

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 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 механической 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 трохойдальное 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 трохойдальное 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

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

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 черного резания по трохойдальной 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 трохойдального фрезеро-

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.

эффективным и при обработке в условиях возросших скоростей резания и подачи. Уменьшение операционных припусков приводит к дополнительно 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

вания 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 трохойдального фрезерования и резания с большим вылетом инструмента. В случае трохойдального 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.

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.

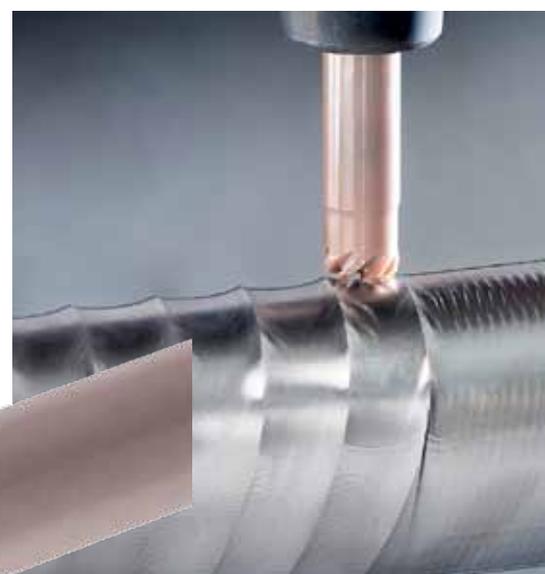
Использование цельнолитых концевых керамических фрез в черновых операциях приводит к радикальному уменьшению основного времени и позволяет быстро придать заготовке необходимую форму для последующих чистовых проходов.

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.

CHATTERFREE SOLID MILL LINE



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, четкой направленной подача СОЖ значитель-

SPINJET

GREEN LINE

но 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.

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 МУЛЬТИ-МАСТЕР применять для ВСО. Типичным примером этого служит высокоскоростное фрезерование сложнопрофильных поверхностей заготовок из твердых материалов с использованием

MULTI-MASTER

INDEXABLE SOLID CARBIDE LINE



сменной головки ММ HBR грушевидной формы. Она характеризуется сферической кромкой в секторе 240°, режущей вершиной и жестким допуском на диаметр (по h7).

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.

