

УДК 621.9. 535.221

**ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПРОРЕЗНЫХ ФРЕЗ
ДЛЯ ПРОТОЧКИ ПАЗОВ В ЯЗЫЧКОВЫХ ИГЛАХ
КОМБИНИРОВАННОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ***В.Н.ЛАТЫШЕВ, В.В.НОВИКОВ, Р.С.СУХАНОВ, В.Ф.ВОРОБЬЕВ, М.Н.ШИПКО***(Ивановский государственный университет,
Ивановский государственный энергетический университет)**

Создание новых машин и оборудования в текстильном машиностроении в настоящее время все в большей степени зависит от использования труднообрабатываемых материалов. Повышение экономичности машиностроения неразрывно связано с повышением эффективности металлообработки, снижением затрат, обусловленных износом металлорежущего инструмента, особенно на инструментоемких операциях, например, для проточки пазов в язычковых иглах, применяемых в вязальных машинах, позиций 0-1933, 0-1790, 0-1605. Здесь износ инструмента связан с необходимостью лезвийной обработки инструментальных сталей У8, У8ХА, У10, У10ХА, обладающих повышенной прочностью и вязкостью.

В связи с тем, что износ происходит в тонком поверхностном слое, дополнительное повышение механических и противозносных свойств поверхности различными методами или комбинацией методов является перспективным и экономически выгодным. К эффективным методам повышения работоспособности режущих инструментов для обработки труднообрабатываемых материалов относится нанесение износостойких покрытий [1], диффузионное легирование методами обычной и ионной химико-термической обработки [2], лазерное термоупрочнение [3], комбинированные методы упрочнения [4].

Цель наших экспериментов заключалась в разработке эффективного метода упрочнения прорезных фрез $\varnothing 8 \times 0,13$, $\varnothing 17 \times 0,24$, $\varnothing 17 \times 0,28$ мм, изготовленных из

закаленной быстрорежущей стали Р9 с исходной микротвердостью $H_{100} = 7,8$ ГПа. Исследовали два метода упрочняющей обработки: 1) – вакуумной конденсации износостойкого покрытия из нитрида титана; 2) – лазерное импульсное термоупрочнение поверхности, а также возможности комбинации указанных методов.

В качестве покрытия использовали соединение TiN, нанесенное на материал основы методом вакуумной конденсации с использованием установки Булат-3Т. Порядок подготовки испытуемых образцов был следующим. Образцы фрез предварительно очищались в бензине и ацетоне в ультразвуковых полях, затем помещались в вакуумную камеру, которая откачивалась до давления 10^{-3} Па. Далее поверхность образцов в течение 30 мин очищалась в плазме тлеющего разряда в среде аргона при напряжении на катоде 2,0 кВ и плотностях тока до $(2...4) \text{ А/м}^2$.

Перед нанесением износостойкого покрытия поверхность образцов подвергалась бомбардировке ионами титана (Ti), полученных от дугового испарителя при токах дуги 100 А, ускоряющем напряжении 2,0 кВ и плотностях тока на образцах до $(10...30) \text{ А/м}^2$ (обработку производили в среде остаточных газов при давлениях $10^3...10^2$ Па). Суммарное время обработки ионной бомбардировкой не превышало 2 мин; температура образцов при этом была не выше $300...400^\circ\text{C}$.

Непосредственно после ионной бомбардировки осуществляли нанесение износостойкой пленки TiN, которая образовывалась при дуговом распылении титана в

среде азота (ток дуги распылителя 100 А, давление азота в вакуумной камере 2...5 Па, плотность тока на поверхности образцов достигала величины (3...5) А/м²). Образец фрезы являлся катодом, к которому прикладывалось постоянное напряжение $U_{см}$ смещения и периодически, с частотой 50 Гц, высоковольтный импульс $U_{и}$.

Величина $U_{см}$ принималась равной 300 В, амплитуда $U_{и}$ высоковольтных импульсов – 60 кВ, длительность импульсов – 10 мкс. Такое воздействие электрического поля на поток ионов, конденсирующихся на поверхности образца, приводит к значительному улучшению физико-химических свойств выращиваемых пленок [5]. Время нанесения износостойкого покрытия равнялось 10 мин, толщина выращенного покрытия ~ 10 мкм.

Лазерную обработку осуществляли путем нагрева торцевой поверхности фрезы одиночным импульсом излучения неодимового лазера ГОС-301 с плотностью потока энергии в импульсе 15...80 кВт/см². Диаметр пятна расфокусировки лазерного луча подбирался таким образом, чтобы за один импульс обрабатывалась зона диаметром, соответствующим диаметру фрезы.

Обработку проводили при следующих параметрах – фокусное расстояние линзы $F = 50$ см; степень расфокусировки $\Delta F = 50$ см; диаметр пятна нагрева $d_n = 21$ мм; энергия импульса $W = 20...50$ Дж; длительность импульса свободной генерации ~ 1 мс. Плотность потока ограничивалась режимами, которые обеспечивали нагрев до начала оплавления поверхности.

Структуру и микротвердость упроченных фрез изучали на поперечных и косых металлографических шлифах. Микротвердость измеряли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке на индентор 100 г.

Испытания на стойкость проводили на фрезерном станке при скорости резания 2,5 м/с; подаче 2,5 мм/с и глубине фрезерования 0,3 мм без охлаждения при проточке пазов в пластине длиной 180 мм, выполненной из нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Износостойкость определяли отношением пути фрезерования к линейному износу зуба фрезы. Линейный износ зуба вычисляли по результатам десяти независимых измерений износа зубьев, расположенных на различных участках окружности фрезы.

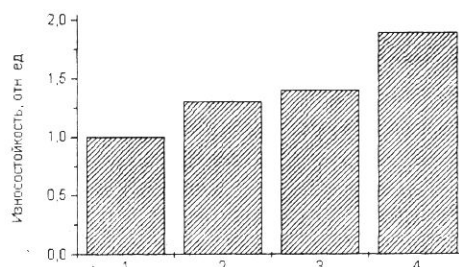


Рис. 1

Исследования показали эффективность рассматриваемых методов обработки для повышения износостойкости. На сравнительной диаграмме (рис. 1, где за относительную единицу принята стойкость исходной фрезы: 1 – без обработки; 2 – лазерное термоупрочнение (30 кВт/см²); 3 – нанесение покрытия TiN; 4 – комбинированная обработка (покрытие + лазерное упрочнение)) приведены результаты стойкостных испытаний обработанных фрез. Максимальное увеличение стойкости фрезы в 2 раза достигнуто при комбинировании методов – нанесении TiN-покрытия и последующем лазерном термоупрочнении.

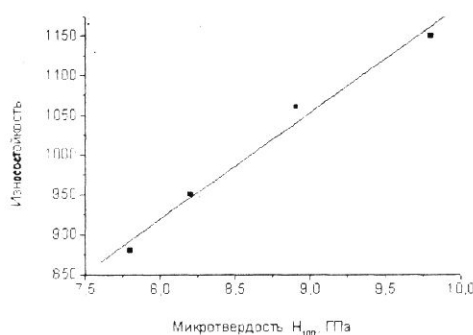


Рис. 2

Также установлена тесная корреляция между твердостью базового материала и износостойкостью фрез, обработанных лазерным излучением с различной плотностью потока (рис. 2: 1 – без обработки; 2 – 17 кВт/см²; 3 – 23 кВт/см²; 4 – 30 кВт/см²).

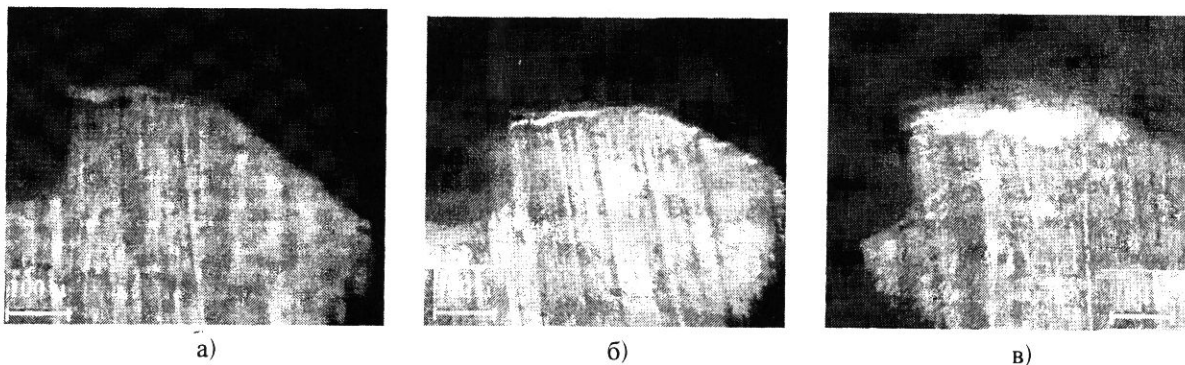


Рис. 3

Изучение поверхности изношенного зуба фрезы показало отличия в характере работы и изнашивании зубьев фрезы, обработанной различными методами (рис. 3: а) – лазерное термоупрочнение; б) – нанесение TiN-покрытия; в) – комбинированная обработка (покрытие + лазерное упрочнение)). Процесс фрезерования инструментом без покрытия сопровождается наростообразованием (рис. 3-а), вызванным адгезионным взаимодействием материалов инструмента и заготовки. Очевидно, что образование нароста затрудняет процесс фрезерования, повышает температуры в зоне резания и вызывает повышенный износ инструмента. Повышение износостойкости в случае лазерного термоупрочнения по сравнению с необработанной фрезой связано с повышением твердости инструмента (рис.2).

Анализ зубьев фрез с покрытием показывает, что, во-первых, изнашивание инструмента идет без наростообразования; во-вторых, на верхней режущей кромке инструмента имеет место оголенный участок, где покрытие отсутствует (рис. 3-б, в). При этом размеры оголенного участка для фрезы, дополнительно упрочненной лазерным излучением, заметно больше, чем для необработанной.

Полученные данные также свидетельствуют, во-первых, что покрытие снижает адгезионное взаимодействие инструмента и заготовки – это улучшает процесс резания и снижает износ инструмента. Во-вторых, инструмент какое-то время сохраняет работоспособность после схода покрытия. Следовательно, процесс изнаши-

вания происходит в две стадии. На первой стадии разрушается покрытие путем износа и отслоения от основы, на второй – идет износ базового материала. Поскольку износостойкость базового материала повышается в результате лазерной обработки, время работы инструмента после комбинированного упрочнения больше.

Причиной повышения стойкости фрезы после комбинированного упрочнения является коммулятивный эффект обоих методов на каждом этапе изнашивания. В начале износа фрезы работает износостойкое покрытие, которое уменьшает адгезионное взаимодействие и какое-то время предохраняет базовый материал от разрушения, чем достигается повышение износостойкости в 1,4 раза (рис. 1).

После разрушения покрытия в работу вступает упрочненный лазером базовый материал инструмента, износостойкость которого в 1,3 раза выше, чем необработанного. Произведение эффектов от каждого вида обработки дает результирующее увеличение износостойкости фрезы: $1,4 \cdot 1,3 = 1,8$ раз (1,9 раза в эксперименте).

Дополнительное увеличение стойкости по сравнению с коммулятивной оценкой связано с улучшением физико-механических свойств покрытия, вызванным лазерной обработкой, снижением величины остаточных напряжений в покрытии, увеличением прочности сцепления покрытия с инструментальной основой после лазерной обработки, на что указывают ряд исследователей [4].

1. Установлено, что применение комбинированной упрочняющей обработки позволяет в 1,9 раза повысить износостойкость прорезных фрез, применяемых на операции проточки пазов в язычковых иглах вязальных машин.

2. Повышение износостойкости при комбинированной упрочняющей обработке связано с коммулятивным эффектом применяемых методов, который обеспечивается двумя стадиями изнашивания инструмента с покрытием, а также с улучшениями свойств покрытия после облучения лазером.

1. *Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С.* // Резание металлов. – 2001. С.395...426.
2. *Наумов А.Г., Горшков В.В.* Повышение износостойкости быстрорежущего инструмента технологией ионной йоднитроцементации // Тез. докл.: Состояние и развитие электротехнологии. IX Бенардосовские чтения. – Иваново, 1999. С.353.
3. *Новиков В.В., Латышев В.Н.* Модификация и упрочнение трущихся поверхностей лазерной обработкой. – Иваново: ИвГУ, 2000.
4. *Табаков В.П., Власов С.Н.* Применение лазерной обработки для повышения работоспособности режущего инструмента с покрытием // Конструкторско-техническая информатика. – 2000. С.187...188.
5. *Воробьев В.Ф., Ильин Н.В., Шипко М.Н.* // Вестник машиностроения. – 2002, №1. С.20...23.

Рекомендована научно-техническим советом трибологического научно-исследовательского центра ИвГУ. Поступила 14.03.03.