

Чжао Чжэнчуань (Китай), Тарбоков Владислав Александрович (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Ремнев Геннадий Ефимович, д.т.н., профессор

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ

Аннотация: В работе представлены результаты модификации сплавов MC221, обработанных комбинацией облучения мощным ионным пучком с последующим нанесением защитного покрытия с помощью вакуумно-дугового метода. Установлено, что этот способ позволяет значительно повысить стойкость такого покрытия к механическому воздействию.

Ключевые слова: твердые сплавы, мощный ионный пучок, покрытие, износостойкость.

Введение

Твердые сплавы (ТС) широко применяют в металлообработке благодаря своей высокой твердости и износостойкости [1]. Однако в условиях высокоскоростного резания труднообрабатываемых металлов традиционные твердосплавные инструменты часто имеют недостаточно высокую износостойкость [2], поэтому актуальной задачей является поиск методов повышения эксплуатационных качеств твердосплавных инструментов. Существует множество методов повышения износостойкости таких инструментов, например, термообработка [3], ионная имплантация [4], модификация поверхности мощным ионным пучком (МИП) [5] и осаждение покрытия на поверхность [6]. Эти методы имеют ограниченный эффект для повышения износостойкости твердосплавных инструментов, поэтому в данной работе для улучшения износостойкости твердосплавных инструментов использовался комбинированный метод, включающий облучение МИП и нанесение покрытия TiN методом вакуумно-дугового осаждения.

Основная часть

В качестве образцов использовались твердосплавные резцы из сплава MC221. Облучение МИП проводилось в камере ускорителя ТЕМП-4М [7]. Параметры ионного пучка, используемого для облучения твердого сплава: состав пучка – 85 % C⁺ и 15 % H⁺; энергия ионов – 200 кэВ, длительность импульса ионного тока – 100 нс, плотность энергии, выделяемой пучком на мишени, составляла 1 и 2 Дж/см² в зависимости от дистанции установки мишени. Облучение проводилось в вакуумной камере при давлении не более 10⁻⁵ мм рт. ст. После облучения МИП проводилось осаждение покрытий TiN на модифицированной установке для плазменного осаждения покрытий ННВ-6.6-И1. Время осаждения пленки толщиной более 5 мкм составляло 75 минут при ускоряющем на-

пряжении 400 В. Ток дуги – 150 А, частота – 35 кГц, коэффициент заполнения – 65 %. Рабочее давление в камере в 0,1 Па поддерживалось за счет регулировки подачи азота.

На рисунке 1 показаны зависимости коэффициента трения от времени скольжения корундового шарика по поверхности образца при испытании на износ в условиях сухого трения. Результаты показывают большой разброс коэффициента трения по поверхности исходных образцов без покрытия в начале испытания и через 300 секунд с амплитудой 0,4–0,55 и 0,45–0,75 соответственно. Все образцы с покрытием TiN в процессе испытания показали разброс коэффициента трения менее 0,15 за исключением самого начала фазы приработки. Образец с покрытием, осажденным после обработки поверхности ТС с плотностью энергии 1 Дж/см², имел более высокий коэффициент трения, чем образцы с покрытием, осажденным на поверхность, обработанную МИП с плотностью энергии 2 Дж/см², и без обработки МИП. Кроме того, образец, перед осаждением покрытия обработанный МИП с плотностью энергии 2 Дж/см², после 300 секунд испытаний показал увеличение коэффициента трения по сравнению со всеми другими образцами, при этом значительной разницы между величиной износа для всех образцов с покрытиями не зафиксировано. Эти факты требуют дальнейшего изучения, в частности, дополнительных измерений шероховатости и микротвердости поверхности покрытий.

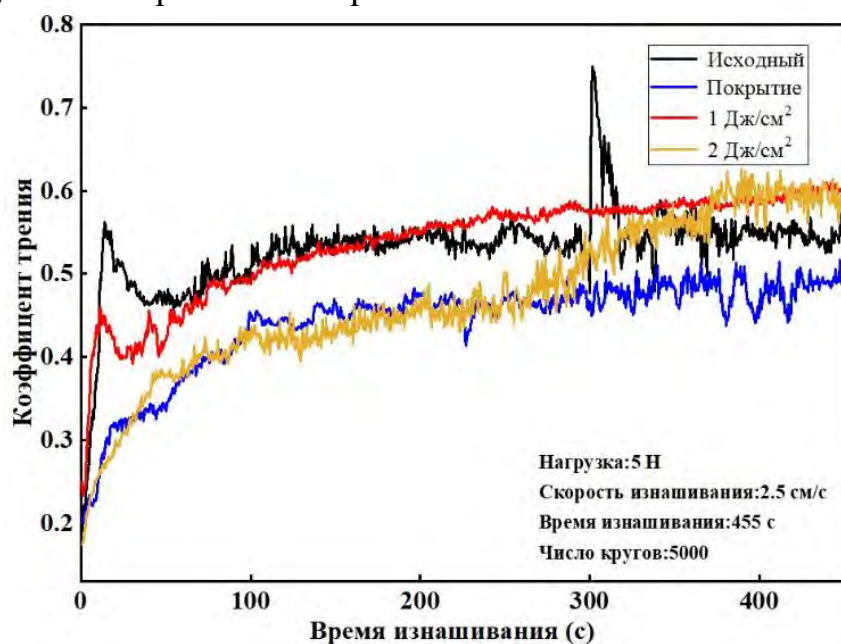


Рис. 1. Коэффициент трения образцов

Результаты измерения скорости изнашивания для различных образцов приведены на рисунке 3. Скорость изнашивания рассчитывалась по объему профиля канавки износа с помощью формулы 1. Как видно из результатов, скорость изнашивания образцов после облучения МИП с последующим осаждением

ем TiN покрытия на 25 % ниже, чем у образцов с покрытием, нанесенным без обработки МИП.

$$K = \frac{V}{F} * L, \quad (1)$$

где K – скорость изнашивания ($10^{-6} \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), V – объем износа (мм^3), L – расстояние изнашивания (м).

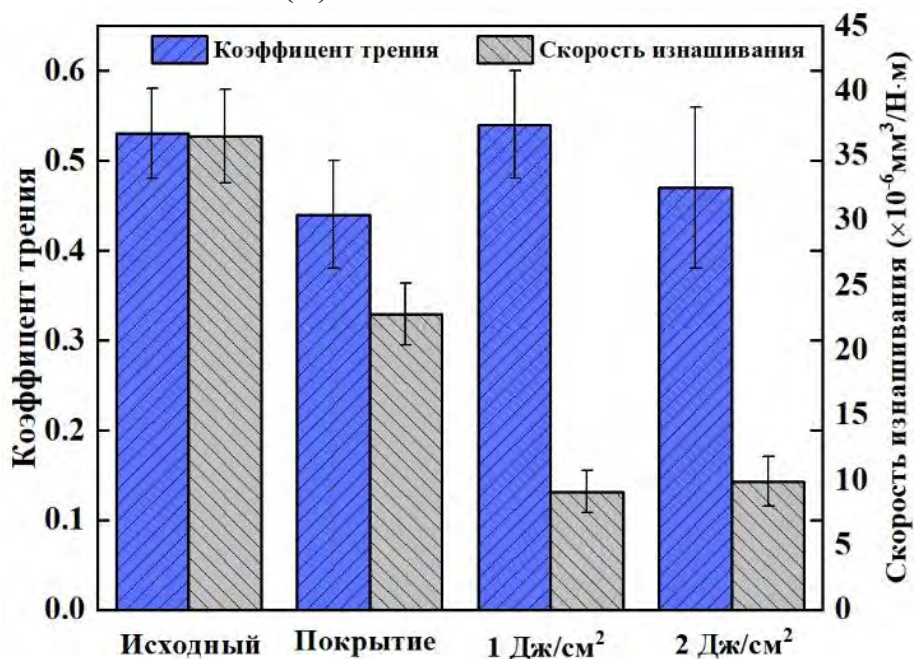


Рис. 2. Коэффициент трения и скорость изнашивания образцов

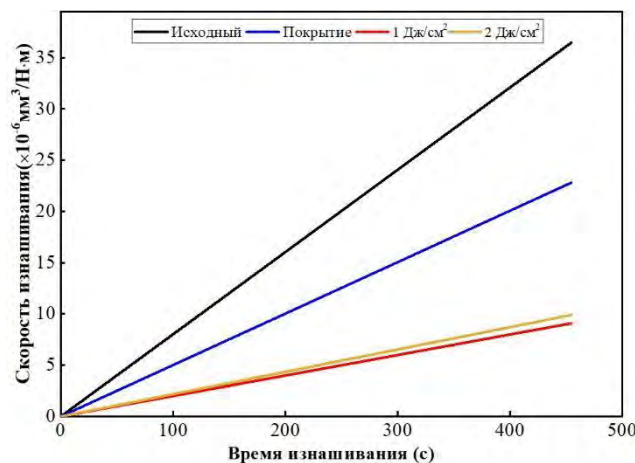


Рис. 3. Зависимость скорости изнашивания образцов от времени изнашивания

На рисунке 4 показан вид канавки износа образцов, из которых хорошо виден профиль износа исходного образца без покрытия, при этом видимый износ на образцах с покрытием отсутствует.

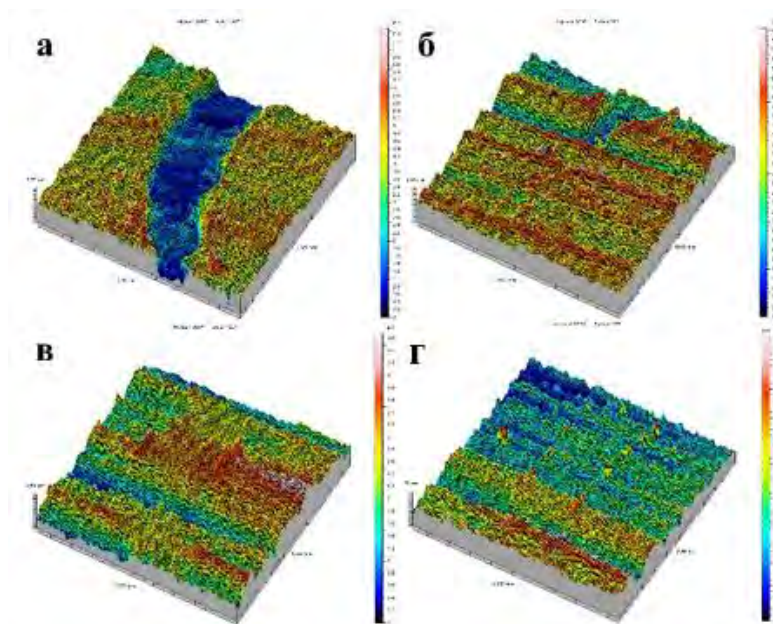


Рис. 4. Вид канавки износа: а – образец без покрытия, б – с покрытием TiN без обработки МИП, в – после обработки МИП 1 Дж/см², г – после обработки МИП 2 Дж/см²

Заключение

Исследовано повышение износостойкости твердосплавных инструментов с помощью комбинированного метода. Можно сделать вывод, что комбинированный метод может в значительной степени повысить износостойкость твердосплавных инструментов.

Список литературы

1. Lamelas V., Bonvalet Rolland M., Walbrühl M., Borgenstam A., Microstructural stability of cemented carbides at high temperatures: Modeling the effect on the hot hardness // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2024. – Vol. – 124. – P. 106805.
2. Xian Wu, Liang Li, Ning He, et al. Study on the tool wear and its effect of PCD tool in micro milling of tungsten carbide // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2018. – Vol. – 77. – P. 61–67.
3. Fries S., Vogelpoth A., Kaletsch A., Broeckmann C. Influence of post heat treatment on microstructure and fracture strength of cemented carbides manufactured using laser-based additive manufacturing // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2023. – Vol. – 111. – P. 106085.
4. Fu R.K.Y., Kwok S.C.H., Chen P., Yang P. Surface modification of cemented carbide using plasma nitriding and metal ion implantation // Surface and Coatings Technology. – 2005. – Vol. – 196. – P. 150–154.

5. Zhang F., Zhu X., Lei M. Tribological behavior of WC–Ni cemented carbide irradiated by high-intensity pulsed ion beam // Surface and Coatings Technology. – 2014. – Vol. – 258. – P. 78–85.
6. Yang X., Tao W., Bo Ch., Yongbing T. Interface design to tune stress distribution for high performance diamond/silicon carbide coated cemented carbide tools // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Vol. – 397. – P. 125975.
7. Remnev G.E., Shulov V.A. Application of high-power ion beams for technology // Laser and Particle Beams. – 1993. – Vol. – 11. – P. 707–731.

Чжоу Сяньбинь (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Тюрин Юрий Иванович, д. ф.-м. н., профессор

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВЫХОД ВОДОРОДА ИЗ МЕТАЛЛОВ Pd, Ni, Ti, Zr, Pt

Аннотация: Исследовано влияние особенностей нагрева и материала вакуумной ячейки на эмиссию водорода из металлов Pd, Ni, Ti, Zr, Pt. Показано, что Джоулев нагрев электрическим током снижает температуру выхода H, D на 100–350°C. Установлено, что кварцевая ячейка обеспечивает снижение температуры выхода водорода по сравнению с нагревом в металлических ячейках. Сделан вывод о потенциале управления выходом водорода через электромагнитные поля.

Ключевые слова: водород, электромагнитные поля, диффузия в металлах, термодесорбция.

Введение

В последние годы исследуются методы ускорения миграции водорода в металлах (Pd, Ni, Ti, Zr, Pt) с помощью ускоренных электронов, инфракрасного и ультрафиолетового излучения, электромагнитных полей и рентгеновских лучей [1–4]. Эти исследования показали, что при внешнем воздействии системы “водород–конденсированное вещество” переходят в неравновесное состояние, сопровождающееся увеличением подвижности поглощенного водорода [5–10], ускорением выхода атомарного водорода из объема на поверхность [7], ростом скоростей рекомбинации атомов водорода на поверхности и десорбции молекул H₂, D₂ [8], выходом водорода из металлов в атомной и ионной формах под действием ионизирующего излучения [9], а также значительным повышением подвижности водорода в рутиле под влиянием ИК-излучения [10].