



УДК 621.9.048.6

Поступила 16.05.2017

## ФОРМИРОВАНИЕ ОКСИДНОЙ ПЛЕНКИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВИБРОВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ РАБОЧИХ СРЕД THE FORMATION OF THE OXIDE FILM DUE TO WAVE VIBRATION IMPACT IN POLYMERIC OPERATING ENVIRONMENTS

*В. В. ИВАНОВ, Я. Н. ДЖАНКОВА, А. Н. ЛЕГКОНОГИХ, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1. E-mail: yana\_dzhankova@mail.ru*

*V. V. IVANOV, Ya. N. DZHANKOVA, A. N. LEGKONOGICH, Don State Technical University, Rostov-on-Don city, 1, Gagarin sq. E-mail: yana\_dzhankova@mail.ru.*

*Проведены исследования по совмещению вибрационной обработки и оксидирования в полиэтиленовых средах, что позволило совместить три технологических этапа. Определены характерные следы и показана профилограмма отпечатка прямого и косого удара рабочей среды оксидной пленки толщиной 1 мкм.*

*Investigation on combining vibration treatment and oxidation in polymeric operating environment have been made. This process gave the opportunity to combine three technological stages. The traces of straight and oblique impact were defined on the metal with the 1 mkm oxide film. A profilogram of the marks of the straight and oblique impacts is shown in the paper.*

**Ключевые слова.** *Вибрационная обработка, комбинированные покрытия, совмещенный процесс оксидирования и вибрационной обработки, поверхностный слой металла, полимерные рабочие среды.*

**Keywords.** *Vibration treatment, combined coatings, combined process of oxidation and vibration treatment, the surface layer of the metal, polymeric operating environments.*

В настоящей статье сделана попытка выяснить механизм образования оксидной пленки при комбинировании метода вибрационной обработки и оксидирования. В основу изучения механизма формирования оксидной пленки положена методика определения характера расположения, размеров, глубины и формы следов обработки при работе в среде 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 А. П. Бабичева (Основы вибрационной технологии. Ч. 1. Ростов-на-Дону, 1993. Ч. 2. Ростов-на-Дону, 1994), В. П. Устинова (Вибрационная отделка в стальных средах. 1969. Вып. 2) приведены данные о формировании поверхностного слоя в процессе вибрационной обработки в среде металлических тел. 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 (полиэтиленовых шаров) и поверхностного слоя обрабатываемого материала осуществляется через прослойку образующейся оксидной пленки и раствора, находящихся в зоне контакта. Согласно теории химического оксидирования, образование оксидной пленки, ее рост являются результатом взаимодействия металла с рабочим раствором, которое осуществляется через поры пленки, образующейся в процессе оксидирования.

В процессе вибрационной обработки частицы рабочей среды наносят удары по обрабатываемой поверхности. В зоне контакта возникают напряжения, обеспечивающие пластическую деформацию, что приводит к увеличению дислокаций и образованию активных дислокационно-вакансионных центров. Под воздействием циркулирующей рабочей среды и деталей образуется сравнительно равномерный слой пластически деформированного активного металла.

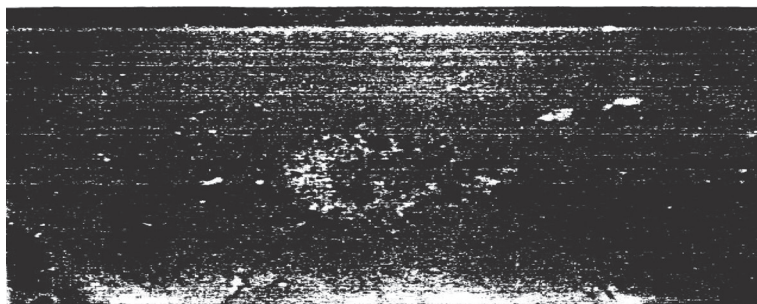


Рис. 1. Характерные следы прямого и косого удара шара по поверхности металла с оксидной пленкой толщиной 1 мкм



Рис. 2. Профилограмма отпечатка прямого удара шара



Рис. 3. Профилограмма отпечатка косого удара шара

Увеличение внутренней энергии поверхностных слоев металла в результате пластической деформации приводит к повышению адсорбционной активности металлической поверхности.

Скорость химических реакций зависит от числа активных молекул. Об активации молекул свидетельствует увеличение толщины оксидной пленки, полученной при вибрационной обработке 4,5–5,0 мкм (без вибрационной обработки 3,0–3,5 мкм). Вибрационная обработка сообщает ионам дополнительную энергию, необходимую для преодоления увеличивающегося расстояния между металлом и растущей оксидной пленкой.

Таким образом, последовательное нанесение большого числа микроударов частиц рабочей среды при их взаимном соударении и скольжении приводит к повышению химической активности не только металлической поверхности, но и молекул оксидирующего раствора.

Характерный след от удара шара о поверхность оксидированной детали показан на рис. 1. Визуальный анализ фотоснимка дает основание считать, что при ударе шара деформация направлена в глубь образца. Это же подтверждается и профилограммой отпечатка, где видны незначительные навалы по краям лунки (рис. 2) в сторону проекции вектора скорости шара (рис. 3).

Вибрирующая среда, контактируя с поверхностью растущей оксидной пленки, разрыхляет ее, чем облегчает доступ оксидирующего раствора к поверхности 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 деформируется как за счет воздействия шаров, так и за счет вибрирующего раствора.

И. А. Одинг к сдвиговым процессам пластической деформации относит механизм скольжения, проявляющийся в перемещении одной части зерна по отношению к другой. Внешне проявление этого перемещения выражается образованием на поверхности металла полос скольжения.

Полученная структура алюминия АД1 до и после обработки показывает изменение зерен, уменьшение размера и вытягивание их параллельно плоскости обработки зерен алюминия. Визуальный анализ показывает, что на исследуемой поверхности имеется большое число беспорядочно расположенных следов обработки – выступов и впадин. Видны множество следов, полученных от ударов шаров, направленных под углом к поверхности, что свидетельствует о скользящем ударе, вызывающем сдвиг и хрупкое разрушение материала.

При рассмотрении фотоснимков поверхности образцов, обработанных в течение 5 мин, отмечается неоднородность обработанной поверхности, которая представляет собой пересечение исходных шероховатостей со следами обработки. Различаются полированные участки поверхности и участки со следами разрушения. Поверхность покрыта кратерами – впадинами различного типа.

Съем металла во времени протекает нелинейно. В начале обработки протекает инкубационный период, в течение которого заметной потери массы не наблюдается. Как показали исследования, в этот период образуются вмятины-отпечатки, происходит накопление скрытой энергии разрушения, охрупчивание поверхностных слоев обрабатываемого материала. При рассмотрении следов видно, что отдельные шары при столкновении с обрабатываемой поверхностью оставляют на ней прерывистый след, состоя-

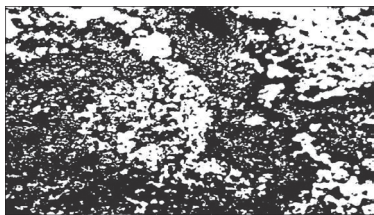


Рис. 4. Вид оксидного покрытия, полученного в процессе вибрационной обработки

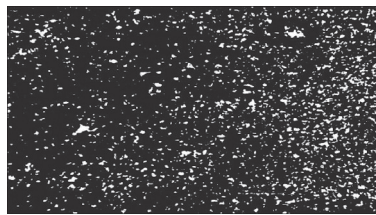


Рис. 5. Вид оксидного покрытия, полученного традиционным способом

ший из более мелких следов, обусловленных характером движения шаров. При таком перекрестном характере расположения рассмотренных следов обработки образуется своеобразный микрорельеф.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что при вибрационной обработке в среде полиэтиленовых шаров на поверхности образуются следы кратерообразного типа, являющиеся следствием прямого удара; 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 обработанных следов, покрывающих почти всю поверхность образца, указывает на протекание процессов пластического деформирования на микроуровне и разрыхления поверхностного слоя.

Многочисленными исследованиями установлено наличие пластического течения материала в тонком поверхностном слое образца по ходу движения отдельной гранулы. При прямом ударе шара деформация направлена в глубь образца. Большинство следов свойственны ударам шаров, направленным под углом к поверхности, которые вызывают хрупкое разрушение оксида и сдвиг отдельных частиц. Такое разрушение поверхности позволяет взрыхлять слой оксида с образованием мелкодисперсных частиц, часть из которых схватывается своими ювенильными поверхностями с оксидом, иногда попадая в поры и уменьшая их объем, частично уносится оксидирующим раствором, частично уплотняется последующими ударами шаров и приобретает полированный вид.

Первоначальный контакт шара происходит по вершинам микронеровностей. В процессе обработки увеличивается площадь контакта покрытия с поверхностью в результате закругления радиуса выступов. На профилограмме шлифованной поверхности, записанной после обработки в полиэтиленовых шарах и после совмещения с оксидированием, видно, что в результате деформирования гребешков микронеровностей под воздействием ударов шаров происходит снижение шероховатости и увеличение радиуса закругления вершин выступов.

Следовательно, в результате вибрационной обработки оксидная пленка разрыхляется и сглаживается в процессе ее роста.

В зоне контакта благодаря скользящим ударам шаров частицы оксидной пленки ориентируются параллельно обрабатываемой поверхности, о чем свидетельствуют блестящие участки на поверхности покрытия (рис. 4).

На рисунке показан вид поверхности оксидного покрытия, полученного при вибрационной обработке. Следует отметить, что более 50% поверхности покрытия, полученного в результате виброобработки, имеет ориентацию частиц параллельно плоскости скольжения.

Для сравнения на рис. 5 представлена микрофотография оксидной пленки, полученной стандартным способом. Анализируя снимки, можно сделать вывод, что при нанесении покрытия в стационарных ваннах, т. е. без приложения нагрузки, зерна гидроксида имеют беспорядочную ориентацию, а полученные в процессе вибрационной обработки ориентированы параллельно плоскости скольжения.

### Выводы

Вибрационная обработка в среде полиэтиленовых шаров позволяет совместить три технологических этапа:

- 1) подготовку поверхности под покрытие – очистку от загрязнений и оксидов; активацию поверхностного слоя в результате пластического деформирования и увеличения плотности дислокаций поверхностных слоев, образование ювенильных поверхностей; увеличение площади контакта;
- 2) получение оксидной пленки;
- 3) отделку поверхности; создание определенного микрорельефа, повышение отражательной способности и качества поверхностного слоя.