

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.

Преимуществом инструмента, изготовленного из быстрорежущих сталей, является его относительно низкая стоимость, возможность варьирования геометрией инструмента и возможность его переточки. Однако существенным недостатком является низкий ресурс работы.

Инструмент, изготовленный из композита на основе карбида вольфрама, получает в настоящее время все более широкое распространение. Структура материала представлена частицами карбида вольфрама, равномерно распределенными по сечению инструмента, и кобальтовой связкой. Механические свойства материала напрямую зависят от количества и размеров карбидной фазы.

Поликристаллический алмазный инструмент представляет собой слоеную структуру, полученную путем синтеза искусственных кристаллов алмаза различной ориентации на поверхности пластин из WC или TiC. Такой инструмент отличается высокой стоимостью.

Целью работы является исследование морфологии поверхности твердосплавного деревообрабатывающего инструмента, оценка характера износа ножей при резании древесины и древесных композитов.

Методики исследования. Предметом исследований являются твердосплавные режущие пластины производства «Leuco» (Германия), «Faba» (Польша), «Italtrade» (Италия) размером 20–60×12×1,5 мм без покрытия и упрочненные методом катодно-дугового осаждения в вакууме из ускоренных потоков плазмы на установке типа УВНИПА-1-001 покрытиями систем Ti–TiN, ZrCN и алмазоподобным углеродом (C).

Структуру образцов изучали на металлографическом оптическом микроскопе МГК-1 при увеличении от 100 до 500. Микрорентгеноспектральный анализ (МРСА) образцов проводился на рентгеновском микроанализаторе LEO 1455VP/«Cambridge Instruments» с энергодисперсионным детектором «Röntec». Энергодисперсионный анализ осуществляли на рентгеновском микроанализаторе Genesis 2000 с энергодисперсионным литий-кремниевым детектором FEI515.

Производственные испытания стойкости инструмента производства «Leuco» и «Italtrade» выполнялись на предприятии ОАО «Барановичдрев» (г. Барановичи), «Faba» – в СП «SoftForm» (г. Минск) на обрабатывающих центрах с ЧПУ. С использованием

упрочненного инструмента проводили черновую обработку кромок дверей из сосны и ели (ОАО «Барановичдрев») и резание ламинированного ДСтП фирмы «Велмакс» (Российская Федерация) (СП «SoftForm»). Скорость резания составляла 9000 об/мин и 8400–8600 об/мин, соответственно. Критериями износа инструмента в процессе эксплуатации служило образование заусенцев на заготовке двери и «слущивание» ламината с кромок заготовок мебели в процессе обработки.

Результаты исследования. Проведены исследования структуры и химического состава поверхности твердосплавных режущих пластин. На рисунке 1 представлены структуры исследованных твердосплавных пластин: производства «Leuco», рекомендуемых фирмой для резания мягких пород древесины (рисунок 1, а); «Faba» – для резания древесных композитов и твердых пород древесины (рисунок 1, б) и производства «Italtrade» – для всех пород древесины (рисунок 1, в).

Структура образцов представлена смесью зерен карбида вольфрама (WC) с кобальтовой связкой. Наиболее гомогенным по составу является материал производства «Leuco» (размер зерна находится в интервале 0,2–0,7 мкм; зерна, превышающие по размеру 1 мкм, составляют не более 5 % от общего количества). Структура материала производства «Faba» также мелкозернистая, размер зерна составляет 0,2–0,7 мкм, однако по периметру всего образца имеется большое количество (около 20 % от общей массы) зерен, размер которых превышает 1 мкм. Согласно существующим литературным данным, такое строение пластин может отрицательно сказаться на качестве резания твердых пород древесины из-за перепадов микронапряжений на этих участках, поэтому допустимой областью применения таких пластин является резание мягких пород древесины. Пластины производства «Italtrade» отличаются высоким содержанием более крупнозернистого (свыше 1,2 мкм) карбида вольфрама по всему периметру ножа (около 40 %), общий размер зерен составляет 0,4–0,9 мкм.

Ножи применяются для резания мягких пород древесины и их стоимость ниже по сравнению с ножами «Leuco» и «Faba» из-за особенностей их структуры.

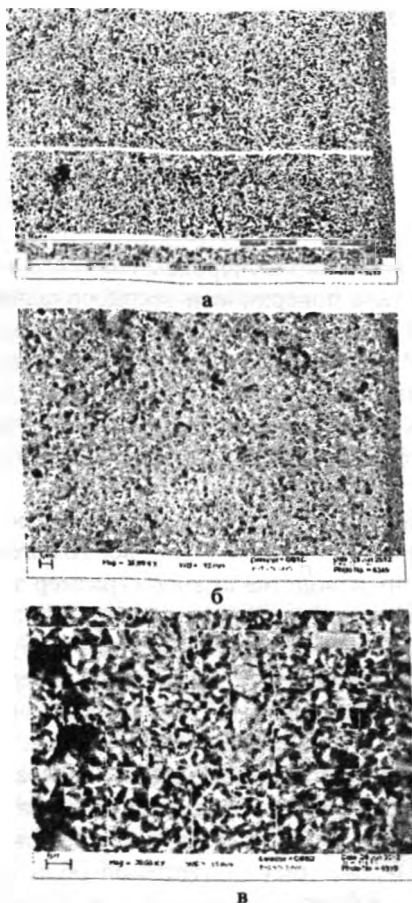
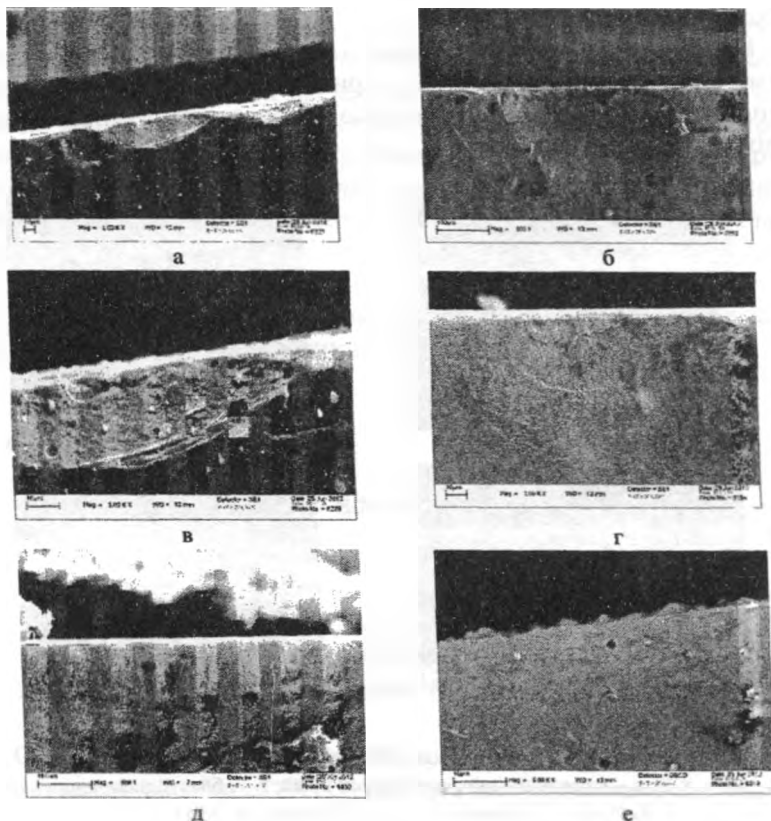


Рисунок 1 – Морфология поверхности твердосплавных пластин производства «Leuco» (а), «Faba» (б), «Italtrade» (в)

Анализ структуры кромок твердосплавных пластин после выработки ресурса резания показал, что наиболее дефектными и изношенными являются кромки ножей производства «Faba» и «Italtrade» для резания древесных композитов и твердых пород древесины (ясень, дуб) без упрочняющих слоев (рисунок 2, а, б); на протяжении всей кромки присутствуют выбоины, в местах скола наблюда-

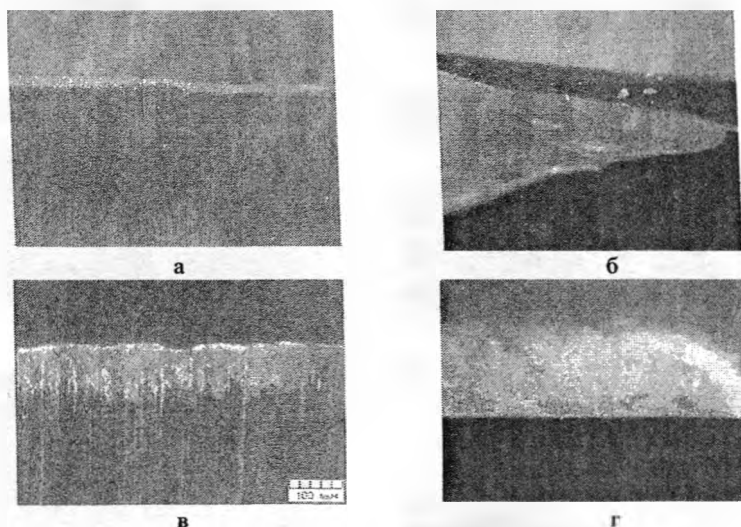
ется вырывание части пластин по границам зерен, рельеф скола повторяет очертания зерен карбида вольфрама (рисунок 2, в) или имеет характер хрупкого излома (для пластин производства «Italtrade», рисунок 2, г). Инструмент производства «Leuco» изношен равномерно, кромки являются гладкими, без выбоин (рисунок 2, д), по наиболее нагруженной передней грани сколов не наблюдается (рисунок 2, е).



а – «Faba»; б – «Italtrade»; в – участок аварийного износа «Faba»;
 г – «Italtrade»; д – «Leuco»; е – передняя грань «Leuco»
 Рисунок 2 – Морфология кромок пластин без покрытия после резания

С целью оценки качества резания и изменения характера износа твердосплавного инструмента проведены исследования с нанесением тонкопленочных покрытий на поверхность ножей. На пластины производства «Leuco» и «Italtrade» наносились покрытия Ti-TiN и ZrCN. Исследования кромок показали, что износ равномерный, сколы и выбоины отсутствуют. В местах износа полного удаления покрытий не происходит, а энергодисперсионные исследования участков износа не фиксируют наличие вольфрама и кобальта на поверхности образцов.

На ножи производства «Faba» наносились покрытия на основе алмазоподобного углерода (C). При снятии пластин установлено, что в процессе работы происходило искривление режущих кромок и их разрушение (рисунок 3).



а – участок равномерного износа, $\times 30$; б – область аварийного износа ножа, $\times 30$; в – изменение окраски кромок ножа; г – область налипания органических составляющих ДСтП на инструмент, $\times 30$

Рисунок 3 – Структура поверхности твердосплавного инструмента «Faba» с алмазоподобным C

Причиной аварийного износа инструмента при испытаниях являлись экстремальные напряжения (выше допустимых нагрузок на кромки) в процессе резания ДСтП с нестабильной структурой (рисунок 3, б). Визуальный анализ передней поверхности пластин показал, что выбоины, сколы отсутствуют, по периметру инструмента наблюдается изменение окраски кромки (рисунок 3, в). Также фиксируется налипание органических составляющих (клея, смолы) ДСтП на поверхность ножей (рисунок 3, г).

Таким образом, анализ результатов исследований свидетельствует, что использование твердосплавного инструмента обеспечивает высокое качество резания древесины и древесных композитов, однако не является гарантией защиты от аварийного износа инструмента. При этом нанесение упрочняющих тонкопленочных покрытий может обеспечить повышение ресурса работы твердосплавных ножей и обеспечить более равномерное распределение нагрузок при резании.

Данные исследования проводятся в рамках проекта БРФФИ Г11М-199 «Разработка основ комплексного подхода в исследовании механики износа режущего инструмента».

УДК 669.58

**В.М. КОНСТАНТИНОВ, д-р техн. наук,
И.А. БУЛОЙЧИК,
О. В. ЗДАНОВИЧ (БНТУ)**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОДИФфуЗИОННОГО ЦИНКОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ

С учетом требований энергосбережения к процессам химико-термической обработки (ХТО) перспективу представляют только те технологии цинкования, которые могут обеспечить получение качественной антикоррозийной защиты при минимальных энерго- и ресурсозатратах. В условиях современного производства термодиффузионное цинкование (ТДЦ) является перспективным способом нанесения защитных покрытий на основе цинка. Основной объем