

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО СТОЙКОСТИ

НИЦ «Плазмотег» Физико-технического института НАН Беларуси,

\* Белорусский государственный технологический университет

г. Минск, Республика Беларусь

*The conditions for working of wood-working tools are analyzed including static and dynamic loading, increased temperature and humidity, abrasive and chemical action, high cyclic degree that lead to abrasive and chemical wear of lathe tools. Deposition of coatings ensures smoothing of cracks that appeared on the tool surface on processing of resin-bonded chipboard as well as increase of wood-working tool life.*

### 1. Введение

При проектировании и изготовлении деревообрабатывающего инструмента необходимо учитывать свойства обрабатываемого материала и зачастую значительные размеры обрабатываемых частей. Деревообрабатывающий инструмент для обработки ДСтП, ДВП, МДФ, твердолиственных пород древесины, работает в условиях статических и динамических нагрузок, повышенных температур и влажности, абразивного и химического воздействия, высокой степени цикличности, что вызывает повышенный износ и коррозионное разрушение режущих элементов инструмента.

Увеличение применения древесных композиционных материалов привело к использованию, наряду со сталями, инструмента из твердых сплавов на основе WC – Co и алмазов.

### 2. Особенности древесностружечной плиты как материала для лезвийной обработки

Во многих сферах производства (мебельная промышленность, вагоностроение, строительство) широкое применение находит древесностружечная плита. При использовании в производстве ДСтП низкокачественного древесного сырья возрастает вероятность попадания в массу для изготовления плит абразивных частиц песка ( $\text{Si}_2\text{O}$ ) и глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), а также частиц металла. В продукции даже самых известных производителей ДСтП присутствуют фрагменты древесной коры, что не рассматривается как нарушение технологии изготовления ДСтП.

В целях повышения эксплуатационно-декоративных качеств древесностружечные плиты подвергают отделке по пластям, а детали из ДСтП при необходимости и по боковым поверхностям (кромкам). Перед отделкой ДСтП подвергают калиброванию путем шлифования на широколенточных калибровально-шлифовальных станках. При этом от основ лент отрываются абразивные зерна, остающиеся на пластях плит.

Плотность ДСтП неравномерна по толщине и может составлять 600–1500 кг/м<sup>3</sup> (еще больше при использовании для формирования наружных слоев плиты более мелкой фракции древесной стружки).

Распространение получила отделка ДСтП синтетическими материалами на основе пропитанной смолами бумаги (фоновой или текстурной). Облицовочный слой с содержанием твердой полимеризованной смолы 58–59 % и смола, содержащаяся в структуре плиты в качестве связующего (8–13 %), являются одним из факторов повышенного (по сравнению с обработкой массивной древесины) износа режущих элементов инструмента.

### 3. Анализ условий работы лезвийного инструмента при обработке ДСтП резанием

Высокопроизводительную обработку ДСтП осуществляют на обрабатывающих центрах с ЧПУ по разнообразным (в том числе и криволинейным) траекториям движения концевой фрезерного инструмента. Для обработки таких материалов применяют фрезы и головки (сборные фрезы со сменными ножами). Используют ножи из инструментальных сталей, быстрорежущих сталей и твердых сплавов. Все интенсивнее применяется инструмент с режущими элементами из поликристаллического алмаза (ПКА, Polycrystalline Diamond, PCD).

Процесс обработки ДСтП концевыми фрезами имеет ряд характерных особенностей. Малый диаметр режущего инструмента (3–30 мм) не позволяет пренебрегать циклоидальностью траектории относительного движения резцов в процессе резания и вызывает кинематическую трансформацию углов резания на величину динамического угла. Таким образом, учитывая упругие свойства частиц древесины, возможно увеличение площади пятна контакта по задней грани резца с обработанной поверхностью, повышенное теплообразование и износ. Частота вращения концевой инструмента при обработке ДСтП составляет 10000–24000 мин<sup>-1</sup>, то есть цикличность процесса велика.

Важным фактором, увеличивающим интенсивность износа резцов при обработке ДСтП резанием, является наличие высоких абразивных свойств не только непосредственно у плитного материала, но и у частиц (стружек), отделяемых от его поверхности режущими элементами инструмента. Отделенные резцом от плиты частицы попадают в стружечную впадину концевой фрезы, на поверхности которой после обработки можно различить область взаимодействия со стружкой. При этом высока вероятность повторного взаимодействия с режущим элементом стружки, уже отделенной от заготовки.

При раскросе ДСтП стружка и пыль формируются полученным пазом в некоторый мало рассеивающийся луч (сноп стружки), а при обработке боковой поверхности угол рассеивания отходов от резания гораздо выше, поэтому их удаление происходит более полно.

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

Таким образом, при обработке резанием ДСтП по сравнению с обработкой массива древесины возникают следующие основные особенности (рис. 1), позволяющие отнести ДСтП к труднообрабатываемым материалам:

1. повышенные силы резания,
2. повышение температуры в зоне резания,
3. более неравномерный по длине лезвия износ режущих элементов инструмента,
4. возможность появления сколов хрупкой отделки.

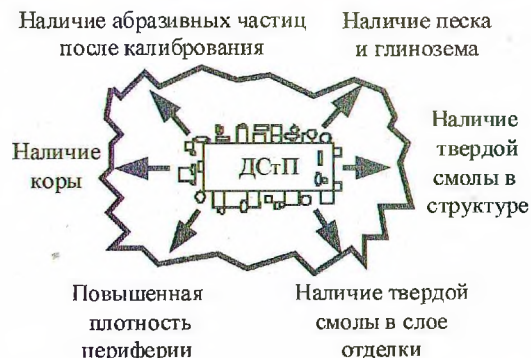


Рис. 1. Основные причины отнесения ДСтП к труднообрабатываемым материалам

### 4. Современный инструмент для обработки ДСтП

В связи с разнообразием конфигураций изготавливаемых деталей из ДСтП (рис. 2), свойствами ДСтП как предмета обработки и особенностями процесса фрезерования, для резания этого плитного материала наиболее широкое применение находит концевой фрезерный инструмент. В сборных фрезах используют механически закрепляемые неперетачиваемые сменные пластинки (как правило, плоские с лезвием линейной формы) из вольфрамо-кобальтового твердого сплава.



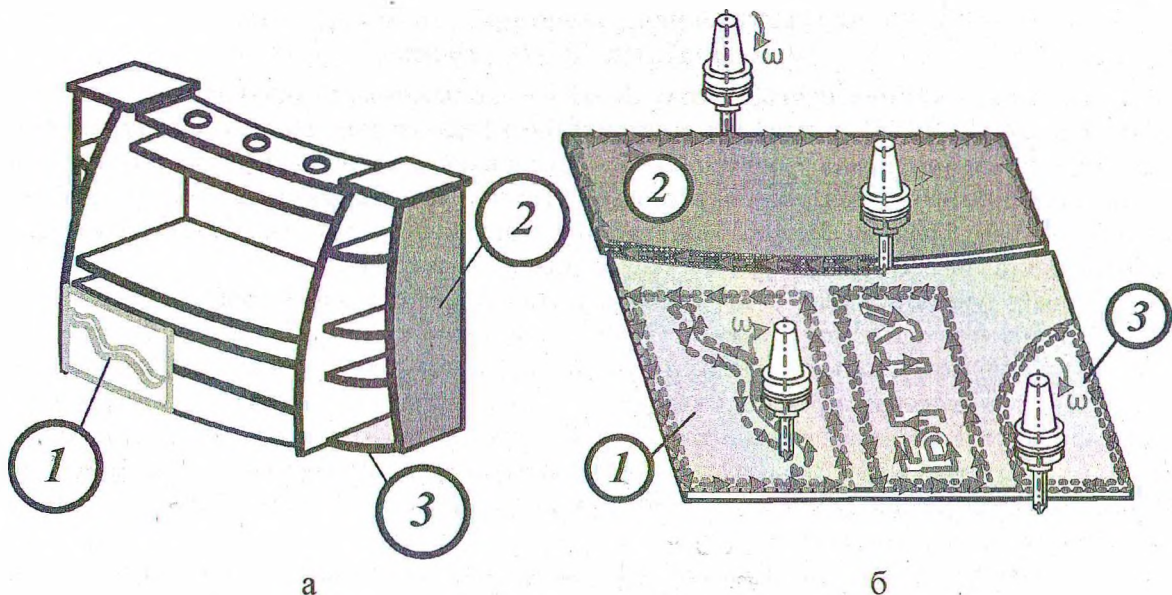


Рис. 2. Пример изделия из ДСП и схема получения деталей этого изделия

Универсальность инструмента из твердых сплавов на основе WC – Co состоит в возможности формирования комплекса механических, термических и химических свойств путем изменения их фазового состава и размеров кристаллов, а также осаждения на них защитных покрытий. Последнее должно рассматриваться как своеобразная промежуточная технологическая среда между контактирующими поверхностями инструментального (режущий элемент) и обрабатываемого материалов с уникальной способностью одновременно снижать термомеханическую нагрузку в зоне резания и повышать сопротивляемость контактных площадок инструмента износу и коррозионному разрушению. Механические свойства инструментов, изготовленных из композиционных карбидов, определяются формой и размером кристаллов карбида. В настоящее время для получения лезвийного инструмента применяют карбиды с размером зерен менее 1 мкм.

Второй тип современного концевой фрезерного инструмента — фрезы, оснащенные пластинами из ПКА, впаянными в тело стальной державки. ПКА с алмазным режущим слоем (толщиной 0,5–1,5 мм) изготавливают при высоких статических давлениях и температурах на подложке из твердого сплава на основе WC или TiC. Такой состав подложки сводит к минимуму напряжения, возникающие между слоями при спекании из-за различия коэффициентов термического расширения алмаза и материала подложки. Поликристаллический алмаз — композитный материал, в котором сочетаются твердость, стойкость к абразивному износу и теплопроводность алмаза с прочностью карбида вольфрама (твердого сплава). Эффективность применения алмазного инструмента при поточной обработке материалов типа ДСП и МДФ намного выше, чем у традиционного инструмента. По данным компании Element Six (De Beers Industrial Diamond Division), стойкость инструмента (дисковых пил, концевых фрез с прямыми и профильными режущими гранями, дробительных, шипорезных и пазовальных фрез) из ПКА превышает стойкость твердосплавного в 15–160 раз. Ситуация похожа на изготовленные нами расточные резцы для обработки сплавов Al – Si при изготовлении поршней на Минском моторном заводе, когда стойкость инструмента возрастает в десятки – сотни раз [1, 2].

Лишь отдельные предприятия Беларуси собственными силами изготавливают концевые фрезы. В основном они закупаются за рубежом. При этом стоимость одной концевой фрезы с напаянными режущими элементами производства фирм «Leitz», «Leuco», «Guhdo», «JSO» (Германия), «Faba» (Польша) диаметром 14–25 мм составляет около 150–350 у.е. в зависимости

от конструкции. Однако, в условиях обработки ДСтП, изготовленного по ГОСТ 10632, частым является не только монотонный износ режущих элементов, но и их аварийные разрушения при взаимодействии с твердыми включениями, как правило, в большом количестве присутствующими в отечественных плитах. Ввиду высокой стоимости инструмента из поликристаллического алмаза и значительных материальных потерь при его аварийном разрушении, производства используют концевые фрезы с механическим креплением твердосплавных режущих элементов, которые поставляются без упрочняющих покрытий. Стоимость таких режущих элементов составляет 5–10 у.е. в зависимости от марки.

Освоение в производстве технологий упрочнения режущих элементов концевых фрез путем нанесения покрытий может обеспечить заметное повышение их стойкости, ресурса корпуса фрезы, сокращение потерь времени на замену затупившихся режущих элементов при одновременной интенсификации режимов обработки. Обусловлено это тем, что инструмент с покрытием целесообразно использовать, как показывает опыт, при скоростях подачи, превышающих скорость для обычного инструмента на 20–30 %, то есть при большей производительности процесса обработки.

Оптимизация состава и других параметров упрочняющих покрытий на режущем инструменте является комплексной задачей. Покрытие на деревообрабатывающем инструменте должно обладать высокими термической и коррозионной стойкостью, механическими свойствами, прочностью сцепления с основой, инертностью к обрабатываемому материалу и, в конечном счете, высокой износостойкостью в сложных условиях. Выбор покрытия зависит от типа обрабатываемого материала. Попытки использования импортного упрочненного твердосплавного инструмента при обработке отечественного ДСтП не всегда показывают его преимущества перед инструментом без покрытий.

### 5. Экспериментальные результаты

Проводятся сравнительные исследования по изучению стойкости неперетачиваемых режущих пластин фирм **Royce//Aug** и **Leuco** (рис. 3, а) в исходном состоянии и с различными покрытиями. Материал пластин — твердый сплав SMG 02 (ИСО513, 2,5 % Со, размер зерна WC 0,5–0,8 мкм). Этот материал обладает повышенной твердостью, а пластинки из него предназначены для обработки ДСП и МДФ. Этот материал наиболее близок к твердому сплаву ВКЗМ. Работоспособность пластин испытывается в составе сборного концевой однозубого фрезерного инструмента с диаметром окружности резания 21 мм (рис. 3, б).

Изучается поведение инструмента с различными одно- и многослойными покрытиями, содержащими слои TiN, TiC, TiCN, TiCON, ZrN, ZrC, ZrCN, ZrO<sub>2</sub>, CrC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HfO<sub>2</sub>, алмазоподобного углерода и др. Для нанесения покрытий использованы ионно-плазменные установки со стационарными и импульсными источниками плазмы.

Проводятся лабораторные и производственные испытания на обрабатывающих центрах с ЧПУ **ROVER B 4.35** производства фирмы **BIESSE** (Италия) и **REICHENBACHER** (Германия). Обрабатываемые материалы — ДСП с отделкой с двух сторон ламинатом (EN 14322) производства **Pfleiderer Grajewo S.A.** (Польша) и ДСтП с мелкоструктурной поверхностью без отделки (ГОСТ 10632) производства ЗАО «Пинскдрев».

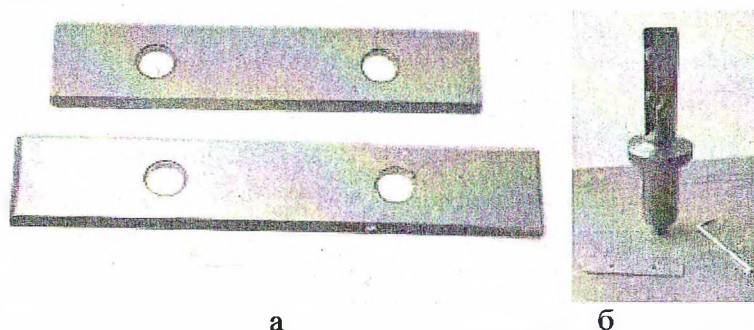


Рис. 3. Пластинки фирм **Leuco** и **Royce//Aug** (а) и концевой фрезерный инструмент, оснащенный пластинками (б)



При лезвийной обработке композиционных материалов имеет место абразивный и химический износ режущего элемента. Осаждение покрытий снижает вероятность формирования микровыкрашиваний на режущей кромке пластинки и повышает ее стойкость. Испытания показали для некоторых композиций «покрытие – основа» более, чем 2-х кратное увеличение стойкости инструмента.

#### Список использованных источников

1. Поболь И.Л., Юшкевич Д.В., Самохвалов Н.В. *Современные поликристаллические алмазы при обработке труднообрабатываемых материалов // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии. 6-я междунар. науч.-техн. конф. — Гродно: ГрГУ, 2006. — Ч. 2. — С. 109–115.*
2. Pobol I.L., Gordienko A.I. *Tools provided with polycrystal diamond for cutting of difficult-to-work materials // Euro PM 2004 Conference Proceedings. V. 3. Sintered Steels, PM Tool Materials. Austria International Centre. — Vienna, 2004. — P. 657–662.*

УДК 542.4

В.И. Овчинников<sup>1</sup>, Е.А. Дорошкевич<sup>1</sup>,  
А.С. Калиниченко<sup>2</sup>, О.П. Реут<sup>2</sup>

### ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ИЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В АМОРФНОЕ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛЕЙ ВЫСОКОСКОРОСТНЫМИ ПОТОКАМИ МИКРОЧАСТИЦ

<sup>1</sup>ОХП НИИ ИП с ОП ГНУ ИПМ  
<sup>2</sup>БНТУ

г. Минск, Республика Беларусь

*Рассмотрены современные представления о механизме аморфизации материалов, обработанных высокоскоростными потоками микрочастиц. Показано, что в области предельно высоких степеней пластической деформации и внедрения микрочастиц в материал происходит процесс аморфизации структуры, приводящий в конечном итоге к образованию аморфной фазы. Динамическое легирование металлов и сплавов микрочастицами способствует фазовому переходу кристаллического материала в аморфное состояние.*

#### Введение

Когда изучается механизм образования аморфной структуры металлов и сплавов, обычно рассматриваются условия быстрой закалки из расплавленного состояния. Этот механизм сводится к процессу кристаллизации переохлажденной жидкости. В этом случае жидкое аморфное состояние переходит в твердое аморфное при исключении процесса образования кристалликов быстрым охлаждением жидкости.

Однако в настоящее время известны другие способы получения аморфных металлов и сплавов. К ним относятся, например, получение аморфных пленок при конденсации из паров-