

6. Кожуро, Л.М. Обработка деталей машин в магнитном поле / Л.М. Кожуро, Б.П. Чемисов. – Минск: Наука и техника, 1995. – 232 с.

7. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Полоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.

8. Акулович, Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 236 с.

УДК 621.791.92 : 621.81

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СПОСОБОВ УПРОЧНЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

*Студент – Миранович Н.А., 10405418, БНТУ
Научный*

*руководитель – Ворошуха О.Н., к.т.н.
УО «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе рассматриваются технологические возможности способов упрочнения металлических поверхностей деталей посредством нанесения защитных износостойких покрытий и их финишной абразивной обработки с использованием энергии электрического и магнитного полей.

Ключевые слова: магнитно-электрическое упрочнение, магнитно-абразивная обработка, ферромагнитный порошок, ферроабразивный порошок, полюсный наконечник, градиент магнитного поля, износостойкость, структура покрытий.

Разнообразие условий работы машин обусловило появление множества технологий упрочнения поверхностей их деталей, каждая из которых имеет свою рациональную область применения и не может претендовать на универсальность [1]. Одними из эффективных способов упрочнения деталей машин являются электрофизические, основанные на концентрации энергии в пространстве и во времени, что практически исключает коробление деталей, вызванное температурными деформациями. К числу таких технологий относится и термомеханическое упрочнение в электромагнитном поле (ЭМП) [2, 3].

Известно, что поверхностный слой металла, подвергнувшегося воздействию переменного магнитного поля, изменяет свои эксплуатационные свойства в результате интенсивного протекания процессов размножения и

перемещения дислокаций [4, 5]. Так, с увеличением плотности дислокации, сталь претерпевает своеобразный наклеп, что выражается в изменении параметра решетки мартенсита и снижении температуры мартенситного превращения. Указанные явления проявляются в процессах, использующих энергию электрического и магнитного поля: магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) и магнитно-абразивная обработка (МАО) [5].

Следует отметить, что технологические способы МЭУ и МАО могут быть реализованы в едином технологическом процессе и на одном оборудовании [4, 5]. Достоинствами МЭУ являются: высокая прочность сцепления покрытия с основой; отсутствие термической деформации и специальной подготовки поверхностей [3, 4]. Для МАО присущи следующие преимущества: возможность регулирования плотности и жесткости обрабатываемого инструмента, сформированного из ферроабразивного порошка (ФАП); обеспечение параметров шероховатости обрабатываемых поверхностей в пределах Ra (0,01 – 0,63) мкм, снижения волнистости в 8 – 10 раз, гранности до 2 раз [5, 6].

Недостатком МЭУ является неравномерность и неоднородность покрытия по толщине, что не позволяет использовать способ для восстановления геометрических размеров поверхностей, износ которых составляет более 0,15 мм [2, 4]. Для устранения этих недостатков разработана электромагнитная система (ЭМС) на основе постоянных магнитов (ПМ), обеспечивающая синхронизацию воздействий электрическими разрядами и внешним ЭМП на частицы ферромагнитного порошка (ФМП) и упрочняемую поверхность в рабочей зоне устройств МЭУ. При этом наибольшую стабильность процесса МЭУ обеспечивают ПМ из сплава ЮНДК24Т ГОСТ 17809-72. В качестве источника технологического тока используется инверторный источник питания модели Invertec V270 T, обеспечивающий требуемую частоту, скважность пульсаций технологического тока и минимальную нестабильность процесса МЭУ [4].

Недостатком МАО покрытий является снижение интенсивности «саморегенерации» щетки ФАП в рабочей зоне, что негативно сказывается на производительности обработки и физико-механических свойствах обрабатываемых поверхностей крупногабаритных деталей [5, 6].

Анализ технологических схем и конструкций устройств для МАО показал, что наибольшая производительность процесса достигается за счет сообщения осциллирующих движений частицам ФАП в рабочем зазоре. Однако при потере режущих свойств у рабочей кромки по мере ее работы требуется переориентация частиц ФАП, чему препятствуют соседние частицы плотной ферроабразивной щетки [5]. Поэтому стоит задача принудительной переориентации с регенерацией ферроабразивной щётки. Од-

ним из вариантов решения этой задачи является использование направленных магнитных потоков от двух ЭМС (основной и дополнительной), расположенных под углом 90° друг к другу и работающих в импульсном режиме. Процесс MAO реализуется посредством управления направлением магнитных силовых линий в рабочих зонах и соответствующим изменением угла наклона зерен ФАП относительно обрабатываемой поверхности, плавным регулированием величины магнитной индукции до 0,9 Тл путем изменения силы тока в электромагнитной катушке дополнительной электромагнитной системы, а упрочнение поверхностного слоя изделия обеспечиваются посредством силового воздействия импульсов дополнительного магнитного поля величиной до 2,0 Тл в рабочей зоне. При этом сгенерированные электромагнитной катушкой импульсы дополнительного магнитного поля до 2,0 Тл в рабочей зоне также используют для встряхивания зерен ФАП и переориентирования их наиболее острой режущей кромкой к обрабатываемой поверхности. Угол наклона зерен ферроабразивного порошка в рабочей зоне относительно обрабатываемой поверхности устанавливают в интервале 43° – 85° . Постоянные магниты, обеспечивающие величину магнитной индукции в рабочих зонах до 0,9 Тл, удерживают зерна ФАП в момент завершения импульсов дополнительного магнитного поля.

Для реализации процесса МЭУ разработана и изготовлена установка УНП-1 с ЭМС на основе постоянных магнитов и сварочного инвертора [4]. Для финишной обработки с упрочнением покрытий используется установка MAO с комбинированной ЭМС на базе станка ЭУ-6 [5]. Это технологическое оборудование обеспечивает стабилизированные во времени технологические параметры режима нанесения и финишной обработки износостойких покрытий.

Известно [3, 4], что на структуру нанесенного металла, соответственно, и на эксплуатационные свойства поверхностей оказывает влияние не только химический и фазовый составы материалов ФМП, но и технологические параметры упрочнения и финишной обработки покрытий. Так, при изменении режима МЭУ меняются условия формирования покрытий, геометрические характеристики и химическая неоднородность обработанного материала. МЭУ осуществляется при реализации оптимального технологического режима [4]: плотность технологического тока $i = 1,87$ – $1,91$ А/мм²; рабочий зазор $d = 1,5$ – $2,0$ мм; подача детали $S = 0,185$ – $0,220$ мм/об; магнитная индукция в рабочем зазоре $B = 0,7$ Тл; размер зерен ФМП $D = 250$ – 315 мкм; удельный расход ФМП $q_{\text{ф}} = 3,2 \times 10^{-3}$ г/(с·мм²), удельный расход рабочей жидкости $q_{\text{ж}} = 0,4 \times 10^{-3}$ дм³/(с·мм²).

Для МАО оптимальны следующие технологические параметры [5, 6]: магнитная индукция основной магнитной системы $B = 0,6-0,9$ Тл; магнитная индукция дополнительной магнитной системы $B_{дв}=1,5-2,0$ Тл; рабочий зазор основной магнитной системы $d_0=1,0-1,5$ мм; рабочий зазор дополнительной магнитной системы $d_d=1,7-2,0$ мм; зернистость ферроабразивного порошка $D=+200-315$ мкм; время обработки $t_0 = 90-120$ с; скорость главного движения $V = 0,9-1,2$ м/с; интервал включения дополнительной магнитной системы $u = 20$ с; продолжительность цикла работы дополнительной магнитной системы $t_d = 2$ с.

Следует отметить, что технологические способы МЭУ и МАО совместно применяются для упрочнения и абразивной обработки поверхностей деталей типа «тело вращения» под средненагруженные подшипники скольжения и качения, у которых абразивное и окислительное изнашивание этих мест происходит в условиях трения скольжения и качения со смазкой и смазкой, загрязненной частицами абразива, в процессе возвратно-вращательного и возвратно-поступательного движений, фреттинг-коррозии. В результате этого происходит уменьшение диаметров шеек валов, задиры, сколы и риски на контактирующих поверхностях деталей.

Так, в результате МЭУ и МАО посадочных мест первичных и вторичных валов коробок передач энергонасыщенных тракторов изменяется структура поверхностного слоя металла, отличительными особенностями которой являются следующие:

- достаточно высокая плотность и однородность покрытия (например, из ФМП ФБХ-6-2 и Fe-5%V), наличие своеобразной «зеренной» структуры с мелкими (менее 0,10 мкм) порами по границам зерен и ячеек;
- образование более развитого диффузионного слоя, в котором происходят превращения, соответствующие полной закалке;
- увеличивается протяженность зоны термического влияния и более глубоко развиваются в ней фазовые превращения как в феррите, так и в перлите. Пористость не превышает 10%.

Полученные результаты исследований показывают, что использование технологических способов упрочнения и последующей финишной обработки позволяет уменьшить износ посадочных мест под подшипники скольжения и качения валов примерно в 1,5–2,0 раза по сравнению с типовой технологией.

Рассматриваемые технологические способы и оборудование для упрочнения и абразивной обработки посадочных мест валов являются эффективными, так как позволяет сэкономить до 5 % дефицитного и дорогостоящего материала.

Список использованных источников

1. Восстановление деталей машин : справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.] ; под ред. В.П. Иванова. – М. : Машиностроение, 2003. – 672 с.
2. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле / П.И. Ящерицын [и др.]. – Минск: ФТИ НАНБ, 1997. – 416 с.

3. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Полоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.

4. Акулович, Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 236 с.

5. Акулович, Л.М. Управление обработкой поверхностей деталей машин в процессах магнитно-электрического упрочнения и магнитно-абразивной обработки / Л.М. Акулович, А.В. Миранович, О.Н. Ворошуха // Вес. нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2016. – № 4. – С. 37–48.

6. Финишная обработка поверхностей / С.А. Клименко [и др.] ; под общ. ред. С.А. Чижика и М.Л. Хейфеца. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 377 с.

УДК 621.762

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕНТГЕНО-ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕДНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПОМОЩИ СПЕКТРОМЕТРА ELVAX MINI

Студент – Рыхлик А.Н., 34 тс, 4 курс, ФТС

Научные

руководители – Капцевич В.М., д.т.н., профессор;

Корнеева В.К., к.т.н.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. При помощи программно-аппаратного комплекса «Рентгено-флуоресцентный спектрометр ElvaX mini» проведен анализ химического состава медных кабельных отходов после механической переработки кабельной продукции.

Ключевые слова: рентгено-флуоресцентный анализ, спектрометр, медные кабельные отходы, химический состав

Проницаемые волоконные материалы (ПВМ) по сравнению с порошковыми обладают рядом существенных преимуществ [1]: большей пористостью, проницаемостью, прочностью, упругостью и пластичностью. Фильтры на их основе работают в режиме глубинного фильтрования, обладают высокой производительностью, задерживающей способностью, грязеемкостью, сроком службы и способностью к многократной регенерации. Однако дороговизна исходного сырья и в ряде случаев сложность технологии изготовления самих волокон сдерживают процессы создания проницаемых материалов на их основе.