

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ МОЩНОЙ ИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА НА СТРУКТУРНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОСАЖДАЕМЫХ АЛМАЗНЫХ ПОКРЫТИЙ

Г.Е. Ремнев¹⁾, С.А. Линник¹⁾, В.В. Углов²⁾, А.К. Кулешов²⁾, А.А. Гришкевич³⁾, В.В. Чаевский³⁾

¹⁾Томский политехнический университет

пр. Ленина, 30, 634034, Томск, Россия, e-mail: remnev06@mail.ru

²⁾Белорусский государственный университет

пр. Независимости, 4, 220030 Минск, Беларусь, e-mail: uglov@bsu.by

³⁾Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь
ул. Свердлова, 13а, 220050, Минск, Беларусь, e-mail: dosy@bstu.unibel.by

Предварительное мощное ионное воздействие, формирующее поверхностный сплавленный слой на WC-Co инструменте, позволяет уменьшить текстурирование, избавиться от механических напряжений в алмазных покрытиях, сформированных из плазмы аномально тлеющего разряда. Увеличивается адгезия алмазных покрытий на дереворежущих ножах, в результате значительно уменьшается объемный износ кромок ножей при фрезеровании древесностружечных плит.

Введение

За последнее десятилетие инструмент, оснащенный лезвиями из поликристаллического синтетического алмаза, выращенного в условиях высоких давлений и температур, внедряется в мебельной промышленности, производстве и обработке плитных материалов, композитов, обработке твердых пород древесины. Алмазный инструмент в десятки раз превышает по стойкости аналогичный стальной и твердосплавный. Однако его широкое применение в промышленности ограничивается высокой стоимостью. Другим подходом для повышения стойкости дереворежущего твердосплавного инструмента может являться формирование на его поверхности алмазных покрытий с помощью газофазного осаждения. Однако существует проблема совершенства и адгезионной прочности алмазных покрытий, формируемых на поверхности WC-Co твердосплавного инструмента, связанная с наличием Co на границах карбидов сплава [1, 2]. В условиях высоких температур газофазного синтеза наличие кобальта и его диффузия к поверхности сплава увеличивает вероятность образования графита, что значительно ухудшает качество и эксплуатационные свойства формируемых алмазных покрытий. Мощное ионное воздействие может создать оплавленный поверхностный слой, в котором кобальт связывается в карбиды вольфрама и кобальта [3]. Этот слой может служить барьером для диффузии кобальта.

В работе проведено исследование влияния предварительного воздействия мощных импульсов ионов на изменение микроструктуры, внутренних напряжений, трибологических и эксплуатационных свойств алмазных покрытий, осажденных на твердосплавный инструмент из плазмы аномально тлеющего разряда.

Методика эксперимента

Объектами исследования в данной работе являлись образцы режущих пластин WC-Co твердого сплава (Германия), фазовый состав которых

представлял карбид вольфрама и 3,5 % кобальта.

Предварительная обработка лезвийного твердосплавного инструмента перед осаждением алмазных покрытий заключалась в мощном импульсном воздействии (МИП). Режим воздействия мощным ионным пучком углерода и протонов с энергией 320 КэВ и плотностью ионного тока 50 А/см² был следующий: время действия импульса - $9 \cdot 10^{-2}$ мкс, количество импульсов - 3, плотность энергии, 4 Дж/см².

Последующее формирование алмазных покрытий проводилось в плазме аномально тлеющего разряда. Подробное описание установки и описание реактора для осаждения алмазных покрытий приведено в работе [4].

Основные режимы осаждения были следующие: время осаждения - 3 часа; температура образцов, $800 \pm 25^\circ \text{C}$; соотношение газов в смеси во время роста - $\text{Ar}/\text{H}_2/\text{CH}_4$ - 100/100/1, время нуклеации 3 минуты.

Структурное и фазовое состояние образцов исследовалось при помощи дифрактометра ДРОН 4.0.

Спектры комбинационного рассеяния света измерялись с использованием конфокального спектрометра Nanofinder High End. В качестве источника возбуждения использовался твердотельный лазер, работающий на длине волны 532 нм. Мощность излучения, падающего на образец, составляла 200 мВт. Спектральное разрешение прибора не хуже 3 см⁻¹.

Фрикционные испытания по методу "палец-поверхность" проводились на трибометре в условиях сухого трения. Скорость движения столика с образцом составляла 5 мм/с, нагрузка на индентор при испытаниях составляла 1 Н.

Проводились производственные испытания исходных и пластин с алмазными покрытиями при обработке ламинированных ДСтП плит лезвийными неперетачиваемыми пластинами на многооперационном станке с числовым программным управлением ROVER В 4.35. Режимы испытаний были следующие; частота вращения

шпинделя 15000 мин^{-1} , скорость подачи 1 м/мин , диаметр резания 21 мм , суммарная длина резания – 1200 м .

Для исследования изменения элементного состава кромок и изломов ножей, получения их изображений использовался растровый электронный микроскоп LEO 1455 VP.

Экспериментальные результаты

Из анализа представленных на рис. 1 дифрактограмм следует, что сформированное на твердом сплаве покрытие соответствует алмазу и имеет ярко выраженную текстуру в направлении (111). Предварительное воздействие мощных импульсов ионов перед осаждением алмазного покрытия приводит к снижению в 2 раза интенсивности дифракционных рефлексов алмаза для кристаллитов (111), в то же время возрастает интенсивность рефлексов для (220). Т.е. степень текстурированности алмазного покрытия уменьшается.

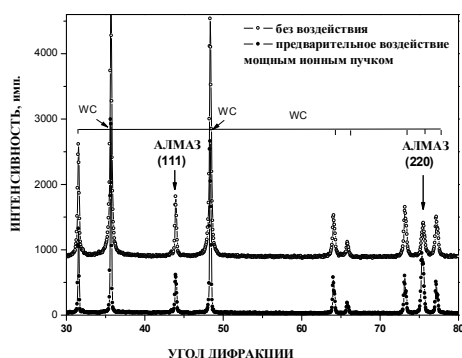


Рис. 1. Дифрактограммы от образцов твердого сплава с алмазными покрытиями сформированными без и с предварительным воздействием МИП

Отличительной особенностью спектров комбинационного рассеяния от образцов твердого сплава с алмазными покрытиями (рис. 2) без предварительного воздействия МИП является наличие сдвига пика от алмазных кристаллитов в область значений превышающих $1332,5 \text{ см}^{-1}$,

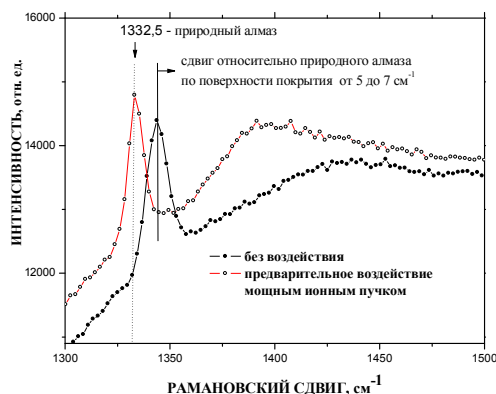


Рис. 2. Спектры комбинационного рассеяния от образцов твердого сплава с алмазными покрытиями, сформированными без и с предварительным воздействием МИП

соответствующее природному алмазу. Такой сдвиг обусловлен сжимающими напряжениями, уровень которых пропорционален этому относительному сдвигу и составляет $3\div 4 \text{ ГПа}$ при сканировании лазером по поверхности покрытия [5].

Результаты трибологических испытаний (рис. 3, 4) в условиях сухого трения показали, что коэффициент трения алмазного покрытия осажденного после обработки МИП уменьшается. Адгезионная прочность этого алмазного покрытия возрастает. На фотографиях треков износа (рис. 4) видно, что алмазное покрытие без воздействия МИП частично отслаивается. Светлые участки на фотографии соответствуют областям без покрытия.

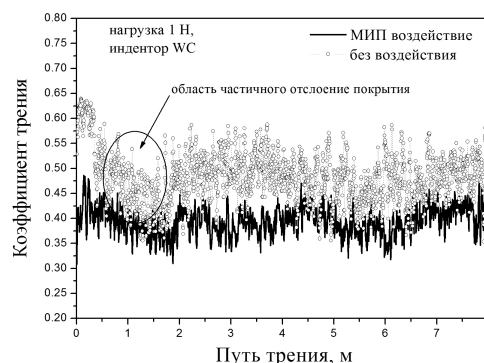


Рис. 3. Зависимости коэффициента трения от пути трения для образцов сплава с алмазными покрытиями без и с предварительным воздействием МИП

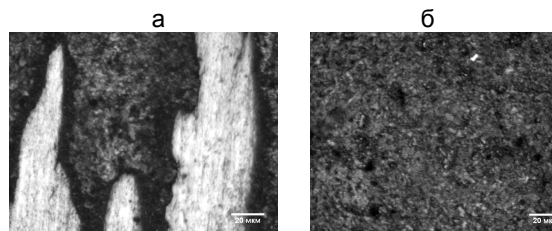


Рис. 4. Фотографии треков износа образцов сплава с алмазными покрытиями без (а) и с предварительным воздействием МИП (б) после 1.5 часа испытаний, 26 м пути трения

Из данных СЭМ исследования микроструктуры изломов образцов сплава с алмазными покрытиями и без, с предварительным воздействием МИП (рис. 5), следует, что МИП воздействие создает на поверхности дополнительный слой карбидов толщиной $0,1\text{--}0,3 \text{ мкм}$. Микроструктура алмазного покрытия, осажденного на этот слой, не имеет столбчатой микроструктуры, как в случае покрытия, осажденного на поверхность необработанного сплава.

На рис. 6 представлены изображения кромок ножей без и с алмазными покрытиями, после производственный испытаний при обработке ламинированных ДСтП плит.

Из этих фотографий следует, что износ кромок ножа с алмазным покрытием меньше износа исходного ножа (рис. 6 а, б). По изменению площади изломов кромок ножей до и после испытаний был оценен их объемный износ, в средней

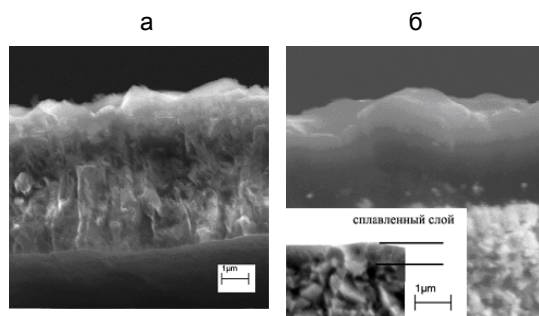


Рис. 5. СЭМ фотографии изломов образцов сплава с алмазными покрытиями без (а) и с предварительным воздействием МИП (б)

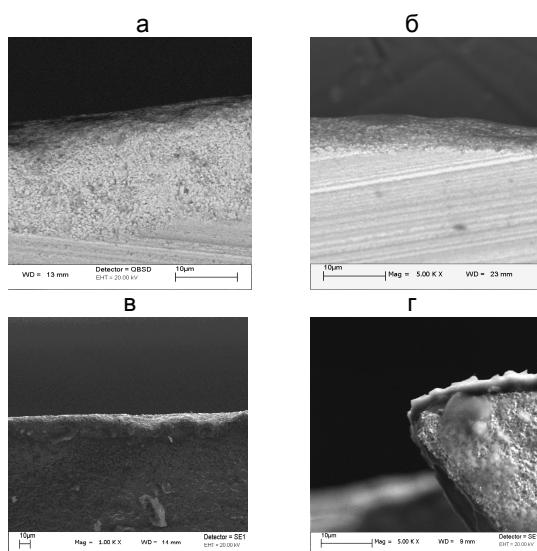


Рис. 6. СЭМ фотографии кромок ножей, излома кромки ножа после производственный испытаний при обработке ламинированных ДСТП: (а) – исходный сплав; (б) – с алмазным покрытием; (в), (г) – излом кромки ножа с алмазными покрытием, осажденным после предварительной обработки МИП

части ножа длиной 25 мм, который составил для исходного ножа $(2,2 \pm 0,4) \times 10^6$ мкм³, для ножа с покрытием $(1,4 \pm 0,3) \times 10^6$ мкм³. Следует отметить, что алмазное покрытие после испытаний отслаивается в области кромки ножа, где происходит максимальный износ (рис. 6 б). В случае предварительного воздействия МИП отслаивания алмазного покрытия после испытаний на режущей кромке ножа не происходит (рис. 6 в, г). Острые кромки практически не изнашиваются, поэтому численная оценка объемного износа из-за его малости (рис. 6. в, г) не проводилась.

Закключение

Предварительное воздействие МИП перед нанесением алмазных покрытий в плазме аномального тлеющего разряда позволило:

- ✓ избавиться от столбчатого строения и механических напряжений в нанесенных алмазных покрытиях;
- ✓ уменьшить коэффициент трения, увеличить адгезионную прочность алмазных покрытий;
- ✓ значительно уменьшить объемный износ лезвийного неперетачиваемого инструмента с алмазными покрытиями при деревообработке ДСТП плит.

Список литературы

1. Bachmann P.K., in: M.A. Prelas, G. Popovici, L.K. Bigelow (Eds.) | Handbook of Industrial Diamonds and Diamond Films, Marcel Dekker, New York. - 1998.
2. Asmussen J., Reinhard D.K. / Diamond Films Handbook, Marcel Dekker, New York. - 2002.
3. Uglov V.V., Remnev G.E., Kuleshov A.K., Astashinski V.M., Saltymakov M.S. / Formation of hardened layer in WC-TiC-Co alloy by treatment of high intensity pulse ion beam and compression plasma flows // Surface & Coatings Technology. - 2010. - Vol. 204. - P. 1952–1956.
4. Linnik S.A., Gaydaychuk A.V. / Processes and parameters of diamond films deposition in AC glow discharge // Diamond and Related Materials. - 2013. - Vol. 32. - P. 43–47.
5. Windischmann H., Gray K.J. / Stress measurement of CVD diamond films // Diamond and Related Materials. - 1995. - Vol. 4. - P. 837–842.

THE INFLUENCE OF PRELIMINARY POWERFUL ION TREATMENT OF WOOD-CUTTING HARD ALLOY TOOL ON STRUCTURE AND LIFE-TIME OF DEPOSITED DIAMOND COATINGS

G.E. Remnev¹⁾, S.A. Linnik¹⁾, V.V. Uglov²⁾, A.K. Kuleshov²⁾, D.P. Rusalsky²⁾, A.A. Grishkevich³⁾, V.V. Chaevskij³⁾

¹⁾High Technology Physics Institute of Tomsk Polytechnic University,
30 Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia, e-mail: remnev06@mail.ru

²⁾Belarusian State University
Nezavisimosti Ave., 4, 220030, Minsk, Belarus tel. +375 17 2095512, e-mail: uglov@bsu.by

³⁾Belarusian State Technology University,
Sverdlova 13a, Minsk, 220050, Belarus, e-mail: dosy@bstu.unibel.by

Preliminary powerful ion impact forming surface alloyed layer on WC-Co tools decreases texturing and alloys to get rid of mechanical stresses in diamond coating formed by subsequent alternating high-current glow discharge deposition. The adhesion of diamond coatings to wood cutting inserts increases. As a result the volume wear of inserts cutting edge during milling of chipboard decreases.