru