

# ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОАЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПОКРЫТИЕМ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА ПС12НВК\*

*Х.М. РАХИМЯНОВ, профессор, доктор техн. наук  
Б.А. КРАСИЛЬНИКОВ, профессор, канд. техн. наук  
В.В. ЯНПОЛЬСКИЙ, доцент, канд. техн. наук  
Т.В. КОЗИЧ, магистрант  
(НГТУ, г. Новосибирск)*

Поступила 4 июля 2013 года  
Рецензирование 26 августа 2013 года  
Принята к печати 5 сентября 2013 года

**Рахимьянов Х.М.** – 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,  
Новосибирский государственный технический университет,  
e-mail: tms-ngtu@mail.ru

Представлены результаты поляризационных исследований электрохимического растворения покрытия на основе порошковой смеси ПС12НВК в водных растворах нейтральных солей  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaCl}$ . Установлено, что растворение указанного материала в выбранных составах электролитов происходит в активном состоянии в исследуемом диапазоне потенциалов анода от  $\varphi = 0$  В до  $\varphi = 4,5$  В. Рассмотрены особенности растворения покрытия на основе порошковой смеси ПС12НВК при фиксированных значениях потенциалов  $\varphi = 0,5$  В,  $\varphi = 2$  В и  $\varphi = 4$  В. Показано, что с увеличением времени протекания процесса электрохимического растворения при фиксированных значениях потенциала происходит рост плотности тока, что также подтверждает характер активного электрохимического растворения указанного материала в водных растворах нейтральных солей  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaCl}$ .

**Ключевые слова:** электроалмазное шлифование, электрохимическое растворение, поляризационные исследования, покрытия.

## Введение

Эксплуатационный срок службы детали во многом зависит от физико-механических свойств поверхностного слоя, сформированных в процессе механической обработки. С целью увеличения срока службы применяют различные методы как упрочнения поверхностных слоев детали, так и нанесения износостойких покрытий. Особый интерес в последнее время представляет формирование износостойкого поверхностного слоя детали за счет нанесения покрытий на основе порошковых материалов. В качестве порошкового материала износостойких покрытий наиболее часто используются смеси, в состав которых входят карбиды вольфрама, в частности порошок ПС12НВК, обеспечивающий требования, которые предъявляются к покрытиям данного класса. Благодаря использованию порошко-

вых материалов при нанесении покрытий возможно формирование поверхностного слоя, обладающего высокой твердостью. Однако при повышении твердости поверхностного слоя возникают сложности при выборе метода финишной механической обработки. Применение традиционных способов шлифования, таких как абразивное и алмазное, приводит к снижению физико-механических характеристик поверхностного слоя, достигнутых на этапе нанесения износостойкого покрытия. Снижение качества поверхностного слоя связано с тем, что твердость покрытий на основе порошковых материалов зачастую сопоставима с твердостью абразивного инструмента, что приводит к увеличению сил резания, а следовательно, и температуры в зоне обработки [1]. В этом случае высока вероятность появления дефектов, снижающих эксплуатационные характеристики поверхности детали, такие как прижоги и

\* Исследования проведены при финансовой поддержке проекта, выполняемого в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ в 2013 г. и в плановом периоде в 2013-2014 гг. (Шифр заявки 7.759.2011 «Повышение конструктивной прочности материалов конструкционного и инструментального назначения методами, основанными на высокоэнергетическом воздействии»).

микротрещины, а в некоторых случаях и отслоение нанесенного покрытия. В работах [2, 3] показано, что одним из эффективных способов формирования поверхности детали с покрытием является электроалмазное шлифование (ЭАШ).

### Постановка задачи

Электроалмазное шлифование основано на совмещении процессов электрохимического растворения обрабатываемого материала и механического резания зернами алмазного круга. За счет такого совмещения в зоне обработки наблюдается существенное снижение режущих сил, что способствует уменьшению локальных температур и, как следствие, позволяет избежать образования на поверхности дефектов, характерных для традиционных методов обработки [4]. Однако применение этого метода обработки при шлифовании покрытий приводит к повышению шероховатости поверхности, что недопустимо в случае использования деталей в парах трения [5]. Вероятно, такое формирование микрорельефа поверхности в процессе электроалмазного шлифования связано с особенностями электрохимического растворения порошкового материала в выбранном составе электролита, поскольку при электроалмазном шлифовании электрохимическое растворение может происходить не только в зоне резания, но и в гидродинамических клиньях, образующихся при подаче электролита в зону резания (рис. 1) [6].

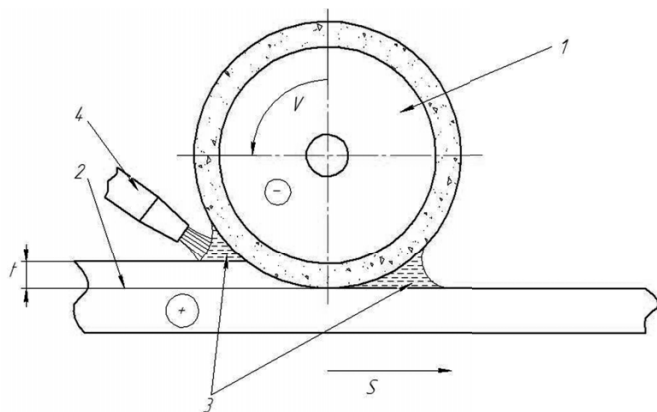


Рис. 1. Схема образования гидродинамических клиньев:

1 – алмазный круг на металлической связке; 2 – деталь;  
3 – гидродинамические клинья; 4 – сопло для подачи электролита

Поэтому для эффективного применения электроалмазного шлифования при обработке деталей с покрытиями на основе порошкового материала ПС12НВК необходимо произвести оценку особенностей электрохимического растворения указанного материала в выбранных составах электролита.

### Методика проведения экспериментов

Исследование особенностей электрохимического растворения металлов и сплавов в электролитах различного состава возможно при изучении анодных поляризационных характеристик [7].

Исследования проводились на потенциостате IPC Pro. Потенциал анода изменялся от 0 до 4,5 В. В качестве электрода сравнения использовали платиновый электрод. Перед погружением в ячейку образцы зачищали на наждачной бумаге и промывали дистиллированной водой. В качестве электролитов были использованы растворы нейтральных солей  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaCl}$  в воде. Электролиты готовили из солей марки «ч.д.а.» и «х.ч.».

### Результаты и обсуждение

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены поляризационные кривые электрохимического растворения покрытия ПС12НВК в водных растворах  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaCl}$  (рис. 2). Из рисунка видно, что растворение покрытия на основе порошка ПС12НВК происходит в активном состоянии, о чем свидетельствует непре-

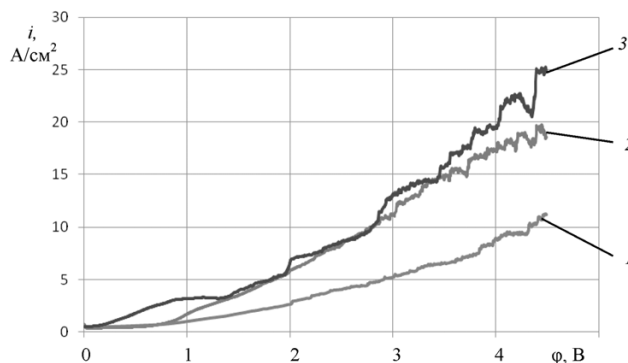


Рис. 2. Поляризационные кривые анодного растворения порошковой смеси ПС12НВК в водных растворах нейтральных солей:

1 – 10 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; 2 – 10 %  $\text{NaNO}_3$ ; 3 – 10 %  $\text{NaCl}$

рывное увеличение плотности тока с повышением потенциала анода во всем исследуемом диапазоне от 0 до 4,5 В для исследуемых электролитов.

Данный факт также подтверждается результатами поляризационных исследований растворения порошковой смеси ПС12НВК при фиксированном значении потенциалов, а именно при  $\varphi = 0,5$  В,  $\varphi = 2$  В и  $\varphi = 4$  В (рис. 3).

С увеличением времени растворения при фиксированном значении потенциала практически не происходит снижения величины плотности тока, а при потенциалах  $\varphi = 2$  В и  $\varphi = 4$  В наблюдается повышение значения плотности тока, что и подтверждает

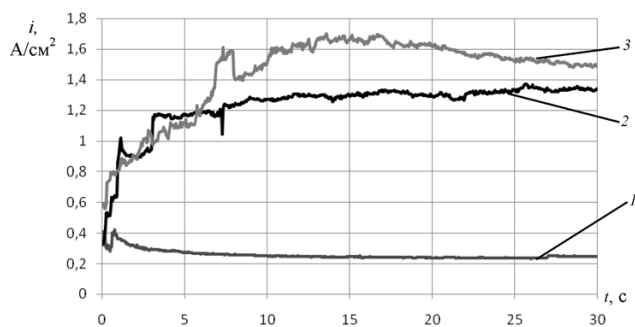


Рис. 3. Потенциостатические поляризационные кривые анодного растворения порошковой смеси ПС12НВК в водном растворе 10 %-го  $\text{NaNO}_3$ :

1 –  $\varphi = 0,5$  В; 2 –  $\varphi = 2$  В; 3 –  $\varphi = 4$  В

активное растворение материала ПС12НВК в водном растворе 10 %-го  $\text{NaNO}_3$ .

Аналогичная картина электрохимического растворения исследуемой порошковой смеси наблюдается и при проведении экспериментов в водных растворах  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaCl}$  (рис. 4, 5).

Анализ полученных результатов позволяет предположить, что электрохимическое растворение порошковой смеси ПС12НВК в водных растворах нейтральных солей  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ , и  $\text{NaCl}$  происходит в активном состоянии. Вероятно, характер растворения указанного покрытия определяется характером электрохимического поведения таких элементов, как никель (Ni) и кобальт (Co), входящих в состав порошковой смеси. В работах [7, 8] установлено, что электрохимическое растворение указанных материалов происходит в активном состоянии в исследуемых растворах электролитов. Входящие в состав частицы карбидов вольфрама механически «выкрашиваются» из покрытия, что может приводить к неравномерному электрохимическому растворению поверхности детали и снижает качество обработки. Подобный механизм электрохимического растворения был рассмотрен в работе [9] на примере растворения хромоникелевых сплавов. Таким образом, для уменьшения влияния особенностей электрохимического растворения материалов, входящих в состав покрытия на основе порошковой смеси ПС12НВК, на формирование микрорельефа поверхности после электроалмазного шлифования необходимо выбирать пассивирующие составы электролитов. Однако это возможно в том случае, когда происходит обработка однокомпонентного материала. При шлифовании многокомпонентных сплавов, как и в случае формообразования покрытия на основе порошковой смеси ПС12НВК, подобрать пассивирующий состав электролита затруднительно, поскольку выбранный состав электролита может быть пассивирующим для одного элемента и активирующим для другого [10].

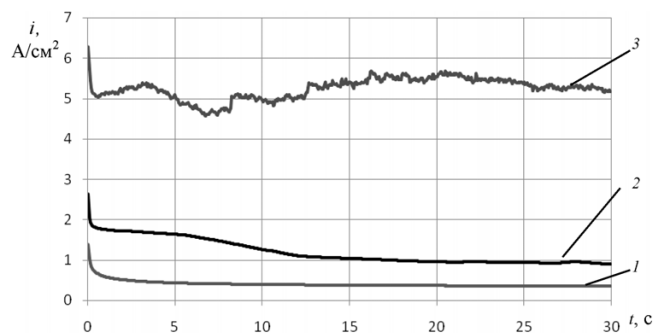


Рис. 4. Потенциостатические поляризационные кривые анодного растворения порошковой смеси ПС12НВК в водном растворе 10 %-го  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ :

1 –  $\varphi = 0,5$  В; 2 –  $\varphi = 2$  В; 3 –  $\varphi = 4$  В.

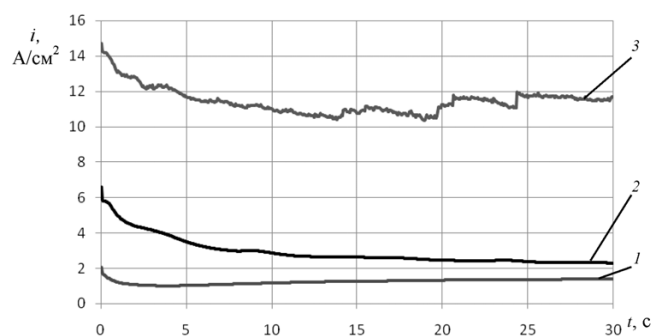


Рис. 5. Потенциостатические поляризационные кривые анодного растворения порошковой смеси ПС12НВК в водном растворе 10 %-го  $\text{NaCl}$ :

1 –  $\varphi = 0,5$  В; 2 –  $\varphi = 2$  В; 3 –  $\varphi = 4$  В

В этом случае уменьшение влияния особенностей электрохимического растворения указанного материала в выбранных составах электролитов на формирование микрорельефа поверхности после электроалмазного шлифования возможно за счет введения дополнительного технологического перехода, осуществляемого при отключенном источнике тока.

## Выводы

Проведенные исследования показали, что электрохимическое растворение деталей с покрытиями на основе ПС12НВК происходит в активном состоянии во всем исследуемом диапазоне потенциалов в водных растворах нейтральных солей  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ , и  $\text{NaCl}$ . Характер растворения указанного покрытия определяется характером электрохимического растворения материалов, входящих в состав покрытия, а именно никелем (Ni) и кобальтом (Co). Активное растворение кобальта и никеля может приводить к неравномерному электрохимическому растворению поверхности анода, что снижает качество обработки. Повышение равномерности растворения указанного покрытия возможно за счет выбора пассивирующего



состава электролита по отношению к кобальтовой и никелевой составляющей, а также за счет введения дополнительного технологического перехода, осуществляемого при отключенном источнике тока.

### Список литературы

1. *Кремень З.И.* Технология шлифования в машиностроении / З.И. Кремень, В.Г. Юрьев, А.Ф. Бабошин; под общей ред. З.И. Кременя. – СПб.: Политехника, 2007. – 424 с.
2. *Рахимьянов Х.М.* Электроалмазная обработка напыленных износостойких покрытий / Х.М. Рахимьянов, В.В. Янпольский, А.Н. Моисеенко // Сб. тр. междунауд. науч.-практич. конф. «Инженерия поверхностного слоя деталей машин». – Кемерово, 2009. – С. 365–368.
3. *Рахимьянов Х.М.* Электрохимическое растворение покрытий из порошковых материалов / Х.М. Рахимьянов, В.В. Янпольский, М.И. Никитенко, А.Н. Моисеенко // Обработка металлов. – 2011 – № 2(51) – С. 3–5.
4. *Янюшкин А.С.* Технология комбинированного электроалмазного затачивания твердосплавных инструментов. – М.: Машиностроение – № 1. – 2003. – 241 с.
5. *Рахимьянов Х.М.* Размерная обработка деталей с покрытиями из наноструктурированных порошковых материалов / Х.М. Рахимьянов, В.В. Янпольский, А.Н. Моисеенко // Обработка металлов. – 2010. – № 4(49). – С. 22–26.

6. *Фомин Г.И.* Исследование факторов, влияющих на точность электрохимического формообразования вращающимся электродом / Г.И. Фомин, Ф.Н. Чикишев // Труды науч. конф. Электрофизические, электрохимические методы обработки материалов и другие вопросы технологии машиностроения. – Тюмень, 1974. – С. 59–62.

7. *Щербак М.В.* Основы теории и практики электрохимической обработки металлов и сплавов / М.В. Щербак, М.А. Толстая, А.П. Анисимов, В.Х. Постановов. – М.: Машиностроение. – 1981. – 263 с.

8. *Рахимьянов Х.М.* Анодное растворение быстрорежущей стали Р6М5 и ее составляющих в водных растворах / Х.М. Рахимьянов, Б.А. Красильников, В.В. Янпольский // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2003. – № 4 (34). – Новосибирск, 2003. – С. 141–146.

9. *Петренко В.И.* Влияние концентрации упрочняющей  $\gamma$ -фазы в жаропрочных хромоникелевых сплавах на скорость их электрохимической обработки в растворах нитратов и хлоратов / В.И. Петренко, А.И. Дикусар, О.А. Аржигталь // Электронная обработка материалов. – 1976. – № 4. С. 14–17.

10. *Давыдов А.Д.* Закономерности электрохимического растворения сплавов при высоких плотностях тока. Тезисы докладов науч.-техн. конф. «Размерная электрохимическая обработка деталей машин». – Тула, 1980. – С. 95–9.

Obработка metallov

N 3 (60), July–September 2013, Pages 36-40

### Features of electric powered diamond grinding of workpieces with powder coating material through PS12NVK

Kh.M. Rakhimyanov, B.A. Krasilnikov, V.V. Yanpolskiy, T.V. Kozich

Novosibirsk State Technical University, Prospekt K. Marksa, 20,

Novosibirsk, 630073, Russia

E-mail: tms-ngtu@mail.ru

#### Abstract

The results of polarization studies of the electrochemical dissolution of the coating on the basis of the powder mixture PS12NVK in aqueous solutions of neutral salts,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  and  $\text{NaCl}$  are presented. It is found that the dissolution of above-noted material in the electrolyte composition is selected in an active state in the test range of the anode potentials  $\varphi = 0 \text{ V}$   $\varphi = 4,5 \text{ V}$ . It is shown that with increasing of the electrochemical dissolution process time at fixed potential value there is the growth of the current density, that also confirms the nature of the active electrochemical dissolution of this material in aqueous solutions of neutral salts,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  and  $\text{NaCl}$ .

Keywords: electric powered diamond grinding, electrochemical dissolution, polarization studies, coatings.

#### References

1. Kremen' Z.I., Yur'ev V.G., Baboshin A.F. *Tehnologija shlifovaniya v mashinostroenii* (Grinding Technology in Mechanical Engineering). Saint Petersburg, Politehnika, 2007. 424 p.

2. Rahimyanov Kh.M., Yanpolskiy V.V., Moiseenko A.N. *Jelektroalmaznaja obrabotka napylenykh iznosostojkikh pokrytij* [Electric powered diamond processing processing wear resistant coatings]. *Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Inzhenerija poverhnostnogo sloja detalej mashin»* [Proceedings of the International Scientific Conference “Engineering surface layer of machine parts”]. Kemerovo, 2009, pp. 365 – 368.
3. Rahimyanov Kh.M., Yanpolskiy V.V., Nikitenko M.I., Moiseenko A.N. *Obrabotka metallov (tehnologija, oborudovanie, instrumenty)*, 2011, no. 2(51), pp. 3 – 5.
4. Yanyushkin A.S. *Tehnologija kombinirovannogo jelektroalmaznogo zatachivaniya tverdospaynykh instrumentov* (Technology combined electric powered diamond sharpening carbide tools). Moscow, Mashinostroenie – 1, 2003. 241 p.
5. Rahimyanov Kh.M., Yanpolskiy V.V., Moiseenko A.N. *Obrabotka metallov (tehnologija, oborudovanie, instrumenty)*, 2010, no. 4(49), pp. 22 – 26.
6. Fomin G.I., Chikishev F.N. *Issledovanie faktorov, vlijajushhih na tochnost' jelektrohimicheskogo formoobrazovaniya vrashhajushhimsja jelektrodom* [The study of factors affecting the accuracy of the rotating electrode electrochemical formation]. *Trudy nauchnoj konferencii Jelektrofizicheskie, jelektrohimicheskie metody obrabotki materialov i drugie voprosy tehnologii mashinostroeniya* [Proceedings of the conference “Electro, electrochemical methods of data processing and other issues of Mechanical Engineering”]. Tyumen, 1974, pp. 59 – 62.
7. Shherbak M.V., Tolstaja M.A., Anisimov A.P., Postanogov V.H. *Osnovy teorii i praktiki jelektrohimicheskoy obrabotki metallov i spлавov* (Fundamentals of the theory and practice of electrochemical machining of metals and alloys). Moscow, Mashinostroenie, 1981. 263 p.
8. Rahimyanov Kh.M., Krasil'nikov B.A., Yanpolskiy V.V. *Anodnoe rastvorenie bystrorezhushhej stali R6M5 i ee sostavljajushhih v vodnykh rastvorah* (Anodic dissolution of high-speed steel R6M5 and its components in aqueous solutions). *Sbornik nauchnykh trudov NSTU*, 2003, no.4 (34), pp. 141 – 146.
9. Petrenko V.I., Dikusar A.I., Arzhintal' O.A. *Vlijanie koncentracii uprochnjajushhej  $\gamma$  - fazy v zharoprochnykh hromonikelevykh spлавah na skorost' ih jelektrohimicheskoy obrabotki v rastvorah nitratov i hloratov* [Influence of the concentration of the hardening  $\gamma$  - phase in the heat-resistant chromium-nickel alloys, the rate of electrochemical treatment in solutions of nitrate and chlorate]. *Jelektroonnaja obrabotka materialov - Soviet Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 1976, no.4, pp. 14 – 17.
10. Davydov A.D. *Zakonomernosti jelektrohimicheskogo rastvorenija spлавov pri vysokih plotnostjakh toka* [Laws of electrochemical dissolution of alloys at high current densities.]. *Tezisy dokladov nauchno-tehnicheskoy konferencii «Razmernaja jelektrohimicheskaja obrabotka detalej mashin»* [Abstracts of scientific and technical conference “The dimensional electrochemical machining of machine parts”]. Tula, 1980, pp. 95 – 99.