

ЛИТЕРАТУРА

1. Козорез Т.А., Корженевский А.П. Применение процесса композиционного хромирования для поверхностей трения // Изобретатель. 2002. -- №1.

2. Тодт Ф. Коррозия и защита металлов. – М.: Химия, 1966.

3. Кушнер Л.К., Хмыль А.А., Достанко А.П. и др. Влияние периодических токов на процесс осаждения композиционных покрытий хром-ультрадисперсный алмаз // Тезисы 1 Украинского электрохимического съезда. – Киев, 1995.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ПОРОШКОВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

**Т.К. Романова, канд. техн. наук; Ж.А. Мрочек, д-р техн. наук
профессор; В.В. Тризна**
УО «БГАТУ», УО «БНТУ»
(г. Минск, Республика Беларусь)

Service properties of covers of cutting steels powders

The service properties of covers are considered, received by the combined method electromagnetic welding with superficial plastic deformation. Is exhibited, that application for welding cutting steels powders increases wear-resistants covers up to 2,5 times, and fatigue strength up to 1,5 times.

Для восстановления и упрочнения деталей машин применяют различные способы нанесения покрытий, позволяющие получать рабочие поверхности с требуемыми эксплуатационными свойствами. Каждый из известных способов нанесения покрытий в силу своих особенностей имеет рациональную область применения и не всегда решает задачи, вызванные необходимостью восстановления и повышения долговечности деталей машин. Поэтому наряду с совершенствованием известных способов нанесения покрытий необходима разработка новых, дополняющих уже известные и расширяющих их технологические возможности. При этом актуальным является совмещение способов восстановления и упрочнения изделий, использующих комбинированное воздействие потоков энергии различного вида на обрабатываемую поверхность. Это позволяет

получать качественно новые эксплуатационные характеристики поверхностей деталей, а также повышать производительность, снижать энергоёмкость и себестоимость процессов.

Необходимо отметить, что многие детали машин, поступающие на восстановление, имеют значительный запас остаточной долговечности, использование которой составляет основной источник экономической эффективности ремонта машин. Так, Япония удовлетворяет потребность в запасных деталях на 40% путем восстановления изношенных, США, Германия, Австрия – на 30 – 35%, а СССР в 1990 г. удовлетворял эту потребность на 18% [1].

В последние годы широко исследуется и получает практическое применение электромагнитная наплавка (ЭМН), использующая энергию магнитного и электрического полей. Поскольку связкой порошка при ЭМН служит энергия магнитного поля, появляется возможность существенным образом изменить условия восстановления и упрочнения деталей машин [2].

Разработанный на кафедре "Технология металлов" Белорусского государственного аграрного технического университета совместно с РУП "МАЗ" комбинированный метод электромагнитной наплавки с поверхностным пластическим деформированием (ППД) позволил увеличить в 1,3 – 1,4 раза ресурс деталей типа тел вращения, работающих в условиях высоких нагрузок и интенсивного абразивного изнашивания. Такой результат получен за счет того, что новый метод упрочнения деталей сочетает нанесение, термообработку и упрочняющее деформирование покрытия, сокращая приработку поверхности за счет формирования структуры поверхностного слоя. Эксплуатационные характеристики комбинированного метода определяются электромагнитными и деформационными воздействиями на упрочняемую поверхность. ЭМН с ППД, к достоинствам которой следует отнести высокую прочность соединения наплавляемого покрытия с основой, повышенную износостойкость и минимальное тепловыделение, исключая термическое деформирование обрабатываемых деталей, эффективна при упрочнении поверхностей трения и посадочных поверхностей под подшипники и зубчатые колеса.

Использование тепла в процессе ЭМН для упрочнения ППД позволяет совместить операции наплавки и термомодеформационного упрочнения и создать условия для комбинированного деформирования параметров качества поверхностного слоя, наиболее полно с

точки зрения эксплуатационной наследственности параметров процесса, отвечающих служебному назначению деталей машин.

Известно [3], что наплавленный металл отличается неоднородностью структуры и химического состава, наличием сварочных дефектов, колебаниями твердости, внутренней напряженностью другими дефектами, поэтому представляет интерес сравнительная оценка эксплуатационных свойств покрытий, полученных ЭМН ЭМН с ППД порошков из быстрорежущих сталей по критериям износостойкости и усталостной прочности. Порошки быстрорежущих сталей широко используются для нанесения покрытий другими методами. Они стандартизированы, имеют постоянный химический и гранулометрический состав, сохраняют высокую твердость и износостойкость в сформированных покрытиях до температур 600 – 620°С, что очень важно в связи с непостоянством температурного режима на поверхности сопряженных и трущихся деталей.

Износостойкость покрытий, полученных ЭМН и ЭМН с ППД изучалась в условиях гидроабразивного изнашивания при трении скольжения на машине для испытания материалов на трение и износ 2070 СМТ-1 по схеме "вал – колодка" линейным методом.

Покрытия толщиной 1 мм на диаметр наносили на образцы из стали 45 с наружным диаметром 40 мм, внутренним 16 мм и высотой 12 мм, подвергнутые нормализации. Колодка из чугуна ХТВ имела высоту 10 мм, что позволило сохранять измерительную базу, так как по краям образца оставались цилиндрические ленточки. Измерение образцов производили в двух взаимноперпендикулярных плоскостях по двум сечениям, используя оптический длинномер ИЗВ-1, точность измерения которого составляла 0,001 мм. Для ускорения процесса изнашивания использовали масляно-абразивную смесь (масло индустриальное 20, содержащее 2% карбида бора зернистостью 4-5), которую в количестве 40 мл заливали в камеру для масла. При этом для каждой партии испытываемых образцов использовали свежую порцию смеси.

Абразивные частицы во взвешенном состоянии в период испытаний поддерживались лопастями крыльчатки, посаженной на одном валу с образцом, а стабильность температурного режима смеси – пропуском воды через двойное дно камеры.

Образцы после нанесения покрытия подвергались механической обработке. Затем они прирабатывались с колодкой. Окончание приработки определяли по стабилизации момента трения пары, регистрируемого аппаратурой машины.

Режим испытаний соответствовал условиям работы деталей автотракторных и сельскохозяйственных машин, для которых характерна скорость скольжения до 2,5 м/с и удельная нагрузка 1,5 – 3,0 МПа. Испытывали партии по пять образцов.

Результаты испытаний сопоставляли с эталоном (сталь 45 нормализованная и закаленная с нагрева ТВЧ на глубину 1,2 – 1,6 мм до 52 – 54 HRC). Кроме того, учитывали, что абразивное изнашивание имеет преимущественно механический характер разрушения поверхности. Интенсивность его, как известно [4], в наибольшей степени зависит от твердости сопрягаемых материалов, удельной нагрузки и скорости перемещения.

Исследования эксплуатационных свойств покрытий проводили на образцах, наплавленных и обработанных при оптимальных условиях и режимах процессов, установленных в работе [5] (образцы после ЭМН и ЭМН с ППД обрабатывали абразивным шлифованием и магнитно-абразивным полированием для получения шероховатости поверхности $Ra = 0,8 - 0,6$ мкм).

Триботехнические характеристики покрытий приведены в таблице, в которой в числителе представлены результаты покрытий, полученных ЭМН, а в знаменателе – ЭМН с ППД. Их анализ показывает, что решающее влияние на износостойкость покрытий оказывают химический и фазовый составы покрытий и метод их нанесения. Так, покрытия, полученные ЭМН с ППД, для всех исследуемых материалов порошков имеют более высокую износостойкость по сравнению с покрытиями, полученными ЭМН. Обусловлено это тем, что ППД повышает плотность и однородность покрытия, делая ее более дисперсной, приводит к изменению характера распределения упрочненного слоя, в котором происходят превращения, соответствующие полной закалке. Поэтому повышается твердость покрытий и соответственно сопротивление их механическому разрушению. Вместе с тем момент трения и коэффициент трения для методов нанесения покрытий не имеют существенных различий, а для порошков они значительны.

Видно, что наибольшей износостойкостью обладают покрытия из порошка Р6М5К5. Износостойкость всех покрытий значительно выше износостойкости эталона (сталь 45). В порядке убывания износостойкости покрытий последние можно как для ЭММ, так и для ЭМН с ППД расположить в следующей последовательности: Р6М5К5 → Р6М5Ф3 → Р6М5.

Таблица 1. Триботехнические характеристики покрытий,
полученных ЭМН и ЭМН с ППД

Материал порошка	Параметр				
	интенсивность изнашивания, мкм/км	момент трения, Нм		коэффициент трения	
		с маслом И-20	всухую	с маслом И-20	всухую
Р6М5	2,5/1,9	0,79/0,74	1,11/1,05	0,13/0,12	0,18/0,16
Р6М5Ф3	2,2/1,7	0,73/0,69	0,87/0,82	0,11/0,10	0,15/0,14
Р6М5К5	1,9/1,4	0,72/0,68	0,82/0,79	0,11/0,10	0,15/0,14
Сталь 45 (эталон)	4,1	0,84	1,26	0,12	0,19

Сопоставление дисперсий испытаний износостойкости покрытий показало, что разброс экспериментальных данных не превышал 17% для ЭМН и 12% для ЭМН с ППД. Это свидетельствует о стабильности наплавки в электромагнитном поле.

Известно, что основная причина разрушения деталей, работающих в условиях циклического нагружения, – усталость металла. Усталостное разрушение начинается с поверхностного слоя, от физико-механических свойств которого в значительной степени зависит предел выносливости.

Поэтому в работе провели исследования усталостной прочности деталей, упрочненных ЭМН с ППД, т.е. исследовалось влияние на усталостную прочность наплавленных поверхностей только метода наплавки и химического состава порошка.

Исследования проводили на образцах круглого сечения из нормализованной стали 45, имеющих соотношение $l/d = 15$, где $l = 150$ мм – длина и $d = 10$ мм – диаметр. В качестве порошков применили Р6М5К5 и Р6М5Ф3. Образцы после наплавки подвергались абразивному шлифованию, обеспечивая шероховатость поверхности $Ra = 0,8 - 0,6$ мкм. Испытания образцов на усталостную прочность проводили на машине типа У-20М в условиях действия знакопеременной нагрузки с постоянной амплитудой.

Кривые выносливости строили в двойной логарифмической системе координат, благодаря чему функциональная зависимость напряжений от числа циклов $\sigma = f(N)$ представлена уравнением

$$mlg + \lg N = \lg C,$$

где σ – напряжение, МПа; m – параметр кривой, $m = 10$; N – число циклов нагружения; C – коэффициент.

Следовательно, криволинейная зависимость $\sigma = f(N)$ в логарифмических координатах была приведена к уравнению прямой, что позволило применять метод линейной корреляции.

Анализ полученных результатов испытаний (см. рис. 1) показывает, что при циклическом нагружении образцов покрытия имеют различную способность к сопротивлению усталостному разрушению. Это может быть объяснено неодинаковой чувствительностью материалов покрытий к дислокационному скольжению, т. е. к процессам, влияющим на усталостное разрушение. Видно, что усталостная прочность наплавленных поверхностей порошками Р6М5К3 и Р6М5Ф3 выше эталона соответственно в 1,45 и 1,34 раза. Обусловлено это тем, что ЭМН с ППД формирует в системе "покрытие – основа" остаточные напряжения сжатия, увеличивает зону термического влияния. Кроме того, происходит выделение дисперсных карбидов и интерметаллидов, блокирующих сдвиги по плоскости скольжения. Это обеспечивает повышение поверхностной прочности, особенно проявляющейся в покрытиях со следующими структурами: мартенсит, легированные дисперсные карбиды и интерметаллиды. Кроме того, ЭМН с ППД уменьшает пористость, что также повышает усталостную прочность наплавленных поверхностей.

Таким образом, применение наплавки в электромагнитном поле из быстрорежущих сталей для восстановления и упрочнения деталей машин, работающих в условиях повышенного абразивного изнашивания и циклического нагружения, позволяет технологическим методом увеличить их износостойкость до 2,5 раз и усталостную прочность до 1,5 раз по сравнению со сталью 45, закаленной с нагрева ТВЧ на глубину 1,2 – 1,6 мм до 52 – 54 НРС.

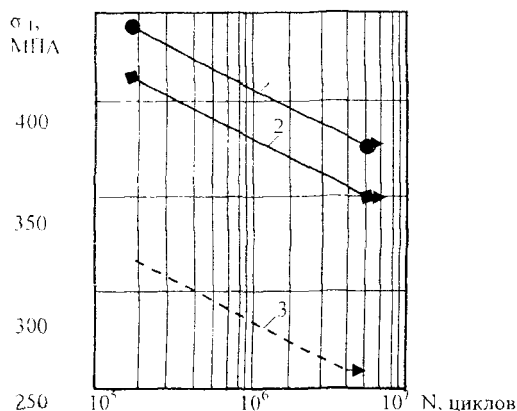


Рис. 1. Влияние химического состава порошка на усталостную прочность упрочненных электромагнитной наплавкой с поверхностным пластическим деформированием образцов: 1 – Р6М5К5; 2 – Р6М5Ф3; 3 – сталь 45

Известно, что свыше 80% отказов машин и механизмов обусловлено процессами изнашивания или комплексными причинами, в которых изнашивание играет доминирующую роль. Около 90% деталей имеют износ не более 0,6 мм, где цилиндрические поверхности (валов, осей, штоков, пальцев и др.) составляют 52% [6].

Учитывая это, для их восстановления и упрочнения можно рекомендовать эффективный процесс ЭМН с ППД легированных порошков на железной основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимович Л.С., Крутов А.В., Штомпель Б.Н. Региональная научно-техническая программа «Энергоресурсосбережение в АПК Минской области» // Агропанорама. – 2000. – № 5.
2. Кожуро Л.М., Крутов А.В. Управление комбинированным методом электромагнитной наплавки с поверхностным пластическим деформированием // Агропанорама. – 2000. – № 6.
3. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П.А. Витязь, В.С. Ивашко, А.Ф. Ильющенко и др. – Мн.: Беларус. навука, 1998.
4. Кожуро Л.М., Крутов А.В., Щербо Д.М. Эксплуатационные свойства покрытий, полученных электромагнитной наплавкой // Агропанорама. – 2002. – № 4.
5. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: Колос, 1981.