

УДК 620.182.253

ОСОБЕННОСТИ ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ПОЛИРОВКИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

А.А. Деев, С.В. Паров, А.В. Токарев

Представлены результаты морфологических исследований поверхности образцов из нержавеющей стали, обработанных методом плазменно-электролитической полировки. Результаты получены с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN Vega 3 LMH. Показано, что минимальный размер паза, который может быть отполирован, равен 0,3 мм. При меньших размерах плазма не заходит в паз за счет экранировки электрического поля соседними гранями паза.

Ключевые слова: плазменно-электролитическая полировка; обработка металлов; полировка нержавеющей стали; СЭМ TESCAN Vega 3.

ДАТ БАСПАГАН БОЛОТТУ ПЛАЗМАЛЫК-ЭЛЕКТРОЛИТТИК ЖЫЛТЫРЛООНУН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ

А.А. Деев, С.В. Паров, А.В. Токарев

Бул макалада плазмалык-электролиттик жылтырлоо ыкмасы менен иштетилген дат баспаган болоттун үлгүлөрүнүн үстүңкү бетин морфологиялык изилдөөнүн жыйынтыктары берилди. Жыйынтыктар TESCAN Vega 3 LMH сканерлөөчү электрондук микроскоптун жардамы менен алынды. Жылтырата турган оюктардын минималдуу өлчөмү 0,3 мм экени көрсөтүлгөн. Кичине өлчөмдөрдө плазма электр талаасынын жанаша жайгашкан оюк беттеринин экрандашуусунан улам оюкка кирбейт.

Түйүндүү сөздөр: плазма-электролиттик жылтыратуу; металлды иштетүү; дат баспас болотту жылтыратуу; SEM TESCAN Vega 3.

FEATURES OF PLASMA-ELECTROLYTIC POLISHING OF STAINLESS STEEL

A. A. Deev, S. V. Parov, A. V. Tokarev

The results of morphological studies of the surface of stainless steel samples treated by plasma-electrolytic polishing are presented. The results were obtained with a scanning electron microscope TESCAN Vega 3 LMH. It is shown that the minimum groove size that can be polished is 0.3 mm. At smaller dimensions, the plasma does not enter the groove due to the screening of the electric field by the adjacent groove faces.

Keywords: plasma-electrolytic polishing; metal processing; stainless steel polishing; SEM TESCAN Vega 3.

Введение. В настоящее время используются различные способы полировки металлов и их сплавов [1]. Известны различные способы обработки металлов: механическая, химическая, электрохимическая и плазменно-электролитическая и др.

По сравнению с другими методами полировки металлов, плазменно-электролитическая обработка существует не так давно [1]. Данный метод позволяет достичь высокого качества полировки поверхности [2]. При этом процесс обработки более безопасен по сравнению с химической и электрохимической, так как для его проведения не используются сильные кислоты [2, 3].

Несмотря на то, что данный метод полировки уже используется в промышленности и в лабораториях, пока нет экспериментальных данных по влиянию плазменно-электролитической обработки на геометрию деталей – на поверхность, грань среза, округление углов паза и др.

Эксперимент и результаты. Для проведения экспериментов был разработан чертеж заготовки детали (рисунок 1), на котором расстояние между зубцами было различным. Это было сделано с целью определения минимального размера паза, который может быть отполирован. Первый разрез на заготовке равен толщине лазерного луча – 0,1 мм, последующие зубья на нижней стороне увеличиваются на 0,1 мм, заканчивая расстоянием между ними в 1,5 мм. На верхней стороне ряд начинается с расстояния в 1,7 мм с шагом 0,2 мм, заканчиваясь на расстоянии в 3 мм. 10 образцов было вырезано из нержавеющей стали ANSI 430 толщиной 1 мм при помощи оптоволоконного лазерного станка G-WEIKE LF3015CNR.

Для проведения эксперимента для обработки детали из нержавеющей стали ANSI 430 был подобран подходящий электролит. Электролит готовили следующим образом [3, 4]: сначала готовили 4–6 %-ный раствор сульфата аммония, затем вводили добавку маннита в количестве от 0,5 до 1 мас.%. Наиболее оптимальным составом, как для хромоникелевых, так и для хромистых сталей оказался 5 %-ный раствор сульфата аммония с добавкой 0,75 % маннита [3, 4].

Время погружения образца детали в электролит варьировалось от 1 до 7 мин. Что позволило получить семь различных объектов для дальнейших исследований.

В процессе эксперимента использовали сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) TESCAN Vega 3 LMN с химическим анализатором Oxford X-ACT (рисунок 2). Это позволило увеличить и определить поверхностные характеристики обработанных деталей и исходного образца для общего сравнения морфологии поверхности.

Образцы, прошедшие обработку, были закреплены на поворотном столе СЭМ (рисунок 3), затем были выбраны детали, прошедшие временную обработку в электролите в 1, 4 и 7 минут. Это было сделано для выявления изменений детали за начальный, промежуточный и конечный отрезки времени. Также на данную платформу была закреплена исходная заготовка для общего анализа характеристик (рисунок 3).

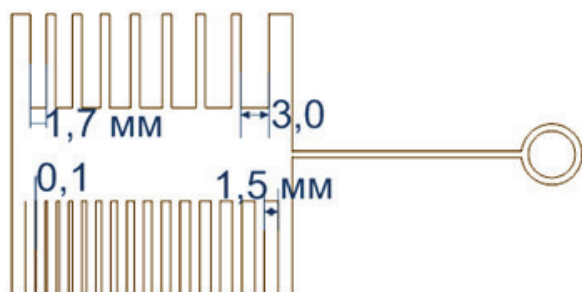


Рисунок 1 – Чертеж образца заготовки детали



Рисунок 2 – СЭМ TESCAN Vega 3 LMN, с хим. анализатором Oxford X-ACT

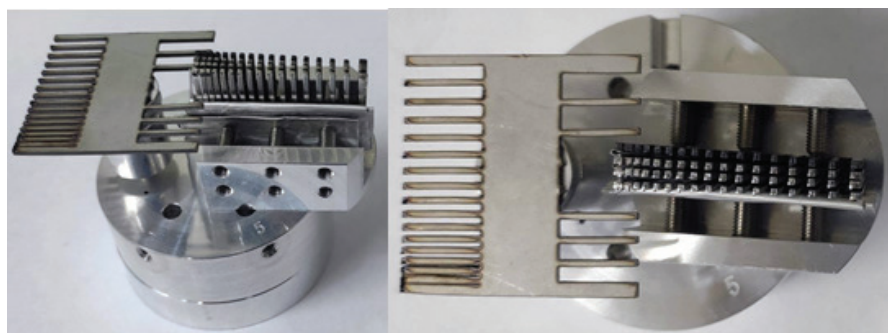


Рисунок 3 – Закрепленные на поворотном столе микроскопа образцы

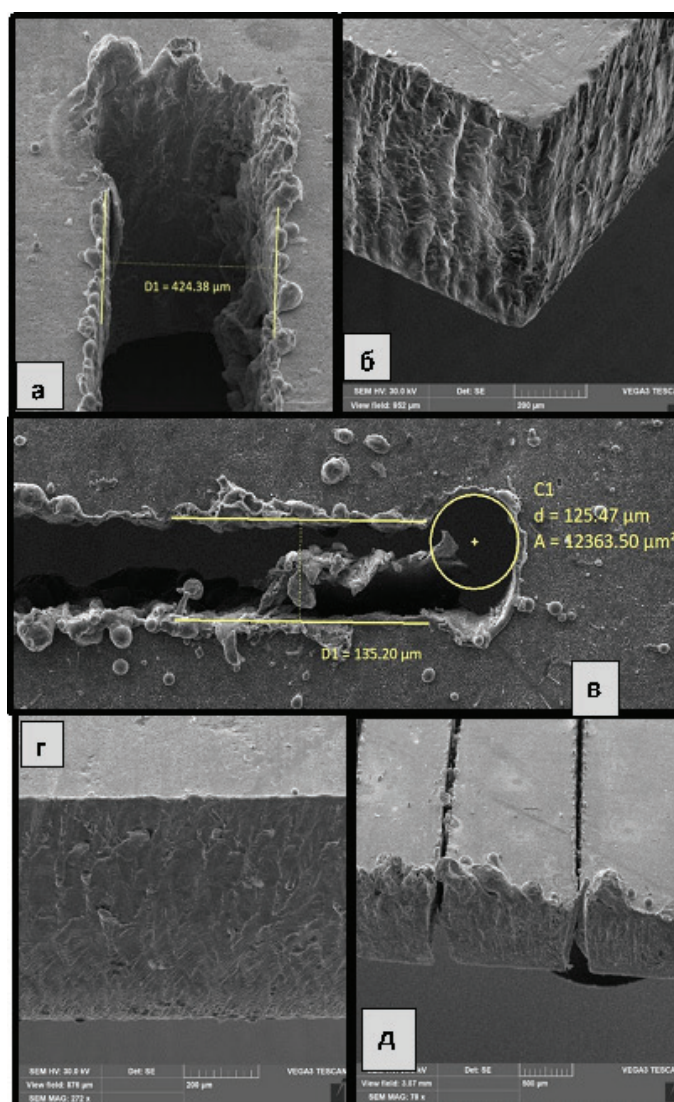


Рисунок 4 – Результаты увеличения исходного образца:
а – расстояние между 5-м и 6-м зубьями; б – поверхность угла пластины под уклоном;
в – первый промежуток, равный толщине лазерного луча; г – торец пластины, д – зубья детали

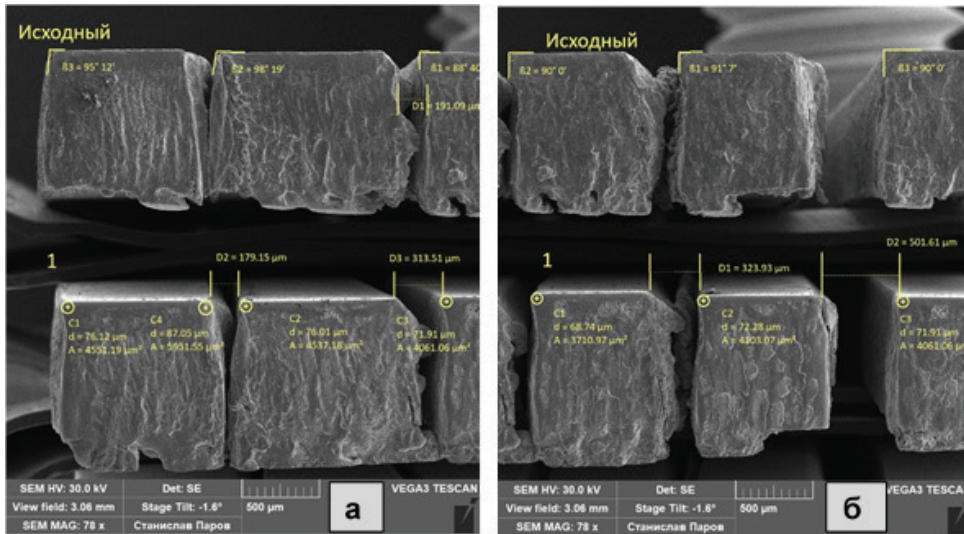


Рисунок 5 – Снимки граней исходной пластины и первого образца:
а – зубья с первого по третий; б – зубья с третьего по пятый

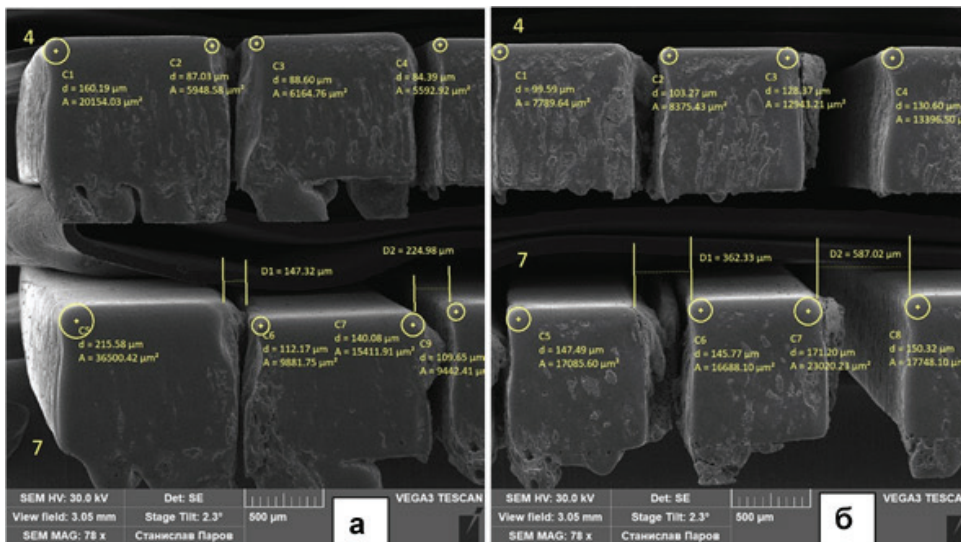


Рисунок 6 – Снимки граней четвертого и седьмого образцов:
а – зубья с первого по третий; б – зубья с третьего по пятый

В процессе изучения структура деталей была рассмотрена на следующих кратностях увеличения:

- поверхность – 1 кх, 7 кх, 65,8 кх;
- гребни под наклоном – 173 х;
- гребни – 64 х, 70 х.

Были получены следующие снимки исходной пластины (рисунок 4): расстояние между 5-м и 6-м зубьями (а); поверхность угла пластины под уклоном (б); первый промежуток, равный толщине лазерного луча (в); торец пластины (г); зубья детали (д).

На рисунках 5, 6, 7 представлены снимки граней четырех пластин, включающих в себя исходную деталь, первый, четвертый и седьмой образцы.

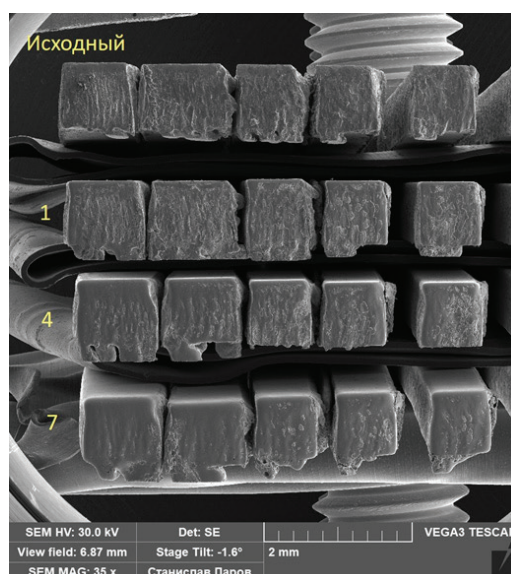


Рисунок 7 – Общая картина выбранных для изучения образцов

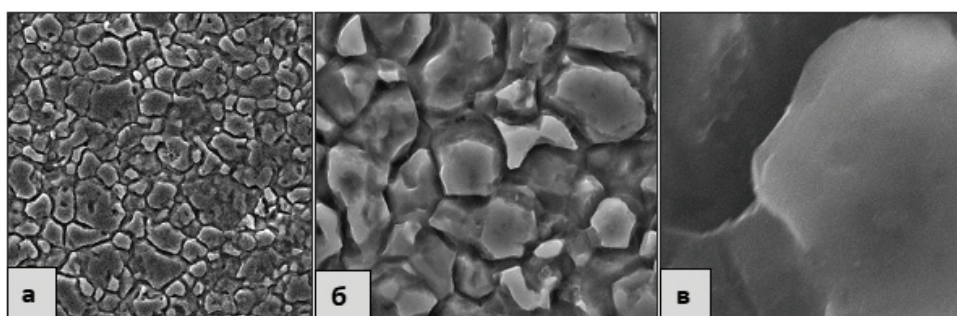


Рисунок 8 – Снимок поверхности исходной детали:
а – увеличение изображения в 1 тысячу раз; б – увеличение изображения в 7 тысяч раз;
в – увеличение изображения в 65,8 тысяч раз

Сравнение приведенных снимков позволило сделать следующие выводы. На первый взгляд, исходный и первый образец практически не отличаются, но при увеличении видно, что углы граней зубьев начинают скругляться, если же их сравнивать со следующими, то заметна большая разница в гладкости поверхности на гранях деталей.

Как видно на рисунке 7, чем больше времени находится заготовка в ванне с электролитом при проведении плазменно-электролитической полировки металлов, тем более гладкой становится поверхность в местах реза, гранях [5].

Поскольку целью работы было изучение поверхности опытных образцов, на рисунке 7 можно заметить изменение шероховатости поверхности с течением времени обработки. На снимках деталей под увеличением видно сглаживание в пазах, начиная с пятого зуба, с расстоянием в 0,3 мм.

На рисунках 8–11 показана морфология поверхности используемых образцов.

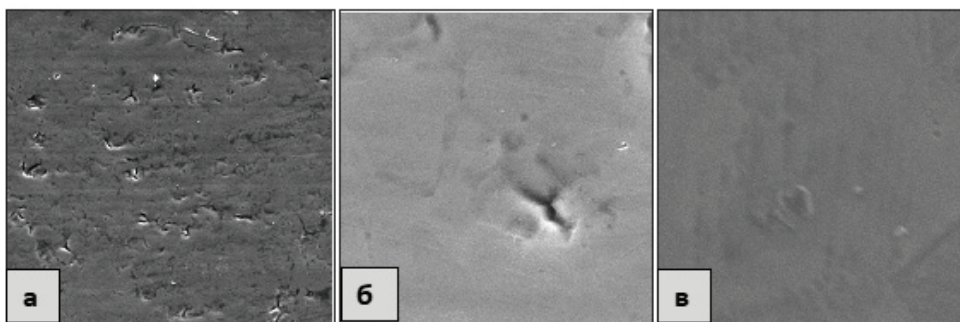


Рисунок 9 – Снимок поверхности детали под номером 1:
а – увеличение изображения в 1 тысячу раз; б – увеличение изображения в 7 тысяч раз;
в – увеличение изображения в 65,8 тысяч раз

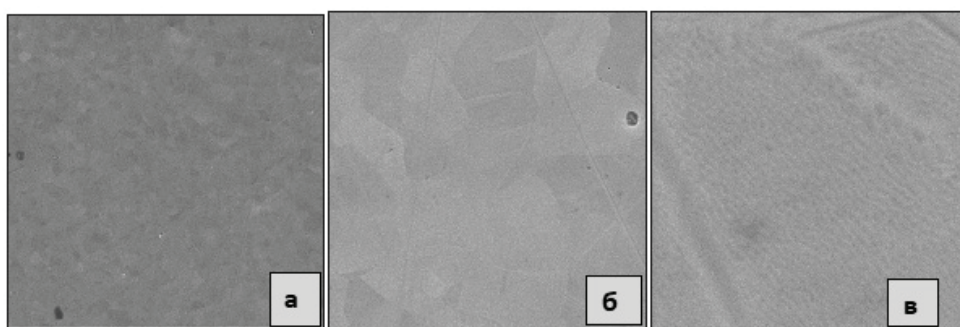


Рисунок 10 – Снимок поверхности детали под номером 4:
а – увеличение изображения в 1 тысячу раз; б – увеличение изображения в 7 тысяч раз;
в – увеличение изображения в 65,8 тысяч раз

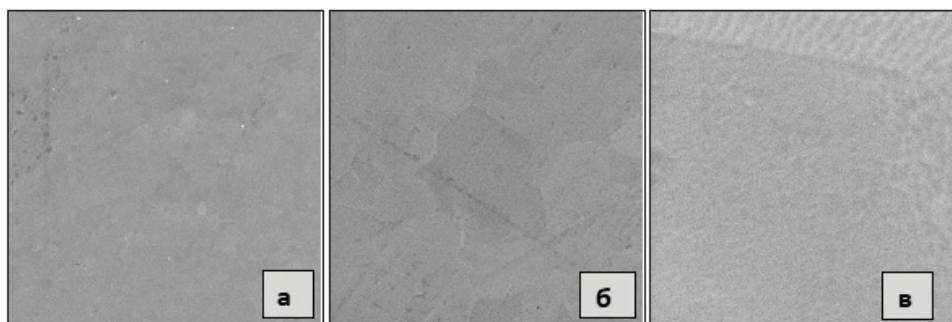


Рисунок 11 – Снимок поверхности детали под номером 7:
а – увеличение изображения в 1 тысячу раз; б – увеличение изображения в 7 тысяч раз;
в – увеличение изображения в 65,8 тысяч раз

Исследование опытных образцов из нержавеющей стали ANSI 430, прошедших обработку методом плазменно-электролитической полировки металлов, позволило сделать следующие **выводы**:

- полировка деталей зависит от размеров детали [4], а также от расстояния между отдельными частями заготовки;
- исследования на СЭМ позволили выявить закономерность улучшения качества поверхности – чем дольше деталь находится в электролите во время проведения опыта, тем больше улучшается поверхность; установлено, что минимальный размер паза, который может быть отполирован, составляет 0,3 мм. При меньших размерах плазма не заходит в паз за счет экранировки электрического поля соседними гранями паза.

Литература

1. *Zeidler H.* Обработка поверхности медицинских деталей с использованием плазменного электролитического полирования / H. Zeidler, F. Boettger-Hiller, J. Edelmann, A. Шуберт. Процедура CIRP. 2016. 49. P. 83–87.
2. *Ablyaz T.R.* Electrolytic Plasma Surface Polishing of Complex Components Produced by Selective Laser Melting / T.R. Ablyaz, K.R. Muratov, M.M. Radkevich, L.A. Ushomirskaya, D.A. Zarubin // Russ. Eng. Res. 2018. № 38. P. 491–492.
3. *Дураджди В.Н.* Способ электролитно-плазменной обработки поверхности металлов / В.Н. Дураджди, Д.Е. Капуткин (Method of electrolytic-plasma treatment of metal surface). RU Patent 2550393, 27 May, 2014.
4. *Holländer Andreas.* Surface technology for additive manufacturing / Patrick Cosemans, Andreas Holländer // Plasma Processes and Polymers. 2019. № 17. Iss. 1.
5. *Sameer A. Al-Bataineh.* Deposition of 2-oxazoline-based plasma polymer coatings using atmospheric pressure helium plasma jet / A. Sameer. Al-Bataineh, Alex A. Cavallaro, Andrew Michelmore, Melanie N. Macgregor, Krasimir Vasilev // Plasma Processes and Polymers. 2019. № 16. Iss. 10.