

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ВСТАВОК ТОКОПРИЕМНИКОВ

Введение

Актуальной проблемой электрифицированного железнодорожного транспорта является повышение надежности работы сильноточного скользящего контакта.

При рассмотрении механизмов разупрочнения контактного провода, как правило, не учитывают наличие второго контакта – вставки. Процессы, происходящие в области контакта, и свойства самой вставки непосредственно влияют на прочностные свойства провода. Так, поврежденная поверхность графитовой вставки приводит к увеличению плотности тока в локальных местах контакта (контактных мостиках) и перегреву провода. В зависимости от продолжительности перегрева контактного провода возможна различная степень его локального разупрочнения, что приводит к снижению предела прочности и текучести и в целом определяет эксплуатационные свойства контактного провода.

Если в последнее время для контактного провода внедряются неразрушающие методы контроля его прочностных свойств, то для контактной вставки таких работ не проводилось. Отчасти, это обусловлено тем, что внедрение в эксплуатацию контактных вставок на основе углерода позволило значительно уменьшить износ контактного провода, хотя вставка по-прежнему является вторым контактом, участвующим в процессе токосяема. В связи с этим проблема повышения надежности контактной пары, токосяемный элемент токоприемника – контактный провод, сохраняется в числе приоритетных. Актуальность решения указанной проблемы возрастает с повышением массы электроподвижного состава.

Одновременно с этим, ненадлежащее качество изготовления угольных контактных вставок может привести к ситуации, сложившейся на Дальневосточной железной дороге в июне-августе 2011 года, при которой за три летних месяца был израсходован весь запас контактных вставок. Средняя наработка каждого образца составляла от 500 до 1000 км пробега, что говорит о неприемлемых эксплуатационных свойствах всей продукции. При этом возникли сложности при подготовке электроподвижного состава к работе, связанные с нехваткой контактных вставок, необходимых для экипировки токоприемников.

Разработка и внедрение системы входного контроля качества изготовления контактных вставок в условиях депо является наиболее эффективным подходом при решении проблем, указанных выше. Под данной системой подразумевается совокупность аппаратной части, реализующей определенные методы измерений и испытаний образцов, и программного обеспечения, систематизирующего и анализирующего результаты этих испытаний с постановкой соответствующего диагноза.

Механизмы разрушения угольных вставок токоприемников

Механизмы разрушения контактных вставок в процессе эксплуатации обуславливаются исходной микроструктурой сырья, используемого при их изготовлении. Современные угольные вставки изготавливаются методом экструдирования при длительном термическом воздействии при температурах порядка 1100-1300 °С. При этом необходимо отметить, что образование кокса не является гомогенным процессом, и в различных температурных интервалах характеризуются сильно отличающимися структурами.

При нагревании нефтяных остатков происходит удаление летучих компонентов, образование промежуточных соединений и свободных радикалов. Их поликонденсация приводит к образованию мезофазных сфер (мезоморфное состояние).

При этом наблюдаются следующие закономерности: высокая вязкость мезофазы – вызывает образование мозаичной структуры, а низкая – ламелярной. Когда отдельные компоненты сырья образуют мезофазы с резко отличающимися размерами и относительной молекулярной массой, возможно формирование мозаичной структуры кокса.

Ни один из используемых промышленности коксов не имеет однородной микроструктуры. Она всегда гетерогенная. При относительно равномерном распределении одного из компонентов микроструктуру коксов можно классифицировать как псевдоструктуру.

К числу основных компонентов микроструктуры следует отнести ламелярную (пластинчатую), мозаичную и сферолитную.

Обозначенные особенности гетерогенной микроскопической структуры сырья определяет его подверженность таким типовым кристалли-

ческим трехмерным дефектам, как вакансии и дислокации.

Переходя от микродефектов к макроскопической картине эксплуатационных разрушений угольных вставок, необходимо отметить, что природа повреждения и износа контактного провода сходна с природой повреждения и износа контактных вставок.

Вставки токоприемников электроподвижного состава и контактный провод, образующие силовотоковую скользящую контактную пару, в процессе эксплуатации подвергаются механическому и электрическому изнашиванию. Механический износ возникает в результате воздействия абразива, явления схватывания и резания при определенном структурном расположении частиц графита. В этом случае трение определяется, с одной стороны, взаимным зацеплением шероховатых поверхностей и их объемным деформированием при скольжении, с другой – образованием по контактным выступам мостиков сварки, которые при скольжении разрушаются.

Характером трения определяется механическое изнашивание. Для рассматриваемой пары «провод – полоз» наиболее важными видами изнашивания являются абразивное, усталостное, окислительное и молекулярно-механическое. Одновременно могут наблюдаться два и более вида изнашивания, однако один из них всегда для данных условий будет преобладающим. По внешнему виду и микроструктуре поверхности трения можно судить о ведущем виде изнашивания, а зная его, – выбирать наиболее эффективные пути увеличения срока службы изделия.

Электрический износ вызывается нарушением контакта при разъединении элементов токосъемной пары взрывной электроэрозией.

При анализе характера износа вставок, обусловленного тем, в каком из трех рядов вставка располагается, обнаруживаются два различных вида износа ее поверхности. Передний и задний ряды вставок на токосъемнике имеют сколы различной площади, для переднего ряда сколы в основном располагаются ближе к передней (по отношению к движению локомотива) поверхности вставки, а для заднего ряда – к задней поверхности.

Причина образования сколов на передней, набегающей части вставки первого ряда, заключается в ударном воздействии на это место вставки контактного провода. Сколы на сбегающей части вставки третьего ряда в основном вызваны искровым и дуговым воздействием. Вставки второго ряда имеют меньше всего боковых сколов. В этом случае поверхность на большей части площади вставки шлифована проводом.

При воздействии электрической дуги на поверхность графитовой вставки, наблюдается

взрывообразное разрушение поверхности вставок с образованием лунок. Причем размер зоны разрушения определяется энергетическими и временными параметрами импульса воздействия. Необходимо отметить, что взрывное разрушение вставки не только приводит к собственно разрушению самой вставки, но и влияет на пределы прочности и текучести контактного провода, что вызывает разрушение последнего.

Методы контроля качества изготовления угольных вставок токоприемников

Контактные вставки проходят заводской контроль качества изготовления, порядок которого установлен нормативной документацией [1]. Данные виды контроля предусматривают измерение поверхностной твердости образцов по шкале Шора, измерение предела прочности при трехточечном статическом изгибе и статическом сжатии, определение плотности образца методом гидростатического взвешивания, измерение величины водопоглощения, а также определение электрического сопротивления вставки.

При определении электросопротивления угольной вставки измерения производятся при помощи двойного моста Томсона, реализующего в данном случае точность измерения до единиц микроома. Расположение токовых и потенциальных электродов моста на вставке обуславливает физический смысл измеряемого сопротивления. Различают поверхностные и объемные величины сопротивления. Уменьшение измерительной базы (расстояние между потенциальными электродами) позволяет фиксировать изменение электросопротивления вставки в зависимости от меняющейся внутренней структуры. Электрическое сопротивление, при правильно выбранной измерительной базе, является достаточно чувствительным параметром, определяющим качество и однородность вставок.

Исследования, произведенные в ДВГУПС, показывают, что нормативные исследования контактных вставок при условии комплексного анализа всех их результатов, могут дать представление о качестве каждого конкретного рассматриваемого образца, но применение подобных методов для входного контроля вставок в условиях депо резко ограничено вследствие требовательности их к точному и, соответственно, дорогостоящему измерительному оборудованию. Как недостаток можно отметить также значительное время, необходимое на производство всех исследований данными методами.

Ультразвуковой контроль качества изготовления угольных вставок токоприемников

Значительно более высокой скоростью производства измерений, по сравнению с вышеиз-

ложенными методами по техническим условиям, отличаются ультразвуковые методы неразрушающего контроля [2]. Применение этих методов позволяет производить диагностику образцов без разрушающих воздействий в течение нескольких секунд.

Основной проблемой при применении ультразвуковой дефектоскопии для диагностики вставок является подбор наиболее подходящего метода и, соответственно, необходимой для реализации этого метода аппаратной базы.

В ДВГУПС были проведены ряд исследований по выбору подхода к акустической диагностике контактных вставок, применены различные диагностические устройства с целью установления наиболее пригодного для заявленных целей.

Одним из них является локация внутренних дефектов при помощи ультразвукового дефектоскопа А1212.

В ходе опыта контактные вставки были подвергнуты акустическому воздействию, с помощью которого представляется возможным косвенно оценить прочностные характеристики материала вставок, его физическое состояние, выявить в нем неоднородность, наличие расщелиний и т. д.

Контроль акустических свойств вставок позволил установить ряд общих закономерностей:

- в угольных контактных вставках закон распределения сигнала монотонный с течением времени (для вставок без дефектов);
- в угольных контактных вставках акустический сигнал изменяется в зависимости от свойств материала конкретной вставки;
- при наличии дефектов форма сигнала резко отличается от сигналов, полученных с мест, расположенных рядом с дефектным участком.

Результаты исследования по данному методу позволяют заявить о том, что ультразвуковой контроль для контактных вставок приемлем, так как имеются значительные различия между результатами испытаний для вставок разного качества.

Более дифференцированные результаты о качестве вставок были получены при их испытании дефектоскопом УК-10ПМ, реализующим спектральный метод контроля.

Прибор УК-10ПМ предназначен для неразрушающего контроля качества бетонных и железобетонных конструкций и строительных материалов (строительная керамика, стеклопластик и др.) в условиях стройплощадок, а также для лабораторных исследований физико-механических свойств материалов и конструкций. Проведение измерений на низких частотах (порядка 150 кГц) позволяет отказаться от контактной жидкости и обеспечивает возможность применения данного

метода для входного контроля угольных вставок в условиях эксплуатации.

В целях проведения экспериментов по ультразвуковому контролю контактных вставок с помощью дефектоскопа УК - 10ПМ, был использован макет установки, разработанной в ДВГУПС, который обеспечивает двусторонний доступ излучаемого и приемного ультразвуковых преобразователей к контролируемому изделию.

После производства измерений выполняется анализ полученной спектральной кривой и принятие решения о качестве вставке на основе полученных данных.

Заключение

Разработана методика выбраковки и сортировки контактных вставок токоприемников, основанная на использовании ультразвуковых методов, которая позволяет, по сравнению с нормативными, оперативно оценить прочностные характеристики материала вставки, выявить в нем разного рода дефекты.

Используя предложенные методы, можно проводить сортировку, выявляя вставки с более высоким качеством, которые необходимо устанавливать на более ответственные места в токоприемнике.

Необходимо отметить, что метод ультразвукового контроля для оценки состояния угольных контактных вставок более прост, в отличие от метода удельного электросопротивления.

Результаты проведенных в ДВГУПС исследований позволили сделать следующие выводы:

- структура материала вставки неоднородна;
- наличие неоднородности материала вставки приводит к изменению структуры вставки под воздействием снимаемого тока.
- методы неразрушающего контроля позволяют оценить качество вставок и определить их пригодность или непригодность для дальнейшей эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ТУ-1916-020-27208846-99. Вставки угольные контактные для токоприемников электроподвижного состава.

2. Ли, В. Н. Проблемы надежности устройств контактной сети электрифицированных железных дорог [Текст] / В. Н. Ли // Проблемы транспорта Дальнего Востока: науч.-практ. конф. ДВ гос. морская академия, 1995. – с. 76.

Ключевые слова: токоприемник, угольная вставка, разрушение, качество изготовления.

Ключові слова: струмоприймач, вугільна вставка, руйнування, якість виготовлення.

Keywords: pantograph, carbon insert, destruction, quality.