

### **Применение методов физического осаждения покрытий для повышения износостойкости ножей концевых фрез, обрабатывающих древесностружечные плиты**

На сегодняшний день во многих сферах производства (мебельная промышленность, вагоностроение, строительство) широкое применение находит такой древесный плитный материал, как древесностружечная плита (ДСтП).

В целях повышения эксплуатационно-декоративных качеств, ДСтП подвергают отделке по пластям. Облицовочный слой с содержанием твердой законденсированной смолы 58–59 % и смолы, содержащаяся структуре плиты в качестве связующего (8–13 %), являются одним из факторов повышенного (по сравнению с обработкой массивной древесины) износа резов инструмента. Высокопроизводительную обработку ДСтП по разнообразным (в том числе и криволинейным) траекториям на сегодняшний день осуществляют на обрабатывающих центрах с ЧПУ концевым фрезерным инструментом.

Данный процесс характеризуется следующими особенностями. Малым диаметром режущего инструмента (3–30 мм), что не позволяет пренебрегать циклоидальностью траектории относительного движения резов в процессе резания и вызывает кинематическую трансформацию углов резания на величину динамического угла. Частота вращения концевых фрез при обработке ДСтП составляет 10000 – 24000 мин<sup>-1</sup>, то есть цикличность процесса велика, температура в зоне обработки достигает значительных величин [1].

Высокие частоты вращения концевых фрез в процессе эксплуатации и малые диаметры затрудняют удаление отходов из зоны резания – приводят к доизмельчению стружки.

Следует учитывать, что древесные частицы в составе ДСтП обладают низкой влажностью. В совокупности с наличием частиц законденсированной смолы это может привести к электролизации зоны резания. На ряде режимов резания возможна адгезия частиц связующего к поверхности режущих элементов.

В связи с указанными особенностями ДСтП и процесса фрезерования концевыми фрезами на сегодняшний день для резания данного плитного материала наиболее широкое применение по своим технико-экономическим показателям находит сборный концевой инструмент,

оснащенный неперетачиваемыми пластинками вольфрамкобальтового твердого сплава. Стойкость подобных ножей все же не соответствует современным запросам.

Поэтому для достижения высокого качества изготовленных из ДСтП деталей и обеспечения высокой эффективности процесса обработки, необходимо повышать износостойкость ножей.

Для повышения износостойкости режущего инструмента на сегодняшний день наиболее перспективными являются упрочняющие технологии: ионно-плазменное упрочнение, алмазное выглаживание, лазерное упрочнение, электроискровое легирование и др.

Из методов физического осаждения для дереворежущих инструментов наиболее перспективен метод конденсации покрытий из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхностей инструмента. Покрытия, нанесенные данным методом, отличаются высокими физико-механическими характеристиками, инертностью по отношению к агрессивным химическим соединениям, например, к органическим кислотам, образующимся при термической деструкции древесины в процессе резания, хорошей сцепляемостью с поверхностью инструментального материала. Благодаря возможности широкого варьирования температурой в зонах образования покрытий вакуумно-плазменные методы позволяют эффективно наносить многослойные и многокомпозиционные покрытия на базе нитридных, карбидных, карбонитридных, оксидных, боридных соединений тугоплавких металлов IV – VI групп периодической системы элементов на твердые сплавы.

Наибольшие перспективы применения в качестве износостойких покрытий для режущих инструментов, обрабатывающих древесные материалы, имеют титаносодержащие покрытия.

Благоприятное влияние на износостойкость ионно-плазменных покрытий на основе титана оказывает их теплопроводность. Покрытие является препятствием на пути теплового потока, поэтому в нем образуется высокий градиент температур. Это, в свою очередь приводит к созданию высокого градиента сжимающих напряжений, которые положительно влияют на прочность лезвия.

Одним из важнейших параметров покрытия, оказывающих сильное влияние на работоспособность режущего инструмента, является его толщина. С одной стороны, толстое покрытие значительно повышает износостойкость за счет роста твердости, температурной устойчивости против окисления и коррозии, снижения граничной адгезии. С другой стороны, с увеличением толщины покрытия резко возрастает вероятность появления дефектов, которые могут привести к динамическому разрушению покрытия.

Для нестационарного и прерывистого резания, осуществляемого при фрезеровании концевыми фрезами, толщину покрытия необходимо снижать из-за склонности к хрупкому разрушению. Таким образом, толщина покрытия должна быть подобрана с учетом специфики конкретного процесса резания.

Исследования влияния толщины покрытия нитрида титана на стойкость ножей для фрезерования древесностружечных плит, выполненное В.И. Коняшкиным в Брянском технологическом институте, показали, что наименьшая интенсивность изнашивания ножей, изготовленных из твердого сплава ВК15, достигается при толщине покрытия 5 мкм, ножей из стали Х6ВФ — 3 мкм. При этом автор рекомендует для ножей с покрытием несколько увеличить задний угол резца.

Следует заметить, что нитродотитановые покрытия чувствительны к нагреву на воздухе. В частности, уже при температурах 400...500 °С обнаруживается заметное снижение уровня микронапряжений кристаллической решетки TiN по сравнению с ее исходным состоянием. При температуре нагрева выше 600...700 °С за счет внедрения кислорода в кристаллическую решетку TiN наблюдается рост микронапряжений. При температурах 800...900 °С покрытие отслаивается от поверхности лезвия. Это объясняется действием сжимающих микронапряжений, возникающих в результате заметного различия коэффициентов термического расширения покрытия и материала лезвия. Еще меньшую стабильность при нагреве на воздухе имеют пластины ВК6 с покрытиями MoN и CrN.

Важным является сохранение стабильности свойств покрытий в течение времени транспортировки, хранения и эксплуатации. Повышение стабильности может быть достигнуто нанесение композиционных покрытий, например (Ti—Cr)N, для которого снижение микротвердости после выдержки в течение 540 суток составило всего 4,3 % [2].

Предварительные исследования по изучению работоспособности сборного концевой фрезерного инструмента с диаметрами резания 21–25 мм оснащенного неперетачиваемыми режущими пластинами из вольфрамокобальтового твердого сплава SMG 02 (ИСО513, наиболее близкая по ГОСТ 3882-74 – ВК30М), с протяженностью режущей кромки соответственно 60 и 50 мм, упрочненных различными по фазовому и элементарному составу одно- и многослойными ионно-плазменными покрытиями, содержащими слои Ti, TiN, TiC, TiCN, TiCON, CrC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HfO<sub>2</sub>, ZrN, ZrC, ZrCN, ZrO<sub>2</sub>, Mo, Cr, алмазоподобного углерода и др., показали для некоторых композиций более чем 2-х кратное увеличение стойкости по критерию ограничения растущей в процессе затупления резцов величины мощности на резание при соче-

тании в пределах одной заготовки обработки боковой поверхности ДСтП без отделки (ГОСТ 10632–2007) со снятием припуска от 2 мм до величины диаметра концевой фрезы по сравнению с неупрочненными режущими элементами. Калориметрическими методами установлено, что наличие высокотеплопроводного подслоя в составе многослойного покрытия способствует смещению изотерм максимальной температуры от режущих кромок инструмента, что благоприятно с точки зрения подавления процесса микросколов. При этом обеспечивается минимальное значение коэффициента вариации стойкости, свидетельствующее о более стабильной работе инструмента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рудак, П.В. Эффективная эксплуатация концевого фрезерного инструмента при обработке плитных древесных материалов / П.В. Рудак // Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы их развития: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 27-28 мая 2009 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; редкол.: И.М. Жарский [и др.]. – Минск, 2009. – С. 145–146.

2. Верещака, А.С. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями / А.С. Верещака, И.П. Третьяков. – М.: Машиностроение, 1986. – 192 с.

УДК 630\*28

В.П. Рябчук, В.Я. Заячук  
(Национальный лесотехнический  
университет Украины, г. Львов)

#### Перспективы развития побочных лесопользований в Украине

К побочным лесным пользованиям относят сбор и заготовку дикорастущих плодов, орехов, грибов, ягод, лекарственных растений и технического сырья, размещение пастбищ, выпас скота, заготовку сена, древесных соков, лесной подстилки и камыша. К второстепенным лесным материалам принадлежат древесная зелень, кора, луб и пни [3]. В ныне действующем Лесном кодексе Украины не уделено достаточно внимания повышению производительности недревесных ресурсов.

Комплексная производительность леса включает производительность древостоя, а также биологическую и экологическую производительность [4,5]. Целесообразность выделения комплексной производительности леса вытекает из разнообразия продуктов леса, его многосторонних защитных функций, экосистемной сущности леса, требований экономики.