

Ремнев Г.Е., Линник С.А. (ТПУ, г. Томск, РФ), Углов В.В., Кулешов А.К. (БГУ, г. Минск, РБ) kuleshak@bsu.by, Гришкевич А.А., Чаевский В.В. (БГТУ, г. Минск, РБ)

СТРУКТУРНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА В РЕЗУЛЬТАТЕ МОЩНОЙ ИОННОЙ ОБРАБОТКИ И ОСАЖДЕНИЯ АЛМАЗНЫХ ПОКРЫТИЙ

Предварительное воздействие мощными ионными пучками перед нанесением алмазных покрытий на твердосплавный инструмент в плазме аномального тлеющего разряда уменьшает текстурированность и коэффициент трения алмазных покрытий, осажденных в плазме аномального тлеющего разряда. Адгезия алмазных покрытий на твердосплавном дереворежущем инструменте возрастает. В результате существенно возрастает эксплуатационная стойкость ножей при обработке ламинированных ДСтП плит.

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. На начальных этапах осаждения на поверхности сплава может образовываться промежуточный слой неалмазного углерода. В условиях высоких температур газофазного осаждения в этом слой диффундирует Co из сплава [1,2]. Большая разница в коэффициентах термического расширения алмаза и промежуточного слоя приводит к возникновению напряжений в покрытии. В результате адгезионная прочность формируемых на твердом сплаве алмазных покрытий невелика. Для решения этой проблемы применяется химическое вытравление кобальта из поверхностного слоя сплава и увеличение шероховатости сплава, воздействие мощным импульсным лазером, нанесение слоев различных материалов, обеспечивающих диффузионный барьер проникновения кобальта на поверхность [3,4].

В данной работе рассматривается перспективный подход, использующий мощное ионное воздействие, которое за счет радиационного и теплового воздействия с плотностью в несколько Дж/см² может создавать модифицированный оплавленный поверхностный слой, в котором кобальт связывается в карбиды вольфрама и кобальта [5]. Этот модифицированный слой карбидов может служить барьером для диффузии кобальта к поверхности, его более развитая поверхностная морфология может увеличить адгезию нанесенного покрытия к сплаву.

Объектами исследования в данной работе являлись образцы режущих пластин WC-Co твердого сплава TO3SMG, произведенного в Германия. Фазовый состав сплава представлял собой 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 аномального тлеющего разряда. Подробное описание установки и описание реактора для осаждения алмазных покрытий приведено в работе [6]. Все образцы перед осаждением обрабатывались в ультразвуковой ванне в спиртовой суспензии наноалмазов диаметром до 20 нм. 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.

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. Микроструктура поверхности образцов изучалась с использованием растрового электронного микроскопа LEO 1455 VP в режиме отраженных и вторичных электронов. Режим работы был следующий: ускоряющее напряжение 20 кВ; ток зонда $5 \cdot 10^{-7}$ А.

Результаты эксперимента. 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.

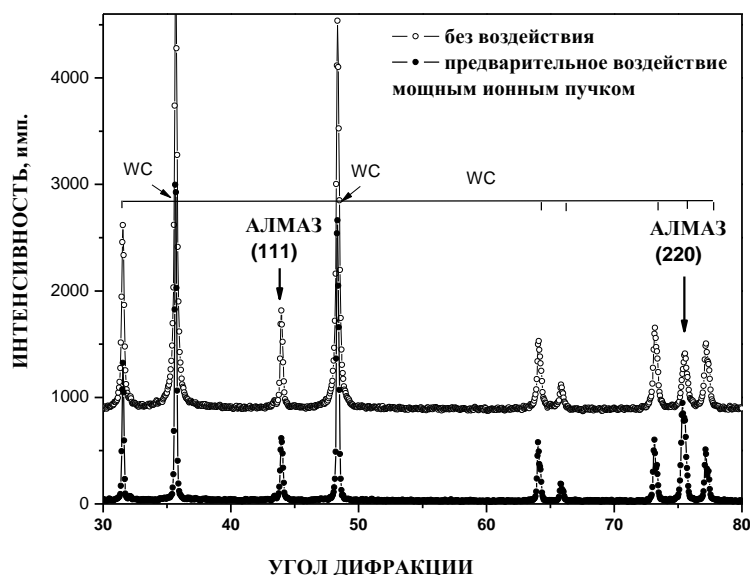


Рисунок 1 - Дифрактограммы от образцов твердого сплава с алмазными покрытиями сформированными без и с предварительным воздействием МИП.

Сравнение поверхностной морфологии алмазного покрытия осажденного на сплав без предварительного воздействия (рис. 2 а) с литературными данными для покрытий с различными ориентациями кристаллитов [7,8] свидетельствует, что в данном случае имеется характерная поверхностная морфология для кристаллитов с ориентацией {111}. Поверхностная морфологии алмазного покрытия осажденного на сплав после воздействия МИП не совпада-

ет с литературными данными для алмазных покрытий с выделенной ориентацией, следовательно, для такого покрытия ориентация кристаллитов является случайной. Результаты трибологических испытаний (рис. 3 а) в условиях

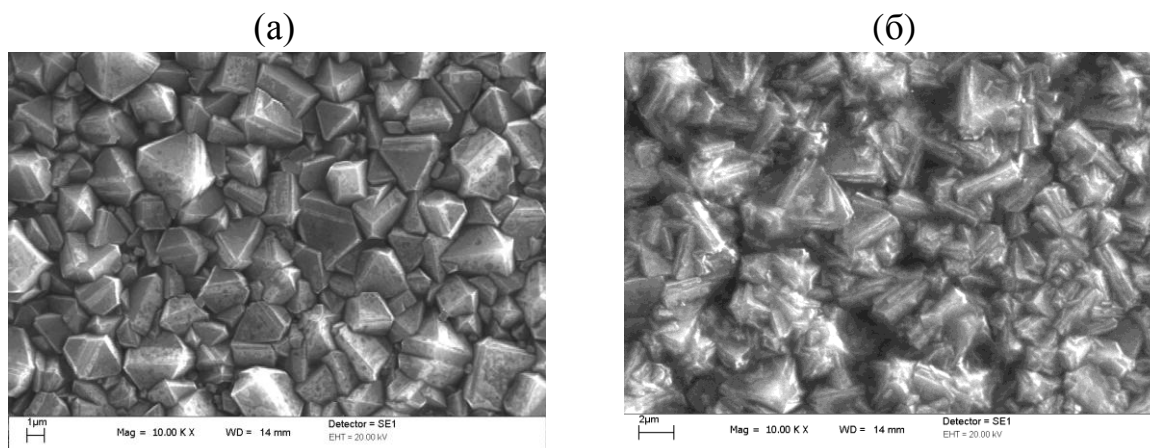


Рисунок 2 - СЭМ фотографии поверхности алмазных покрытий синтезированных на твердом сплаве без (а) и с предварительным воздействием МИП (б).

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

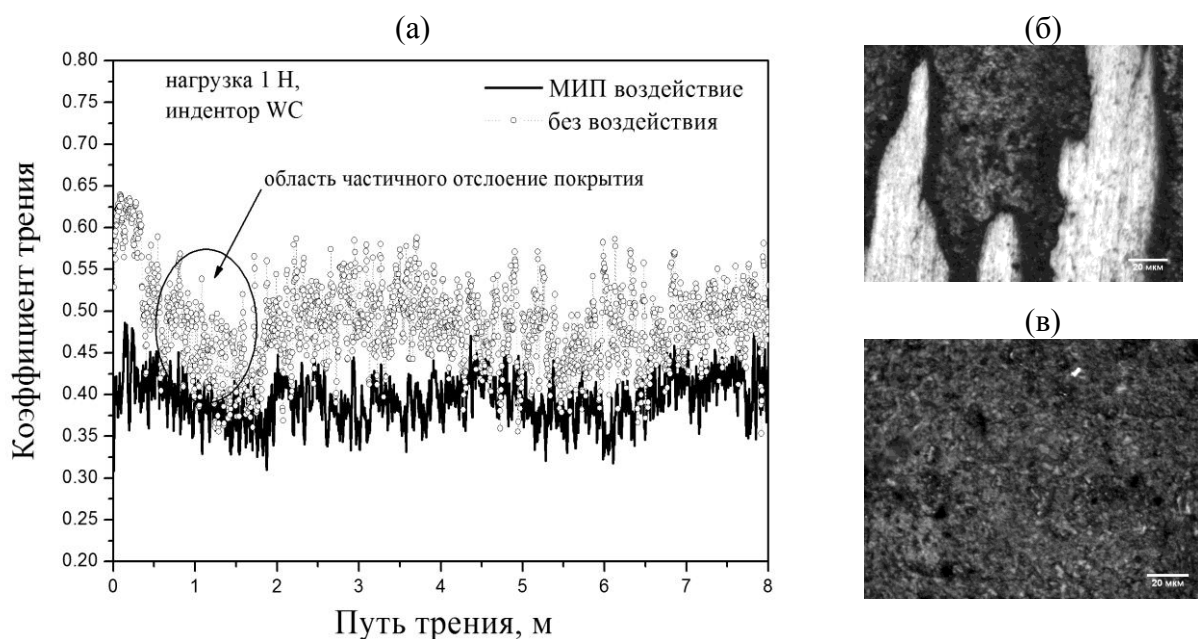


Рисунок 3 - Зависимости коэффициента трения от пути трения для образцов сплава с алмазными покрытиями без и с предварительным воздействием МИП (а). Фотографии треков износа образцов сплава с алмазными покрытиями без (б) и с предварительным воздействием МИП (в) после 1.5 часа испытаний, 26 м пути трения.

Из СЭМ исследований микроструктуры изломов образцов сплава с алмазными покрытиями без и с предварительным воздействием МИП (рис.4) следует, что МИП воздействие создает на поверхности сплавленный слой карбидов толщиной 0,1-0,3 мкм. Микрострук-

тура 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 производственных испытаний при обработке ламинированных ДСтП плит.

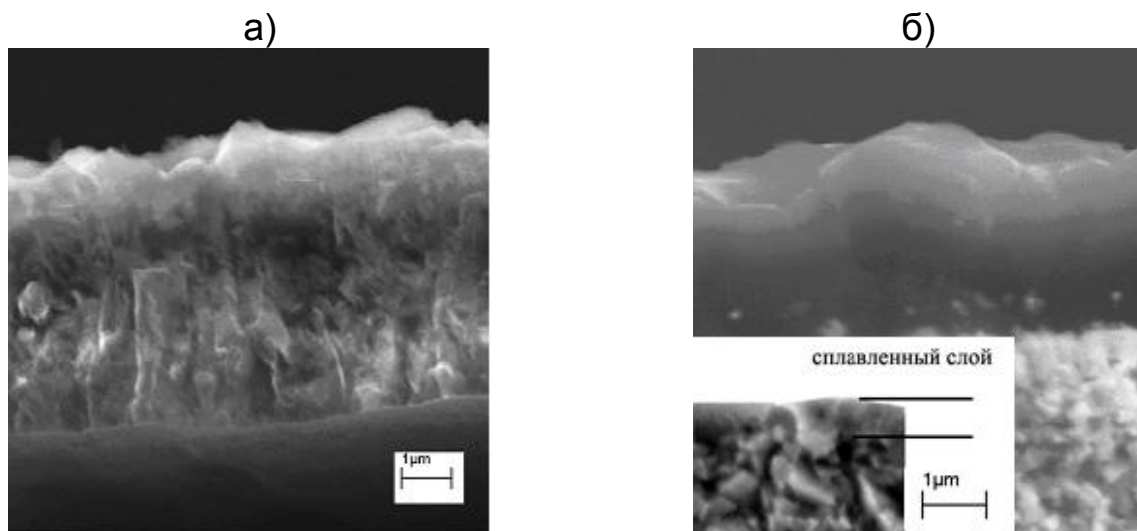


Рисунок 4 - СЭМ фотографии изломов образцов сплава с алмазными покрытиями без (а) и с предварительным воздействием МИП (б), вставка в (б) – микроструктура поверхностного слоя сплава после воздействия МИП на изломе.

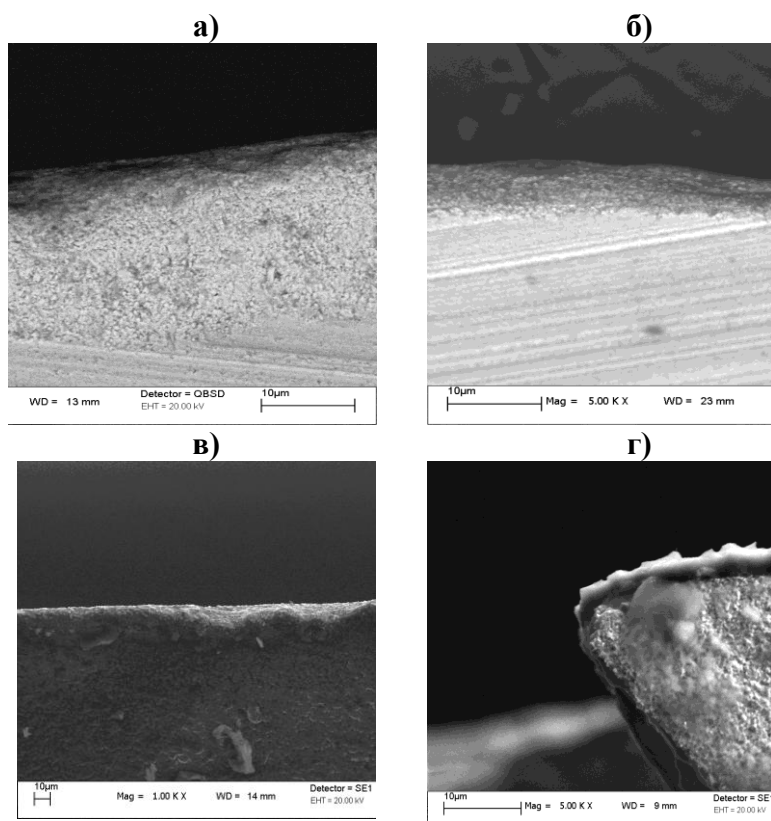


Рисунок 5 - СЭМ фотографии кромок ножей, излома кромки ножа после производственных испытаний при обработке ламинированных ДСтП: (а) – исходный сплав; (б) – с алмазным покрытием; (в), (г) - излом кромки ножа с алмазными покрытием, осажденным после предварительной обработки МИП.

Из этих фотографий следует, что износ кромки ножа с алмазным покрытием меньше износа исходного ножа (рис. 5 а, б). По изменению площади изломов кромок ножей до и после испытаний был оценен их объемный износ, в средней изношенной 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 без предварительной обработки МИП после испытаний отслаивается в области кромки ножа где происходит максимальный износ (рис.5 б). В случае предварительного воздействия МИП отслаивания алмазного покрытия после испытаний на режущей кромки ножа не происходит (рис. 5 в, г). Острые кромки практически не изнашиваются (рис. 5 в, г).

Выводы

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

- а) уменьшить текстурированность, коэффициент трения наносимых алмазных покрытий;
- б) увеличить адгезионную прочность алмазных покрытий на твердом сплаве;
- в) значительно уменьшить объемный износ лезвийного твердосплавного неперетачиваемого инструмента с алмазными покрытиями при деревообработке ДсТП плит.

Библиографический список

1. P.K. Bachmann, in: M.A. Prelas, G. Popovici, L.K. Bigelow (Eds.) Handbook of Industrial Diamonds and Diamond Films, Marcel Dekker - New York - 1998, 1214 p.
2. Sarangia S.K., Chattopadhyay A., Chattopadhyay A.K. Effect of pretreatment, seeding and interlayer on nucleation and growth of HFCVD diamond films on cemented carbide tools // International Journal of Refractory Metals & Hard Materials - vol.26 - 2008, pp. 220–231.
3. Humberto Gomez, Delcie Durham, Xingcheng Xiao, Lukitsch Michae, Ping Lu, Kevin Chou, Anil Sachdev, Ashok Kumar Adhesion analysis and dry machining performance of CVD diamond coatings deposited on surface modified WC–Co turning inserts // Journal of Materials Processing Technology - Vol. 212 - 2012, N.2, , pp. 523–533
4. 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 - vol. 204 - 2010, pp. 1952–1956.
5. José Manuel Arroyo, , Anselmo Eduardo Diniz, Milton Sergio Fernandes de Lima Wear performance of laser precoating treated cemented carbide milling tools // Wear - v.268 - 2010, p. 1329–1336.
6. Linnik S.A., Gaydaychuk A.V. Processes and parameters of diamond films deposition in AC glow discharge // Diamond and Related Materials - vol. 32 - 2013, p. 43–47.
7. André Schade, , Stefan M. Rosiwal, Robert F. Singer Tribological behaviour of <100> and <111> fibre textured CVD diamond films under dry planar sliding contact // Diamond and Related Materials - vol. 15, Iss. 10 - 2006, p. 1682–1688.
8. Hess P. The mechanical properties of various chemical vapor deposition diamond structures compared to the ideal single crystal // J. Appl. Phys. - vol.111 - 2012, 051101, 13 p.