

УДК 621

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ
МЕТАЛЛОВ**

В.В. Михайлов, студент гр. ТСа-241, 2 курс
Научный руководитель: Короткова Л.П., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.
Горбачева, г. Кемерово

В условиях современного машиностроительного производства и металлообработки инженеры регулярно сталкиваются с необходимостью обработки высокопрочных и труднорежущихся материалов. В первую очередь речь идет о жаропрочных и легированных сталях, а также сплавах на основе титана и никеля. Эти материалы незаменимы в авиастроении, энергетическом оборудовании и тяжелом машиностроении благодаря исключительной прочности, коррозионной стойкости и способности сохранять эксплуатационные характеристики при экстремальных термических нагрузках. Однако именно эти преимущества оборачиваются серьезными технологическими трудностями: стремительным износом режущего инструмента и существенным снижением производительности процессов резания.

Ключевой проблемой при обработке таких сплавов выступает интенсивный тепловыделение в зоне контакта инструмента с заготовкой. Высокое трение в сочетании с низкой теплопроводностью материала приводит к критическому перегреву режущей кромки, что вызывает ее практически моментальное затупление. Дополнительными дефектами становятся адгезионные наросты, наклеп, а в некоторых случаях — химическое взаимодействие между обрабатываемой деталью и инструментом. Совокупность этих факторов разрушает качество обработки и катастрофически сокращает ресурс оснастки.

Износ при работе с труднообрабатываемыми материалами носит комплексный характер:

Абразивный — твердые неметаллические включения буквально истирают режущую кромку.

Адгезионный — микрочастицы материала налипают на инструмент, а затем отрываются вместе с его поверхностным слоем.

Диффузионный — под воздействием высоких температур происходит взаимное проникновение атомов между инструментом и заготовкой, из-за чего инструмент теряет свои исходные свойства.

Окислительный — химические реакции, ускоряемые нагревом.

В итоге всё это приводит к лавинообразному разрушению режущей части и резкому падению эффективности работы.

Для преодоления этих ограничений применяется целый спектр современных технологических решений. Наибольшее распространение получили износостойкие покрытия, такие как нитрид титана (TiN), алюмо-титановый нитрид (AlTiN) и алмазоподобные покрытия (DLC). Они снижают коэффициент трения, повышают термостойкость и химическую инертность, что в итоге обеспечивает более длительный и стабильный срок службы инструмента.

Ключевое значение имеет также научно обоснованный выбор режимов резания. Например, при обработке титановых сплавов скорость резания намеренно снижают для предотвращения термического перегрева. Подачу и глубину резания подбирают так, чтобы минимизировать время контакта инструмента с материалом. Кроме того, для каждого класса материалов оптимизируют геометрию режущей кромки.

Параллельно совершенствуются и сами инструментальные материалы. Сегодня в арсенале технологов — твердые сплавы, режущая керамика, кубический нитрид бора (CBN, идеален для закаленных сталей) и поликристаллический алмаз (PCD, оптимален для цветных металлов и композитов). Каждый материал имеет свою специализацию и область применения.

Нельзя недооценивать роль систем охлаждения и смазки. Особенно эффективны современные методы минимальной смазки (MQL — Minimum Quantity Lubrication) и криогенное охлаждение (жидкий азот или углекислота). Они реально снижают температуру в зоне резания и предохраняют инструмент от преждевременной деградации.

В последние годы активно развиваются гибридные технологии, сочетающие механическую обработку с дополнительными физическими воздействиями: лазерное упрочнение поверхности, ультразвуковая обработка и электроэрозионное воздействие. Эти методы уменьшают механическую нагрузку, повышают точность и качество готовой поверхности.

Важную роль играют цифровые решения. Современные CAD/CAM-системы позволяют моделировать процесс резания с учетом реальных свойств материала, прогнозировать износ еще до начала изготовления детали и оптимизировать траектории движения инструмента. Благодаря встроенным датчикам и технологиям интернета вещей (IoT) станки в реальном времени отслеживают температуру и вибрации, автоматически подстраивая параметры для достижения максимальной эффективности.

Экологический аспект также не остаётся без внимания. Переход на MQL и криогенную подачу хладагента сокращает количество токсичных отходов, что полезно как для окружающей среды, так и для здоровья персонала. Дополнительно внедряются процессы переработки отработанных покрытий и металлической стружки для экономии ресурсов.

В настоящее время ведутся активные исследования в области новых материалов: композитов на основе МАХ-фаз, нанокерамики с функциональными добавками, а также инструментов с алмазными микрочастицами. Покрытия становятся градиентными — с изменяющимся составом по толщине, что позволяет сочетать твердость, вязкость и химическую стойкость.

Гибридные схемы типа «лазер + механическая обработка» дают возможность получать детали с уникальными физико-механическими свойствами. Аддитивные технологии (3D-печать металлическим порошком) открывают буквально революционные перспективы для изготовления геометрически сложных изделий из труднообрабатываемых материалов.

Для рентабельной и качественной обработки сложных металлических сплавов необходим комплексный системный подход. Он включает использование передовых инструментальных материалов и покрытий, оптимальные режимы резания, интеллектуальное охлаждение и гибридные методы. Только когда все эти элементы работают в единой связке, достигаются высокая производительность, превосходное качество продукции и минимальные экономические потери.

Список литературы:

1. Маслов А.Р., Схиртладзе А.Г. Обработка труднообрабатываемых материалов резанием: учебное пособие. — М.: Инновационное машиностроение, 2018. — 207 с.
2. Адашкин А.М., Колесов Н.В. Современный режущий инструмент. — М.: Академия, 2012. — 520 с.
3. Борисенко Г.А., Иванов Г.Н., Сейфулин Р.Р. Технология конструкционных материалов. Обработка резанием. — М.: ИНФРА-М, 2012.
4. Верейка Л.И., Краснов М.М., Фрадкин Е.И. Металлообработка. Справочник. — М.: ИНФРА-М, 2017.
5. Гуревич Я.Л., Горохов М.В., Захаров В.И. Режимы резания труднообрабатываемых материалов. — М.: Машиностроение, 1986. — 240 с.
6. Куприянов В.А. Инструмент для резания труднообрабатываемых материалов. — М.: Машиностроение, 1989. — 136 с.
7. Горбунов Б.И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки. — Киев: Машиностроение, 1981. — 287 с.
8. Солнцев Ю.П. (ред.) Металловедение и технология металлов. — М.: Металлургия, 1988. — 512 с.
9. Дальский А.М. и др. Технология конструкционных материалов. — М.: Машиностроение, 1990. — 352 с.

10. Кнорозов Б.В. и др. Технология металлов и материаловедение. — М.: Металлургия, 1987. — 800 с.
11. Гуляев А.П. Металловедение. — М.: Металлургия, 1986. — 544 с.