

## Повышение эксплуатационных характеристик и эксплуатационных свойств покрытий, сформированных в условиях вибрационного механохимического воздействия

*В.В.Иванов, Д.С. Загутин, С.И.Попов, А.А. Скудина*

*Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** В статье представлен анализ перспективных исследований по формированию вибрационных механохимических покрытия с точки зрения практического использования в реальном секторе экономики.

**Ключевые слова:** комбинированные методы обработки, вибрационная обработка, вибрационные механохимические (химико-механические) покрытия, виброволновая технологическая система, механические покрытия, фрагментальный характер, пластическая деформация, равномерное покрытие, виброволновое воздействие, микроструктура поверхностного слоя металла.

**Введение.** Вибрационные механохимические покрытия являются неотъемлемой частью комбинированных методов обработки. Интерес этого направления возрастает в связи с созданием новых видов изделий, возникновением новых требований к качеству поверхности, для удовлетворения которых традиционные пути не всегда оптимальны.

**Основная часть.** К настоящему времени разработан ряд технологических процессов, позволяющих проводить вибрационную обработку с одновременным нанесением покрытий. В работе [1,2] приводятся результаты нанесения металлических покрытий из порошковых материалов в условиях вибрационной механико-термической обработки. Для получения медного покрытия в термокамеру, обеспечивающую температуру 180-200<sup>0</sup> С загружается рабочая среда - закаленные шары из стали ШХ-15, обрабатываемые детали и медный порошок. В результате виброволнового воздействия детали воспринимают множество микроударов. Находящийся в камере порошок, попадая в зону удара, внедряется в поверхность деталей. Этот метод позволяет получать равномерное покрытие на деталях различной конфигурации, а механическое воздействие частиц рабочей среды создает

---

упрочненный приповерхностный слой, что в свою очередь повышает выносливость деталей [3,4]. В результате чего повышается прочность сцепления покрытия с матрицей за счет увеличения действия межмолекулярных сил разнородных металлов.

Медное покрытие, полученное вибрационным способом, визуально не отличается от гальванического.

Аналогичным образом термовибрационным методом получено алюминиевое покрытие на стальной подложке [5]. В термокамеру загружается алюминиевый порошок и стальные шары, выполняющие роль ударных тел и поставщиков материала покрытия. Нормальное течение процесса обеспечивается нагревом камеры до температуры 120-150°C. Дальнейшее увеличение температуры приводит к уменьшению толщины покрытия, адгезии и увеличению пористости, что объясняется усиленным образованием интерметаллидов, повышающих хрупкость переходной зоны, разрушением и отслаиванием покрытия. На толщину покрытия также влияет твердость и шероховатость покрываемой поверхности.

При вибрационной обработке с нагревом создаются условия для механического разрушения оксидной пленки в результате проскальзывания частиц рабочей среды по обрабатываемой поверхности из-за значительных пластических деформаций [6-8]. В зоне удара металлы сближаются до возникновения межатомных сил взаимодействия, возникают металлические связи, переходящие иногда в соединения металлов с образованием интерметаллидов, и твердых растворов. Пластическая деформация протекает с выделением тепла, что способствует мгновенному возгоранию органических загрязнений с поглощением адсорбированного кислорода и диссоциацией неустойчивых поверхностных окислов металлов.

Полученное алюминиевое покрытие повысило усталостную прочность отожженной стали 40Х на 27%, а закаленной стали 65Г - на 43%. Процесс

---

алюминирования при вибрационной обработке с нагревом сочетает в единой технологии операции термической обработки, наклеп приповерхностных слоев и нанесения покрытия всухую.

При совмещении методов в условиях повышенных температур исследована возможность нанесения покрытий меди, кобальта, карбида бора, цинка, титана на различные металлические подложки [8].

Особенность виброобработки состоит в том, что поверхность деталей, находящихся в рабочей среде, очищается от различного рода загрязнений; окислов и обладает повышенной активностью. Это свойство используется не только для нанесения на поверхность тонких слоев металлов, но и других материалов, обладающих специальными свойствами (например, износостойкими, антифрикционными и др.).

Виброволновое воздействие применяется также, для нанесения фосфатных покрытий, причем этот процесс может совмещаться с одновременной очисткой поверхности от окалины, загрязнений и удалением заусенцев [9-12].

Процесс виброабразивной обработки и фосфатирования осуществлялся на образцах из стали 3, поверхность которых покрыта плотным слоем окалины.

В качестве рабочей среды применялась абразивная крошка Э50 СТ1К, грануляции 15-30 мм; состав фосфатного раствора (г/л):

соль мажеф – 40, натрий азотнокислый – 80, натрий фтористый - 5.

Режим обработки устанавливался из условия выполнения операции очистки поверхности деталей от окалины и коррозии,  $A = 1,5$  мм;  $n = 2000$  кол/мин;  $t = 30$  мин.

В результате обработки образцов в указанных условиях на их поверхности образовался ровный и прочный слой фосфатной пленки, сравнимый с эталоном.

Анализ причин выхода из строя деталей машин показывает, что разрушение деталей, в большинстве случаев, начинается с поверхностного слоя, так как поверхностные слои испытывают максимальное напряжение от внешних нагрузок. Сопротивление разрушению зависит от качества поверхности, которое определяется совокупностью таких характеристик как шероховатость, физико-механическое состояние и микроструктура поверхностного слоя металла. Качество поверхности оказывает решающее влияние на развитие усталостных явлений, коррозию и другие процессы, возникающие при эксплуатации машин.

Подготовка поверхности, применяемая в гальванопроизводстве в виде травления и обезжиривания, снимает жировые загрязнения и не обеспечивает улучшение качества поверхности [6].

Анализируя патентную информацию, а также разработки передовых научно-исследовательских институтов, и опыт промышленных предприятий России и зарубежья, работающих в области формирования механических покрытий необходимо отметить следующее:

- результаты экспериментальных исследований процесса нанесения вибрационных механохимических покрытий на различные типы деталей имеют фрагментальный характер, что не позволяет рассматривать целостно это направление;
- отсутствует системный подход к анализу явлений, протекающих в зоне контакта рабочей среды и обрабатываемой поверхности, и структурных, связей покрытия с металлом на микро/нано уровне;
- не исследован весь спектр факторов (механических, химических, тепловых) влияющих на формирование покрытия и выделение в них доминирующих;

- не разработаны критерии оптимизации состава наносимых покрытий, химических растворов, рабочих сред, режимов обработки, контроля качества новых покрытий;

- отсутствуют научно обоснованные модели формирования поверхностного слоя покрытия, что не позволяет формализовать проектирование технологических процессов нанесения ВиМХП.

### Литература

1. Бабичев А.П., Бабичев И.А. Основы вибрационной технологии. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. 694 с.

2. Бабичев А.П. Иванов В.В., Бурлакова В.Э., Филипчук О.С. Исследование микро/ нанопрофиля цинкового покрытия при вибрационной механохимической обработке углеводистых сталей. Научно-технический журнал «Упрочняющие технологии и покрытия». - Москва 2014. - №7. ISSN: 1813-1336 с.46-49.

3. Иванов В.В. Вибрационные механохимические методы нанесения покрытий (цинкование). – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2010. -142 с.

4. Иванов В.В., Попов С.И., Марченко Ю.В. Использование полимерных рабочих сред для формирования оксидной пленки в условиях виброобработки // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. - 2018.- № 1(44).- С. 108-113.

5. Лебедев В.А., Самодумский Ю.М., Марченко Ю.В., Гончаров В.А., Иванов В.В. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2012. – 269 с.

6. Ivanov V.V., Popov S.I., Kirichek A.V. Investigation of optimal chemical composition of cast aluminum alloys for vibrational mechanical-chemical polishing and deposition of protective and decorative coatings // XI International



Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032026.

7. Lebedev V. A, Ivanov V.V. and Fedorov V. P. 2016 Morphological analysis of galvanized coating applied under vibrowave process system conditions. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 124 doi.10.1088/1757-899X/124/1/01216.

8. Мухин С.Г., Зубарева Е.Г., Скудина А.А. Модернизация транспортно-логистического процесса грузовых перевозок в региональных компаниях // Инженерный вестник Дона, 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4424.

9. Кузнецов М.В. Контроль качества закрепленного массива при производстве работ по усилению основания // Инженерный вестник Дона, 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3604.

10. Скудина А.А., Богомягих В.А. О физической сущности сводообразующего истечения зерновых сыпучих материалов из бункеров наибольшей пропускной способности// Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7. № 5 (30). С. 158.

11. Скудина А.А., Богомягих В.А. О щелевом бункере максимального расхода зернового материала // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7. №5 (30). С. 159.

### References

1. Babichev A.P., Babichev I.A. Osnovy' vibracionnoj tehnologii. [Fundamentals of vibration technology]. Izd. 2e, pererab. i dop. Rostov n/D: Izdatel'skij centr DGTU, 2008. 694 p.

2. Babichev A.P. Ivanov V.V., Burlakova V.E', Filipchuk O.S. Nauchno-technicheskij zhurnal «Uprochnyayushhie tehnologii i pokry'tiya». Moskva 2014. №7. ISSN: 1813-1336 pp.46-49.



3. Ivanov V.V. Vibracionny'e mexanoximicheskie metody' naneseniya pokry'tij (cinkovanie). [Vibration mechanochemical methods of drawing coverings (galvanizing)]. Rostov-na-Donu: Izdatel'skij centr DGTU, 2010. 142 p.

4. Ivanov V.V., Popov S.I., Marchenko Yu.V. Vestnik Ry'binskoj gosudarstvennoj aviacionnoj texnologicheskoy akademii im. P. A. Solov'eva. 2018. № 1(44). pp. 108-113.

5. Lebedev V.A., Samodumskij Yu.M., Marchenko Yu.V., Goncharov V.A., Ivanov V.V. Texnologiya i organizaciya vosstanovleniya detalej i sborochny'x edinic: ucheb. posobie. [Technology and organization of restoration of details and assembly units: studies. grant]. Rostov n/D: Izdatel'skij centr DGTU, 2012. 269 p.

6. Ivanov V.V., Popov S.I., Kirichek A.V. XI International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032026.

7. Lebedev V. A, Ivanov V.V. and Fedorov V. P. 2016 Morphological analysis of galvanized coating applied under vibrowave process system conditions. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 124 doi.10.1088/1757-899X/124/1/01216.

8. Muxin S.G., Zubareva E.G., Skudina A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4424](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4424).

9. Kuznecov M.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3604](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3604).

10. Skudina A.A., Bogomyagkix V.A. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. V. 7. № (30). p. 158.

11. Skudina A.A., Bogomyagkix V.A. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. V. 7. №5 (30). p. 159.