

8. Каталог запасных частей «Гомсельмаш» КЗС-1218 (Палессе GS12) [Электронный ресурс]: <https://autodealer.ru/soft/acat/> - Дата доступа: 16.01.2023.

УДК 621.793

ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА МАГНИТНО – ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Голубев¹ В.С., к.т.н., доцент, **Акулович² Л.М.**, д.т.н., профессор,

Мисько² В.Г., **Василевский² П.Н.**

¹Физико-технический институт НАН Беларуси

²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Формирование необходимых физико-механических и эксплуатационных свойств поверхностных слоев деталей машин и механизмов является одной из главных задач технологии как их изготовления, так и ремонта. Для решения этих задач разработаны всевозможные способы и приемы технологического воздействия на рабочие поверхности. При этом практически в той или иной степени все операции участвует в формировании поверхностных свойств деталей вследствие явления технологической наследственности. По характеру формирования свойств поверхностных слоев в отдельную группу могут быть отнесены комбинированные методы. Можно также выделить класс методов и способов применения компонентов-присадок, которые ответственны за формирование необходимых свойств поверхностных слоев. Подобные компоненты-присадки могут выступать в качестве легирующих элементов, реагентов химических реакций с целью получения требуемых результатов. При этом будут формироваться отдельные фазы и микрообъемы в поверхностных слоях (композиционные покрытия, металлокерамические ...), а также будут формироваться необходимые размеры поверхностного слоя, как это требуется при наплавке.

Для упрочнения и восстановления нежестких и тонкостенных изделий, деталей машин и механизмов в условиях ремонтных предприятий используются современные методы и технологии, основанные на применении концентрированных потоков энергии. К их числу можно отнести магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) композиционными ферромагнитными порошками (ФМП). Данная технология обладает такими достоинствами, как отсутствие предварительной специальной подготовки поверхностей деталей, небольшие зоны термического влияния и высокие прочностные сцепления покрытий с базовым материалом деталей. К дефектам покрытий можно отнести наличие в них пор, их разнотолщинность, что ограничивает область применения таких покрытий [6-8]. Для устранения указанных дефектов были проведены данные исследования по изучению особенностей обработки этих покрытий излучением мощного волоконного лазера.

Эксперименты проводили на таких цилиндрических деталях, как вилка шарнира привода переднего моста энергонасыщенных тракторов МТЗ 3022/3522 («вилка») из стали 40Х и палец поворота самоходного штангового опрыскивателя БЛ-3000 («палец») из стали 45 (рисунок 1).

На поверхность деталей наносили покрытия из легированного двухкомпонентного порошка на основе железа Fe-Ti (ГОСТ 9849-86) на установке модели УМЭУ-1. Толщина нанесенных слоев составляла от 200 до 1200 мкм. Последующая лазерная обработка деталей проводилась на базе модуля поверхностной локальной термообработки МЛ35-ПО, в котором используется иттербиевый волоконный лазер ЛС-2 с максимальной выходной мощностью 2 кВт. Режимы обработки подбирались в зависимости от плотности мощности лазерного излучения установки, диаметра пятна его фокусировки и линейных скоростей перемещения лазерного луча. В качестве защитного газа использовался аргон. Микроструктура покрытий изучались методом оптической металлографии поперечных шлифов с использованием светового микроскопа Mef-3 фирмы «Reichert-Jung» (Австрия) и цифрового фотоаппарата «HP photosmart 715 digital самема». Исследование элементного состава, морфологии поверхности проводилось на аттестованном сканирующем электронном микроскопе

высокого разрешения «Mira» фирмы «Tescan» (Чехия) с микрорентгеноспектральным анализатором «INCA Energy 350» фирмы «Oxford Instruments Analytical» (Великобритания). Погрешность метода составляет 3-5 относительных процентов. Рентгенофазовый анализ проводился на рентгеновском дифрактометре Ultima IV (Rigaku)/ Микротвердость измеряли на приборе «Micromet-II при величине статической нагрузки на индентор $P \sim 0,49 \text{ Н}$ (50 г). Толщину покрытий определяли по распределению микротвердости в поперечном сечении образцов при помощи окулярной вставки с увеличением в 200 раз. Разнотолщинность покрытий определялась по разности минимальной и максимальной местных толщин покрытий образца. Пористость покрытий оценивалась по фотографиям микроструктуры.



Рисунок 1 – Внешний вид (а) напыленной детали «вилка» и ее поперечное сечение (б)

В результате изучены геометрические размеры, структура и качество поверхностных слоев, создаваемых в результате лазерного воздействия. Показано, что в результате такой обработки образуется гладкая поверхность с низкой шероховатостью и разнотолщинностью. Общая глубина лазерного воздействия составляет $\sim 500-650 \text{ мкм}$. В зоне оплавления при этом наблюдается сплошная достаточно мелкодисперсная структура, переходящая в зоне закалки из твердого состояния в мелкоигльчатую мартенситно-аустенитную. При этом полностью устраняются такие нежелательные дефекты как поры и трещины. Это свидетельствует о том, что в данном случае мы имеем дело с достаточно неплохой жидкотекучестью расплава, образующегося при лазерном нагреве в среде инертного газа.

Измерения микротвердости показали, что, например, на детали «вилка» у самой поверхности в зоне расплава она достигает значений $\sim 9000 \text{ МПа}$ (64 HRC) и в зоне закалки в твердой фазе снижается по глубине с $\sim 8000 \text{ МПа}$ (61 HRC) до уровня $\sim 6500 \text{ МПа}$ (56 HRC). Далее в зоне отпуска происходит дальнейшее снижение микротвердости до исходных значений $\sim 4000 \text{ МПа}$ (41 HRC). В итоге зона лазерного воздействия не превышает 1,25 мм и таким образом не оказывает негативное влияние на внутреннюю шлицевую поверхность.

Изучено распределение титана по слою образующегося расплава. Установлено, что средняя концентрация Ti находится на уровне 0,5-1,0 % с флуктуациями до 3-5%. Это говорит о неплохой гомогенизации материала в зоне расплава при используемом режиме обработки. Отмечено, что с повышением интенсивности лазерного излучения возрастает глубина зоны проплавления, степень перемешивания расплава, что способствует дальнейшему повышению его однородности.

Литература

1. Астапчик, С. А. Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке / В. С. Голубев, А. Г. Маклаков. – Минск : Белорусская наука, 2008. – 252 с.
2. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров ; под ред. А. Г. Григорьянца. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 664 с.

3. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / И.Н. Шило, Г.Ф. Бетенья, Л.А. Маринич, В.С. Голубев и др. - Минск: БГАТУ, 2010. – 320с.
4. Девойно, О. Г. Технология формирования износостойких поверхностей лазерным легированием / О. Г. Девойно. – Минск : Технопринт, 2001. – 180 с.
5. Астапчик, С. А. Лазерные технологии: возможности и перспективы обработки деталей и инструмента / С. А. Астапчик, В. С. Голубев, А. Г. Маклаков // Тяжелое машиностроение. – 2004, № 2. – С. 33–37.
6. Акулович Л.М. Методика синтеза комбинированных способов упрочнения поверхностей деталей в магнитном поле / Л.М. Акулович, А.В. Миранович, В.Г. Мисько / /Машиностроение: республиканский межведомственный сборник научных трудов. – Минск: БНТУ, 2023, – Вып.34, С. 5–12.
7. Акулович Л.М. Структура поверхностного слоя деталей после магнитно-электрического упрочнения / Л.М.Акулович, А.В.Миранович, В.Г.Мисько // Инженерия поверхности и реновация изделий: материалы 17-й Международной научно-технической конференции , Одесса, 29 мая-02 июня 2017 г. – Киев: АТМ Украины, 2017. – С. 10–13.
8. Характеристика покрытий после магнитно-электрического упрочнения и лазерной обработки / Л.М.Акулович [и др.] //Инновационные технологии в машиностроении: электронный сборник материалов международной научно-технической конференции, Новополоцк, 19-20 апреля 2018г. – Новополоцк, ПГУ. 2018. – С. 156–159.
9. <https://mash-xxl.info/info/300914/>

УДК 629.366:331.45

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Горячко К.А., студент, **Нижемеренко Н.А.**, студент,

Мисун Ал-р Л., к.т.н., доцент, **Мисун Ал-й Л.**, к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Прогнозирование условий и безопасности труда в технологических процессах является важнейшей задачей, а каждый из используемых для этих целей методов (рисунок 1) имеет специфические особенности и базовую информацию, учитывание которых обязательно для проведения исследований. Анализ осуществляется различными методами: статистическим, техническим, монографическим, топографическим, групповым и комбинированным [1]. Для более глубокого исследования используют комбинированный метод, состоящий из двух или более методов. Все эти методы взаимосвязаны, имеют единую цель, но отличаются только полнотой исследования и анализа.



Рисунок 1– Методы прогнозирования производственного травматизма

Статистический метод – позволяет выявить зависимость и связи несчастных случаев и заболеваний, возникающих при выполнении комплекса работ в целом по отрасли или организации.

Технический метод – применяется при определении степени влияния и опасности неблагоприятных факторов производства, способствующих возникновению несчастных