

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 180-200⁰ 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: [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.
 8. Kuznecov M.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №2 URL: 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.
-