

ИЗНОСУ — НЕТ

Доля режущего инструмента в себестоимости изделий в машиностроении обычно составляет 3,5% и крайне редко выходит из диапазона от 1,5 до 10%. Что происходит, когда инструмент исчерпал свой ресурс, но продолжает работать? Помимо безобидных дефектов, его поломка может привести к катастрофическим последствиям.

Текст: Надежда Гесс

Сотрудник одного из предприятий обработал высокоточный реечный токарный патрон графитовой смазкой. В результате контроля усилия зажима и точности сервисные инженеры выявили преждевременный износ. В этом случае экономия на квалификации обслуживающего персонала привела к потере 1,5 млн руб — это в 1,5 раза больше годовой заработной платы специалистов с учётом всех налогов.

Сложно представить масштабы ущерба оборудованию стоимостью 70 млн рублей за единицу от низкоквалифицированных кадров. Задумайтесь: как вы обслуживаете своё оборудование?

«Основные потери, связанные с использованием некачественного или исчерпавшего свой ресурс инструмента — это снижение производительности (доля оборудования в себестоимости изделий машиностроения около 30%).»

ЭКСПЕРТ



НИКОЛАЙ МЕЧАНОВ,
региональный управляющий по
Восточной Европе и Центральной
Азии MEP RUSSIA

«Российские производители конкурентоспособны в сфере изготовления корпусов инструмента и в его заточке. На мой взгляд, это касается микробизнеса и самых крупных государственных корпораций. Отечественная продукция может быть конкурентоспособна во многих сферах. Сдерживающими факторами являются отсутствие платёжеспособного спроса, иными словами, потребитель привык, что российское — это что-то дешёвое.

В инструментальном производстве подавляющее большинство «российских инструментов» родом из Поднебесной и лишь прошли переупаковку, у них малая серийность и, как следствие, очень высокая себестоимость. Цепочку проблем дополняют дефицит квалифицированных кадров, отсутствие производственных площадей, инфраструктуры, коммуникаций, административные барьеры и дорогие деньги».

Дополнительные потери — повышенный процент брака, увеличенный износ оборудования, риск аварий и простои оборудования на подналадку», — объясняет генеральный директор ООО «Ресурс Плюс» **Денис Бабков**.

Какие же факторы определяют стойкость металлорежущего инструмента? Эксперты считают, что большая часть из них не относится непосредственно к самому инструменту: это выбор режимов резания, подвод СОЖ, обрабатываемый материал, а также жёсткость закрепления заготовки и режущего инструмента.

МАТЕРИАЛ

Какие элементы в составе металлорежущего инструмента делают его более стойким и прочным? В последнее время значительно увеличилась доля инструмента с режущей частью из сверхтвёрдых материалов и минерало-керамики. Если раньше их использовали в основном для обработки силуминов и композитных материалов, теперь всё чаще так обрабатывают жаропрочные сплавы и титан.

катные ролики, резбонакатные плашки, инструмент для холодной штамповки и высадки, применяют стали X12MФ, X12Ф1.

«Такой инструмент должен обладать определённым комплексом свойств для обеспечения стабильности технологического процесса обработки металлов давлением и высокой производительности. При этом технология изготовления должна обеспечивать высокую твёрдость, теплопроводность и низкий коэффициент трения для сопротивления истиранию, а также высокую вязкость материала для высокопроизводительной работы в условиях ударных нагрузок. Получение такого комплекса свойств в значительной степени сдерживается недостаточно широким применением прогрессивных технологических методов обработки инструментов», — утверждает к. т. н., доцент, директор по науке и развитию ООО «НПП «КриоТехРесурс» **Николай Кокорин**.

ПОКРЫТИЕ

Представитель MEP RUSSIA **Николай Мечанов** на примере дисковых отрезных

ЧТОБЫ СЭКОНОМИТЬ, НУЖНО СНАЧАЛА ПОТРАТИТЬ

«На стойкость инструмента влияет тип твёрдого сплава. Карбиды вольфрама с кобальтовой связкой в его составе гарантируют высокое качество, а значит, продолжительный период работы. Титан, тантал, хром или их сочетания могут как сократить, так и увеличить этот срок. Степень износа в большей степени зависит от соотношения выбранных режимов резания и жёсткости системы СПИД (станок, приспособление, инструмент, деталь), в меньшей — от характеристик самого инструмента», — считает директор по сбыту в России и СНГ ООО «ХОРН РУС» **Павел Глазгрин**.

«Чистовой сплав довольно плохо работает на черновых операциях, в этом случае происходит работа на удар. В свою очередь черновой сплав неэффективен при чистовых операциях: здесь важна красностойкость», — комментирует инженер-технолог I категории ООО «ПРОМОИЛ» **Екатерина Воронова**.

Для изготовления инструментов с высокой механической прочностью и износостойкостью, таких как резбона-

станков говорит о том, как работа инструмента зависит от его покрытия.

«Для пиления низколегированных сталей подходит диск с покрытием толщиной 3 мкм, основой которого является титан. Он получен при температуре процесса около 490 °С. Такое покрытие нельзя использовать для резки меди, латуни и бронзы.

Для пиления высоколегированной и нержавеющей стали подходит диск с многослойным покрытием толщиной 3 мкм. В его состав входит титан и алюминий. Особенностью покрытия является высокое тепловое сопротивление: конечная температура при изготовлении — около 800 °С», — рассказывает эксперт.

Несмотря на бурное развитие технологии CVD-покрытий (химическое осаждение из газовой фазы), на рынке более востребованы инструменты с PVD-покрытиями (вакуумное напыление путём прямой конденсации пара), прежде всего за счёт перераспределения трудоёмкости изделий с токарной на фрезерный вид обработки.

«За годы работы мы выяснили, что использование покрытия, соответствующего функциям инструмента, может значительно повысить его износостойкость. Основные покрытия, применяемые компанией HORN: TiN, TiCN, TiAlN, а также AlTiN, AlTiCrN, AlTiN+TiN, AlTiSiN, TiB₂, AlCrSiN. Они позволяют защитить инструмент от коррозии, износа, воздействия тепла и других пагубных факторов», — делится **Павел Глазырин**.

ИСПЫТАНИЕ ГРАДУСОМ

Закалка ультравысокими температурами — традиционный метод термической обработки металла. Именно так инструменты из стали Х12МФ получают свой традиционно высокий комплекс свойств: в несколько раз увеличивается их срок службы. Инструментальную сталь карбидного класса закачивают либо от 950-970 °С с отпуском при 180-200 °С, либо от 1050-1100 °С с отпуском при 500-520 °С. В столь сложной температурной цепочке учёный из Ижевска Николай Кокорин нашёл подвох. Суть его исследований в том, что составная часть термической обработки — обработка холодом. По словам Николая Анатольевича, сверхнизкие температуры способны повысить износостойкость, теплопроводность и сократить коэффициент трения. Это, в свою очередь, обеспечивает повышенный ресурс инструмента.

«Криогенная обработка внутренних колец пресса фирмы «Ateliers Roche» на «Синарском трубном заводе» позволила повысить их стойкость на 21%. Твёрдость упрочнённых колец соответствовала уровню твёрдости серийного

инструмента 55 – 60 HRC. За период эксплуатации упрочнённого кольца отмечено отсутствие налипания металла на 1000 труб, тогда как при эксплуатации серийных колец без криогенной обработки зачистку налипшего металла производят в среднем через 254 трубы. Отсутствие налипания исключает необходимость остановки пресса для замены и зачистки кольца, что повышает производительность процесса формоизменения на прессе. Экономический эффект от снижения простоев на прессе составляет 98 921 рублей. А сокращение затрат на изготовление инструмента позволило сэкономить 14 389 рублей», — приводит расчёты **Николай Кокорин**.

ГЕОМЕТРИЯ

Существенное влияние на износ оказывают свойства инструмента. К примеру, он будет работать гораздо меньше времени при неправильно выбранной геометрии режущей кромки или неподходящем покрытии.

«В случаях, когда стандартный инструмент не может обеспечить заданную стойкость, мы индивидуально проектируем специальный инструмент. На стадии проектирования инструмента для увеличения стойкости мы комбинируем углы в плане, передние и задние углы, а также геометрии стружколомов. Помимо этого, мы применяем CBN, моно- и поликристаллические алмазные вставки», — говорит **Павел Глазырин**.

Правильно подобранная геометрия для каждого материала даёт возможность полностью контролировать про-

ОСНОВНУЮ ЧАСТЬ
ЗАКАЗОВ КОМПАНИИ
ТЕРЯЮТ ИЗ-ЗА
НЕДООСНАЩЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВА.
В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОТЕРИ
ПРЕВЫШАЮТ

20 %



цесс резания, обеспечивает стабильное резание от пластины к пластине и хороший отвод стружки. Как производители решают проблему отвода стружки?

«Здесь всё зависит от вида обработки. В токарной обработке помимо формы передней поверхности, добиться желаемого стружкодробления можно за счёт подвода смазочно-охлаждающей жидкости. Если СОЖ под нормальным давлением 5 бар расширяет область доверительного стружкодробления в зону малых подач, то высокое давление СОЖ 70 бар обеспечит гарантированное стружкодробление во всей доступной области подач. При этом стойкость инструмента увеличивается примерно на 50%.

В глубоком сверлении получить удовлетворительный стружкоотвод можно с помощью устройства, обеспечивающего прерывающуюся подачу.

Во фрезеровании это возможно за счёт стружкоразделяющих канавок. Чаще всего это позволяет снизить усилие резания на ≈15%, немного увеличить производительность и стойкость при прочих равных условиях. При

этом шероховатость обработанной поверхности может остаться в приемлемых Ra2.5 за счёт полного перекрытия. Есть и более специфичные способы, такие как планетарное фрезерование и вихревое резбофрезерование — они позволяюткратно увеличить производительность», — описывает

Денис Бабков.

ДОЛГО ЛИ, КОРОТКО ЛИ

У инструмента может быть несколько стадий износа.

■ Некритичный — незначительные изменения геометрии. При этом возникают отклонения от заданного размера, поэтому потребуется корректировка и дополнительные проходы.

■ Критичный — сильные изменения геометрии по сравнению с заводской. Сюда относятся выкрашивание режущей кромки, сколы — всё это приводит к усиленным вибрациям, отклонениям от заданного размера и низкой шероховатости поверхности. При дальнейшей работе таким инструментом неминуемо происходит поломка, в результате — брак на детали.

В первую очередь, продление стойкости инструмента сводится к правильному выбору его типа. Неправильно подобранный шаг или тип инструмента — главные причины низкого ресурса и быстрого износа.

«При подборе инструмента я всегда подробно спрашиваю, какой материал будут пилить. На предприятии KAZ-Minerals в Казахстане, где я присутствовал при пусконаладке станка, решили проверить пиление материала, о котором мне даже не говорили, и это, конечно, привело к быстрому выходу из строя ленточного полотна.

Также я стараюсь всегда убедить клиента пилить при нужных скоростных режимах. Например, на предприятии ВЕЗА, куда мы продали дисковый станок, решили увеличить скорость пиления, но диска хватило только на 600 резов вместо 1 000. К сожалению, многие клиенты, пока сами не опробуют, не верят в озвученные нами режимы пиления.

Мы всегда, когда это нужно, составляем производителю инструмента подробное техническое задание и выдаём

REEZO TOOLS



**НОВЕЙШАЯ РАЗРАБОТКА КОМПАНИИ
REEZO TOOLS — СПЕЦИАЛЬНАЯ ЗАТОЧКА
ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТИТАНА
И НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ**



**НАДЁЖНЫЙ
ОРИЕНТИР В МОРЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ИНСТРУМЕНТА!**

WWW.REEZO.RU

603040, г. Нижний Новгород, ул. Сутырина, 8а
т.: 8 (831) 273-01-43, 8 (831) 273-26-12, e-mail: info@reezo.ru



ЭКСПЕРТ



ДЕНИС БАБКОВ,
генеральный директор
ООО «Ресурс Плюс»

«Срок службы металлорежущего инструмента определяет множество факторов: перечислить их можно в книге на три тома. Поэтому приведу самый простой пример: токарный резец. Основные факторы можно разделить на три категории.

Прямые

- Режимы резания: скорость, ширина и толщина стружки (подача и глубина резания — не совсем корректны).
 - Форма, задний угол, форма передней поверхности и типоразмер режущей пластины.
 - Состояние, модель, качество и характеристики корпуса резца и резцедержателя.
- Неподходящий резцедержатель может снизить стойкость на 20%. Разные способы крепления пластин оказывают влияние на площадь опорной поверхности (прежде всего теплоотвод) и жёсткость. Например, у державки TCLNT 2525 M12 TaeguTec площадь опорной поверхности пластины CNMG 120408 PC TT8125 будет выше аналогичной величины у державки PCLNR 2525 M12 примерно на 36%.

- СОТС, его вид, концентрация, способ подвода, давление и расход.
- Состояние оборудования и вспомогательного инструмента.

Косвенные

- Стратегия обработки. Например, при черновой обработке жаропрочных сплавов с α-слоем на режущей кромке быстро образуется проточина на границе глубины резания. Износ можно существенно снизить, если обработку вести по конусу, то есть с постоянно изменяемой глубиной резания. Другой пример: при растачивании отверстия на удар иногда удаётся повысить стойкость, если начать обработку с торца детали, где нет удара. Предварительно нагретая пластина — более прочная.
- Квалификация наладчика: от умения выбрать корректные режимы резания до правильной сборки инструмента. Особенно это важно при сборке и наладке сложных инструментов, таких как борштанги с механизмом демпфирования вибрации по типу инерционное тело.
- Оснащение. Например, спиральный токарный патрон в сравнении с реечным не позволит полноценно работать на 4000 об/мин и выше. Другой пример: в России наиболее популярны цанговые патроны по DIN6499, имеющие биение от 6 до 43 мкм. Замена их на гидропластовые, биение которых составляет 3 мкм, и усилие зажатия до нескольких раз выше позволит повысить стойкость инструмента до 40%.
- Состояние и оснащение.

Конспирологические

- Культура производства: возникновение сквозняков, наличие пыли

или чистота цехового туалета. Некомфортные условия (недостаточная освещённость, повышенный шум, загрязнения воздуха и общего состояния помещения) негативно влияют на утомляемость и производительность труда. Перепады температур снижают точность и стабильность работы оборудования, загрязнения — повышают его износ.

- Коэффициент ночной смены. В условиях повышенной утомляемости или многостаночного обслуживания целесообразно производить принудительную смену инструмента, не дожидаясь его полного износа. В ночную смену нежелательно производить особо ответственные изделия или операции с малым циклом обработки требующих высокой концентрации внимания. На том же примере общепринятым сроком службы инструмента можно считать:
 - Пластина токарная из твёрдого сплава: от 5 до 60 минут непосредственно резания (большая или меньшая стойкость, как правило, экономически не оправдана).
 - Державка токарная: в среднем 400 переналадок.
 - Винт крепёжный СМП: в среднем 30 переналадок. Для пластин с режущей частью из сверхтвёрдых материалов от 1 до 5 переналадок. Если не используется ключ для контроля момента затяжки винтов, срок замены винтов необходимо сократить.
 - Винт прижима или опорной пластины: около 50 переналадок.
- Периодичность обслуживания: не реже каждого пятого раза. При этом важно правильно выбрать смазку: категорически нельзя применять медную антипригарную смазку на облегчённых фрезях из лёгких сплавов».

образцы материала для пиления. Так, год назад мы предоставили материал, который используют при производстве подводных лодок, но, увы, ни дисковый, ни ленточнопильный станок не смогли с ним справиться», — считает **Николай Мечтанов**.

Срок службы также зависит от режимов резания и системы СПИД. За счёт уменьшения режимов можно обеспечить большую стойкость, но это может повлечь за собой обратный экономический эффект, так как при этом уменьшится производительность.

Инструмент может эффективно работать менее длительное время, а производительность в этом случае может быть в разы выше. Нежёсткость системы СПИД приводит к вибрациям. Система СПИД включает в себя станок, приспособление, инструмент и деталь. В результате нежёсткости любой из составляющих возникают вибрации, которые приводят к увеличенному износу металлорежущего инструмента. «Убивает» инструмент и отклонение заготовки от требований чертежа, например, больший припуск или большая твёрдость.

«В целом все понимают, что использование инструмента дольше времени, заложенного в технологическом процессе, — недопустимо. Это правило строго соблюдают на автоматизированных технологических обработках металлов, где участие персонала сведено к минимуму. В таких случаях выгоднее поменять инструмент до того момента, когда он из-за износа допустит брак на детали. Если производственный процесс подразумевает постоянный контроль обработки со стороны персонала, у технолога есть возможность



лично оценивать степень износа инструмента: он может принять решение

о продолжении эксплуатации либо о немедленной смене инструмента», — отметила **Екатерина Воронова**.

Но не все знатоки отрасли разделяют эту точку зрения: на многих предприятиях операторы работают на трёх-пяти станках: подобная «универсальность» приводит к тому, что специалист не всегда следит за инструментом.

ЭКОНОМИКА

Всегда ли продление срока службы инструмента — это его удорожание? Знатоки отрасли отвечают положительно и большую роль в этом вопросе отдают кадрам: экономия на высококвалифицированных специалистах приводит к ещё большим потерям. Грамотный технологический процесс, прогрессивная стратегия обработки и разумные режимы резания позволяюткратно увеличить производительность и стойкость.

«Чтобы сэкономить, нужно сначала потратить, но иногда затраты незначительны. Приведу пример: при чистовой токарной обработке низколегированной стали в благоприятных условиях произведена замена качественной пластины из твёрдого сплава CNMG 120408 группы P15 по ISO513 на WNMX 060408 WA PV3010 из металлокерамики с покрытием группы P05 по ISO513. При увеличении производительности на 15% удалось сократить долю режущего инструмента в себестоимости в 9 раз — и это только за счёт оптимального выбора режущего инструмента.

Обе пластины — от ведущих мировых производителей. Высокий результат достигнут в первую очередь путём увеличения подачи за счёт зачистки кромки. Ещё один немаловажный фактор — выбор державки со способом крепления «прихват сверху». А использование более современной модели пластины RhinoRush позво-



МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ



(351) 247-74-39

г. Челябинск,
ул. 1-я Окружная, д. 3, оф. 6

реклама

лило сохранить площадь опорной поверхности СМП и державки, при этом число режущих кромок возросло (этот покупатель не использовал «тупые углы CNMG...»), — рассуждает **Денис Бабков**.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

По мнению экспертов, инструментальное производство — одно из наиболее перспективных с точки зрения внедрения аддитивных технологий. Цифровая печать обеспечивает структуру детали, близкую к идеальной с инженерной точки зрения: переменная толщина стенки для обеспечения равномерной прочности, оптимальный профиль поперечного сечения отверстий и полостей для движения охлаждающих жидкостей и так далее.

«Практически идеальная связка — САПР и 3D-принтер. Вместе они позволяют максимально точно воплотить в металле все необходимые конструктивные особенности инструмента. Очень важно, что когда мы говорим о производстве инструмента, мы в первую очередь имеем в виду корпусный инструмент, где методом 3D-печати мы получаем корпус, на который устанавливают или припаивают сменные режущие пластины. Ограниченная точность цифровой печати пока не может полностью устранить механическую обработку: например, шлифование посадочного отверстия или наружной поверхности хвостовика, фрезерование гнезда пластины или нарезание резьбы в отверстиях», — комментирует заместитель технического директора ЗАО «Хофф-

манн Профессиональный Инструмент» **Иван Пийп**.

Опыт зарубежных партнёров в освоении аддитивных технологий перевалил рубеж в десять лет. В России, считают специалисты, 3D-печать частично используют при производстве промышленных образцов, однако свойства материалов и высокая себестоимость сдерживают широкое применение этих решений. Например, для изготовления корпусов большого диаметра использовать 3D-печать — экономически нецелесообразно.

«Как показывает наш опыт компании-разработчика металлорежущего инструмента, далеко не всегда внедрение аддитивных технологий экономически выгодно. В качестве точного примера можно привести наши сборные свёрла GARANT HiperDrill — эту серию

К СЛОВУ

Наиболее востребованы пилы из высокоскоростной стали вольфрам-молибден-кобальт. Для чёрной стали, труб, цветных металлов — ленточные пилы Bimetal M42 и дисковые HSS DMo5, для нержавеющей, высоколегированных, конструкционных и других сталей — ленточные Bimetal M51 и дисковые Co 5%.






**РОСМАРК
СТАЛЬ**

Настоящее оборудование –
будущее производства

- Отрезные станки
- Ленточные и дисковые пилы
- Установки гидроабразивной резки
- Заточные станки
- Инструментальная сталь
- Обрабатывающие центры
и специальные станки

 **Поставки по всей России**

 **Обучение персонала**

 **Монтаж, гарантийное
и послегарантийное
обслуживание**

8 800 700-27-64

www.rosmark-steel.ru

www.rosmark.ru


ЭКСПЕРТ



ЕКАТЕРИНА ВОРОНОВА,
инженер-технолог
I категории ООО «ПРОМОЙЛ»

«Продуктивное время работы станка — один из ключевых показателей расчёта финансовой эффективности оборудования. Важнейшая задача руководителя на производстве — не допустить излишний простой оборудования, для этого необходим «задел инструмента». Цена металло-режущего инструмента заранее заложена в себестоимость выпускаемой продукции. На финансовые потери может влиять только повышение расценок в период производства, когда возникает необходимость дополнительно приобретения».

производят для получения отверстий в диапазоне от 9 до 32 мм. Чтобы обеспечить надёжный процесс сверления, очень важен подвод большого объёма СОЖ в зону резания для удаления стружки из отверстия. Свёрла больших диаметров с толстой сердцевиной можно изготавливать с центральным каналом для подвода СОЖ, но если говорим о малых диаметрах до 13 мм, в этом случае ослабление корпуса будет

критическим. Как раз для изготовления корпусов свёрл от 9 до 12,99 мм мы используем метод 3D-печати. Это позволяет нам получить спиральные каналы для подвода СОЖ оптимальной формы. Дополнительное преимущество использования аддитивных технологий в том, что материал корпуса инструмента имеет равномерную микроструктуру, благодаря которой и лучшие прочностные характеристики». 

ДОЛЯ РЕЖУЩЕГО
ИНСТРУМЕНТА
В СЕБЕСТОИМОСТИ
ИЗДЕЛИЙ
В МАШИНОСТРОЕНИИ
ОБЫЧНО СОСТАВЛЯЕТ

3,5%

И КРАЙНЕ РЕДКО
ВЫХОДИТ
ИЗ ДИАПАЗОНА ОТ

1,5%

ДО

10,0%

