

4. Царев Б.М. «Пути развития термоэмиссионных катодов. Радиоэлектроника, 1957 г., сер.111., вып. 6.

### **Новые инструменты для перспективных технологических процессов обработки материалов, применяемых в машиностроении**

Боровский Г.В., Балков В.П.  
ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»

*Представлены последние разработки ВНИИИНСТРУМЕНТа. К ним относится гамма режущего инструмента с использованием высокопрочных микродисперсных твердых сплавов и высококачественных композиционных покрытий на основе (TiAlNb)N для высокоскоростной обработки легких сплавов и термообработанных сталей; сборные торцовые фрезы с облегченными корпусами из сплавов алюминия; гамма токарных резцов, концевых и торцовых фрез, оснащенных режущими пластинами из сверхтвердых материалов для обработки широкой номенклатуры металлических и неметаллических материалов; сверла для глубокого сверления и др. Наряду с созданием новых инструментов ВНИИИНСТРУМЕНТ проводит работы в области стандартизации инструмента, осуществляется комплексная поставка под «ключ» технологических процессов металло- и деревообработки, инструментов всех видов, оснастки, обеспечение их рациональной эксплуатации у потребителей и сервисное обслуживание.*

Прогресс в создании и освоении новых видов изделий машиностроения, появление гаммы новых обрабатываемых материалов, повышение сложности и качества изделий, растущие требования к экологической чистоте производства приводит к существенным новациям в технологии обработки металлов резанием. Получают развитие процессы высокоскоростной обработки, резания без применения смазочно-охлаждающих жидкостей или с минимальным их применением, твердое точение и другие процессы.

Создание конструкций металлорежущих станков с приводами главного движения, реализующими скорости вращения 12000...60000 об/мин; увеличение мощности и крутящих моментов приводов, обеспечивающих разгон и торможение рабочих органов до 10 м/сек и более; подачи СОЖ в большом объеме и с высоким давлением позволило реализовывать процессы высокоскоростной обработки.

Особенностью процессов высокоскоростной обработки, кроме высокой скорости резания, является возможность эффективного резания с уменьшенными в 2...3 раза подачами, что обеспечивает меньшие деформации инструмента. Кроме того, при высокоскоростном резании обеспечивается больший отвод тепла со стружкой, что обеспечивает минимальный нагрев обрабатываемой детали и способствует снижению ее деформации и повышению качества обработки.

Эти свойства высокоскоростного резания привели к развитию применения этого процесса при обработке деталей из легких сплавов, труднообрабатываемых материалов, а также деталей, нагрев которых при обработке недопустим.

Требуемый для высокоскоростной обработки режущий и вспомогательный инструмент должен отвечать комплексу требований. Эти требования укрупненно сводятся, кроме обычных, относящихся к режущему инструменту, также к применению в качестве инструментальных материалов новых микродисперсных твердых сплавов, в т.ч. с высокопрочными наноструктурными покрытиями, СТМ на основе кубического нитрида бора и алмаза, минимизации размеров и масс вращающегося инструмента, повышению точности инструмента по всем основным параметрам.

Повышенные требования предъявляются и к вспомогательному инструменту, составляющему с режущим инструментом единые инструментальные блоки. Эти требования сводятся, прежде всего, к повышению надежности крепления, минимизации массы и дисбаланса инструмента, обеспечению точного позиционирования в направлении оси вращения и в ради-

альном направлении.

ВНИИИНСТРУМЕНТ с учетом этих основных требований разработал гамму режущего инструмента для высокоскоростной обработки легких сплавов и термообработанных сталей.

Прежде всего, это гамма твердосплавных концевых сверл, концевых и копировальных фрез с оптимальной геометрией режущей части диаметром от 3,0 до 10 мм.

Для этих инструментов применяются прогрессивные высокопрочные микродисперсные твердые сплавы и высококачественные композиционные покрытия на основе (TiAlNb)N. Твердость этих покрытий в зависимости от их композиции составляет 300...3200HV и более.

Разработаны сборные торцовые фрезы с облегченными корпусами из сплавов алюминия, оснащенные режущими элементами из сверхтвердых материалов и предусматривающие конструктивные возможности использования режущих элементов из других инструментальных материалов. Особенностью корпусов этих фрез является наличие на них упрочненного слоя, создаваемого для предотвращения деформаций фрез при ударах.

На корпусе фрезы формируется слой керамики, например  $Al_2O_3$ , толщиной от 100 до 300 мкм. Этот слой имеет высокую твердость и прочность и предохраняет фрезы от механических повреждений в процессе эксплуатации.

Такие фрезы имеют массу в 2...2,5 раза меньшую, чем стандартные стальные, динамически сбалансированы (как правило, дисбаланс не превышает – 0,16 N/мм) и позволяют при скорости вращения шпинделя станка свыше 8000 об/мин обеспечить повышение производительности обработки в 3...5 раз и повысить точность обработки на 1 - 2 квалитета по сравнению с обычными фрезами того же назначения.

На основании обобщения широких исследований, проводимых в научных центрах развитых стран, стандартизованы основные параметры соединений инструмента и шпинделей станков для высокоскоростной обработки. На этой основе ОАО "ВНИИИНСТРУМЕНТ" разработал ГОСТ Р 51547-2000 на полые хвостовики вспомогательного инструмента, полностью гармонизированный с HSK хвостовиками по ДИН 69893. Эта стандартизация носит опережающий характер к производству станков и инструмента в России и имеет целью обеспечить взаимозаменяемость при использовании инструментов отечественного и зарубежного производства и предотвратить ошибки при самостоятельном проектировании инструмента с хвостовиками типа HSK.

Требования стандарта обеспечивают при создании инструмента точность его позиционирования в направлении оси вращения не ниже 0,01...0,02 мм, уменьшение массы хвостовиков на 30...50% по сравнению со стандартными хвостовиками с конусностью 7:24 и величину дисбаланса менее 0,06 N/мм.

Для высокоскоростной обработки перспективным является применение инструментов из поликристаллических сверхтвердых материалов на основе кубического нитрида бора и поликристаллических алмазов. Оптимальные условия их применения характеризуются высокими скоростями резания и малыми толщинами среза, относительно низкими удельными энергетическими затратами, малыми силами резания, значительным тепловыделением в зоне резания и отсутствием нагрева детали.

Применение инструментов из сверхтвердых материалов позволяет реализовать принцип концентрации операций, усовершенствовать или полностью модернизировать технологический процесс, улучшить качество обработанной поверхности. Повышению качества обработки способствует малая зернистость сверхтвердых материалов, которая позволяет обеспечить при заточке инструмента радиусы округления режущей кромки, не превышающие 0,4...1,5 мкм, что в совокупности с высокими скоростями резания (до 900-3500 м/мин) позволяет обрабатывать поверхности с шероховатостью  $Ra < 0,4...0,3$  мкм.

Среди разработок института в этом направлении можно выделить следующие:

- гамму токарных резцов, концевых и торцовых фрез, оснащенных СТМ для обработки широкой номенклатуры металлических и неметаллических материалов;
- специальные фрезы, в т.ч. фасонные, оснащенные СТМ на основе кубического нитрида бора для обработки термообработанных сталей и сплавов. Эти инструменты позво-

ляют вести высокоскоростную обработку труднообрабатываемых материалов и легких сплавов, например алюминиевых сплавов со скоростью более 1500 м/мин;

- торцовые фрезы, оснащенные КНБ и алмазными пластинами для обработки плоскостей алюминиевых сплавов.

Кроме инструментов для высокоскоростной обработки институтом для обработки колесных пар подвижного состава рельсового транспорта, крупных деталей энергетического и транспортного машиностроения разработана гамма крупногабаритных токарных инструментов сечением до 63×63 мм, оснащенных механически закрепляемыми специальными твердосплавными пластинами увеличенной толщины, способными переносить высокие динамические нагрузки при резании.

Для обработки пазов и уступов корпусных деталей, а также поверхностей деталей пресс-форм ВНИИинструмент разработал фрезы концевые диаметром 12-50 мм однорядные с механическим креплением сменных неперетачиваемых пластин. Для черновой и получистовой обработки пазов и уступов также многорядные концевые фрезы диаметром 32-100 мм с длиной рабочей части 42-108 мм с винтовым расположением сменных неперетачиваемых пластин.

Для обработки плоскостей и уступов в корпусных деталях из алюминиевых сплавов и других цветных металлов разработаны торцовые фрезы со сменными блоками диаметром 100...500 мм и размерами, гармонизированными с инструментами, изготовленными по стандартам ДИН и ИСО. Конструкции фрез позволяет применять сменные неперетачиваемые пластины как отечественного, так и импортного производства с оптимальными геометрическими параметрами. Испытания фрез на ГАЗе подтвердили конкурентоспособность этих инструментов.

Для обработки отверстий под крепежные элементы железнодорожных рельсов ВНИИинструмент разработал специальные сверла с механическим креплением сменных твердосплавных пластин. Применение этих сверл обеспечивает повышение производительности по сравнению с быстрорежущими сверлами в 2,5...3 раза.

Для обработки отверстий в деталях типа форсунок аппаратуры дизельных двигателей институтом разработаны комплекты специальных инструментов. Комплекты включают твердосплавные мелкоразмерные сверла и зенкеры диаметром 0,2...1,5 мм с утолщенным хвостовиком и с геометрией, обеспечивающей обработку глубоких (до 7 диаметров) отверстий в труднообрабатываемых материалах.

Для глубокого (до 25 диаметров) сверления отверстий разработаны сверла диаметром 2,0...3,0 мм, позволяющие обрабатывать отверстия с обеспечением вывода стружки без промежуточных выводов инструмента.

Для сверления точных отверстий (квалитетов 8...9) созданы твердосплавные трехлезвийные сверла-зенкеры. Разработаны сверла глубиной до 5 диаметров, в т.ч. под резьбы МЗ...М30. Эти инструменты эффективны при обработке отверстий под крепеж в деталях типа шатунов двигателей. Применение сверл позволяет повысить производительность обработки в 3-4 раза по сравнению с быстрорежущими сверлами.

Для обработки резьб ВНИИинструмент разработал и провел испытания при обработке алюминия типа АЛ 25 метчики-накатники с квазиалмазными покрытиями, применение которых позволяет увеличить стойкость инструмента не менее чем в 2...2,5 раза при одновременном повышении качества обработки резьб.

Получила развитие технология нанесения ультрамикродисперсных износостойких покрытий на инструмент из твердого сплава и быстрорежущей стали, основанная на физическом методе нанесения покрытий. Особенностью технологии является получение бездефектной структуры покрытий из сепарированной плазмы с высокой прочностью соединения с инструментальным материалом инструмента.

На разработанных институтом новых установках возможно нанесение покрытий не только на традиционные инструменты, но также на мелкоразмерный и на напайной инструмент. Технология и оборудование обеспечивают нанесение бездефектных покрытий из кар-

бидов и карбонитридов титана, циркония, молибдена; оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ); композиционных покрытий на основе нитридов алюминия, титана, циркония, молибдена ((Ti AL)N; (Mo AL)N и т.п.

Эти покрытия обеспечивают повышение стойкости инструментов из инструментальной, быстрорежущей стали и твердых сплавов в 2-3 раза по сравнению с традиционными покрытиями при скоростях обработки, достигающих 10 м/сек.

В связи с развитием деревянного домостроения перспективно и направление создания новых видов дереворежущего инструмента, обеспечивающего получение качественных изделий из дерева и слоистых материалов. Разработаны специальные сборные твердосплавные инструменты (концевые, дисковые, торцовые фрезы) для обработки строительных деталей (дверей, окон и т.д.), а также фасадов мебели, позволяющие значительно повысить производительность и качество обработки изделий, а также фрезы, оснащенные алмазными пластинами для обработки торцевых поверхностей древесных плит, обеспечивающие при очень высокой производительности резания также высокое качество обрабатываемой поверхности.

Разработана технология, оптимизированы профили изделий и разработаны инструменты для сращивания по ширине большеформатной фанеры.

Наряду с созданием новых инструментов ВНИИИНСТРУМЕНТ проводит работы в области стандартизации инструмента, в т.ч. по гармонизации отечественных и "мировых" стандартов на инструмент. Институт располагает фондом ГОСТ, ГОСТ Р, СТО, ТУ на все виды режущего инструмента. В настоящее время институтом разрабатывается Технический регламент в ранге проекта Закона РФ «О требованиях к безопасности металлорежущего, деревообрабатывающего, алмазного, абразивного и слесарно-монтажного инструмента».

Значительным сегментом в сфере деятельности института является комплексная поставка под «ключ» технологических процессов металло- и деревообработки, инструментов всех видов, оснастки, обеспечение их рациональной эксплуатации у потребителей и сервисное обслуживание. Среди крупных партнеров института, для которых разрабатывается и комплексно поставляется инструмент различного назначения такие предприятия, как АвтоВАЗ, ФГУП им. Хруничева, ФГУП "Салют", Иркутское авиационное ПО и другие крупные предприятия.

### **Виброконтроль станочного оборудования и технологических процессов обработки металлов**

к.ф.-м.н., доц. Бражкин Ю.А.  
МГТУ «МАМИ»

*Исследована зависимость спектра виброакустических колебаний, возникающих в зоне резания на примере зубопротяжного инструмента от износа кромки резцов. На основе анализа спектра колебаний разработана методика и создано устройство контроля работы станочного оборудования. В устройстве производится частотная и корреляционная обработка сигнала с вибродатчика, закрепленного в месте расположения обрабатываемой детали. Увеличение износа резцов приводит к повышению аналогового выходного напряжения устройства контроля. Проведены испытания и контроль износа инструмента на действующем станочном оборудовании. Устройство фиксировало величину износа передней кромки резцов. Показания устройства и визуальное определение ширины передней кромки резца находились в хорошем соответствии.*

В процессе обработки металлических заготовок на станках режущий инструмент изнашивается. Износ приводит к увеличению силы резания, повышается температура в зоне обработки детали, увеличивается высокочастотная составляющая в спектре виброакустических колебаний станка. Резание сопровождается нарушением поверхностного слоя металла. В месте обработки возникает трение режущей кромки инструмента о стружку и деталь, происходит упругое и пластическое деформирование материала. Обработка сопровождается сово-