

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОАЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

Yanpolskiy V.V.<sup>1, a</sup>, Filippov V.V.<sup>1, b</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk,  
630073, Russia

<sup>a</sup>yanpolskiy@corp.nstu.ru, <sup>b</sup>[volodya94@mail.ru](mailto:volodya94@mail.ru)

### Введение

Одним из развивающихся направлений в современных отраслях промышленности является создание материалов, отвечающих высоким эксплуатационным и физико-химическим требованиям в сочетании с уменьшением массы и стоимости в сравнении с традиционными металлическими материалами. Достижение этого возможно за счет применения технологий нанесения износостойких покрытий таких, как детонационно-газовое и плазменное напыление, электронно-лучевая наплавка [1, 2, 3]. Обеспечение требуемых эксплуатационных свойств деталей в этом случае осуществляется за счет нанесения порошковых композиций, состоящих из ряда элементов. Вместе с тем, следует отметить, что формирование качества износостойкого покрытия происходит не только на этапе нанесения композиции, но и при последующей механической обработке. [4, 5]. Как правило, в качестве финишной механической обработки поверхностей после нанесения покрытий применяют абразивное и алмазное шлифование, что не редко приводит к снижению физико-механических характеристик поверхностного слоя, достигнутых на этапе нанесения износостойкого покрытия. Связано это с тем, что твердость покрытий зачастую сопоставима с твердостью абразивного инструмента [6]. Значительные перспективы для решения данной проблемы просматриваются в использовании технологий обработки износостойких покрытий, основанных на комбинировании процессов электрохимического растворения материала и механического резания, в частности, электроалмазного шлифования [7]. Эффективное применение указанного метода для обработки многокомпонентных покрытий требует проведения комплексных исследований, направленных на установление особенностей электрохимического растворения износостойких покрытий в электролитах и определения влияния режимов резания на формирование микрорельефа поверхности после электроалмазного шлифования.

### Методики исследований

Проведение экспериментальных исследований по обработке деталей с покрытиями на основе порошковых материалов осуществлялось на установке для электроалмазного шлифования. Шлифование поверхностей производилось алмазным кругом АПП 50x10x3 на металлической связке М1, зернистостью 80/63, 100 %-ной концентрации. Режимы резания при которых проводилась обработка образцов: глубина резания  $t=0,15$ мм; продольная подача  $S$  изменялась

в диапазоне от 15 мм/мин до 60 мм/мин с шагом  $S=15$  мм/мин; напряжение – 8 В.

Для исследований в качестве материала было выбрано покрытие на основе порошковой смеси титан-молибден-тантал (Ti-Mo-Ta), нанесенное при помощи электронно-лучевой наплавки.

Проанализировав литературу [8], были выбраны электролиты для электроалмазного шлифования покрытия на основе порошковой смеси титан-молибден-тантал (Ti-Mo-Ta) следующих составов: –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (ГОСТ. ТУ 4168-79) – 10% концентрации; –  $\text{NaCl}$  (ГОСТ. ТУ 4166-76) – 10% концентрации; –  $\text{NaNO}_3$  (ГОСТ. ТУ 13830-84) – 10% концентрации;

Особенности электрохимического растворения исследуемого материала в выбранных составах электролитов осуществлялось на основе проведения поляризационных исследований. Схема установки для проведения поляризационных исследований представлена на рис. 1.

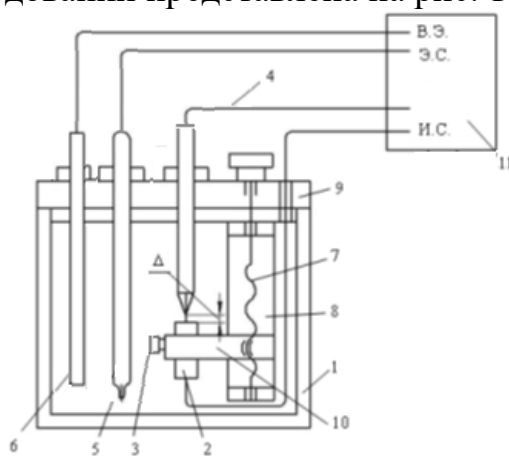


Рис. 1. Схема установки для проведения поляризационных исследований электрохимического растворения материалов

1 – емкость для электролита; 2 – исследуемый образец; 3 – крепежный винт; 4 – электролитический контакт; 5 – электрод сравнения; 6 – вспомогательный электрод; 7 – микрометрический винт; 8 – направляющие; 9 – крышка; 10 – кронштейн; 11 – потенциостат

Определение шероховатости поверхности после электроалмазного шлифования производилось на комплексе оборудования для определения топографии поверхности Zygo NewView 7300.

### Результаты и обсуждение

В результате проведенных поляризационных исследований анодного растворения композиционного материала Ti-Mo-Ta в выбранных растворах нейтральных солей, было установлено, что активное растворение покрытия происходит при потенциалах  $\varphi = 1,5 \dots 4,5$  (рис. 2.). В области потенциалов  $\varphi = 4,5 \dots 8$  В наблюдается снижение величины плотности тока при растворении исследуемого материала в растворах  $\text{NaNO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (рис. 2, кривые 1 и 2). Вероятно, это связано с образованием окисных пленок на поверхности анода, что приводит к пассивации поверхности обрабатываемого образца.

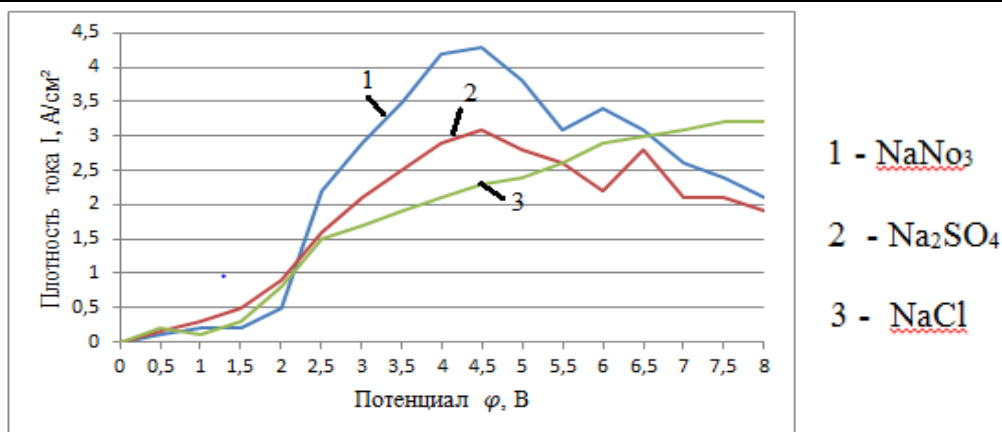


Рис. 2. Графики анодного растворения Ti-Ta-Mo в 10% растворах нейтральных солей.

Совершенно другое поведение наблюдается при растворении покрытия на основе порошковой смеси Ti-Mo-Ta в NaCl (рис. 2, кривая 3). Растворение происходит в активном состоянии во всем исследуемом диапазоне потенциалов, о чем свидетельствует увеличение плотности тока. В тоже время следует отметить, что применение этого раствора электролита может приводить к коррозии технологического оборудования. Поэтому для дальнейших экспериментов по оценке влияния режимов электроалмазного шлифования многокомпонентного покрытия Ti-Mo-Ta на формирование микрорельефа обработанной поверхности был выбран водный раствор 10 % NaNO<sub>3</sub>. Результаты проведенных экспериментов представлены на рис. 3, 4 и 5. Из рис. 3 видно, что с увеличением продольной подачи стола происходит повышение значения шероховатости поверхности.

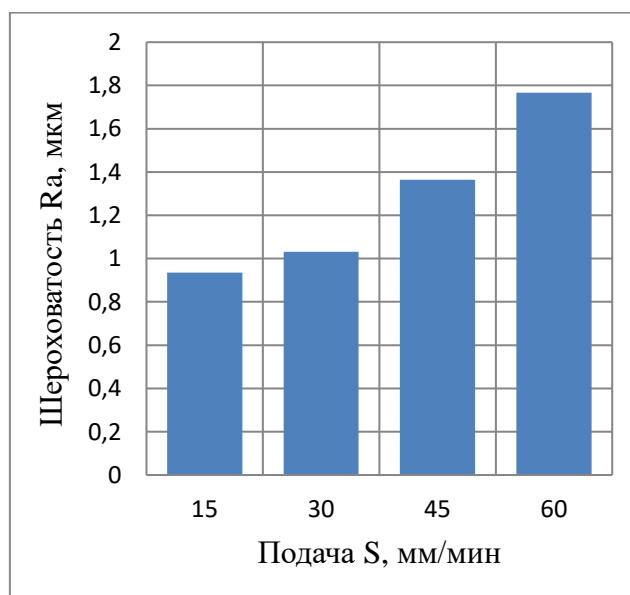


Рис. 3. Гистограмма значений шероховатости от продольной подачи стола.

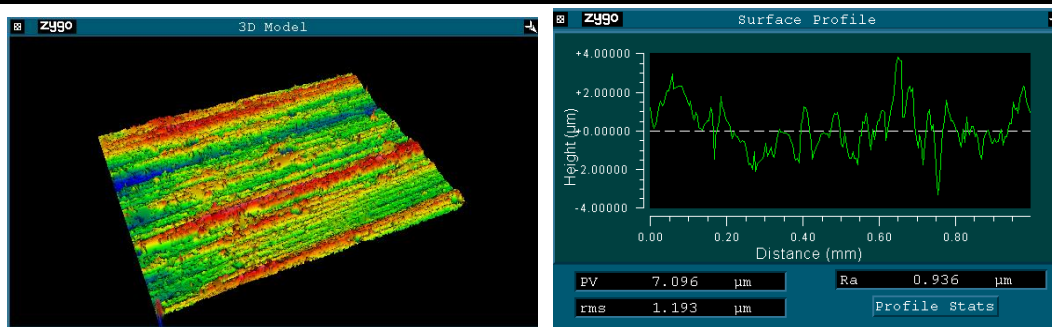


Рис. 4. 3D модель поверхности и график её профиля после обработки на электроалмазном станке с продольной подачей стола 15 мм/мин.

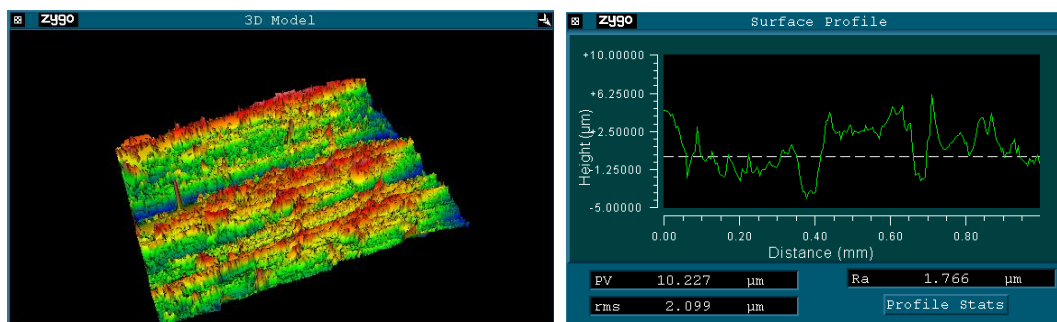


Рис. 5. 3D модель поверхности и график её профиля после обработки на электроалмазном станке с продольной подачей стола 60 мм/мин.

## Выводы

В работе были исследованы особенности электрохимического растворения покрытия на основе порошковой смеси Ti-Mo-Ta в водных растворах нейтральных солей  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaCl}$ . Установлено, что наибольшая плотность тока достигается при растворении исследуемого материала в 10 %-ном растворе  $\text{NaCl}$ . Применение этого электролита имеет ряд преимуществ по сравнению с остальными, но его использование приводит к коррозии технологического оборудования. Растворение композиции Ti-Mo-Ta в водных растворах  $\text{NaNO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  сопровождается пассивацией поверхности в диапазоне потенциалов  $\varphi = 4,5 \dots 8$  В. На основании проведенных поляризационных исследований для технологических экспериментов электроалмазного шлифования покрытия на основе порошковой смеси Ti-Mo-Ta был выбран раствор 10 %  $\text{NaNO}_3$  в воде. На основе проведенных экспериментальных исследований электроалмазного шлифования покрытия на основе порошковой смеси Ti-Mo-Ta в водном растворе 10 %  $\text{NaNO}_3$  было установлено, что минимальное значение шероховатости  $Ra=0,936$  мкм достигается при продольной подаче  $S=15$  мм/мин. Дальнейшее увеличение подачи приводит к повышению шероховатости поверхности.

## Список литературы

1. Ситников А.А. Структура и свойства наплавленных электродуговых покрытий из порошков механоактивированных СВС-композиций / А.А. Ситников, В.И. Яковлев, М.Н. Сейдуров, М.Е. Татаркин, А.В., Собачкин Н.В.

Степанова, И.Ю. Резанов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2011. № 3. С. 51-54.

2. Kornienko E.E Smirnov A.I, Kuzmin V.I., Researches structure and properties of self-fluxing coating, obtained by air-plasma spraying, Applied Mechanics and Materials. Vol. 698 (2015) 405-410.

3. Galchenko, N.K., Kolesnikova, K.A., Belyuk, S.I., Dampilon, B.V., Structure and proper-ties of boride coatings synthesized from thermo-reactive

4. Rakhimyanov Kh. M., Semyonova Yu.S., Sautkina M. A., Skrinnik V. A., Likhatchev A.P., Providing of substrate surface quality prior to coating by ultrasonic plastic deformation treat-ment, Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty). №1 (46) (2010) P. 35–39.

5. Chesov Yu.S., Zverev E.A., Ivancivsky V.V., Skeebe V.Yu., Plotnikova N.V., Lobanov D.V., Structure of wear resistant plasma coatings after high-energy treatment using high-frequency currents, Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty). №4 (65) (2014) P. 11–18.

6. Кремьнь З.И. Технология шлифования в машиностроении/ З.И. Кремьнь, В.Г. Юрьев, А.Ф. Бабошин; под общей ред. З.И. Кремья. – СПб.: Политехника, 2007. – 424 с.

7. Arkhipov, P.V., Yanyushkin, A.S., Lobanov, D.V., Petrushin, S.I., The effect of dia-mond tool performance capability on the quality of processed surface, Applied Mechanics and Ma-terials. 379 (2013) 124-130.

8. Мороз И.И. Основы повышения точности электрохимического формообразования. – Кишинев: Штиинца, 1977.