

УДК 621.35

**КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ,
ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ
ХРОМИРОВАНИЕМ ПРИ РЕМОНТЕ**

**CONTROL OF THE SURFACE CONDITION OF STEEL PARTS RESTORED BY
ELECTROLYTIC CHROMIUM-PLATING IN THE PROCESS OF REPAIR**

И. М. Ковенский, С. В. Малыш, В. В. Поветкин

I. M. Kovenskiy, S. V. Malysh, V. V. Povetkin

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Ключевые слова: восстановление деталей; качество поверхности; термо-эдс; остаточные напряжения; электролитическое хромирование

Key words: restoration parts; surface quality; thermal EMF; internal stresses; electrolytic chrome plating

Восстановление размеров изношенных поверхностей тяжело нагруженных деталей газотурбинных двигателей, эксплуатирующихся на перекачивающих станциях, осуществляется электролитическим хромированием. Процесс хромирования очень чувствителен как к параметрам электроосаждения (температуре, плотности тока, состоянию ванн), так и к качеству подготовки поверхности, поскольку неравномерный износ деталей при эксплуатации приводит к различной степени упрочнения поверхности, и, как следствие, большому разбросу значений остаточных напряжений по глубине распространения и по поверхности детали.

Ранее авторами показана возможность контроля качества подготовки поверхности методом измерения термо-эдс перед восстановлением деталей хромированием [1, 2]. В настоящей работе изучена зависимость величины термо-эдс от степени упрочнения детали.

Для решения поставленной задачи из стали 11X11H2B2MФ были изготовлены образцы размером 10 x 20 x 100 мм, которые проходили термообработку (закалку с 1010 °С в масло с последующим отпуском при 650 °С и охлаждением на воздухе) и затем шлифовались. Состояние поверхности шлифованных образцов контролировалось путем измерения термо-эдс прибором ПМ-642. После чего образцы в течение различного времени подвергали обработке микрошариками, полировали для удаления дефектного слоя, вызванными механическими повреждениями, и проводили замеры термо-эдс. Результаты замеров термо-эдс на различных этапах обработки образцов приведены в таблице.

Результаты измерения термо-эдс

№ образца	Термо-эдс после шлифования (мВ)	Время обработки микрошариками (мин)	Термо-эдс после обработки микрошариками и полировки (мВ)
1	93	1	75
2	98	3	69
3	96	5	62
4	94	10	46
5	96	15	29
6	96	20	21
7	95	25	16
8	92	30	10
20	100	35	6

В образцах № 3–6, используя послойное электролитическое травление, по методике Я. Г. Мирева были определены остаточные напряжения и построены эпюры распределения напряжений в поверхностном слое (рисунок).

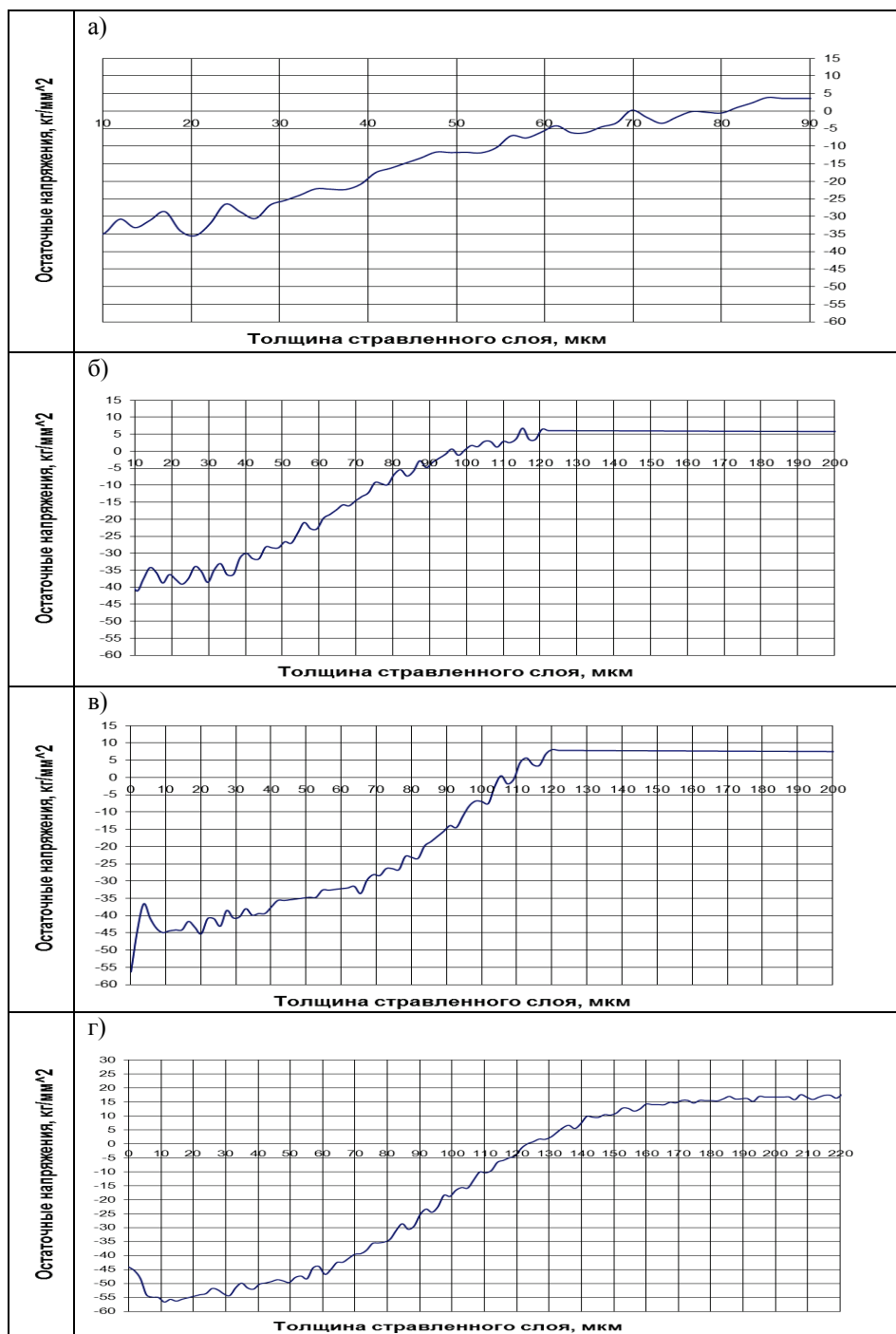


Рисунок. Эпюры распределения остаточных напряжений в образцах 3(а), 4(б), 5(в) и 6(г) после обработки микрошариками в течение 5, 10, 15 и 20 минут соответственно

Анализ эпюр остаточных напряжений показывает, что существует зависимость между временем обработки образцов микрошариками и параметрами упрочненного слоя (глубиной распространения и величиной сжимающих напряжений). Так, в образце 3 (см. рисунок) после обработки микрошариками в течение 5 минут глубина распространения сжимающих напряжений составляет 70 мкм, а максимальная величина остаточных напряжений — $35 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$. По мере увеличения времени обработки наблюдается рост параметров упрочненного слоя и на образце 6 после обработки микрошариками в течение 20 минут глубина распространения сжимающих напряжений составляет 120 мкм, а их максимальная величина достигает $58 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$. Установлено также, что в исследуемом диапазоне остаточных напряжений величина термо-эдс уменьшается в зависимости от времени обработки микрошариками (см. табл.).

В целом, очевидно, что рост остаточных напряжений на поверхности образцов сопровождается уменьшением величины термо-эдс, то есть, значение термо-эдс напрямую зависит от уровня остаточных напряжений на поверхности.

С учетом полученных данных представляется возможным использовать метод термо-эдс для контроля поверхности при восстановлении деталей хромированием в процессе ремонта. Для этого необходимо реализовать следующий технологический маршрут:

- детали после дефектации шлифуются для удаления образовавшегося в процессе эксплуатации дефектного слоя;
- восстанавливаемая поверхность детали обезжиривается спиртом;
- маркером по металлу делается разметка восстанавливаемых поверхностей на секторы прямоугольной формы приблизительно 20 x 20 мм;
- прибором ПМ-642 производится замер термо-эдс в каждом секторе и заносится в таблицу;
- на компьютере в приложении Microsoft Excel создается файл, соответствующий данной детали, результаты замеров заносятся в таблицу, и строится трехмерная диаграмма распределения термо-эдс по поверхности детали;
- принимается решение о качестве подготовки поверхности, руководствуясь статистическими данными о критической величине разброса термо-эдс по поверхности образца, которая для данной марки стали составляет 90 мВ: при разбросе термо-эдс по поверхности детали, превышающем 90 мВ, хром не осаждается и деталь отправляется на повторную шлифовку; при разбросе термо-эдс меньше 90 мВ производится электролитическое хромирование детали;
- после операции хромирования определяется толщина нанесенного слоя и оценивается внешний вид покрытия (на предмет отсутствия или отслоения хрома); результаты контроля заносятся в файл, соответствующий данной детали;
- при удовлетворительном состоянии покрытия деталь шлифуется в необходимый размер;
- после шлифования деталь подвергается контролю размеров и визуальному контролю (наличию сколов, трещин в покрытии или его отслоение);
- при удовлетворительных результатах контроля деталь отправляется на сборку узла.

При обнаружении дефектов хромового покрытия после операций хромирования или шлифования в размер производится анализ соответствия участков с дефектами слоя хрома и трехмерной диаграммы распределения термо-эдс. Определяется значения термо-эдс на дефектных участках. Результаты анализа заносятся в файл, созданный для данной детали. Деталь шлифуется для удаления забракованного слоя хрома. После шлифования вновь проводится контроль термо-эдс по вышеописанной методике, результаты заносятся в тот же файл в виде отдельной таб-

лицы, строится трехмерная диаграмма и деталь отправляется на повторное хромирование

Такая методика контроля качества подготовки поверхности детали к электролитическому хромированию прошла апробацию в производственном цикле капитального ремонта газотурбинных двигателей и зарекомендовала себя положительно.

Список литературы

1. Ковенский И. М., Малыш С. В. Восстановление изношенных поверхностей с неоднородной структурой электрохимическим хромированием // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2016. – № 12. – С. 40-43.
2. Ковенский И. М., Малыш С. В. Восстановление деталей из стали ЭИ961-Ш электролитическим хромированием // Известия вузов. Нефть и газ. – 2015. – № 4. – С. 112-116.

Сведения об авторах

Ковенский Илья Моисеевич, д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение и технология конструкционных материалов», Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)283610, e-mail: imkoven@tsogu.ru

Малыш Сергей Владимирович, аспирант кафедры «Материаловедение и технология конструкционных материалов», Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)691310, e-mail: ser_malych@yandex.ru

Поветкин Виктор Владимирович, д. х. н., профессор кафедры «Материаловедение и технология конструкционных материалов», Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)283611, e-mail: mtkm5@tsogu.ru

Information about the authors

Kovenskiy I. M., Doctor of Engineering Science, professor, Head of department of «Material Science and Structural Materials Technology», Industrial University of Tyumen, Tyumen, phone: 8(3452)283610, e-mail: imkoven@tsogu.ru

Malysh S. V., Graduate student, Department of «Material Science and Structural Materials Technology», Industrial University of Tyumen, Tyumen, phone: 8(3452)691310, e-mail: ser_malych@yandex.ru

Povetkin V. V., Doctor of Chemical Science, professor of Department of «Material Science and Structural Materials Technology», Industrial University of Tyumen, Tyumen, phone: 8(3452)283611, e-mail: mtkm5@tsogu.ru