



Рис. 2. Изменение поверхностной твердости в зависимости от линейного прироста поверхностного слоя:

1 — до диффузии; 2 — приращение слоя на 0,25...0,3 мм; 3 — приращение слоя на 0,95...1,05 мм; 4 — приращение слоя на 1,8...2,0 мм

четы на долговечность и проведенные испытания показали, что, несмотря на износ вала, применение термоциклической диффузионной металлизации бронзовых втулок в целом повышает долговечность сопрягаемой пары «стальной вал—бронзовая втулка» в 1,6...1,8 раза. Данный метод восстановления бронзовых втулок с применением термоциклической диффузионной металлизации позволяет не только восстановить работоспособность деталей, но и повысить его некоторые физико-механические свойства. При применении предложенного состава порошка поверхностная микротвердость увеличивается на 15...20%, при линейном приращении диффузионного слоя на сторону от 0,05 до 2,5 мм происходит более плавное распределение микротвердости по всей поверхности; износостойкость восстановленных деталей повышается 1,5...2,5 раза.

УДК 631.3—1/—9.004.67

Н.М. Дегтярёв

А.Г. Пастухов, доктор техн. наук

Белгородская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Я. Горина

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Свыше 70% парка тракторов, около 50% зерноуборочных комбайнов, 50% автомобилей, 75% станочного оборудования работает за пределами нормативных сроков эксплуатации. Техническая готовность машин к работам ниже 70%, а нагрузка на технику превышает нормативную более чем в два раза. Качественный ремонт такой техники может быть обеспечен за счет применения эффективных способов упрочнения и восстановления.

Анализ условий эксплуатации и характерных дефектов машин и оборудования сельскохозяйственного производства свидетельствует о низком качестве изготавливаемых деталей прежде всего по критериям износостойкости и прочности критических поверхностей. На сельскохозяйственных ремонтных предприятиях широкая номенклатура изготавливаемых и восстанавливаемых деталей не подвергается упрочняющей термообработке изнашиваемых рабочих поверхностей [1]. В этой свя-

Выводы

Данный метод позволяет с наименьшими затратами времени и материалов восстанавливать поверхность изношенных деталей из цветных сплавов на порядок. На современном этапе развития науки стоят задачи создания более универсальных методов и составов металлических порошков, способных на молекулярном уровне изменять физико-механические и химические свойства металла с минимизированными затратами. Одной из таких областей исследования является исследование в области нанотехнологии.

Список литературы

1. Казанцев, С.П. Разработка комбинированной технологии получения железоборидных покрытий при восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственной техники: дис. ... доктора техн. наук / С.П. Казанцев. — М., 2006. — 264 с.
2. Болдин, Н.И. Диффузионное борохромирование как метод восстановления и упрочнения деталей топливной аппаратуры дизелей: дис. ... канд. техн. наук / Н.И. Болдин. — М., 1991. — 244 с.
3. Бардадын, Н.А. Восстановление и упрочнение прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры диффузионным борохромированием: дис. ... канд. техн. наук / Н.А. Бардадын. — М., 1994. — 232 с.
4. Федюкин, В.К. Метод термоциклической обработки металлов и сплавов / В.К. Федюкин. — Л.: ЛГУ, 1984. — 192 с.
5. Аскинази, Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой / Б.М. Аскинази. — Л.: Машиностроение, 1989. — 200 с.

зи решение задачи повышения долговечности деталей машин при их изготовлении и ремонте с применением упрочняющей термообработки в виде электромеханической обработки (ЭМО) является актуальным.

Изучением ЭМО занимались такие ученые, как Б.М. Аскинази, Ю.Д. Александров, В.П. Багмутов, А.И. Бражюнас, А.В. Гурьев, В.К. Ильин, Э.В. Рыжов, А.Г. Сулов, В.П. Пономаренко, Л.В. Фёдорова, С. К. Фёдоров, С.Ю. Элькин и др. Результаты исследований показали высокую эффективность восстановления и упрочнения деталей с использованием ЭМО, которая отвечает современным требованиям технологии изготовления и восстановления деталей и обеспечивает высокие энерго- и ресурсосбережение, значительное сокращение длительности процессов, улучшает безопасность и экологичность производства, позволяет получить свойства поверхностей, не обеспечиваемые традиционной термической обработкой [2].

Чтобы получить характеристики способов ЭМО рабочих поверхностей деталей машин, следует решить задачи:

- изучить способы ЭМО деталей машин;
- выявить рациональные технологические процессы ЭМО, пригодные для деталей трансмиссий сельскохозяйственной техники;
- обосновать возможность применения ЭМО для крестовин карданных шарниров.

На основании обзора существующих способов ЭМО можно выявить следующие технологические процессы:

- отделочно-упрочняющая электромеханическая обработка (ОУЭМО) — финишный способ обработки поверхностей деталей без снятия стружки, при котором в единой технологической схеме осуществляются поверхностная закалка и поверхностное пластическое деформирование;
- электромеханическая поверхностная закалка (ЭМПЗ) двух разновидностей: предварительная и финишная; при предварительной ЭМПЗ обеспечивается структура и твердость поверхности, а геометрия и шероховатость формируется на последующих операциях; финишная ЭМПЗ предназначена для поверхностей деталей с невысокими требованиями к изменению геометрии и шероховатости ранее полученной поверхности;
- электромеханическое дорнование (ЭМД) позволяет обеспечить минимальные припуски для окончательной обработки деталей, при этом во многих случаях, особенно при закрытом дорновании проката, появляется возможность ликвидировать необходимость трудоемкой токарной обработки и существенно снизить расход металла; несомненным преимуществом обработки

деталей дорнованием является повышение эксплуатационных свойств деталей за счет достижения более благоприятной структуры металла;

- электромеханическое восстановление (ЭМВ) деталей с накладкой дополнительного металла; этот способ используется для гладких поверхностей детали; процесс восстановления состоит из следующих операций: электромеханическая высадка изношенной поверхности, накладка (приваривание) дополнительного металла в образованную высадкой спиральную канавку, механическая обработка восстановленной поверхности до необходимого размера [1].

В общем ЭМО имеет ряд преимуществ перед обычными методами:

- исключается обезуглероживание и окисление поверхности детали при протекании термомеханического процесса, так как он происходит малый промежуток времени;
- происходит локальное воздействие на необходимые восстанавливаемые поверхности детали;
- реализуется разработка индивидуальных маршрутов восстановления с учетом планируемых нагрузок и условий эксплуатации деталей;
- можно обработать пустотелые детали, так как уровень термического воздействия минимален;
- получают поверхности с однородной структурой, т. е. обладающие однородностью механических свойств по сечению и длине поверхности, что дает высокие значения износостойкости и прочности;
- оборудование позволяет получать детали самых разных форм, типов и размеров [3].

Электромеханической обработке могут подвергаться детали из сталей 35, 40Х, 45, 55ПП, 60Г2С, 9ХС, У7-У13А, ХВГ, 7ХНМ, ШХ15 и др.

Закалке подвергаются различные поверхности: посадочные места валов и отверстий под подшипники качения, участки валов под ступицы шкивов и зубчатых колес, а также тонкостенные, маложесткие детали из высококачественных сталей (втулки, стаканы, детали типа трубы).

Глубину закалки определяют техническими требованиями, и она может составлять 0,5...4 мм при микротвердости поверхностного слоя H_{μ} 6000...8000 МПа (HRC 52...68).

Припуск под последующую финишную обработку шлифованием или точением назначается в пределах 0,05...0,2 мм.

Одним из направлений применения технологии ЭМО является поверхностная закалка зубьев шестерен, валов-шестерен и зубчатых колес. Поверхность после электромеханической закалки имеет твердость HRC 48...54 глубиной 0,3...1,2 мм. Сердцевина зубьев имеет исходную твердость HRC 18...24. Добиться таких свойств способами объемной закалки или закалкой ТВЧ крайне затруднительно.

ОУЭМО поверхностей позволяет в единой технологической схеме выполнять поверхностную закалку и финишную обработку с показателем шероховатости $R_a = 1,25 \dots 0,63$ мкм, а также формировать текстуру волокон металла, вытянутую вдоль профиля опасного сечения. Наибольшее применение это направление ЭМО получило при отделочно-упрочняющей обработке резьбы, гладких цилиндрических поверхностей и галтелей.

При ОУЭМО гладких цилиндрических соединений происходит упрочнение тонких поверхностных слоев заготовки на глубине $0,04 \dots 0,30$ мм с одновременной чистовой операцией $R_a = 0,63 \dots 1,25$ мкм. Отмечается изменение микрогеометрии ранее обработанной поверхности, но сама форма детали остается без изменения. Деталь, обрабатываемая этим способом, не должна иметь отклонений от овальности и других отклонений геометрической формы, выходящих за пределы технических требований чертежа.

Технологически процесс восстановления посадочных мест валов под подшипники качения, ступицы шкивов и зубчатых колес без использования дополнительного металла состоит из двух операций: высадки металла и его сглаживания до номинального размера. Разница в операциях высадки и сглаживания заключается в различии контактных напряжений. В первом случае обрабатывают пластиной (роликом) из твердого сплава, ширина поверхности которой меньше подачи, а во втором случае — инструментом, ширина которого значительно превышает подачу. Экспериментально установлено, что применение способа наиболее эффективно при износе до $0,3$ мм.

При сборке восстановленных деталей наблюдается сплошной контакт поверхности отверстия и прерывистый контакт вала, при этом возникает усилие, которое создает дополнительный шпонный эффект сопряжения с натягом. В результате этого значительно повышается прочность соединения. Одновременно происходит повышение предела выносливости вала на $25 \dots 30\%$ по отношению к новой детали. Поверхность вала может быть как закаленной, так и без термообработки [4, 5].

На основании обзора по способам технического обслуживания, ремонта и особенностям отказа карданных шарниров сельскохозяйственной техники установлены следующие технические требования к рабочим поверхностям шипов крестовин и игольчатых подшипников [6–8]:

- твердость HRC 56...65;
- глубина термообработанного слоя $0,8 \dots 1,2$ мм;
- возможность применения различных сталей (18ХГТ, 20Х, 40ХГНТР, 55ПП, 60ПП, ШХ15);
- шероховатость рабочих поверхностей шипов $R_a = 0,32 \dots 0,40$ мкм.

Сопоставляя технические характеристики ЭМО и технологические требования к рабочим по-

верхностям шипов крестовин, можно отметить, что ЭМО является весьма перспективным способом упрочнения и восстановления карданных шарниров. При изготовлении и ремонте можно использовать ОУЭМО, что значительно позволит увеличить ресурс деталей шарниров: упрочнение поверхностных слоев на глубине $0,04 \dots 0,30$ мм с одновременной чистовой операцией $R_a = 0,63 \dots 1,25$ мкм при твердости HRC 52...68, максимальная глубина поверхностного слоя с заданной микротвердостью $4,0$ мм. Эти показатели особенно важны для критических поверхностей в условиях эксплуатации.

Выводы

1. Выполнен обзор видов ЭМО (ОУЭМО, ЭМПЗ, ЭМД, ЭМВ), выявлены преимущества перед обычными методами поверхностной закалки.
2. Проведен анализ существующих способов ЭМО и выявлены их достоинства (исключается обезуглероживание и окисление поверхности детали, происходит локальное воздействие на восстанавливаемые поверхности детали, реализуется разработка индивидуальных маршрутов восстановления с учетом планируемых нагрузок и условий эксплуатации деталей, возможна обработка пустотелых деталей, получение поверхностей с однородной структурой и детали самых разных форм, типов и размеров).
3. Обоснована возможность применения ЭМО для упрочнения и восстановления крестовин карданных шарниров.

Список литературы

1. Фёдоров, С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственной техники: автореферат дис. ... доктора техн. наук / С.К. Фёдоров. — М., 2009. — 32 с.
2. Фёдорова, Л.В. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств резьбовых соединений сельскохозяйственной техники отделочно-упрочняющей электрохимической обработкой: автореферат дис. ... доктора техн. наук / Л.В. Фёдорова. — М., 2006. — 32 с.
3. Фёдоров, С.К. Особенности электрохимической обработки / С.К. Фёдоров // Электронный журнал ЗАО «Стройтехника». — Режим доступа: <http://www.str-t.ru/articles/488/> (дата обращения 17.01.2011).
4. Фёдорова, Л.В. Восстановление силовых редукторов / Л.В. Фёдорова, С.К. Фёдоров // Сельский механизатор. — 2006. — № 3. — С. 42–43.
5. Фёдоров, С.К. Упрочнение и восстановление деталей машин электрохимической обработкой / С.К. Фёдоров, Л.В. Фёдорова // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1998. — № 6. — С. 42–43.
6. Повышение надежности карданных шарниров / В.М. Жураковский [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1991. — № 7. — С. 41.
7. Восстановление крестовин карданов пластической деформацией / Ю.Н. Даллакян [и др.] // Техника в сельском хозяйстве. — 1983. — № 1. — С. 54–55.
8. Акаро Л.И. Малоотходная технология горячей штамповки / Л.И. Акаро // Автомобильная промышленность. — 1991. — № 8. — С. 22–24.