Member IMC Group

скорость и точность

Высокая скорость резания является естественной чертой высокоэффективной обработки. Понятно, что используемый при этом инструмент должен отвечать определенным критериям точности – это условие необходимо не только для обеспечения собственно точности обработки, но и следует из механики быстровращающегося тела. В последнее время вопросы прецизионности инструмента стали рассматриваться и в несколько в ином ракурсе. Что является тому причиной? Почему высокоскоростная черновая обработка становится всё более и более популярной? Что предлагает инструментальное производство в качестве ответа на новые запросы машиностроительных отраслей?

Андрей Петрилин, Главный инженер компании ISCAR

Начало активного использования высокоскоростного резания в металлообработке относится к 90-м годам XX столетия. Успех новых методов производительного снятия материала обеспечил их популярность в различных отраслях промышленности и привел к знаковым изменениям в технологии и станочном парке предприятий.

Неоспоримые достоинства высокоскоростной обработки (ВСО) сегодня хорошо известны и подробно освещаются в различных источниках технической информации.

В последнее же время промышленность проявляет особую заинтересованность в точном высокоскоростном резании и в соответствующем инструменте.

Точная (прецизионная) обработка означает следование строгим допускам на параметры, получаемые в ходе операции, и гарантию их повторяемости. Разумеется, экономически целесообразный уровень «строгости» зависит от вида обработки: точение, фрезерование, сверление и т. п., а также от типа операции: черновая, получистовая, чистовая. Прогресс в технологии и особенно в методах получения заготовок – предварительно произведенных полуфабрикатов, требующих дальнейшей ме-ханической обработки, – поставил в фокус рассмотрения вопрос точной ВСО.

Высокоскоростная обработка прочно укоренилась в ведущих отраслях промышленности. В производство штампов и прессформ ВСО, как способ существенного сокращения сроков изготовления, принесла действенную альтернативу традиционным методам. В авиастроении широко распространилось производительное резание труднообрабатываемых жаропрочных суперсплавов на высоких скоростях с использованием инструмента из керамики.

Что же касается выпуска деталей из алюминия, здесь ВСО просто превратилась в ежедневную реальность. В то же время инъекционное формование, точное литьё и точная штамповка, успехи в порошковой металлургии, а сегодня и трехмерная печать позволили максимально приблизить профиль заготовки к конечному очертанию детали. В результате наблюдается падение потребности в нагруженных черновых операциях резания, связанных со снятием значительного припуска. Сокращение припуска приводит к ощутимым преимуществам: снижение потребляемой мощности, уменьшение тепловыделения, улучшение чистоты поверхности обработки и т. д. Точная ВСО, которой свойственно удаление небольшого слоя материала, становится логическим продолжением передовых технологий производства заготовок.

Обычно высокоскоростное резание связывают с вращающимся инструментом, чаще всего с фрезами. В ряде случаев детали сложного профиля изготавливаются из цельнолитой заготовки. И здесь ВСО предложила эффективное решение: черновое трохоидальное фрезерование.

В соответствии с данной техникой быстро вращающаяся фреза движется по сложной криволинейной траектории, снимая тонкие, но широкие слои материала. Получаемая таким образом форма детали очень близка к конечной, а оставшийся малый припуск удаляется на последующей операции чистовым высокоскоростным фрезерованием.

Типичным примером описанного процесса служит производство блисков (моноколёс) и импеллеров. Если учесть, что черновую обработку часто называют «грубой», то трохоидальное фрезерование в данном случае можно считать «точным черновым» или, как ни парадоксально это звучит, «точным грубым» резанием.

Успех высокоскоростной обработки определяется следующими ключевыми элементами: станком, стратегией резания, инструментом, надежностью закрепления.

Современные многокоординатные станки, сконструированные специально для ВСО, располагают большим крутящим моментом, быстроходными приводами главного движения и подачи, эффективными контроллерами и развитым программным обеспечением. Их возможности по реализации различных эффективных стратегий резания для ВСО поражают воображение. Сегодняшняя инструментальная оснастка гарантирует высоконадежное закрепление инструмента в значительно расширенном диапазоне частот вращения.

В условиях столь заметного прогресса в станках и оснастке иногда не уделяют должного внимания собственно режущему инструменту (РИ), хотя, оказывается, именно на нем и стоит сфокусироваться. По сравнению с другими элементами он меньше в размерах и не выделяется конструктивной сложностью. Возможно, именно эта кажущаяся простота объясняет затянувшееся отсутствие революционных изменений в РИ, а также то, что инструмент часто

07 / 2021 • Издательство: «ИТО» • e-mail: ito@ito-news.ru

становится сдерживающим фактором для полного раскрытия потенциала передового металлообрабатывающего оборудования. Вот почему каждое усовершенствование названного малого элемента может оказаться настоящим прорывом, и изготовители РИ прилагают массу усилий для кардинального улучшения своей продукции. Инструментальная промышленность находится в постоянном развитии, в поисках новых решений, способных дать надлежащий ответ на запросы металлообрабатывающих производств, внедряющих передовые технологии.

Время не изменило основных требований к РИ: ожидается, что он будет эффективным и при обработке в условиях возросших скоростей резания и подач. Уменьшение операционных припусков приводит к дополнительному ужесточению параметров точности инструмента. В идеальном виде РИ для ВСО выглядит как высокоточное хорошо сбалансированное изделие, демонстрирующее высокие рабочие показатели в сочетании с высокой стойкостью в условиях вращения с высокой частотой. Покорить такие высоты – непростая задача, и темп продвижения к ним на каждом отдельном направлении различен. Тем не менее, существует целый ряд многообещающих конструкций инструмента, способных придать новый импульс ВСО. Неудивительно, что, в силу указанных особенностей, весомая часть таких изделий относится к цельнометаллическому РИ.

«ИСКАР» – один из лидеров инструментальной отрасли, компания, которая считает своим основополагающим принципом постоянные инновации, – разумеется, не может стоять в стороне от насущных проблем металлообрабатывающего производства и предлагает своему потребителю немало решений для продуктивной ВСО.

Некоторые из них, особенно появившиеся в последнее время, достойны отдельного краткого изучения.

БОЛЬШЕ ЗУБЬЕВ, МЕНЬШЕ ВИБРАЦИЙ

Многозубые монолитные фрезы типа **CHATTERFREE** были созданы именно для высокоскоростной обработки. Особенности их конструкции, такие как меняющийся угол наклона зуба, переменный шаг зубьев и специально подобранный профиль сечения канавки, обеспечивают широкую область применения фрезы – от чистовой ВСО до чернового резания по трохоидальной технике.

Линия **CHATTERFREE** состоит из нескольких семейств концевых фрез, отличающихся основным назначением. Среди них, например, семизубые фрезы из ультрамелкозернистого твердого сплава для обработки закаленных сталей и выполнения чистовых операций; фрезы широкого применения, построенные по интересному принципу: число зубьев совпадает с величиной номинального диаметра в мм; 7- и 9-зубые фрезы, предназначенные в первую очередь для трохоидального фрезерования сложнопрофильных заготовок из титана. Семейство последних получило название «Ti-TURBO», которое подчеркивает «турбо»-режим удаления материала, демонстрируемый такими инструментами.

В последнее время в конструкцию монолитных фрез для ВСО внесли еще один элемент: стружкоразделяющие канавки. Это может показаться странным, ведь формируемая стружка тонкая и не требует дополнительного разделения. Однако добавление канавок позволило увеличить виброустойчивость фрезы и, таким образом, улучшить результаты трохоидального фрезерования и резания с большим вылетом инструмента. В случае трохоидального фрезерования стружка тонкая, но широкая, и её разделение на более мелкие сегменты способствует как отводу стружки, так и уменьшению шероховатости поверхности обработки. Тем самым черновая ВСО становится более точной и эффективной.

БЫСТРОРЕЖУЩАЯ КЕРАМИКА

Фрезерованию труднообрабатываемых жаропрочных сплавов инструментом из твердого сплава обычными методами свойственна низкая скорость резания, как правило, 20–40 м/мин. ВСО с небольшим углом охвата фрезы, когда ширина резания не превышает 10 % диаметра инструмента, проводится со скоростью уже 70–80 м/мин.

Невысокие значения скорости служат препятствием для роста производительности, и предприятия, занятые выпуском деталей из жаропрочных материалов, пытаются найти способы преодоления существующих барьеров. Одним из возможных решений может стать применение режущей керамики. Компания «ИСКАР» разработала цельнолитые керамические фрезы, которые позволяют резко поднять скорость резания по сравнению с твердосплавным инструментом – до 1000 м/мин! Фрезы выпускаются с 3 и 7 зубьями в диапазоне диаметров 6–20 мм.

Использование цельнолитых концевых керамических фрез в черновых операциях приводит к радикальному уменьшению основного времени и позволяет быстро придать заготовке необходимую форму для последующих чистовых проходов.

НАДЕЖНОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ

Высокоскоростная обработка невозможна без надежного, сбалансированного и точного вспомогательного инструмента. По этой причине широкое распространение в ВСО получили патроны с термозажимом для закрепления по «горячей» посадке, обеспечивающие необходимый уровень параметров точности и надежности. В последнее время линия **SHRINKIN** таких патронов компании «ИСКАР» пополнилась семейством **X-STREAM**. Отличительная особенность патрона

нового семейства – каналы для смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), расположенные вдоль центрального посадочного отверстия для подвода СОЖ непосредственно на режущие кромки закрепляемого инструмента. В высокоскоростном фрезеровании уже упомянутых блисков, например, четко направленная подача СОЖ значительно увеличила показатели обработки. Внедрение новых патронов в ВСО глубоких полостей и карманов позволило существенно улучшить отвод стружки и предотвратить её вторичное резание, что привело к заметному увеличению стойкости кромки.

SPINJET
GREEN LINE

СОЖ может стать инструментом преобразования обычного станка в высокоскоростной.

Компактные шпиндельные головки **SPINJET**, приводимые в движение потоком СОЖ, обеспечивают частоту вращения до 55 000 мин$^{-1}$, позволяя реализовать методы ВСО на тихоходных станках, еще часто встречающихся в цехах и на участках механической обработки машиностроительных заводов.

МАСТЕР ДЛЯ ВЫСОКИХ СКОРОСТЕЙ

Профиль детали диктует выбор оптимальной конфигурации инструмента, необходимого для высокоскоростной обработки. В определенных обстоятельствах требуется РИ с большим вылетом, и монолитное исполнение в таком случае не выглядит самым рациональным. Заслуживающей внимания альтернативой может стать сборная конструкция со сменной режущей частью. Именно на таком принципе построен МУЛЬТИ-МАСТЕР – семейство вращающегося инструмента со сменными головками.

Многообразие предоставляемых корпусов, головок, переходников и удлинителей семейства позволяет быстро скомпоновать нужный РИ на основе изделий стандартного исполнения и, таким образом, резко снизить потребность в специальном инструменте.

Кроме того, для смены изношенной головки нет нужды в извлечении уже закрепленного в шпинделе станка корпуса инструмента с последующими замерами и корректировкой управляющей программы. МУЛЬТИ-МАСТЕР реализует принцип «no-set-up-time»: установка новой головки не приводит к изменению вылета.

Жесткая, сбалансированная и точная сборная конструкция позволяет МУЛЬТИМАСТЕР применять для ВСО. Типичным примером этого служит высокоскоростное фрезерование сложнопрофильных поверхностей заготовок из твердых материалов с использование сменной головки MM HBR грушевидной формы. Она характеризуется сферической кромкой в секторе 240°, режущей вершиной и жестким допуском на диаметр (по h7).

MULTI-MASTER
INDEXABLE SOLID CARBIDE LINE

Совершенствование технологии обработки требует новых методов: более производительных, экономичных и экологически безопасных. ВСО уже подтвердила свое соответствие современным запросам. Прогресс в способах получения заготовок заостряет вопросы энергосберегающего чернового высокоскоростного резания – тенденция, которой должны следовать и производители режущего инструмента.