

**И.В. МУРАШОВА,  
С.О. СЕЛИФАНОВ,  
И.Л. ПОБОЛЬ, д-р техн. наук (ФТИ НАН Беларуси)**

## **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕЖУЩИХ КРОМОК СТАЛЬНОГО И ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА**

**Введение.** Обработка материалов из древесины существенно отличается от обработки металлов и их сплавов. Главной особенностью этого процесса является статическое и динамическое нагружение обрабатываемых поверхностей инструмента, в частности его режущих кромок, повышенные температуры и влажность, абразивное и химическое воздействие, высокая степень цикличности. Все это вызывает повышенный износ и коррозионное разрушение режущих элементов инструмента.

Целью работы является изучение механических свойств инструмента, исследование путей повышения ресурса его работы, оценка качества резания и износа инструмента с использованием экспресс-методики.

**Методики исследования.** В качестве инструмента для упрочнения использовались твердосплавные режущие пластины марки T04F производства «Leuco» (Германия) со средней величиной зерна WC 0,5–0,8 мкм размером 20–60×12×1,5 мм и стальной деревообрабатывающий инструмент различной геометрии производства ОАО «Станкозавод «Красный борец»» (г. Орша). Упрочнение поверхности инструмента осуществлялось на вакуумно-плазменной установке УВНИПА-1-001 посредством нанесения на поверхность инструмента упрочняющих износостойких наноструктурных покрытий на основе тугоплавких металлов. При этом использовался метод катодного вакуумно-дугового осаждения покрытий системы Ti-Ti<sub>x</sub>N<sub>y</sub> из ускоренных потоков плазмы титана в среде реакционно-способного азота.

Микротвердость измерялась на микротвердомере Struers Duramin с использованием нагрузки 0,1–1 Н. Измерения шероховатости проводились на профилометре модели 296.

Исследования триботехнических характеристик инструмента проводились на трибометре возвратно-поступательного типа, пара трения: сталь шарик 4 мм (сфера) – плоскость ножа, приложенная нагрузка составляла 1 Н; длина хода (трека) – 3 мм, линейная скорость – 4 мм/с, индентор – сталь ШХ-15.

Производственные испытания стойкости твердосплавных режущих пластин выполнялись в ОАО «Барановичдрев» на обрабатывающем центре с ЧПУ «Rover-B4». С использованием пластин осуществлялась черновая обработка кромок дверей из сосны и ели. Скорость резания составляла 9000 об/мин.

Испытания деревообрабатывающего инструмента из стали Р6М5 проводились в ОАО «Лагуна». Скорость резания составляла 8600–9400 об/мин. В качестве материала для резания использовались заготовки из ясеня.

Появление и дальнейшее образование заусенцев на заготовках деревянных изделий при их обработке и являются критериями износа указанного выше инструмента в процессе его эксплуатации.

**Результаты исследований.** Исследованы трибологические характеристики инструмента с покрытиями. Измерения коэффициентов трения поверхности ножей показали, что для стального неупрочненного инструмента он находится на уровне 0,7–0,8; для твердосплавных пластин без покрытий составляет 0,4–0,5. Значения коэффициентов трения для упрочненных стальных ножей и твердосплавных пластин составляют соответственно 0,5–0,6 и 0,2.

Рельеф поверхности кромок инструмента (как стального, так и твердосплавного) в исходном состоянии «ребристый» (с перепадом высот 1–4 мкм), что связано с заточкой инструмента. После нанесения покрытий поверхность инструмента сохраняет рельеф заточки, при этом толщина покрытий составляет 2–4 мкм.

На рисунке 1, а представлен внешний вид твердосплавных пластин. После нанесения покрытий проведены исследования их механических характеристик. Установлено, что значения микротвердости поверхности пластин возрастают: в исходном состоянии она составляет 2075–2160 HV, после нанесения покрытий возрастает до 2610 HV.

Упрочненные пластины устанавливались на концевые четырехпозиционные фрезы для черновой обработки кромок изделий (рисунок 1, б). В ходе проведения промышленных испытаний установ-

лено, что с помощью инструмента с покрытиями системы  $Ti-Ti_xN_y$  были обработаны кромки 540 дверных блоков (3240 п.м). При этом ресурс работы неупрочненных режущих пластин составляет 100 дверных блоков (600 п.м).

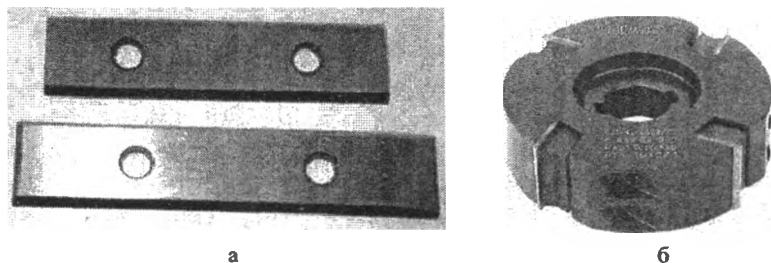


Рисунок 1 – Внешний вид твердосплавного упрочняемого инструмента (а);  
концевая 4-х позиционная фреза для черновой обработки кромок изделия (б)

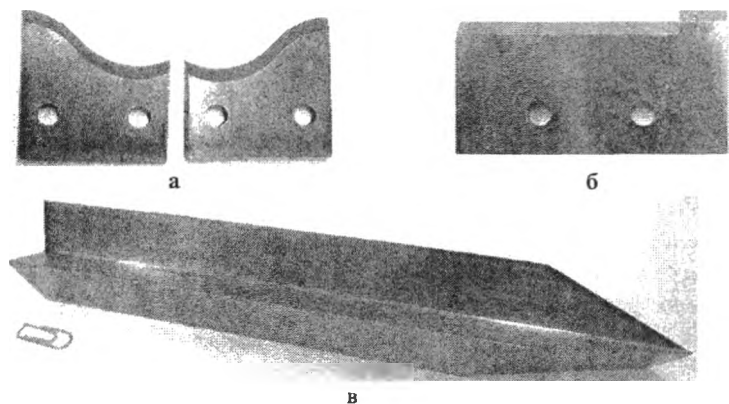
Таким образом, в ходе испытаний выявлено, что стойкость твердосплавного режущего инструмента, на поверхность которого нанесены упрочняющие износостойкие наноструктурные покрытия системы  $Ti-Ti_xN_y$ , в 5,4 раза выше, чем у режущих пластин, не подвергнутых упрочнению. Достоверность проведенных исследований подтверждена актами испытаний.

Также были проведены исследования состояния кромок твердосплавных пластин до и после резания. Установлено, что радиусы скруглений режущих кромок ножей без покрытий находятся в интервале 4–9 мкм, после нанесения упрочняющих слоев – 5–8 мкм. После проведения промышленных испытаний зафиксировано увеличение радиусов скруглений кромок до 20–50 мкм для инструмента без покрытий, и 15–25 мкм для пластин со слоями  $Ti-Ti_xN_y$ .

Внешний вид стальных ножей представлен на рисунке 2. В таблице 1 приведены результаты испытаний упрочненного инструмента при обработке заготовок мебели. Из результатов испытаний видно, что использование упрочненного инструмента позволяет повысить стойкость инструмента соответственно в 1,82 (нож «релотти»), в 1,93 (нож «дефлектор») и 1,2 раза (нож для обработки пазов).

Исследования характера износа режущих кромок стальных ножей показали, что после заточки значения радиусов кромок находятся в интервале 5,2–15,2 мкм для ножа «дефлектор», 3–19 мкм –

для ножа «релотти» и 2,8–12,8 мкм – для пазового ножа. В процессе работы инструмента наблюдается истирание кромки, при этом износ – равномерный, сколы отсутствуют. В процессе эксплуатации на поверхности дефлекторов образовалась темная кромка, что, очевидно, связано с перегревом инструмента в процессе работы. Однако, это не вызывало ухудшения качества обрабатываемой поверхности. После исчерпания ресурса работы инструмента радиусы скруглений режущих кромок ножей находились в следующих интервалах: 18–40 мкм – для ножа «дефлектор», 19–40 мкм – для ножа «релотти» и 5,2–24 мкм – для пазового ножа. Согласно существующим литературным данным, рабочее состояние деревообрабатывающих ножей обеспечивается, если радиус скруглений составляет менее 25 мкм.



а – «релотти»; б – «дефлектор»; в – для обработки пазов  
Рисунок 2 – Внешний вид ножей

Таблица 1 – Результаты испытаний инструмента при обработке заготовок из ясеня

Вид инструмента	Стойкость, шт.	
	без покрытия	с покрытием $Ti-Ti_xN_y$
нож «релотти»	900	1635
нож «дефлектор»	650	1253
нож для обработки пазов	250	300

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что нанесение на поверхность твердосплавного и стального деревообрабатывающего инструмента упрочняющих износостойких наноструктурных покрытий обеспечивает «сглаживание» поверхности инструмента, повышает ее микротвердость, обеспечивает высокое качество обработки благодаря оптимальным значениям радиусов скруглений режущих кромок и, в целом, позволяет значительно повысить ресурс его работы.

УДК 674.055

**И.В. МУРАШОВА,**  
**С.О. СЕЛИФАНОВ,**  
**И.Л. ПОБОЛЬ, д-р техн. наук (ФТИ НАН Беларуси),**  
**Ю.В. СОКОЛОВ, д-р техн. наук (БНТУ)**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ИЗНАШИВАНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА С УПРОЧНЯЮЩИМИ ПОКРЫТИЯМИ\***

**Введение.** Использование древесины как конструкционного материала обусловлено достаточно высокой механической прочностью, небольшой объемной массой и высокой удельной прочностью, хорошей сопротивляемостью ударным и вибрационным нагрузкам. В различных отраслях промышленности древесина используется как в натуральном виде, так и в виде разнообразных древесных материалов.

Учитывая особенности структурного состава материалов и разнообразие конфигураций изделий, в мебельной и деревообрабатывающей промышленности широкое применение находит концевой фрезерный инструмент. В сборных фрезах применяют механически закрепляемые неперетачиваемые сменные пластинки, изготовленные из быстрорежущих сталей, твердого сплава или поликристаллического алмаза.

---

\*В проведении исследований МРСА принимала участие ведущий инженер БГУ, канд. физико-математических наук Гусакова С.В.