

УДК 622.311.22.019

Разработка технологии повышения износостойкости рабочих лопаток последних ступеней паровых турбин методом электроискрового легирования

Красновский С.Я., ст. преп.

Представлены результаты разработки экспериментального оборудования и методики электроискрового легирования с применением различных материалов, а также двух типов вибраторов с вращающимся электродом для повышения производительности установки и качества покрытия.

Ключевые слова: рабочие лопатки турбин, метод электроискрового легирования, вибрирующий электрод, повышение износостойкости.

Working out of technology of increase of wear resistance of surface of last steps of steam turbines by the electrospark protection method

The original experimental equipment and method of active adjustment of installation Electro Spark Alloying is developed for difference materials. Results of working out of two types of vibrators with a rotating electrode for improvement of productivity of installation and quality of a put covering are presented.

Keywords: worker of the blade of the turbines, the electrospark protection method, vibrating electrode, increasing to wear capability.

Проблема продления паркового ресурса энергетического оборудования актуальна с точки зрения не только обеспечения их бесперебойной работы и безопасности эксплуатации, но и снижения затрат на капитальные ремонты.

Технологии, позволяющие проводить восстановительный и продлевающий срок службы оборудования ремонты без дополнительных затрат на демонтаж и транспортировку в ремонтные организации, наиболее привлекательны, поскольку позволяют проводить восстановительный ремонт оборудования «по месту» [1].

Ниже приводятся результаты исследования проблемы нанесения восстановительных и защитных покрытий на лопатки турбин последних цилиндров ТЭС и АЭС и предложены методы дальнейшего развития технологии.

Защита входных и выходных кромок лопаток методом электроискрового легирования заключается в нанесении на кромку рабочей лопатки слоя износостойкого токопроводящего материала (чаще в практике встречается инструментальный металлокерамический твердый сплав типа Т15К6) [2]. Одним из элементов установок является вибровозбудитель (вибратор), служащий для передачи электроду возвратно-поступательного движения с необходимой частотой и амплитудой. Блок организации низковольтного разряда (искры) между двумя электродами (анод (сплав Т15К6) – катод (перо рабочей лопатки)) обеспечивает униполярный перенос твердого сплава с электрода на лопатку [3].

В процессе эксплуатации установок неизбежно возникает задача повышения надежности существующих типов вибраторов и разработки новых типов в целях повышения производительности и эффективности метода, а также в связи с увеличением длительности непрерывной работы и необходимостью снижения вибрационного воздействия на оператора с перспективным переходом на повышенные (до 200–400 Гц) частоты вибрации.

В существующих способах нанесения покрытий методом электроискрового легирования (ЭИЛ) используются вибраторы, осуществляющие только поступательное движение электрода. При разряде емкостей накопительных конденсаторов между электродом и обрабатываемой поверхностью возникает им-

пульсный электрический разряд, сопровождающийся электрической эрозией электрода и переносом его материала на поверхность детали [4].

Процесс переноса легирующего материала на поверхность детали недостаточно изучен. В условиях применения ручного вибратора процесс превращается в многофакторный. Тем не менее опыт показывает, что возможно создание механо-электрических систем для ЭИЛ, параметры которых мало зависят от человеческого фактора и обладают достаточным постоянством.

В ручном режиме существующие установки позволяют обрабатывать наружные и внутренние поверхности деталей практически любой формы, однако имеют ряд ограничений по материалам нанесения и механическим возможностям. Проводимые в этой области эксперименты показали, что диапазон наносимых материалов и качество создаваемых покрытий можно значительно улучшить за счет изменения механических возможностей ручных вибраторов. В частности, при использовании высокопрочных и жаростойких материалов большое влияние на процесс переноса материала оказывает эффект «залипания» электрода на поверхности обрабатываемой детали.

Для предотвращения залипания вибрирующего электрода и повышения качества обрабатываемой поверхности при нанесении покрытий из различных материалов, включая жаропрочные сплавы ВЖЛ2 и ВЖЛ2М, вибратор ручных установок следует оснащать приспособлением, обеспечивающим электроду дополнительное вращательное движение [5].

Исследование механики ударно-вибрационного процесса невозможно без выяснения его взаимосвязи с электрическими процессами, поскольку для выяснения влияния механической составляющей на процесс переноса и прочности соединения легирующего материала с поверхностью нанесения достоверным критерием зачастую может служить смена электрических параметров в процессе нанесения [6].

На рис. 1 приведена принципиальная схема разработанной электрической части установки, позволяющая изменять параметры импульса тока при разряде через электрод.

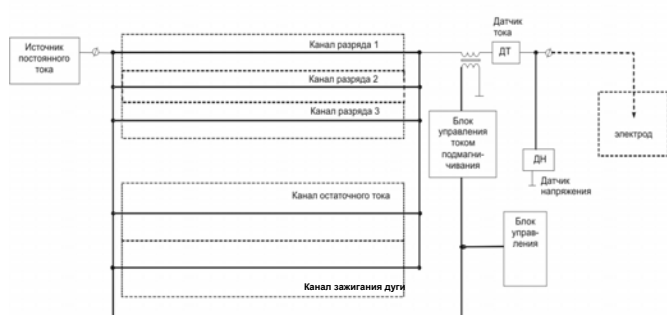


Рис. 1. Функциональная схема макетного варианта установки для ЭИЛ

Установка состоит:

- из трех независимых каналов разряда, содержащих конденсаторы (по аналогии с базовой схемой (рис. 1)) с возможностью изменения суммарной емкости, разряжающейся через электрод, и регулировки заряда емкости;
- канала зажигания дуги для ограничения тока до момента электрического пробоя воздушного зазора между электродом и деталью;
- микропроцессорного блока управления для формирования электрического импульса посредством изменения параметров установки в момент разряда и регулировки управляемой индуктивности.

Таким образом, установка позволяет комбинировать обычный принцип формирования токовых импульсов на основе базовой конденсаторной схемы и возможности электронного импульсного формирования тока в зависимости от частоты работы вибратора.

На рис. 2 представлена диаграмма толщины наносимого покрытия в зависимости от включенных суммарных емкостей конденсаторного блока установки питания в диапазоне 300 – 1200 мкФ с частотно-импульсной подпиткой сигнала. Ширина зон для определенной частоты соответствует возможностям электроустановки обеспечивать нанесение покрытия в зависимости от положений регуляторов заряда конденсаторов и тока разряда. Максимальная толщина покрытия при этих режимах работы установки питания достигается на частоте 100 Гц и при суммарной емкости конденсаторов 1200 мкФ. Явно выражено увеличение возможности установки по нанесению покрытий толщиной 40 – 60 мкм при конденсаторной емкости 1200 мкФ. Все представленные на диаграмме зоны имеют большие параметры регулирования процесса нанесения за счет импульсного блока [7].

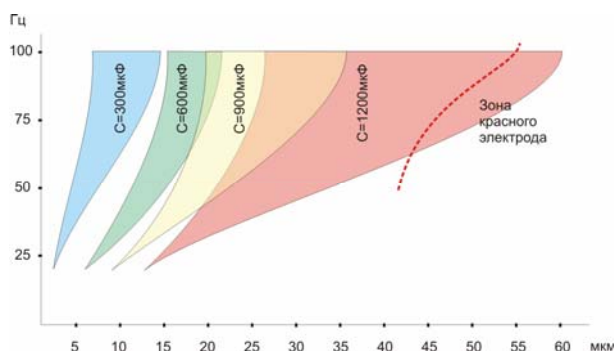


Рис. 2. Зависимости толщины покрытия от электрических параметров и частоты

На основе анализа данных исследования электро-механических параметров процесса ЭИЛ выполнена конструктивная разработка двух типов вибраторов с вращающимся электродом на основе пневмопривода. Для продления срока службы путем исключения механической передачи поступательное движение одного из вибраторов спроектировано на основе магнитного подвеса, для чего выполнен этап моделирования магнитного узла индукции вибратора.

На рис. 3 показан этап пространственного моделирования взаимодействия пары самарий-кобальтовых магнитов для определения сил взаимодействия и проектирования габаритных размеров узла продольных колебаний электрода.

По результатам проектирования изготовлены два прототипа вибраторов для ЭИЛ с вращающимися электродами на основе пневмоприводов. На рис. 4 представлены прототипы вибраторов с магнитным (а) и механическим (б) принципами индукции продольных колебаний электрода.

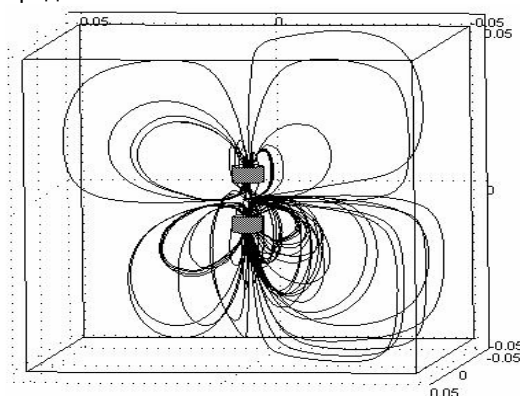


Рис. 3. Вид картины магнитного поля при осевом расположении постоянных магнитов со встречной полярностью

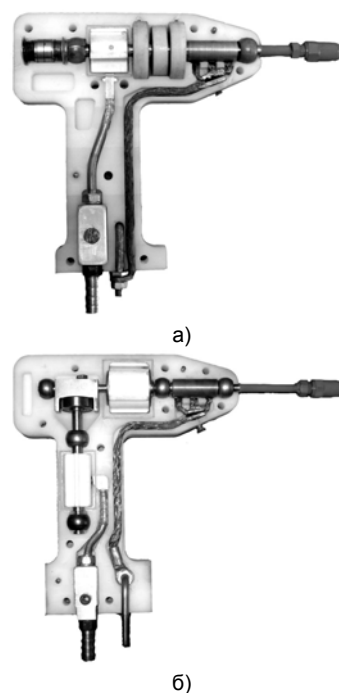


Рис. 4. Вид прототипов вибраторов перед окончательной сборкой

Разработанный комплекс для ЭИЛ с расширенными возможностями электронного блока и вибраторами с вращающимися электродами существенно увеличивает

диапазон применяемых материалов и производительность установки. Увеличение частоты работы вибраторов и возможность изменения параметров электрического импульса в зависимости от режима нанесения существенно улучшают качество покрытия поверхностей.

Список литературы

1. **Ремезов А.Н.** Проблемы технического перевооружения и продления ресурса оборудования электростанций // Электрические станции. – 1997. – № 9.
2. **Перельман Р.Г., Пряхин В.В.** Эрозия элементов паровых турбин. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. **Влияние** перегревов, возникающих при напайке стеллитовых пластин, на структуру и свойства металла лопаток из стали ЭИ961-Ш / В.Ф. Резинских, Л.Д. Чистякова, Д.А. Казанский и др. // Теплоэнергетика. – 2003. – №6.
4. **Гонсеровский Ф.Г., Петреня Ю.К., Силевич В.М.** Долговечность паротурбинных рабочих лопаток с учетом ремонта в условиях электростанций // Электрические станции. – 2000. – № 3.
5. **Технология** ремонта рабочих лопаток паровых турбин. Ч.1, Ч.2, Ч.3. Ремонт методом нанесения высокохромистой наплавки / Ф.А. Хромченко, В.А. Лаппа, И.В. Федина и др. // Сварочное производство. – 1998. – № 11.
6. **Электроискровое** легирование металлических поверхностей / А.Е. Гитлевич, В.В. Михайлов, Н.Я. Парканский и др.; Под ред. Петрова Ю.И. – Кишинев: Штиинца, 1985.
7. **Патент РФ** на полезную модель № 38661 «Устройство для электроискрового легирования с приводом от вращающегося ротора» / А.В. Беляков, А.Н. Горбачев, В.И. Шапин, С.В. Вихрев. – 2004.

Красновский Сергей Ярославович,
ОАО «Всероссийский теплотехнический институт»,
старший преподаватель кафедры ТИПМ,
e-mail: krasnovsky@tipm.ispu.ru