

**Ключевые слова:**

труднообрабатываемые материалы, высокоскоростная обработка, черновая фрезерная обработка, плунжерное и винтовое фрезерование

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Алексей КАЗАКОВ, Александр КОНЮХОВ

Рассмотрены методы повышения эффективности черновой фрезерной обработки за счет перехода от послойной обработки к более прогрессивным высокоскоростным методам. Представлено применение системы ADEM для реализации плунжерного и винтового фрезерования, а также авторской стратегии обработки «оптимизированная спираль».

Несомненно, что, в зависимости от физических и механических свойств материалов деталей, в процессе обработки требуется выдерживать определенные условия, влияющие прежде всего на стойкость инструмента. В то же время, возникает постоянное желание как можно сильнее сократить время обработки. В первую очередь это относится к работе с труднообрабатываемыми материалами, такими 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, что, в свою очередь, приводит к повторному перерезанию ранее отделившейся стружки и выкрашиванию режущей кромки по задней поверхности. Поэтому, по возможности, следует подавать СОЖ через инструмент под высоким давлением (до 100 бар) возле каждого гнезда пластины. Внешняя подача СОЖ недопустима, так как она приводит к разрушению режущих кромок вследствие теплового удара.

Также при обработке этих материалов часто возникает «наклепная адгезия», то есть диффузионная сварка маленьких кусочков обрабатываемого материала с передней поверхностью режущей кромки.

Эти кусочки отрываются вместе с материалом инструмента. Обязательным условием борьбы с этим видом преждевременного износа является острая режущая кромка, передний угол которой должен быть положительным – 5...7°. Методом борьбы с «наклепной адгезией» является увеличение скорости резания. Из вышесказанного ясно, что для уменьшения нагрева инструмента ее надо снижать, а для устранения адгезии – увеличивать. Таким образом, правильность назначения режимов резания имеет большое значение. Диапазон оптимальных режимов резания данных материалов очень узкий, так что процентное управление подачей, реализованное в большинстве САМ-систем, не позволяет оптимизировать ее на всей траектории.

Высокая вязкость и удельная прочность 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 проточки к торцу. Единственный способ увеличить стойкость фрезы – это уменьшение ширины фрезерования при достижении критической величины проточки, что выводит ее из зоны обработки (рис. 1). В тех случаях, когда приходится применять традиционную послойную обработку, ADEM позволяет уменьшить ширину фрезерования при достижении критической величины «проточки» на необходимую величину (0,4–0,6 мм) через определенное число проходов или время жизни пластины.

Другой вариант – переходить от послойной обработки к более прогрессивным высокоскоростным методам. И сегодня мы предлагаем поговорить



Рис. 1. Образование «проточины» на режущей пластине

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 сокращении времени изготовления детали в целом.

Итак, черновая обработка. Цель – максимальная скорость удаления материала. Решение 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 обеспечивают 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, значительно сокращая время своей «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, вернее его типу, точнее, длине его режущей части. В зависимости от этого и рассмотрим применение определенных схем обработки. Вариант номер один – традицион-



Рис. 2. 4-координатное плунжерное фрезерование моноколеса (титан)

ные 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 сверильную 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 автоматических определяемых точках. Реализовано девять вариантов выборки – от традиционного зигзага до спирали с автоматическим контролем бокового смещения (в плане) и различные варианты отвода инструмента.

Практика показала, что данный вид обработки успешно работает даже на обычных концевых фрезах, сокращая 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 слабозакрепленных фрагментов (см. выноски на рис. 3 – площадь оставшихся кусочков 0,5 кв. мм).

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

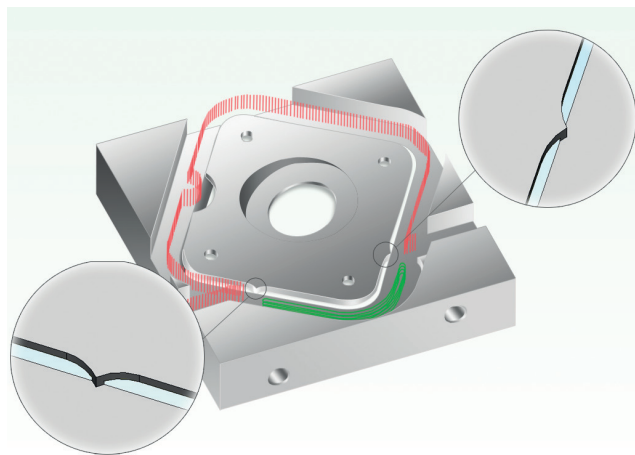


Рис. 3. Отрезка «слабозакрепленной» детали методом плунжерного фрезерования. Площадь каждого из двух столбиков 0,13 мм²

таким, чтобы избежать касания нерабочих элементов корпуса фрезы и обрабатываемого материала. Использование этого метода обработки позволяет достигать очень высоких результатов: при обработке алюминиевых сплавов скорость удаления материала составляет около 160 кг/ч (пиковая до 300 кг/ч), а при обработке высокопрочной нержавеющей стали – до 18 кг/ч. Также значительно снижается вибрация, что позволяет производить обработку тонкостенных деталей при консольном закреплении до 500 мм. Значительно снижается 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 и стратегия обработки должна быть соответствующей. В системе ADEM мы называем ее оптимизированной спиралью, хотя очень часто можно встретить термин iMachining.

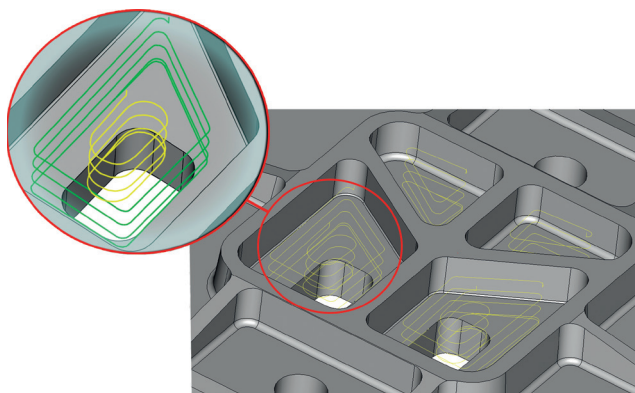


Рис. 4. Винтовая выборка

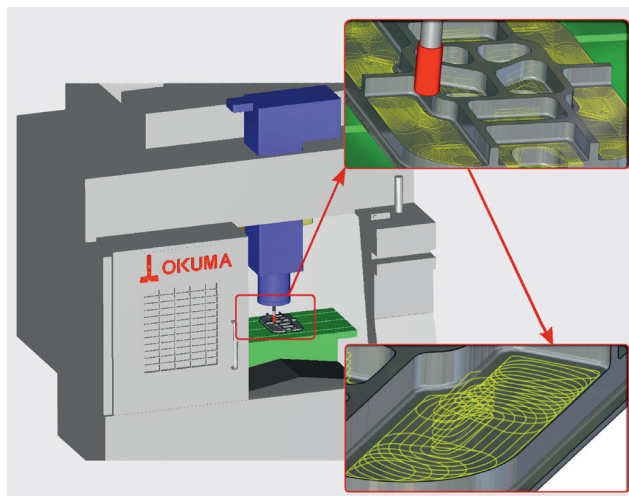


Рис. 5. Оптимизированная спираль

В чем 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 обнаружения закрытых зон (узких перешейков или островов), во избежание работы в полный диаметр, производится автоматическое включение трохoidalного режима, а после выхода на открытое пространство – обратное переключение на спиральный режим. При применении этой схемы обработки следует обратить особое внимание на эффективность удаления стружки из зоны резания.

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

КАЗАКОВ Алексей Александрович – кандидат технических наук, генеральный директор НПК «Крона», Группа компаний АДЕМ

КОНЮХОВ Александр Геннадьевич – инженер-технолог, РСК «Миг»

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



ОБРАБОТКА РЕЗАНИЕМ СТАЛЕЙ, ЖАРОПРОЧНЫХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ С УЧЕТОМ ИХ ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2018. – 508 с.
ISBN 978-5-94836-476-6

Райхельсон В.А.

Цена 1210 руб.

В книге освещены основные виды механической обработки резанием современных конструкционных сталей, жаропрочных и титановых сплавов лезвийными инструментами: точение, строгание, сверление, фрезерование, протягивание, разрезка заготовок и прорезка пазов.

Книга содержит большой научно-практический и справочный материал, рассчитана на инженерно-технических работников предприятий машиностроения, авиакосмической отрасли, энерго- и автостроения, оборонной промышленности. Она также послужит учебным пособием для студентов и преподавателей высших и средних учебных заведений машиностроительных специальностей.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉125319, Москва, а/я91; ☎+7 495 234-0110; 📠+7 495 956-3346; knigi@technosphaera.ru, sales@technosphaera.ru

Интегрированная **CAD/CAM/CAPP** система **ADEM** для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. Единый программный комплекс, в состав которого входят модули для: объемного и плоского моделирования; выпуска конструкторской и технологической документации; проектирования техпроцессов; программирования станков с ЧПУ (токарных, фрезерных, электроэрозионных, лазерных и др.); управления архивами и проектами; укрупненного трудового нормирования. Содержит средства для анализа технологичности проекта и систему управления справочными данными.

Группа компаний ADEM

107497, Москва:
ул. Иркутская, д. 11
тел: +(7) 495 462-0156,
+(7) 495 502-1341
e-mail: moscow@adem.ru

426003, Ижевск:
ул. Красноармейская, д. 69
тел: +(7) 3412 522-341,
+(7) 3412 522-433
e-mail: izhevsk@adem.ru

