

сетки и ее заполнения, позволяет повысить механические свойства композиционного покрытия при минимальном расходе порошка бронзы и создать гамму различных типов композиционных материалов для работы подшипников скольжения с необходимыми угловыми скоростями и степенью нагружения.

Список использованных источников

1. Девойно О. Г., Кардаполова М. А., Лучко Н. И. Возможности формирования композиционных покрытий армированием газотермических покрытий лазерной наплавкой. // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн. 2. – 282 с.

МНОГОКОМПОЗИЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ AL-CR-N ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Хеук М. В., Онысько С. Р.

Брестский государственный технический университет
kheuk@mail.ru, onysko_serгей@mail.ru

Annotation. Increasing the service life of machine parts and mechanisms is an urgent issue at the present time. To solve this problem, various hardening technologies are used in the machine-building industry, in which thermal hardening methods are used: volumetric hardening, electron beam, cathode-arc, laser and plasma methods. The most optimal direction of modifying a tool working with shock loads is the development of new methods of hardening and giving special surface properties, and in particular, the development of hard coatings with special characteristics. In view of this, the creation of multicomposition coatings, which, along with high hardness, could have sufficient resistance to cracking due to a combination of hard and relatively soft layers, is a promising area of research.

Для получения износостойких покрытий на основе хромонитрида алюминия (Al-Cr-N) использовался метод катодно-дугового осаждения, характеризующийся более низкой температурой нанесения и более высокой трещиностойкостью, что важно при работе инструмента с ударными нагрузками [1]. Процесс нанесения осуществлялся при помощи серийной вакуумно-плазменной установки напыления УВ-НИПА-1-001 с трехканальной системой напуска технологических газов, позволяющей наносить покрытия при помощи источника плазмы на режущий, пробивной инструмент, микроинструмент и изделия различного назначения.

В полученных образцах наблюдался плавный рост атомарного содержания углерода с увеличением подаваемого количества реакционного газа (ацетилен) в камеру. Максимально-зафиксированное значение углерода на поверхности составило порядка 6,18 %, при этом стехиометрическое соотношение металл-неметалл у образцов находилась на уровне 89–99,23 %. Данное отношение является

важной характеристикой и определяет эффективность метода и условий его реализации с точки зрения конгруэнтности испарения либо ее нарушения для катода сложного состава [2].

Твердость покрытий определялась методом наноиндентирования с использованием наконечника Кнупа за его возможность проводить испытания на тонких (менее 0,5 мкм) покрытиях, что обусловлено малой глубиной вдавливания в материал и исключением влияния материала основы. Трибологические испытания проводились на трибометре при помощи контртела (шарик из стали ШХ15 диаметром Ø5,5 мм и твердостью 63 HRC при нагрузке на образец 1 Н и частоте вращения диска – 80 об/мин⁻¹). Результаты испытаний представлены в таблице.

Таблица – Результаты испытаний покрытия Al-Cr-N на поверхности стали X12МФ

Образец	Микротвердость, НК	Коэффициент трения
Исходный	1150	–
Покрытие Al-Cr-N	3300	0,66

При испытаниях на адгезионную прочность, прослеживается тренд увеличения адгезии с ростом давления ацетилена. Ее максимальная величина составляет порядка 24 Н. Таким образом, формирование твердого раствора углерода в покрытии хромонитрида алюминия позволяет повысить адгезию покрытия к стали на 87 %, что является важной эксплуатационной характеристикой покрытия на металлообрабатывающем инструменте (в частности на пробивных и вырубных пуансонах), на боковых поверхностях которых покрытие подвергается сильным сдвиговым напряжениям [3].

В результате исследований было получено покрытие, позволяющее увеличить стойкость профилированного штампового инструмента на 20 %.

Список использованных источников

1. Veprek, S. Industrial application of superhard nanocomposite coatings // Veprek, S., Veprek-Heijman, M.J.G. Surface and Coating Technology. – 2008. – Vol. 202. – P. 5063–5073.

2. Хеук, М. В. Исследование морфологии покрытия Al-Cr-N, нанесенного катодно-дуговым методом // Хеук, М. В., Онысько, С. Р. Второй Республиканский форум молодых ученых учреждений высшего образования Республики Беларусь: сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: В. М. Пашкевич (общ. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – С. 45–46.

3. L. Wang, X. Nie, J. Housden, E. Spain, J. C. Jiang, E. I. Meletis, A. Leyland, A. Matthews. Material transfer phenomena and failure mechanisms of a nanostructured Cr-Al-N coating in laboratory wear tests and an industrial punch tool application // Surface and Coatings Technology. – 2008. – V. 203. – P. 816–821.