

полное исследование образцов в соответствии с ГОСТ 10180-90 с выдачей результатов на дисплей системы. Алгоритм процесса испытаний представлен на рис. 4.

Разделенный режим позволяет выполнять испытание по частям – исследование на линейную деформации образцов и исследование на разрушение.

УДК 621

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ С ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЕМОЙ ФОРМОЙ ИМПУЛЬСА ТОКА

Саранцев В.В., Новиков А.А.

Филиал БНТУ «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям
развития техники, технологии и экономики»

Минск, Республика Беларусь

Введение. Сущность процесса электроискрового легирования (ЭИЛ) заключается в переносе материала электрода на поверхность обрабатываемой детали в процессе электрической эрозии и полярного переноса материала анода (инструмента) на катод (деталь) при протекании импульсных разрядов в газовой среде [1]. При формировании защитно-упрочняющих покрытий на поверхности лопаток обрабатываемые лопатки являются катодом, а анодом – расходимый электрод-инструмент. При работе электрод совершает возвратно-поступательные движения с частотой от 50 до 150 Гц и амплитудой от 0,25 до 2,00 мм [2].

Первые установки для ЭИЛ имели схему приведенную на рисунке 1. От выпрямителя через балластное сопротивление или реостат К ток шел на зарядку конденсаторной батареи С. При работе вибратора, когда электрод приближался к поверхности обрабатываемой детали в межэлектродном промежутке происходило образование разряда накопленной емкости. Разряд батареи продолжался и при возникновении короткого замыкания электрода на деталь. Мощность разряда зависит от емкости конденсаторной батареи С и напряжения во вторичном контуре U.

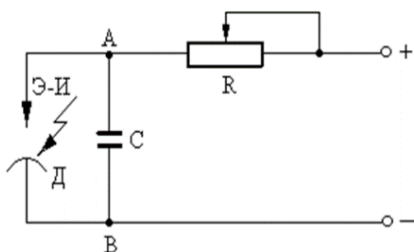


Рисунок 1 – Схема осуществления ЭИЛ:

R – балластное или ограничивающее величину зарядного тока сопротивление, C – накопительная батарея конденсаторов, Э-И – электрод – инструмент (анод), Д – обрабатываемая деталь (катод), цепь А-(Э-И)-Д-В – цепь внешнего разрядного контура

Литература

- ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
- ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе ИП-1А-500 - Машина для испытания на сжатие// Электронный ресурс <https://toolb.ru/goods/IP-1A-500-AB-PK-Mashina-dlya-ispytaniya-na-szhatie>.

$$W_p = \frac{CU^2}{2}$$

где C – емкость конденсатора в фарадах;

U – напряжение на обкладках конденсатора в момент разряда в вольтах;

Wp – энергия разряда в джоулях.

Данная схема установки может применяться при обработке поверхностей с использованием тугоплавких электродов. Так как время нахождения в жидкой фазе электродного материала мало по сравнению с металлическими электродами. Во время протекания единичного разряда (10^{-3} – 10^{-5} с) количество тугоплавкого материала, переносимого с анода на катод, меньше количества металлических материалов.

Постановка задачи. В процессе ЭИЛ наиболее часто используемыми материалами были тугоплавкие материалы марки ВК8 и сплав Стеллит-6.

Основой сплава ВК8 является карбид вольфрама, что определяет его высокую температуру (около 2800°C) плавления по сравнению с температурой плавления стеллитов, у которых основой сплава является кобальт и хром (температура плавления кобальтохромовых сплавов около 1500°C). Время кристаллизации жидкой фазы сплава ВК8 много меньше времени кристаллизации жидкой фазы стеллита (кобальтохромового сплава).

Также карбид вольфрама хрупкий сплав, а стеллит вязкий материал. При вибрации электрода установки с частотой 100 Гц в случае нанесения сплава ВК8 ударное воздействие электрода и быстрая скорость кристаллизации не приводит к микросвариванию электрода и подложки («эффект залипания электрода»). В случае нанесения стеллитов ударное воздействие электрода осуществляется по слою, находящемуся в полужидком состоянии с большим количеством жидкой фазы. В результате этого происходит процесс микросваривания электрода с поверхностью детали.

Поэтому, для исключения «эффекта залипания электрода» требуется доработка установки для ЭИЛ, для чего необходимо во вторичном контуре предусмотреть подачу тока не в постоянном, а пульсирующем режиме.

Принципиальная схема модернизированного источника. Пульсирующий подвод энергии в межэлектродный промежуток будет способствовать разрушению сварочных перемычек и снизит тепловложения в деталь. Для данных целей необходимо во вторичном контуре предусмотреть установку мощных транзисторов. Во вторичную цепь необходимо перенести сопротивление для защиты транзисторов от режима работы в коротком замыкании. Таким образом, мощность разрядов регулируется количеством энергии проходящей через транзисторы, а не уровнем зарядки конденсаторной батареи (рисунок 2).

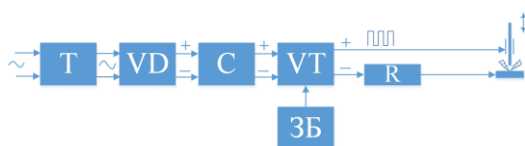


Рисунок 2 – Доработанная схема осуществления ЭИЛ:
 Т – трансформатор; VD – диодный блок; С – блок конденсаторов; VT – транзисторный блок;
 R – сопротивление; ЗБ – задающий блок

Область применения. Основными факторами, определяющими ресурс и надежность элементов оборудования тепловых электростанций (ТЭС), являются эрозия, абразивный износ, коррозия материалов элементов проточной части паровых турбин. Это в равной степени относится как паровым турбинам старых конструкций, так и паровым турбинам нового поколения, в том числе и к турбинам парогазовых установок, как уже используемых для выработки электроэнергии, так и перспективных проектируемых. При эксплуатации паровых турбин электростанций существует проблема с износом лопаток паровых турбин последних ступеней. Износу подвергаются кромки лопаток. Для их защиты на заводах изготовителях применяют стеллиты. В процессе работы стеллитная защита изнашивается и отрывается.

Анализируя достоинства и недостатки метода ЭИЛ по нанесению защитных покрытий на лопатки в условиях стационарных ремонтов (например, текущего, среднего или капитального), следует отметить, что рассматриваемый метод является одним из наиболее перспективных для ремонта и упрочнения входных и выходных кромок лопаток последних ступеней паровых турбин. При этом необходимо отметить следующее:

– метод ЭИЛ в настоящее время успешно используется в теплоэнергетике в качестве способа защиты от ударно-капельной эрозии на входных кромках лопаток турбин, изготавливаемых на ХТГЗ (применяют твердый сплав Т15К6);

– локальность нанесения слоя покрытия позволяет наносить его в местах наиболее подверженных воздействию ударно-капельной эрозии, т.е. на входной и выходной кромках лопатки;

– в процессе нанесения электроискровых покрытий материал лопатки не подвергается воздействию высоких температур, несмотря на то, что локальная температура в зоне анодно-катодного переноса составляет от 4000 до 10000°C (при этом интегральная температура лопатки составляет значения, как правило, не превышающих 60 °С).

– простота, компактность оборудования для осуществления метода ЭИЛ дают возможность формировать защитно-упрочняющие покрытия на входной и выходной кромках лопаток без их разлопачивания в составе ротора турбины; при этом нанесение защитно-упрочняющих покрытий может быть осуществлено в тот период, когда в процессе ремонта турбины ротор находится на стапеле (на козлах) или при вскрытом цилиндре на подшипниковых опорах;

– дальнейшее совершенствование оборудования для нанесения защитно-упрочняющих покрытий методом ЭИЛ и технологического процесса позволит осуществлять процесс формирования покрытий на входной и выходной кромках без вскрытия цилиндров среднего и низкого давления через конденсатор турбины, что, в свою очередь, позволит осуществлять защиту лопаток по входной и выходной кромкам при незначительных износах, как основного материала лопатки, так и изнашивающегося электроискрового покрытия;

– метод ЭИЛ позволяет осуществлять нанесение защитно-упрочняющих покрытий на все лопаточные материалы без исключения (Стали 13X13-Ш, 20X13-Ш, 15X11МФ-Ш, 13X11Н2В2МФ-Ш (ЭИ961-Ш) и др.; титановые сплавы ТС-5, ВТ5 и др.);

– при незначительных износах (при глубине промылов на лопатке менее 0,15 мм) нанесение покрытий может осуществляться без предварительной механической обработки поверхности.

Совместно с ОАО «Белэнергоремналадка» были проведены предварительные работы по использованию технологии ЭИЛ для ремонта лопаток паровых турбин.

Для проведения ЭИЛ была собрана установка в соответствии со схемой на рисунке 2. В качестве силового трансформатора выбран ОСМ-1,0 и конденсаторная батарея на 20 000 мкФ.



Рисунок 3 – Макет экспериментальной установки

Нанесение покрытий осуществляется на каждой лопатке в обозначенных зонах по входной и выходной кромкам, а также при необходимости в прикорневой зоне лопатки. Общее время обработки определяется толщиной и площадью нанесения покрытия.



Рисунок 4 – Внешний вид лопатки паровой турбины с ЭИЛ покрытием на рабочей кромке

Материалы, из которых изготавливаются лопатки паровых турбин имеют в составе хром. Такие материалы могут в процессе термического воздействия образовывать трещины.

В Испытательном Центре ГНУ ИПМ было проведено исследование микроструктуры материала основы до и после нанесения износостойкого покрытия, полученного методом электроискрового легирования на лопатку паровой турбины.

Исследование микроструктуры проводили на световом микроскопе "MeF-3" фирмы "Reichert" (Австрия) при увеличении $\times 100$, $\times 200$, $\times 500$.

С рабочей части лопатки для исследования были взяты три образца: один образец исходного материала лопатки (до нанесения покрытия) и два образца после нанесения покрытия.

Результаты исследования при увеличении $\times 500$ представлены на рисунке 5.

В результате анализа установлено, что микроструктура материала лопатки в процессе электроискрового легирования не меняется. Толщина переходного слоя не превышает 10 мкм.

Работы были проведены на Лукомльской ГРЭС под контролем лаборатории металлов и сварки. Нанесение покрытий осуществляли на кромки в неразлопаченом состоянии. Ротор турбины с лопатками находился на стапелях.

УДК 681.324

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Сычик В.А., Уласюк Н.Н., Солонович Е.И.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Для бесконтактного контроля высоких постоянных напряжений путем оценки интенсивности излучаемых ими электростатических полей широко используются преобразователи электрических полей статического и динамического типа, которые, однако, обладают невысокой чувствительностью и разрешающей способностью.

Нанесение ЭИЛ покрытий осуществляли на лопатки с худшим состоянием кромок.



а



б

Рисунок 5 – Микроструктура основы в исходном состоянии (а) и образца с покрытием (б)

Выводы. Оборудование и технология ЭИЛ позволяет проводить ремонтные работы лопаток паровых турбин. Оборудование для ЭИЛ на основе источника питания с динамически изменяемой формой импульса тока позволяет сформировать покрытие из стеллитового материала без образования трещин в основном металле.

Литература

1. Оборудование и технология электроискрового легирования для продления срока службы энергооборудования / В.В. Саранцев, А.В. Беляков, Ф.И. Пантелеев, Е.Л. Азаренко // Электронная обработка материалов. – № 50(5) – 2014. – С. 95–99.
2. Технология электроискрового легирования для повышения ресурса рабочих лопаток паровых турбин и оборудование для её реализации / А.В. Беляков, В.В. Саранцев, А.Н. Горбачев, Ф.И. Пантелеев, Е.Л. Азаренко, Б.Ф. Реутов // Электрические станции. – № 1. – 2016. – С. 30–34.

Нами разработан специальный миниатюрный преобразователь электрических полей (ПЭП) на основе полупроводниковых приборных структур, в котором существенно улучшены указанные параметры.

Типовая конструкция синтезированного полупроводникового преобразователя электрических