

ЛИТЕРАТУРА

1. Gorushkin V., Skorodumov S., Zaitzev V. Rapid Prototyping in the USSR // Rapid Prototyping Monitor, 1992. – Vol. 1, № 4, P. 4 – 6.
2. Сухиненко Б.Н., Свирский Д.Н. Лазерная компактная производственная система: от технологического инварианта к конструктивному разнообразию продукции // Современные энергосберегающие и энергобезопасные технологии в машиностроении и легкой промышленности. – 1998. – С. 220–224.
3. Патент Республики Беларусь № 960240.
4. Патент Республики Беларусь № 960185.

УДК 621.923.7

Ю.В. Синькевич, Г.Я. Беляев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ПОЛИРОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь*

При изготовлении высокотехнологичных изделий, в частности тепловыделяющих сборок (ТВС) и тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ), очень остро стоит вопрос обеспечения заданного качества поверхности этих изделий. На комплектующих деталях ТВС и ТВЭЛх не допускается наличие заусенцев и термических окисных пленок; поверхности должны иметь заданную шероховатость с однородной микроструктурой и не иметь склонности к межкристаллитной коррозии (МКК).

Целью настоящей работы являлся сравнительный анализ процессов финишной обработки поверхности ТВЭЛов.

Критериями пригодности технологий для финишной обработки поверхности ТВЭЛов были приняты следующие:

- величина съема металла должна обеспечивать гарантированное нахождение остаточной толщины оболочки ТВЭЛов в заданном допуске;
- однородность состояния поверхности, ее микроструктура и шероховатость должны быть не хуже, чем при использовании штатной технологии финишной обработки;
- у обработанных сварных швов должна отсутствовать склонность к МКК.

Для проведения исследований и испытаний были изготовлены макеты ТВЭЛов с использованием медного порошка вместо топливной композиции. После проведения термических операций на поверхности макетов имелась темная окисная пленка различной интенсивности. Окончательно обработанные ТВЭЛы контролировались на соответствие требованиям чертежа, а также контролировалась остаточная толщина оболочки ТВЭЛа и склонность сварных швов к МКК.

Величина съема металла при обработке оценивалась по результатам измерений размеров макетов в одних и тех же сечениях до и после обработки с помощью рычажной скобы с ценой деления 1 мкм. Однородность поверхности контролировалась визуально, а микроструктура изучалась на микроскопе ММУ-3 при увеличении х56. Снятие профилограмм и автоматизированная обработка параметров шероховатости поверхности проводилась на перфометре S8P в соответствии с ГОСТ 2789-73. Склонность сварных швов к МКК исследовалась методом АМУ по ГОСТ 6032-89.

Штатная технология финишной обработки поверхности ТВЭЛов предусматривает проведение следующих операций:

1. Травление поверхности изделий в водном растворе азотной кислоты и фтористого аммония с последующей промывкой в холодной проточной воде.

2. Электрохимическое полирование в электролите, содержащем ортофосфорную и серную кислоты с добавкой глицерина с последующей промывкой изделий в ваннах улавливания, с холодной проточной, с горячей водопроводной и горячей дистиллированной водой и сушку изделий хлопчатобумажной салфеткой.

Недостатком технологии является использование раствора, содержащего особо агрессивное вещество первого класса опасности – плавиковую кислоту, образующуюся при взаимодействии фтористого аммония с азотной кислотой.

Для исключения из технологии фторсодержащего раствора была опробована штатная технология травления окисной пленки, включающая в себя две стадии: первоначальное разрыхление окисной пленки в водном растворе гидроокиси натрия и марганцовокислого калия с последующей промывкой в горячей и холодной дистиллированной воде и окончательное растворение окислов в водном растворе лимонной кислоты и трилона Б с последующей промывкой первоначально в подкисленной воде и окончательно – в холодной и горячей дистиллированной воде. Суммарное время 1 цикла травления составило 60 минут. После травления окисной пленки макеты ТВЭЛов электрополировались по штатной технологии.

Из 8 макетов изделий, обработанных по второй технологии, на 4 окисная пленка была удалена за 1 цикл травления, а на остальных осветление поверхности было достигнуто за 3 цикла травления.

Исследовалась также возможность совмещения в одной операции удаления окисной пленки и полирования поверхности с использованием электрохимического полирования на постоянном токе. Был опробован ряд электролитов на основе ортофосфорной и серной кислот с добавками глицерина, щавелевой и лимонной кислот, а также поверхностно-активных веществ. Установлено, что одновременное удаление окисной пленки и полирование поверхности в указанных электролитах возможно только при относительно большом (порядка 30 мкм на сторону) съеме металла, что может привести к повышенной вероятности появления брака по критерию “остаточная толщина оболочки”. При меньшем съеме металла на обработанной поверхности наблюдались

точечные язвы, обусловленные первичным растворением металла по дефектам окисной пленки.

Как один из вариантов технологии, совмещающей удаление окисной пленки и полирование поверхности в одной технологической операции была опробована технология электроимпульсного полирования, заключающаяся в создании вокруг изделия, погруженного в электролит, парогазовой оболочки и ее физико-электрохимическом взаимодействии с поверхностью изделия [1,2]. Обработка макетов изделий проводилась на установке ЭИП-1 в течение 2, 5 и 8 минут. После обработки изделия последовательно промывались в горячей и холодной дистиллированной воде, а затем протирались. В результате обработки окисная пленка была полностью удалена во всех случаях, макеты имели гладкую блестящую поверхность. Было установлено, что термическая окисная пленка полностью удалялась за 20–30 сек. обработки, однако шероховатость поверхности при этом не достигала заданных параметров.

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состояние поверхности после финишной обработки

Технология обработки поверхности	Состояние поверхности, микроструктура	Склонность сварных швов к МКК
Штатная технология №1 (однократное травление и полирование)	Светлая, блестящая, мелкозернистая	Отсутствует
Штатная технология №2 (двух кратное травление за 1 или 3 цикла и полирование)	Светлая, блестящая, мелкозернистая, поперечная полосчатость	« »
Электроимпульсное полирование	Светлая, блестящая, мелкозернистая	« »

Продолжение табл. 1

Съем металла на сторону, мкм	Параметры шероховатости, мкм		
	Ra	Rz	Rmax
10...17	0,25...0,77	1,32...4,02	1,66...4,62
7...18	0,11...0,31	0,65...1,76	1,72...2,86
6...32	0,03...0,24	0,15...1,24	0,18...1,62

Из представленных в табл. 1 результатов оценки состояния поверхности макетов ТВЭЛов после финишной обработки по различным технологиям следует:

1. Штатная технология обработки поверхности ТВЭЛов приводит к удалению слоя металла толщиной 10-17 мкм, обеспечивая светлую блестящую поверхность мелкозернистой структуры с шероховатостью $Ra = 0,25-0,77$ мкм.

2. Замена операции удаления окисной пленки во фторсодержащем растворе на двух стадийную обработку при значительной продолжительности (от 60 до 180 мин) обеспечивает те же величины съема металла, что и штатная технология. На обработанной поверхности, не смотря на операцию полирования, наблюдаются следы полосчатости, имевшей место на исходных заготовках. Двух стадийное травление окисной пленки с последующим электрохимическим полированием позволило снизить шероховатость поверхности ТВЭЛов до $Ra = 0,11-0,31$ мкм.

3. Электроимпульсное полирование обеспечивает полное удаление окисной пленки с одновременным получением блестящей полированной поверхности мелкозернистой структуры за 1 цикл обработки продолжительностью менее 2 минут и полностью исключает наличие в технологии растворов кислот. Съем металла имеет линейную зависимость (3–4 мкм/мин на сторону), определяется продолжительностью обработки и при 3–4 минутах не превышает значений, имеющих место при использовании штатной технологии травления и полирования, обеспечивая при этом шероховатость поверхности $Ra = 0,08-0,15$ мкм.

4. Все исследованные варианты финишной обработки поверхности не приводят к склонности сварных швов к МКК.

Таким образом, с точки зрения обеспечения заданного качества поверхности, снижения трудоемкости обработки и повышения экологической безопасности производства ТВЭЛов наиболее перспективной и экономически обоснованной является технология электроимпульсного полирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метод электроимпульсного полирования металлов / Е.Я. Головкина, С.Н. Терехов, Ю.В. Синькевич, О.И. Авсеевич // Машиностроение. – Мн., 1988 – Вып. 13. – С. 40–43. 2. Головкина Е.Я., Синькевич Ю.В., Ивашенко С.А., Фролов И.С. Исследование параметров шероховатости поверхности стальных деталей после электроимпульсного полирования и нанесения тонкопленочных покрытий // Известия вузов СССР. Машиностроение. – 1989. – № 6. – С. 134–137.