

Шесть способов сделать 5-осевую обработку еще более эффективной

Рекомендации от *Siemens Digital Industries Software*

©2020 Siemens Digital Industries Software

Пятиосевая механическая обработка приобретает всё большую популярность ввиду своей высокой эффективности, и спектр её применения динамично расширяется – от авиакосмической и медицинской промышленности до машиностроения и производства штампов и пресс-форм. Решающее значение для раскрытия её потенциала имеет наличие соответствующей САМ-системы.

Все производители находятся под давлением рынка и стремятся сделать свою деятельность более эффективной. Эффективность означает, что вы получаете больше отдачи от своих инвестиций – как в производственное оборудование, так и в персонал. Всё более весомой частью этого уравнения становится автоматизация производства, но главным приоритетом для многих производителей всё еще остается желание получить как можно больше от существующего оборудования.

Одна из областей, где производители видят значительную отдачу – пятиосевые обрабатывающие центры. Речь идет не только о более быстром и качественном изготовлении сложных деталей, но и о возможности выполнить всю обработку за один установ. Таким образом, способность обрабатывать несколько поверхностей детали от одной базы и получать все замысловатые 3D-элементы геометрии дает огромную выгоду за счет сокращения машинного цикла, обеспечивая при этом более высокую точность размеров и чистоту поверхности, а также увеличивая срок службы инструмента.

Для многих производств ограничением в 5-осевой обработке является не столько недостаток опций у их оборудования, сколько способность эффективно разрабатывать управляющие программы, которые могут наилучшим образом использовать потенциал современных обрабатывающих центров и режущего инструмента. Сейчас, в связи с развитием САМ-систем, это ограничение отпадает – если производители готовы осваивать новейшие средства разработки управляющих программ.

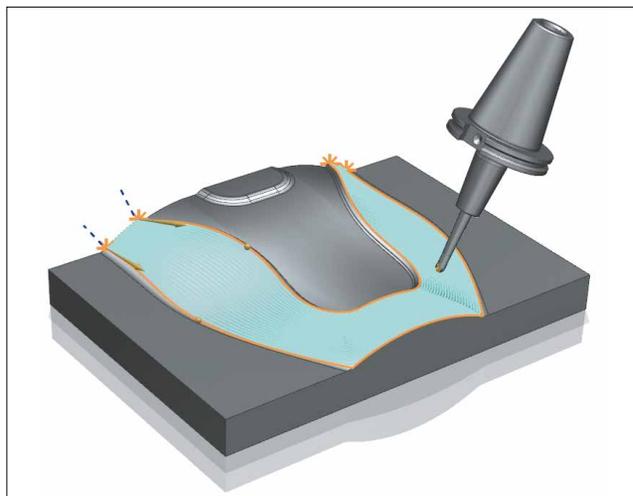
Компания *Siemens Digital Industries Software*, разработчик САД/САМ-системы *NX*, сделала одним из своих приоритетов непрерывное развитие возможностей пятиосевой обработки, поэтому может многое рассказать о том, какие стратегии лучше всего подходят для повышения эффективности процессов – как создания УП, так и собственно обработки в цехе. Независимо от того, изготавливает ли ваше предприятие штампы и пресс-формы, либо детали для авиакосмической, энергетической, машиностроительной отраслей или для медицинской



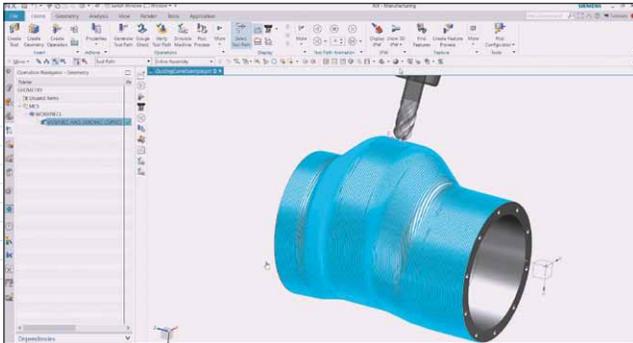
техники, описываемые ниже инновации помогут вам повысить эффективность многоосевой обработки.

1 Обработка по направляющим кривым – для получения более гладких поверхностей

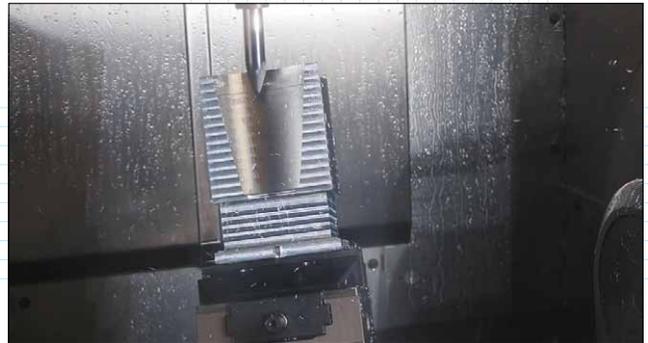
Для чистовых операций хорошо подходит траектория, сформированная по направляющим кривым. Система предлагает возможность создавать 5-осевые траектории инструмента непосредственно по обрабатываемой геометрии с полным контролем



Стратегия формирования траектории по направляющим кривым обеспечивает расчет непосредственно по обрабатываемой геометрии



Видеоролик на сайте www.mmsonline.com показывает процесс программирования 5-осевой операции по направляющей кривой для концевой сферической фрезы, включая выбор кривой, перемещение по шагу (гребешок), вектор инструмента и процесс верификации траектории



Использование тангенциальной фрезы для этой чистовой операции позволило почти в три раза сократить продолжительность обработки по сравнению с концевой сферической фрезой (Видеоролик предоставлен компанией FRAISA)

над созданными проходами. Отпадает необходимость создавать в CAD-приложении проекционные поверхности, а затем пытаться определить, в каком направлении проецировать шаблон траектории на область обработки. Пользователь получает доступ к точному управлению осью инструмента и может удерживать её по нормали к поверхности, расположить под каким-то углом к осям, зафиксировать ось и т.д. Автоматически обеспечивается сглаживание траектории инструмента при перемещении из одной позиции в другую.

2 Тангенциальные фрезы более эффективно обрабатывают криволинейные и наклонные поверхности

Тангенциальные фрезы имеют широчайший технологический потенциал. Диапазон их применения до сих пор полностью не раскрыт, но есть области, где они уже сегодня широко используются и действительно хорошо показали себя: это черновые и чистовые траектории 5-осевой обработки плоских

и слегка криволинейных стенок. Большой радиус фрезы в зоне контакта резания позволяет увеличить шаг между проходами при сохранении качества обрабатываемой поверхности.

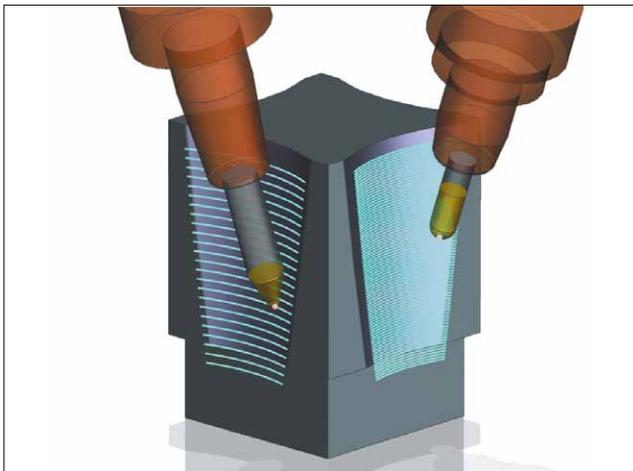
Применение тангенциальных фрез, по сравнению с концевыми сферическими, дает возможность уменьшить время обработки некоторых деталей на 70%.

3 Автоматический контроль наклона оси позволяет избежать столкновений с держателем инструмента

Одним из больших преимуществ 5-осевой обработки является возможность наклона инструмента по отношению к стенке кармана или матрицы, чтобы избежать столкновения держателя инструмента или шпинделя с деталью. Это позволяет применять инструмент с меньшим вылетом, обеспечивая при этом более агрессивные режимы резания, уменьшение вибраций и лучшее качество обрабатываемой поверхности. Такая стратегия идеально подходит для глубоких деталей с мелкими элементами рядом с высокими стенками.

Наличие функции контроля наклона позволяет разработать в NX CAM траекторию инструмента в более привычном 3-осевом режиме, а система автоматически рассчитает вектор оси инструмента в тех случаях, когда держатель инструмента может столкнуться с обрабатываемой геометрией.

К примеру, *JK Machining*, предприятие из Мичигана, производитель высококачественных прессформ класса 101, использует этот 5-осевой метод



Тангенциальные фрезы (слева) позволяют обрабатывать наклонные и слегка криволинейные стенки эффективнее и с гораздо большим шагом по сравнению со сферическими фрезами (справа)



Вектор оси инструмента автоматически регулируется в ситуациях, когда держатель инструмента или шпиндель станка могут столкнуться с обрабатываемой геометрией

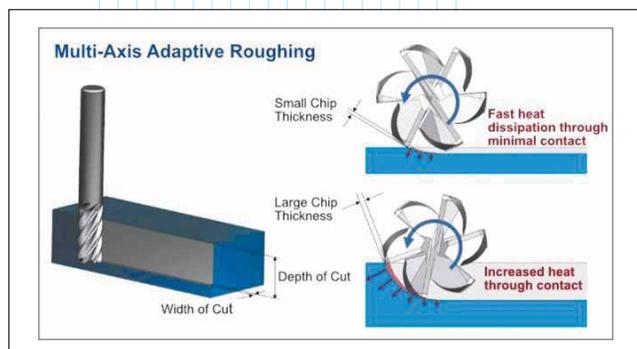
фрезерования. Применяя более короткий вылет инструмента и более высокие скорости резания, компания сократила продолжительность обработки в четыре раза. Кроме того, уменьшилась вибрация, что позволяет обрабатывать поверхность с высоким качеством.

4 Многоосевая адаптивная черновая обработка сокращает общую продолжительность цикла

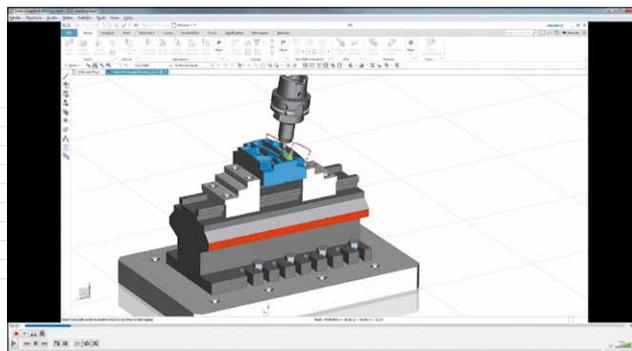
При обработке матрицы пресс-формы или глубокой призматической поверхности самый быстрый способ удаления материала – это высокоскоростной цикл адаптивной черновой обработки. Этот 5-осевой процесс дает на выходе более точную полочистовую поверхность, что позволяет значительно уменьшить продолжительность чистовой обработки. Таким образом, применение адаптивного шаблона фрезерования поможет значительно сократить и общий цикл обработки.

Стратегия адаптивного фрезерования предусматривает уменьшение радиальной глубины резания (шага между проходами) до значений менее чем 25% от диаметра инструмента, тогда как осевая глубина значительно увеличивается. Поскольку толщина стружки становится намного меньше величины осевой подачи на зуб, можно существенно увеличить скорость подачи. Как результат, обеспечивается легкое и быстрое фрезерование на более агрессивных режимах резания, что сокращает продолжительность обработки на величину вплоть до 60%. Кроме того, в этом режиме обработки нагрев и вибрации в зоне резания уменьшаются, что обеспечивает сохранность и предсказуемый износ инструмента.

Ключевой особенностью данного процесса является поддержание постоянного усилия резания на протяжении всего процесса черновой обработки. Например, врезание инструмента в угол сразу увеличивает контакт с материалом, и действие силы резания на инструмент резко возрастает. Подобные скачки, вызывающие ударное воздействие на фрезу, могут повлечь за собой сколы, ухудшение качества поверхности и существенное сокращение срока службы инструмента.



Уменьшение шага между проходами при одновременном увеличении глубины обработки позволяет стратегии многоосевой адаптивной черновой обработки увеличить подачу и скорость удаления материала



В этом примере обработка блока из стали (предел прочности 850-1100 Н/мм²) ведется методом черного 5-осевого адаптивного фрезерования.

Процедура черновой обработки использует винтовую интерполяцию для врезания в материал, а затем задействует легкие и скоростные резы для быстрого удаления материала. (Видеоролик предоставлен компанией FRAISA)

Поэтому при адаптивном фрезеровании траектория инструмента автоматически изменяется для обеспечения постоянной толщины стружки, что обеспечивает более быстрое и плавное резание.

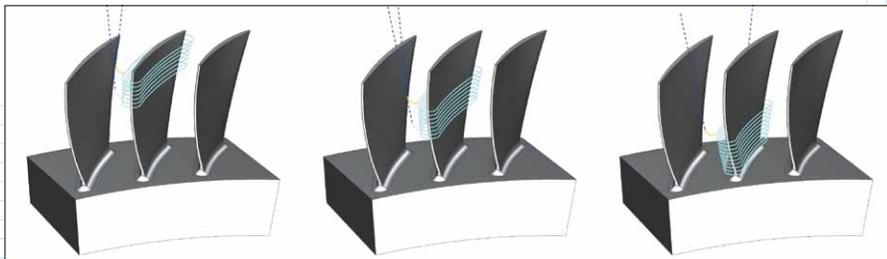
Этот метод обработки особенно эффективен для черновой обработки пуансонов и матриц из инструментальных сталей, а также для обработки карманов в деталях из жаропрочных сплавов (*HRSA – Inconel*) и титана. При фрезеровании этих сложных материалов высокие показатели удаления металла сочетаются с увеличением срока службы инструмента и большей предсказуемостью в этом отношении.

5 Обработка импеллеров и моноколес – в два раза быстрее

Модуль для обработки моноколес и импеллеров, имеющийся в составе *Siemens NX CAM*, значительно упрощает процесс разработки 5-осевых управляющих программ, необходимых для изготовления таких деталей, как импеллеры,



Модуль Siemens NX CAM для обработки моноколес и импеллеров значительно упрощает разработку 5-осевых УП на такие детали, как импеллеры, моноколеса, лопасти и крыльчатки турбин



Возможность разделения уровней резания по полосам позволяет оптимизировать обработку лопаток по зонам поверхности

моноколеса, лопасти и крыльчатки турбин. Набор специфических функций, специально разработанных для деталей этих типов, позволяет быстрее подготовить оптимизированные УП, которые существенно сокращают продолжительность обработки, обеспечивая при этом улучшение качества поверхности и увеличение срока службы инструмента.

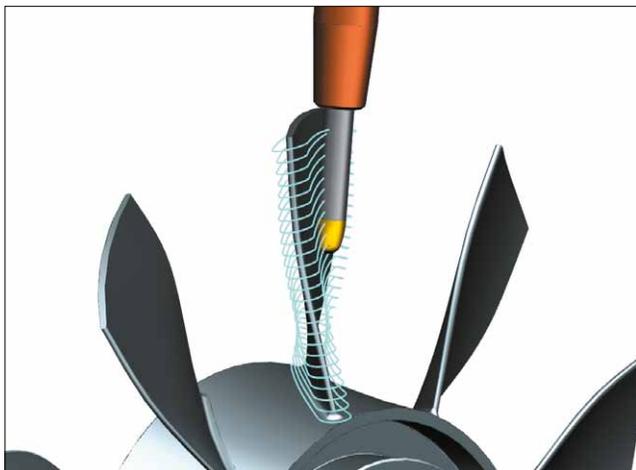
Рассмотрим некоторые новые достижения в области обработки моноколес и импеллеров.

✓ **Поддержка разделения уровней резания по сегментам**

Эта возможность позволяет разделять поверхность обработки лопаток импеллеров и моноколес на сегменты. Траектория инструмента разбивается на верхний, промежуточный и нижний сегменты, где можно независимо управлять процессами резания; затем траектории можно бесшовно соединить.

✓ **Обработка импеллеров и моноколес тангенциальными фрезами**

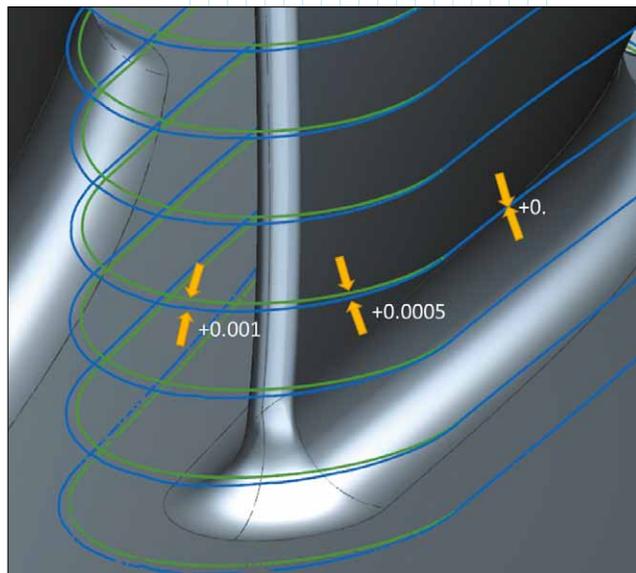
Такая возможность обеспечивает те же преимущества, что и в случае обработки пресс-форм и призматических деталей. Эти поверхности могут обрабатываться более чем на 50% быстрее по сравнению с чистовой обработкой концевыми сферическими фрезами, причем качество поверхности на выходе улучшается, а срок службы инструмента увеличивается.



Обработка импеллеров и моноколес тангенциальными фрезами

✓ **Управление припуском**

Эта продвинутая возможность позволяет регулировать припуск обработки, что необходимо для точного контроля удаления материала при полуступовой или финишной обработке поверхности лопатки. Особенно пригодится такая функция производителям двигателей в авиакосмической отрасли, предъявляющей жесткие требования к допускам, так как она обеспечивает высокоточную обработку, компенсирующую гибкую деформацию тонких лопаток во время фрезерования.

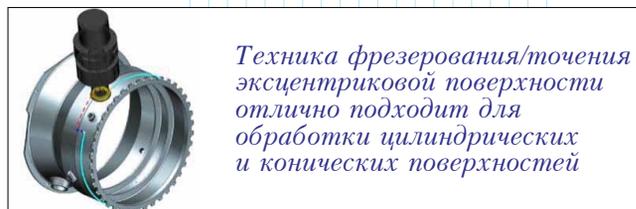


Возможность задать различный припуск позволяет точно контролировать величину остаточного материала на обрабатываемой поверхности

6 **Фрезерование/точение эксцентриковой поверхности на токарно-фрезерном обрабатывающем центре**

Не всегда местом выполнения 5-осевых процессов являются только 5-осевые фрезерные центры. В частности, для больших круглых корпусов, валов и других труднообрабатываемых деталей наиболее эффективным способом изготовления зачастую является ведение 5-осевой обработки на токарно-фрезерном центре за один установ.

Фрезерование на обрабатывающем центре с токарно-фрезерной кинематикой – это превосходный метод, обеспечивающий быстрый съем большого



Техника фрезерования/точения эксцентриковой поверхности отлично подходит для обработки цилиндрических и конических поверхностей



Пример черного токарного фрезерования детали из сплава Inconel 718 на многофункциональном станке. Сборная концевая фреза с керамическими пластинами в сочетании с техникой резания обеспечивает чрезвычайно быструю черновую обработку труднообрабатываемых никелевых сплавов. (Видеоролик предоставлен компанией Sandvik Coromant)



Видеоролик на сайте www.mmsonline.com демонстрирует использование роботов для точной обработки, что является целью совместного проекта Siemens и Технического университета Мюнхена. Метод компенсации усилия, основанный на симуляции, позволяет роботам обеспечивать точность траектории инструмента порядка 100 мкм

количества материала с цилиндрических или конических поверхностей с типовыми элементами, такими как выступы и фланцы. Выполняться эти операции могут сборными фрезами с цельными, керамическими, твердосплавными, круглыми пластинами. Это делает токарное фрезерование идеальным решением для черновой и чистовой обработки с превосходным качеством поверхности.

При токарном фрезеровании решающее значение имеет позиционирование фрезы относительно поверхности детали. В большинстве случаев важно вести резание материала передней кромкой пластины и предотвращать резание задней кромкой пластины, что улучшает условия резания и продлевает срок службы инструмента.

Что ждет многоосевую обработку в будущем?

Одна из набирающих обороты альтернатив в сфере механообработки – использование промышленных роботов для изготовления деталей определенных типов.

Почему? С одной стороны, роботы могут обеспечить экономически эффективную обработку гораздо более габаритных деталей, когда становится возможным переносить сам процесс обработки к детали, а не наоборот – например, чтобы просверлить отверстия в крыле самолета или фюзеляже.

Роботы также могут осуществлять операции постобработки (к примеру, полировка или удаление заусенцев), которые в противном случае требовали бы привлечения ручного труда; при этом дополнительным бонусом становится повышение качества при выполнении этих операций.

Роботизация позволяет объединить операции обработки и постобработки в едином автоматизированном процессе. В автоматизированной рабочей ячейке роботы могут использоваться как для обслуживания станка, так и для выполнения механической обработки; возможно, они даже могут заменить собой очень дорогой станок.

Но являются ли современные роботы достаточно точными и жесткими агрегатами для реальных

операций механообработки? Следует отметить, что в этом отношении роботы последнего поколения добились больших успехов и могут выполнять точную механическую обработку с высокой нагрузкой.

Работа в этом направлении продолжается, в том числе в совместном проекте *Siemens* и Технического университета Мюнхена. Используя цифровую технологию, называемую компенсацией силы на основе симуляции (*simulation-based force compensation*), исследователи смогли довести точность траектории обработки до 100 микрон. С такими результатами механическая обработка, осуществляемая роботами, уже готова послужить промышленности, и спектр её применения будет расширяться.

Лучший процесс для работы

Независимо от того, работаете ли вы в цехе или в промышленном производстве, технология 5-осевой обработки может обеспечить стратегическое преимущество для вашего бизнеса. Вы можете производить сложные детали на основе одной технологической базы, с меньшим количеством операций и установок. Во многих случаях возможно сократить продолжительность обработки и продлить срок службы инструмента, одновременно улучшив качество деталей. Кроме того, можно сократить производственные затраты и ускорить поставку деталей.

Было время, когда получение максимальной отдачи от инвестиций в многоосевую обработку могло сильно ограничиваться требуемыми усилиями – затратами времени и сложностью разработки эффективных УП, действительно способных задействовать все возможности этого оборудования. Это время прошло. Используя лучший на сегодняшний день САМ-функционал, вы можете полностью обеспечить возврат инвестиций (ROI) в комплексную 5-осевую обработку, превосходящую многие другие методы.

Дополнительную информацию о программном обеспечении *Siemens NX CAM* можно найти на сайте www.plm.automation.siemens.com. 