

УДК 621.9.048.6:621.794

В. В. Иванов, Н. П. Погорелов, А. Ф. Апальков, А. С. Сакунов

ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, 344000. пл. Гагарина 1, Россия

Тел./Факс 8-928-13-90-231; E-mail: vivanov_dstu@mail.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ РАБОЧИХ СРЕД ПРИ ФОРМИРОВАНИИ
ВИБРАЦИОННОГО МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО ОКСИДНОГО ПОКРЫТИЯ**

Были проведены исследования для объединения обработки и окисления вибрации в полимерных рабочих средах, что позволило объединить три технологических этапа. Определены характерные следы прямого и косого воздействия полимерной рабочей среды вдоль поверхности металла с оксидной пленкой. Представлены исследования структуры нанорельефа вибрационного химико-механического оксидного покрытия и основных параметров процесса

***Ключевые слова.** Полимерные рабочие среды. Вибрационная обработка. Комбинированные покрытия. Комбинированный процесс окисления и вибрационной обработки. Поверхностный слой металла.*

V. V. Ivanoa, I. P. Pogorelov, A. F. Apalkov, A. S. Sakunov**APPLICATION OF POLYMER WORKING ENVIRONMENTS IN FORMING VIBRATION MECHANOCHEMICAL OXID COATING**

Studies were carried out to combine vibration processing and oxidation in polymer working media, which allowed to combine three technological stages. Characteristic traces of direct and oblique impact of the polymer working medium, along the surface of the metal with oxide film, are determined. Studies of the structure of the nanorelief of the vibrational chemical-mechanical oxide coating and the main parameters of the process are presented.

***Keywords:** polymeric working media, vibration treatment, combined coatings, combined process of oxidation and vibration treatment, surface layer of metal.*

Введение

Вибрационная обработка позволяет обеспечить эффект совместного воздействия энергии возникающей в результате механической и химической составляющей процесса формирования покрытия. Вибрационная обработка обеспечивает изменение физико-химических свойств поверхностного слоя детали, а также его активацию. Учитывая универсальность вибрационного оборудования его можно использовать не только, для процессов формирования покрытий, но и для отделочно-зачистных и упрочняющих операций, что актуально т.к. снижает себестоимость продукции. [1, 5].

Материалы и методы исследования

В основу изучения механизма формирования оксидной пленки положена методика определения характера расположения, размеров, глубины и формы следов обработки при работе в среде полимерных рабочих сред (полиэтиленовых шаров) в процессе оксидирования и без оксидирующего раствора и установления качества пленки, общего вида поверхности с помощью оптических и электронно-микроскопических методов исследований.

В работах авторов Бабичева А. П., Устинова В. П. имеются сведения о формировании поверхностного слоя в процессе вибрационной обработки в среде металлических рабочих сред. Эти процессы сопровождаются пластическим деформированием поверхностных слоев металла в условиях многократного динамического контакта частиц рабочей среды с деталью.

При комбинировании метода вибрационной обработки и оксидирования взаимодействие полимерной рабочей среды и поверхностного слоя обрабатываемого материала осуществляется через прослойку образующейся оксидной пленки и раствора, находящейся в зоне контакта. Согласно теории химического оксидирования образование оксидной пленки, рост ее является результатом взаимодействия металла с рабочим раствором, которое осуществляется через поры пленки, образующейся в процессе оксидирования.

При нанесении оксидных покрытий на алюминиевые поверхности выбор рабочей среды определяется прежде всего ее физико-химическими свойствами [2, 3].

Рабочая среда не должна взаимодействовать с технологической жидкостью (оксидирующим раствором). Учитывая, что отделка и оксидирование операция заключительная в технологическом процессе, рабочая среда должна быть легкой, эластичной, не допускать царапин и забоин. Поэтому в качестве рабочей среды использовались полимерные рабочие среды \varnothing 2-3 мм (рис. 1). Неметаллические тела обеспечивают равномерность оксидного покрытия по всей поверхности обрабатываемой детали, выполняют роль поставщиков оксидирующего раствора в реакционную зону, а также сглаживанию микронеровностей.

В таблице 1 приведены некоторые характеристики полиэтилена.

Таблица 1. – Физико-химические свойства полимера

Показатели	Полиэтилен
Удельный вес, Г/см ³	0,92-0,95
Предел прочности:	
при растяжении, кг/см ² ,	110-140
при сжатии, кг/см ²	860-990
при изгибе, кг/см ²	115
Твердость по Бринеллю, кг/мм ²	25
Теплопроводность при 20° $\frac{\text{кал} \cdot 10^{-4}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot ^\circ\text{C}}$	2,1
Температурный предел применения материала, °С	-45-100 °
Водопоглощение за 24 часа при 20° С, %	0,01
Стойкость к действию кислот и окислителей (при обычных условиях)	стойко



Рисунок 1. Полимерные рабочие среды

Вибрирующие полимерные шары, контактируя с поверхностью, растущей под действием химической составляющей комбинированного процесса оксидной пленки, разрыхляет ее, чем облегчает доступ оксидирующего химического раствора к поверх-

ности металла. Реакционная способность раствора усиливается за счет активации составляющих его компонентов.

Интенсивность протекающих процессов отмечается не только в реакционной зоне, но и в зоне непосредственного контакта. Под воздействием нормальных и тангенциальных сил поверхностный слой оксидной пленки изменяется за счет вибрационного механического воздействия системы.

К сдвиговым процессам упругопластической деформации относится механизм скольжения, проявляющийся в перемещении одной части зерна по отношению к другой. Внешне проявление этого перемещения выражается образованием на поверхности металла полос скольжения. [4].

На рис. 1 представлена структура алюминиевого сплава АД1 до и после обработки.

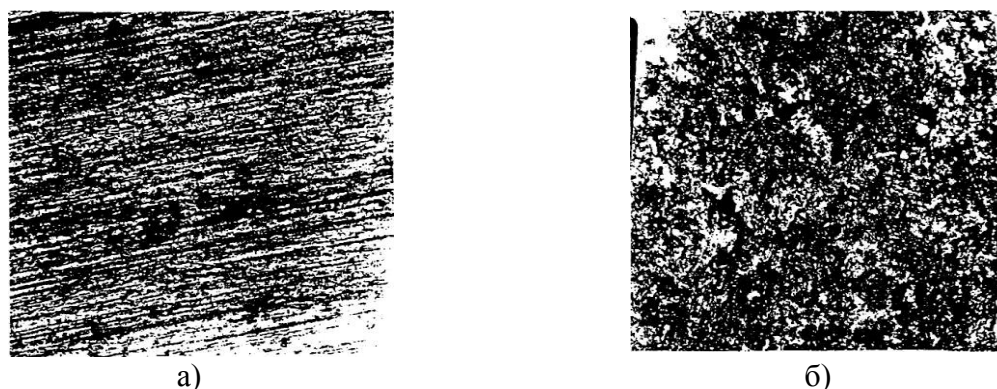


Рисунок 2. Структура алюминиевого сплава АД1 (x 220): а – исходная; б – после нанесения в условиях виброобработки

Характерные следы обработки шлифованной поверхности алюминиевого сплава АД1 в полиэтиленовых шарах видны на рис. 2.

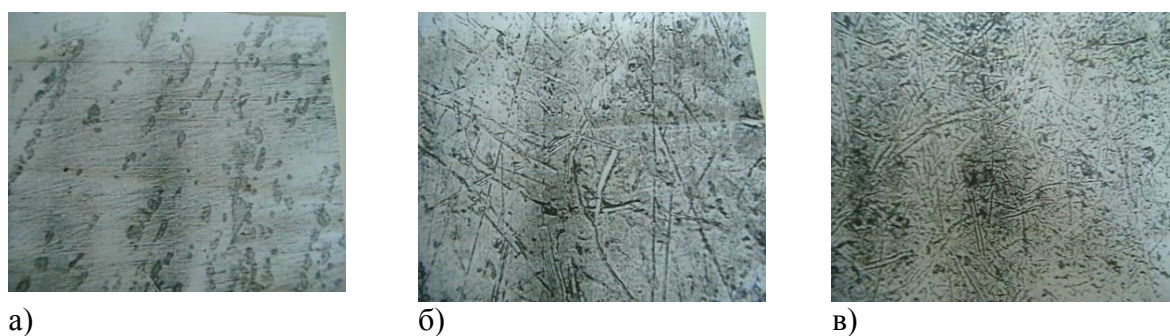


Рисунок 3. Следы на алюминиевом сплаве АМц после вибрационной обработки в среде полиэтиленовых шаров. Увеличение - X 200. а – исходный шлифованный образец; б – после 15 мин обработки; в – после 30 мин обработки

Анализ фотоснимков показывает, что при оценке шероховатости, определяющей эксплуатационные свойства изделия, на исследуемой поверхности имеется большое число беспорядочно расположенных следов обработки – выступов и впадин. Они имеют разнообразную форму, глубину и размеры. Видны мелкие углубления и продольные разнонаправленные риски разнообразной формы и размеров, что является следствием прямых и косых ударов полимерной рабочей среды. Контуры следов неровные, что

свидетельствует о переменном характере движения полимерного шара относительно обрабатываемой поверхности.

При рассмотрении фотоснимков (рис. 3) поверхности образцов, обработанных в течение 15 минут, отмечается неоднородность поверхностного слоя обработанной поверхности. Различаются полированные участки поверхности и участки со следами разрушения. При более длительной обработке (35 мин) наблюдается соприкосновение и наложение множества единичных следов на поверхности металла. При рассмотрении обработанных следов видно, что отдельные полимерные шары при взаимодействии с обрабатываемой поверхностью оставляют на ней прерывистый след, состоящий из более мелких следов, обусловленных характером движения шаров. При таком перекрестном характере расположения рассмотренных следов обработки образуется своеобразный микрорельеф, оказывающий влияние на качество ВиХМП.

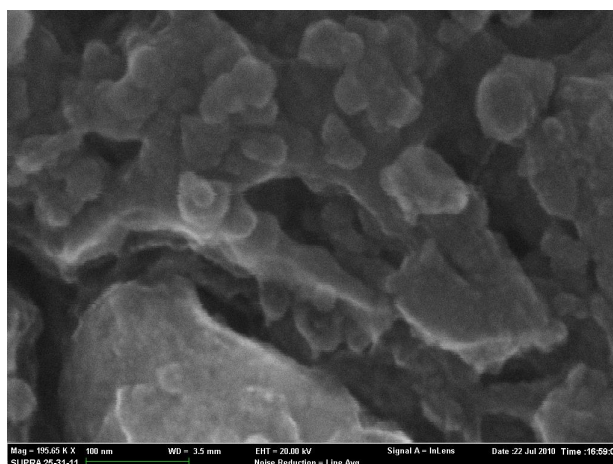
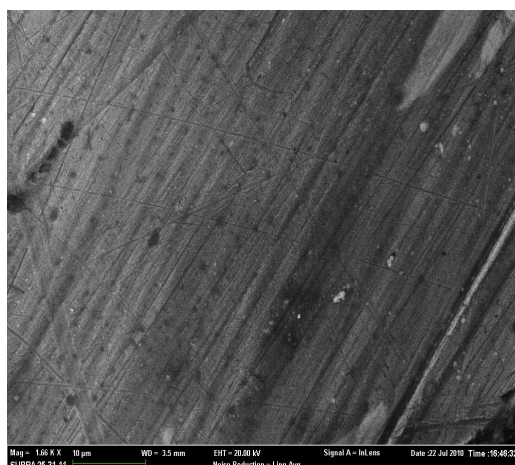
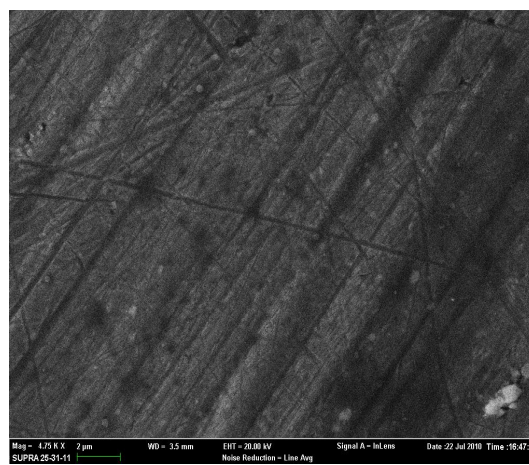


Рисунок 4. Морфология вибрационного химико-механического оксидного покрытия: $T=20$ мин, $A_a=2$ мм, масштаб- 100 нм



а)



б)

Рисунок 5. Исходная поверхность алюминиевого сплава АЛ 9. Масштаб: а – 10 мкм; б – 2 мкм

Анализируя полученные результаты (рис. 4 и рис. 5) можно отметить, что при нанесении ВиХМОП на поверхности покрытия образуются следы удлиненной формы, образующиеся в результате скольжения шара относительно обработанной поверхности,

и следы смешанного типа, являющиеся следствием как скольжения, так и прямого соударения.

Большое число следов, покрывающих почти всю поверхность образца, указывает на протекание процессов упругопластического деформирования на микро/наноуровне и разрыхления поверхностного слоя естественной оксидной пленки. Эти явления имеют большое значение при формировании оксидной пленки и микрорельефа поверхности, так как непосредственный контакт шара происходит по оксидной пленке. [6].

Многочисленными исследованиями установлено (рис. 6) наличие пластического течения материала в тонком поверхностном слое образца по ходу движения отдельной гранулы, поэтому при прямом ударе полиэтиленового шара деформация направлена вглубь образца. Большинство следов свойственны ударам шаров, направленным под углом к поверхности, которые вызывают хрупкое разрушение оксида и сдвиг отдельных частиц.

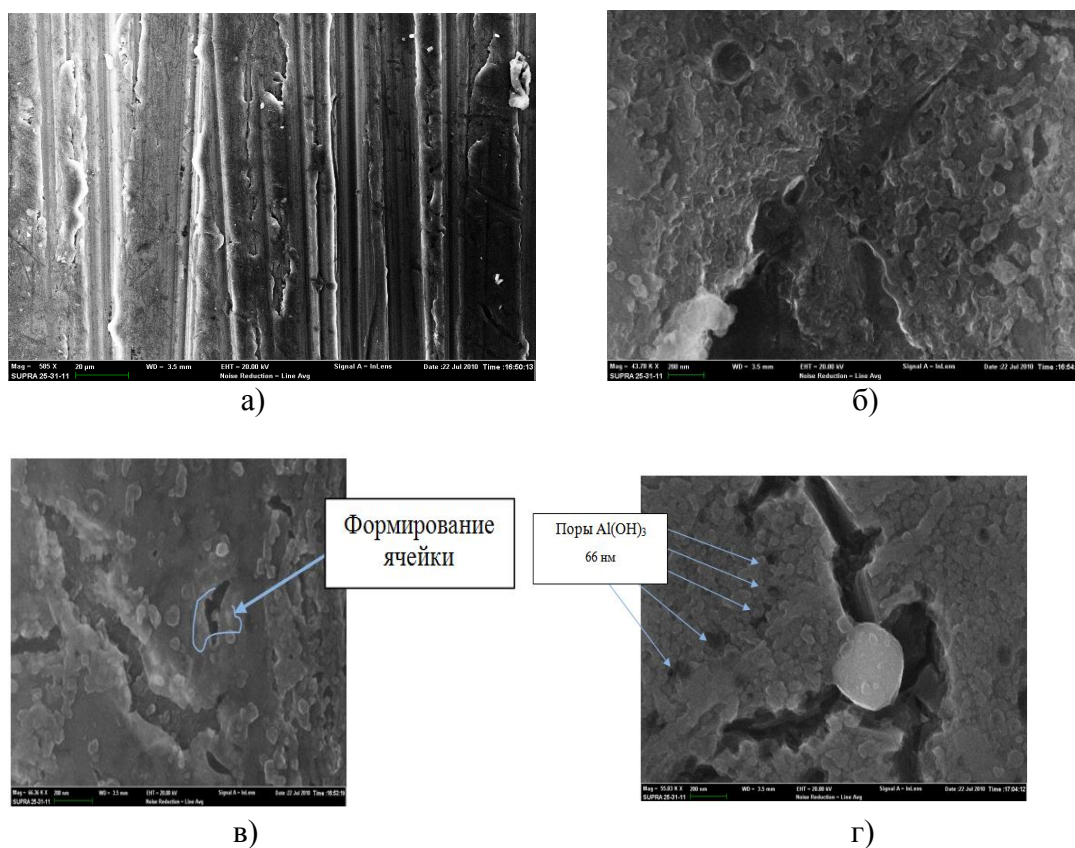


Рисунок 6. Морфология поверхности вибрационного химикомеханического оксидного покрытия. Время нанесения 5 мин. Масштаб: *a* – 20 мкм; *б* – 200 нм; *в* – 200 нм; *г* – 200 нм;

Такое взаимодействие с поверхностью позволяет взрыхлять слой оксида с образованием мелкодисперсных частиц, что ускоряет химические процессы [7, 9]. Часть частиц схватывается своими ювенильными поверхностями с оксидом, иногда попадая в поры и уменьшая их объем, частично уносится оксидирующим раствором, частично уплотняется последующими ударами полиэтиленовых шаров. Следовательно, в резуль-

тате виброволнового воздействия оксидная пленка разрыхляется и сглаживается в процессе ее роста.

В зоне контакта, благодаря скользящим ударам полиэтиленовых шаров, наблюдается некоторое смещение растущего покрытия в сторону вращения рабочей среды (рис.4).

Исследования морфологии поверхности вибрационного химико-механического оксидного покрытия раскрыли этапы роста и размерность оксидной пленки, полученной в результате нанесения на полированную поверхность алюминиевого сплава марки АЛ9 при режимах: амплитуда колебания $A=2$ мм и частота $f=33$ Гц, время 5, 10, 20 мин. [10]. Исходная поверхность алюминия представлена на (рис. 5 (масштаб 10 и 1 мкм)). Исследование поверхности покрытия на микро/наноуровне проводилось на аналитическом автоэмиссионном электронном микроскопе Zeiss SUPRA25. На поверхности видны продольные линии после механической обработки толщиной до 1 мкм.

На рис. 6, а и б видно, что следы после полировки образцов перед нанесением покрытия не перекрываются. Формирование ВиХМОП на микроуровне происходит на поверхности металла таким образом, что покрытие копирует рельеф исходной поверхности, о чем свидетельствуют контрастные полосы. На рис. 6 в, г (масштаб 200 нм) отчетливо видна форма и размеры зародыша оксидного покрытия установлено, что овальной формой обладают не все ячейки, размеры составляют от 10 до 50 нм.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что применение полиэтиленовых рабочих сред целесообразно использовать для формирования вибрационных химико-механических оксидных покрытий. Которые по защитной способности в 1,5 раза выше оксидной пленки, полученной стандартным способом.

Выводы:

1. Установлено, что оптимальные режимы формирования ВиХМОП (Амплитуда колебаний -2.5 мм. Частота колебаний -16-35 Гц. Время обработки – 15 мин. Рабочая среда полиэтиленовые шары D 2-2.5 мм.) позволяют получить покрытие толщиной 5 мкм. с отсутствующим наводороженным поверхностным слоем покрытия.
2. Установлена связь между состоянием исходной поверхности и эксплуатационными показателями деталей после нанесения ВиХМП, что позволило скорректировать технологические режимы и технологический процесс изготовления высокоресурсных деталей с покрытиями.

Обозначения

ВиХМОП – вибрационное химико-механическое оксидное покрытие; ВиХМП – вибрационное химико-механическое покрытие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lebedev, V. A. Morphological analysis of galvanized coating applied under vibrowave process system conditions. Materials Science and Engineering / V. A Lebedev, V. V. Ivanov, V. P. Fedorov – 2016. – 124. – DOI. 10.1088/1757-899X/124/1/012160.
2. Ivanov, V. V. Analysis of the zinc covering quality formed by the vibration chemical-mechanical synthesis / V. V. Ivanov, V. Lebedev, I. Davydova, T. Atoyanyan // MATEC Web of Conferences Volume 132, DTS 2017; Rostov-on-Don; Russian Federation; 13; Код 131457 DOI: 10.1051/matecconf/201713201003.

3. Ivanov, V. V. Mechanical Zinc Coating Procedure under Conditions of Vibration Mechanical-Chemical Impact / V. V. Ivanov, N. S. Dontsov, A.V. Kirichek // Key Engineering Materials. – Vol. 736 – pp. 105-109, 2017. – DOI. 10.4028/www.scientific.net/KEM.736.105.

4. Ivanov, V. V. Qualitative Characteristics of MoS₂ Solid-Lubricant Coating Formed by Vibro-Wave Impact of Free-Moving Indenters / V. V. Ivanov, S. I. Popov, A. V. Kirichek // Key Engineering Materials. – Vol. 736. – p. 18-22. – 2017. – DOI 10.4028/www.scientific.net/KEM.736.18.

5. Иванов, В. В. Процессы формирования вибрационного покрытия в условиях комбинированного химико-механического воздействия / В. В. Иванов // Журнал «Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева». – 2017. – № 2 (41). – С. 137-140.

6. Смоленцев, В. П. Комбинированные методы повышения качества поверхностного слоя материалов / В. П. Смоленцев, М. В. Кондратьев, Е. В. Смоленцев // Журнал "Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии". – Орел, 2017. – №1 (321). – С. 90-96.

7. Смоленцев, В. П. Проектирование технологических процессов получения высокоресурсных комбинированных покрытий / В. П. Смоленцев, М. В. Кондратьев, Е. В. Смоленцев // Технический журнал «Упрочняющие технологии и покрытия» – Москва, 2017. – №6. – С. 41-46.

8. Бабичев, А. П. Исследования основных технологических параметров формирования вибрационного механохимического покрытия и качества оксидной пленки / А. П. Бабичев, П. Д. Мотренко // Научно технический журнал «Упрочняющие технологии и покрытия» – Москва, 2011. – № 5. – С.33-38. – ISSN 1813-1336.

9. Иванов, В. В. Вибрационные механохимические методы нанесения покрытий (оксидирование) / В. В. Иванов. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2007. – 8,8 п. л.

10. Ivanov V.V., The research of technological characteristic of the vibrowave mechanical and chemical oxide coating formation. MATEC Web of Conferences / V. V. Ivanov, A. P. Babichev, N. P. Pogoelov // Volume 132, 0100413th International Scientific-Technical Conference on Dynamic of Technical Systems, DTS 2017; Код 131457. – DOI: 10.1051/mateconf/201713201004

Поступила в редколлегию 13.05.2018 г.