

## 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.2е, перераб. и доп. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008.– 694 с.

2. Щербаков И.Н., Дерлугян П.Д., Логинов В.Т. Фазовая разупорядоченность и синергизм свойств компонентов композиционных NI – P покрытий // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2013.№ 1 (170). С. 97-99.

3. Павлов И.В., Шумаков С.А., Павлов Е.И., Щербаков И.Н. Влияние поверхностной обработки углеграфитового волокна на прочность композиционного материала // В сборнике: Проблемы синергетики в трибологии, трибоэлектрохимии, материаловедении и мехатронике Материалы Международной научно-практической конференции. 2002. С. 37-38.

4. Щербаков И.Н. О системном подходе к разработке композиционных антифрикционных покрытий// Инженерный вестник Дона, 2013, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1567.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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 texnologii. Izd.2e, pererab. i dop. – Rostov n/D: Izdatel'skij centr DGTU, 2008. – 694 p. [Babichev A.P., Babichev I.A. Fundamentals of vibration technology. Prod.2e, reslave. and additional – Rostov N / Д: The DGTU publishing center, 2008 – 694 p.]
2. SHCHerbakov I.N., Derlugyan P.D., Loginov V.T. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Tekhnicheskie nauki. 2013.№ 1 (170). pp. 97-99.

3. Pavlov I.V., SHumakov S.A., Pavlov E.I., SHCHerbakov I.N. Vliyanie poverhnostnoj obrabotki uglegrafitovogo volokna na prochnost' kompozicionnogo materiala // V sbornike: Problemy sinergetiki v tribologii, triboelektrohimii, materialovedenii i mekhatronike Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2002. pp. 37-38.
  4. SHCHerbakov I.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №1 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1567](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1567).
  5. 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.
  6. 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.
  7. Muxin S.G., Zubareva E.G., Skudina A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4424](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4424).
  8. 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/)
  9. Skudina A.A., Bogomyagkix V.A. O fizicheskoy sushhnosti svodoobrazuyushhego istecheniya zernovy'x sy'puchix materialov iz bunkerov naibol'shej propusknoj sposobnosti// Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. V. 7. № 5 (30). p. 158.
  10. Skudina A.A., Bogomyagkix V.A. O shhelevom bunkere maksimal'nogo rasxoda zernovogo materiala// Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. V. 7. №5 (30). p. 159.
-