

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ НАНЕСЕННЫХ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ МЕТОДОМ

Т.С. Скобло, д.т.н., А.Д. Мартыненко, к.т.н., А.В. Харьяков, инженер,
А.В. Тихонов к.т.н., Килимник А.Н., студент

(Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства)

В статті розглянуто спосіб поліпшення поверхні покриттів, нанесених на деталі методом електроіскрової обробки, за допомогою поверхневого пластичного деформування.

При восстановлении деталей машин и оборудования большое значение приобретают не только достигнутые показатели прочности и твердости поверхности трения, но и работоспособность детали в целом. Разогревая рабочий слой при упрочнении и восстановлении наплавкой, имеет место разупрочнение переходной зоны и сердцевины, что может нарушить ее служебные характеристики: снизить жесткость, привести к потере формы и поломкам. При выборе способа нанесения компенсирующего износ покрытия деталей важным является оценка условий их работы (тип сопряжения, виды трения и относительное перемещение поверхностей при эксплуатации, температурный режим и рабочая среда). Именно это определяет выбор материала и способа упрочнения покрытия.

Особую сложность вызывает восстановление длинномерных деталей типа штекер традиционными методами наплавки т.к. требуется высокая температура предварительного и сопутствующего подогрева, которые разупрочняют сердцевину, теряется форма детали, а из-за большой доли карбидной фазы возрастает склонность к повреждаемости структуры.

Кроме того, используя в качестве наплавочных, традиционно широко применяемые низко- и среднесуглеродистые материалы, из-за различия в коэффициентах линейного расширения с металлом детали, в зоне сплавления формируются дефекты, резко снижающие качество и надежность восстановленной детали. А именно образуются микротрещины, изменяется субструктура, развивается выраженная карбидная неоднородность, что ведет к большому разбросу твердости и неравномерному износу [1, 2]. Детали из нетехнологичных материалов (например, стали ШХ15), а также группы деталей с величиной износа до 1 мм целесообразнее всего восстанавливать с использованием технологий с применением высококонцентрированных источников энергии. К числу таких способов восстановления относится электроискровой метод, который позволяет для восстановления использовать электроды близкие по свойствам к стали ШХ15 – высокохромистые стали и непосредственно эту же сталь.

Промышленное использование метода электроискровой обработки (ЭИО) было разработано Лазаренко Б.Р. и Лазаренко Н.И. Исследованиями этих специалистов показано, что электроискровым методом можно сформировать покрытие любыми токопроводящими материалами. Эффективность этого метода заключается в том, что он позволяет [2-5]:

- получать пары трения с заданными физико-механическими свойствами;

– упрочнять и наращивать слой при сохранении свойств сердцевины детали;

– наращивать слой на детали из нетехнологичных, но износостойких материалов (высокоуглеродистые сплавы – заэвтектоидные стали и чугуны);

– обеспечить нанесение покрытия небольшой величины равного износу при эксплуатации;

– получать упрочненный слой без значительной химической сегрегации примесей:

– обеспечивать формирование упрочненного слоя с очень мелким зерном;

– в результате быстрой кристаллизации повышать предел растворимости легирующих элементов, упрочнять матрицу, увеличивать долю дисперсной карбидной фазы, в том числе и на стадии вторичного твердения;

– обеспечивать формирование новых метастабильных фаз, расширяющих возможность использования последующей термической обработки и пластической деформации.

Как установлено особенностью структур, полученных при электроискровой обработке (ЭИО) является то, что они формируются в условиях сверхскоростного охлаждения. При этом осуществляется перенос металла с анода (электрод) на катод (деталь). Скорость кристаллизации достигает 10^5 – 10^6 К/с [2-4]. Такая высокая скорость обеспечивает формирование дисперсного зерна ($\approx 4 \times 10^2$ мкм и менее). При традиционных высокоскоростных методах затвердевания его величина составляет 0,1–10 мкм [1-4]. Известно, что с уменьшением размера зерна существенно возрастает твердость и прочность материала [1-3].

В тоже время при электроискровом нанесении покрытия практически не прогревается основной металл детали, а в наращиваемом слое формируются растягивающие напряжения. Процесс электроискровой обработки помимо ряда преимуществ перед другими методами получения покрытий имеет и недостатки. К ним относятся: малая толщина наносимых слоев ($\approx 0,2$ – $1,0$ мм); низкая производительность процесса; сложность получения микрорельефа заданной шероховатости. Эти недостатки могут оказаться незначительными при определении рациональных областей использования метода или усовершенствовании оборудования и технологии. Так, например, ЭИО эффективна в случае, когда величина износа детали не превышает формируемого слоя покрытия этим методом ($\leq 1,0$ мм). Из анализа литературы [2-5, 7] видно, что 90% процентов вышедших из строя деталей сопряжений имеют износ до 0,1 мм. Как было показано ранее, для увеличения производительности процесса целесообразно использовать одновременно несколько электродов.

Целью исследований явилось определение эффективной области применения данной технологии, разработка технологических операций, оборудования и предложений по их совершенствованию для повышения качества восстановленных деталей.

Что касается формируемой шероховатости, то ее величина не имеет особого значения в случае использования обкатки или других методов поверхностно-пластической деформации (ППД). Совместное использование методов ЭИО и

ПД упрочняет поверхностный слой детали, уменьшает его пористость, снижает уровень растягивающих напряжений, а в ряде случаев обеспечивает формирование – сжимающих.

Для их уменьшения и дополнительного упрочнения поверхностного слоя разработали конструкцию обкатника, который смонтировали на установку для электроискровой обработки поверхностей длинномерных деталей, позволяющей производить обработку одновременно с нанесением покрытия (рис. 1). Кроме того, использование обкатника (обеспечивает давление до 50 МПа) позволяет повысить не только качество обрабатываемой поверхности – снижение степени шероховатости и уменьшение объемов последующей шлифовки, но и увеличить высоту наращиваемого слоя за счет многослойной обработки при нанесении покрытия.

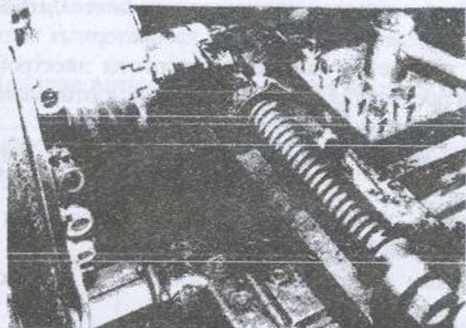


Рис. 1. Общий вид обкатника

Проведенные исследования были сопоставлены с результатами, полученными ранее по эксплуатационной стойкости покрытий, нанесенных другими методами в области повышения эксплуатационной стойкости штоков турбин:

- химико-термическая обработка (азотирование) по высокотемпературному режиму в среде аммиака, разбавленного азотом (карбохромирование);
- плазменное напыление с использованием смеси (90% ПН70Х17С4Р4 + 10% Cr_3C_2) по технологии: напыление, термоциклирование напыленного слоя и последующее его оплавление;
- плазменная наплавка;
- электроискровое легирование электродом из стали 10Х18Н10Т, 10Х13 с последующей обкаткой обработанной поверхности стальным шариком (роликом). Такой материал электрода для формирования покрытия выбран исходя из требований эксплуатации [8 - 10].

Методы химико-термической обработки или не обеспечивают требуемый уровень износо- и коррозионной стойкости поверхности (высокотемпературное азотирование в среде аммиака разбавленного азотом), или в 1,5-2 раза снижают прочностные свойства сердцевины (карбохромирование) при высокой температуре эксплуатации.

Технология плазменного напыления также обеспечивает требуемый уровень износо- и коррозионной стойкости штоков в течение заданного срока службы

(≈ 40000 ч) и позволяет восстанавливать штоки, бывшие в эксплуатации, с износом поверхности 0,10-0,50. В тоже время плазменная технология требует также высококвалифицированного обслуживающего персонала, кроме того, она более сложная (включает множество операций) и продолжительная. Кроме того плазменная наплавка требует значительных капитальных вложений.

Технология ЭИО обеспечивает требуемый уровень износо- и коррозионной стойкости поверхности штоков в течение заданного срока службы (≈ 40000 ч). Ее внедрение в производство не потребует значительных экономических затрат: использования дорогостоящего оборудования; экологической защиты; высококвалифицированного персонала. Данная технология может быть использована не только в качестве упрочняющей, но и позволит также восстанавливать штоки бывшие в эксплуатации, с износом поверхности не более 0,10мм.

На основании проведенного комплекса лабораторных исследований установлены оптимальные параметры нанесения покрытия электроискровым методом штоков узла парораспределения турбин, взамен их азотирования или хромирования и разработана технология процесса:

- предварительная подготовка поверхности штоков (шлифовка и термообработка);
- электроискровая обработка для нанесения покрытия на штоки турбин электродом 10X13, или 10X18Н10Т за три прохода;
- обкатка роликом (нагрузка 300Н) покрытия до чистоты поверхности $R_a=0,63$ мкм.

После такой обработки высота нанесенного слоя равна 0,15-0,16мм, а твердость покрытия – Н-100 – 700-720.

Согласно данным усталостных испытаний, сталь 10X18Н10Т целесообразно использовать в качестве анода для деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок. ППД после ЭИО увеличивает усталостную прочность деталей на 4-5% (с $\sigma_{-1}=290-300$ МПа до $\sigma_{-1}=305-315,0$ МПа) и улучшает конфигурацию слоя (рис. 2а, б). ППД не изменяет другие механические характеристики.

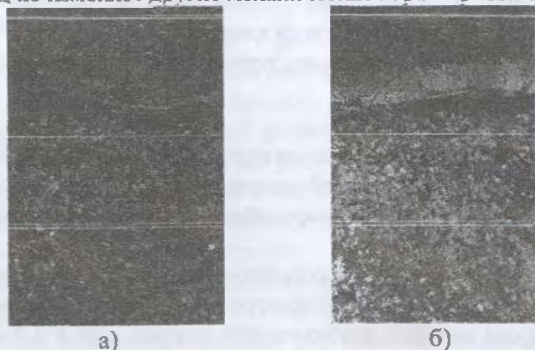


Рис. 2. Структура при ЭИО: а, б $\times 100$;
а - до обкатки; б - после обкатки (при нагрузке 300Н);

Восстановительные покрытия методом ЭИО проводили и для других дета-

лей сельскохозяйственной техники. Обработке подвергали ступицу ведомого диска муфты, ось блока шестерен, шатунные пальцы, распределительный вал, шестерни трансмиссии (торцевая поверхность), головки шатунов (внутренняя поверхность). ППД деталей, обработанных методом ЭИО, проводили при нагрузках 100-500Н (табл. 1.).

Из приведенных данных видно, что оптимальная нагрузка для обкатки составляет 300-400Н. Причем наибольшее упрочнение и более высокое качество поверхности достигаются при использовании электрода на никелевой основе.

В связи с тем, что толщина покрытия, наносимого методом ЭИО за три прохода электродом и последующим ППД, не превышала 1мм на диаметр детали, то прочность сцепления его с основным материалом оценивали, не по общепринятой методике, а использовали предложенную в работах А.П. Гуляева и Н.Т. Гудцова.

Таблица 1. Влияние величины нагрузки на чистоту поверхности и конфигурацию слоя

Материал электрода	Величина нагрузки, Н	Шероховатость обработки, R_z , мкм	Характеристика макрогеометрии слоя
30X13	100	2,9-3,3	Не изменяется
	200	2,9-3,3	То же
	300	2,9-3,3	То же
	400	2,9-3,3	То же
	500	2,9-4,2	Волнистость и смятие отдельных участков слоя
10X18H10T	100	1,2-1,9	Не изменяется
	200	0,9-1,15	То же
	300	0,6-0,9	То же
	400	0,35-0,67	То же
	500	0,38-0,69	Волнистость

Оценку уровня прочности производили при нагрузках на индентор $P=50$ и 100 г. Оценив прочность сцепления получили, что даже при нанесении хромистого покрытия (электрод из стали 30X13) она обеспечивается на уровне 2800 МПа (80 кг/мм²). Прочность материала подложки: сталь 40X, 45X – $570-590$ МПа; Ст.3 – 450 МПа; ШХ 15 – $590-730$ МПа; 20X1M1Ф1TP – 630 МПа; высокопрочный чугун – 400 МПа.

В результате выполненных исследований установлено следующее:

- для увеличения толщины слоя покрытия, наносимого методом ЭИО, и его упрочнения рекомендовано применение операции - поверхностного пластического деформирования. Разработано приспособление – роликовый обкатник, который монтируется на установке и обработка производится совместно с нанесением покрытия;

- изучены и предварительно оценены основные технологические параметры ППД, определяющие качество покрытия при которых обеспечивается достаточная прочность сцепления нанесенного покрытия с основой.

Список литературы

1. Сверхбыстрая закалка жидких сплавов: // Сб. науч. тр. под ред. Германа Г. - М.: Металлургия, 1986. - 375с.
2. Лазаренко Н.И., Лазаренко Б.Р. Электроискровое легирование металлических поверхностей // Электронная обработка материалов. - 1977. - №3. - С.12-16.
3. Grant N.J. Rapid solidification of metallic particulates // Journal of metals - 1983. - V.35. - №1. - P.20-27.
4. Электроискровое легирование металлических поверхностей. / Гитлевич А.Е., Михайлов В.В., Парканский Н.Я., Ревуцкий В.М. - Кипячев: Штиинца, 1985. - 196с
5. Современные методы, упрочнения поверхности деталей прокатного оборудования. / Скобло Т.С., Рудюк С.И., Шапаренко А.В. и др. // Черная металлургия. - 1988. - №16. - С.2-15.
6. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И. Исследование влияния химического состава анода на величину и качество слоя, восстановленного электроискровым методом. // Сб. науч. тр.: Повышение надежности восстанавливаемых деталей машин: - Харьков: ХГТУСХ, 1997. - С.75-81.
7. Электроискровое легирование металлических поверхностей. / Гитлевич А.Е., Михайлов В.В., Парканский Н.Я., Ревуцкий В.М. - Кишинев: Штиинца, 1985. - 196с
8. Паровая турбина К-300-240 ХТЗ / Безуглый Г.З., Галацан В.Н., Палей В.А. и др. - М.: Энергоиздат, 1982. - 272с.
9. Паровые и газовые турбины. / Трубило М.А., Арсеньев Г.В., Фролов В.В. и др. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 351с.
10. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. - Изд. 13-е. - М.: Энергия, 1977. - 288с.

Аннотация

Повышение качества покрытий нанесенных электроискровым методом

В статье рассмотрен способ улучшения поверхности покрытий, нанесенных на детали методом электроискровой обработки, с помощью применения поверхностного пластического деформирования

Abstract

Quality improvement of coverages inflicted by electro - spark method.

In article the way of the surface coverings improvement is considered. Results of experiments that depends conditions of the detail surface are analyzed. Characteristics of the detail surface after plastic deformation are presented