

УДК 621.316.933.064.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА КОМПОЗИЦИЙ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ С ОСОБЫМИ
ТЕРМОЭМИССИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

В.И.Милых, профессор, д-р техн. наук,

Т.П.Павленко, доцент, канд. техн. наук

(НТУ «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина,

e-mail mvikpi@kpi.kharkov.ua, тел.+380577076514)

Показан метод исследования фазового состава электрических контактов, который способствует определению свойств сложных многокомпонентных композиций электрических контактов. На основе данного метода получены оптимальные составы композиций электрических контактов с особыми термоэмиссионными свойствами для коммутационных электрических аппаратов.

Ключевые слова: электрический контакт, электрический аппарат, фазовые превращения, эрозия поверхности.

RESEARCH OF PHASE COMPOSITION OF COMPOSITIONS
ELECTRIC CONTACTS WITH SPECIAL ONE
BY THERMOEMISSION PROPERTIES

V. Milykh., prof., dr. of tech. sc., T. Pavlenko, associate prof., cand. of tech. sc.

NTU “Kharkov polytechnic institute”, Kharkov, Ukraine,

E-mail mvikpi@kpi.kharkov.ua, tel. +380577076514)

The method of research of phase composition of electric contacts, that assists determination of properties of difficult multicomponent compositions of electric contacts, is shown. On the basis of this method optimal compositions of compositions of electric contacts are got with the special термоэмиссионными properties for interconnect electric vehicles.

Keywords: electric contact, electric vehicle, transformations of phases,

erosion of surface.

Введение. Во время работы электрических коммутационных аппаратов контакты подвержены интенсивному износу, который вызывает эрозию их рабочих поверхностей. Основной вклад в развитие эрозии поверхности контактов вносят процессы, которые развиваются в приэлектродных областях и способствуют образованию дугового разряда. Данные процессы сопровождаются потоками плазмы, повышением температуры поверхности, что приводит к плавлению состава композиции на рабочей поверхности, разбрызгиванию, испарению и свариванию.

Такие нежелательные последствия, в свою очередь, приводят к разрушению не только рабочих поверхностей контактов, но и контактной системы в целом, что может быть причиной создания аварийной ситуации на промышленных предприятиях, электрических станциях и подстанциях, тепловых и атомных электростанциях и т.п.

На сегодняшний день существуют работы по повышению дугостойкости электрических контактов. Но, к сожалению, нет оптимального решения для коммутационных электрических аппаратов, которые удовлетворяют в целом или хотя бы частично необходимые требования к электрическим контактам и к экономии дорогостоящих элементов.

Так, например, в мировой практике известно, что для решения данной проблемы основные работы направлены на упрочнение композиции электрических контактов, путем введения тугоплавких элементов. Но, к сожалению, это может приводить к повышению переходного сопротивления электрических контактов.

Введение в композиции электрических контактов токсичных дугогасящих компонент (например, окиси кадмия) приводит к отравлению окружающей среды, как при изготовлении данных композиций, так и при их эксплуатации. С учетом данного замечания, необходимо отметить, что за рубежом прекращен выпуск композиций электрических контактов, содер-

жащих окись кадмия, ртуть, свинец, хотя Россия и Украина продолжают использовать данные элементы, что снижает конкурентоспособность коммутационных электрических аппаратов.

Некоторые дорогостоящие элементы, входящие в составы композиций электрических контактов приводят к увеличению стоимости технологии изготовления и расхода энергоресурсов.

Повысить дугоустойкость электрических контактов коммутационных электрических аппаратов также возможно усовершенствованием дугогасительной системы. Но данное решение приводит к увеличению габаритов электрических аппаратов.

На самом деле проблему повышения дугоустойкости электрических контактов необходимо решать не только с точки зрения подбора основных элементов, входящих в составы композиций электрических контактов коммутационных аппаратов и условий их работы, но и с точки зрения процессов и явлений, которые происходят как внутри электрических контактов, так и на их рабочих поверхностях. При этом изучение любых явлений и процессов охватывает большой спектр вопросов, связанных с физикой твердого тела, химическими и фазовыми превращениями, распределением температуры на рабочей поверхности и внутри контактной композиции, что определяет тепловые процессы, способствующие развитию дуговых и эрозионных явлений [1, 2].

Постановка задачи исследования. Учитывая, что электрические контакты работают под электрической и механической нагрузкой, необходимо остановиться подробнее на явлении фазовых превращений за счет химических реакций. Поэтому целью данной работы является исследование фазового состава композиций электрических контактов до и после испытания для определения изменения их свойств. Решение данных вопросов и задач способствуют развитию научно обоснованной теории и практике создания композиций электрических контактов для коммутационных

электрических аппаратов, которые обеспечивают высокую эрозионную стойкость (дугостойкость) контактных систем с применением недорогих, нетоксичных элементов и, соответственно, с энергосберегающими технологиями их изготовления [3, 4].

Методы и результаты исследования. При образовании катодных пятен различного рода на рабочей поверхности электрических контактов появляются участки, имеющие любое из трех состояний, а именно, твердые, жидкие, газообразные. Каждое из этих состояний обладает определенными свойствами, которые характеризуются химическим составом и видом фазового превращения.

Химические взаимодействия происходят за счет возбуждения электронов при сообщении им энергии, которая приводит к образованию химических реакций. Химические реакции приводят к фазовому превращению состава композиции, в результате чего получается новый продукт состава. Активно реагирующие вещества увеличивают скорость образования нового продукта, который влияет на различные процессы и явления.

Для исследования фазового состава композиции электрического контакта применяются различные химические методы. Но все они дают приближенные результаты. С учетом полученных теоретических положений и химических свойств элементов составов композиций электрических контактов, для определения их фазового состава и совместимости свойств, использовался наиболее точный рентгеновский метод. С помощью данного метода определялось распределение составляющих элементов композиции электрических контактов и образование определенных фаз и фракций новых составляющих, полученных при химических реакциях и фазовых превращениях.

С помощью этого метода был изучен фазовый состав композиций электрических контактов в исходном состоянии и после эксплуатационных испытаний. Исследования фазовых составов композиций электрических

контактов проводились с применением дифрактометра ДРОН–2. Рентгеновские характеристики элементов исследуемых составов композиций электрических контактов, определялись по интенсивности линий рентгенограммы, исходя из межплоскостных расстояний. При этом можно не знать кристаллической структуры элементов, а достаточно рассчитать рентгенограммы (дифрактограммы) и сравнить полученный выбор межплоскостных расстояний с табличными значениями [5].

Но, учитывая сложность структуры образцов составов композиций электрических контактов, а также многослойные химические соединения и превращения фаз, не всегда было возможно получать изображение дифрактограммы вышеуказанным способом. Поэтому использовался метод идентификации линий рентгенограммы (дифрактограммы) с линиями известных фаз, возможных в данном составе композиции, или с линиями теоретически рассчитанной рентгенограммы, исходя из предполагаемой кристаллической структуры неизвестной фазы.

Как показали исследования, в образцах составов композиций электрических контактов присутствуют несколько фаз, поэтому происходит наложение дифракционных линий всех фаз и при этом интенсивность линий каждой фазы зависит от ее объемной доли. В этих случаях знание химического состава любой полученной композиции электрических контактов и металлографический анализ существенно облегчают задачу идентификации, т.к. позволяют узнать, сколько основных фаз в образце. Кроме того, при работе электрических контактов появляются еще неизвестные фазы, образованные за счет продуктов горения. Тогда на определенном этапе исследования необходимо получать эталонные рентгенограммы самостоятельно.

Основным параметром фазового анализа является чувствительность элементов, которая зависит от соотношения коэффициента поглощения определяемой фазы всего состава. Чувствительность элементов компози-

ций электрических контактов определялась соотношением интенсивности наиболее сильных интерференционных линий фазы и интенсивности фона.

Интенсивность интерференционных линий для металлокерамических электрических контактов определялась как:

$$J(hKl) = A(\theta, \mu) n^2 \lambda^2 L(\theta) P(\theta) F^2(hKl) \exp(-2M) p,$$

где $A(\theta, \mu)$ – множитель поглощения, зависящий от брэгговского угла θ и линейного коэффициента поглощения μ , который зависит от атомного номера элемента и длины волны рентгеновского излучения; $L(\theta)$ – множитель Лоренца; $P(\theta)$ – множитель Томсона; $F^2(hKl)$ – структурный множитель; p – множитель повторяемости; $\exp(-2M)$ – температурный множитель; n – число элементарных ячеек в единице объема; λ – длина волны.

Фаза с большим коэффициентом поглощения (состоящая из тяжелых элементов с большей рассеивающей особенностью) в составе композиции электрических контактов со слабопоглощающими фазами выявляется при малых концентрациях. Наоборот, фаза с малым коэффициентом поглощения (состоящая из легких элементов) в смеси, с сильнопоглощающими фазами, выявляется только при значительном ее содержании.

Чувствительность данного метода также зависит от наличия структурных искажений и дефектов в кристаллическом составе и от величины кристаллитов. Все эти факторы вызывают расширение линий, следовательно, снижается чувствительность анализа, т.к. размытые линии выявить труднее, чем резкие.

Т.к. значения множителя p определяются симметрией кристаллической решетки, то чем выше симметрия кристаллической решетки, тем при меньшем содержании фаза может быть выявлена. При сравнении чувствительности анализа для двух фаз с одинаковой кристаллической решеткой, например, кубической, следует учитывать значения структурного множителя. Для объемно-центрированной решетки (о.ц.к.) он равен $4f^2$ (где f^2 –

атомный множитель), для гранцентрированной решетки (г.ц.к.) – $16 f^2$. Следовательно, один и тот же элемент, имеющий о.ц.к и г.ц.к – модификации, выявляется в случае г.ц.к – структуры при содержании в четыре раза меньше, чем при наличии о.ц.к – решетки.

При анализе физико–химических процессов и дифрактограмм (рис. 1), полученных данным методом, был определен возможный ряд различных фаз, который присутствовал во всех образцах составов $Ag+Ni+Me(OH)_2$ композиций электрических контактов, состоящих из: Ag ; Ag_2O_2 ; Ag_2O ; Ni ; Ni_2O_3 ; NiO ; Me ; $Me(OH)_2 \cdot xH_2O$; $Me(OH)_2 \cdot H_2O$; MeO ; MeO_2 ; $MeAg_5$; $MeNiO_3$; $MeNiO_2$; Me_3NiO_4 ; Me_2NiO_2 ; $Me_3Ni_3O_8$; $MeCO_3$; $MeCO_4$; Me_3N_2 И это еще не весь перечень образования новых фаз и соединений.

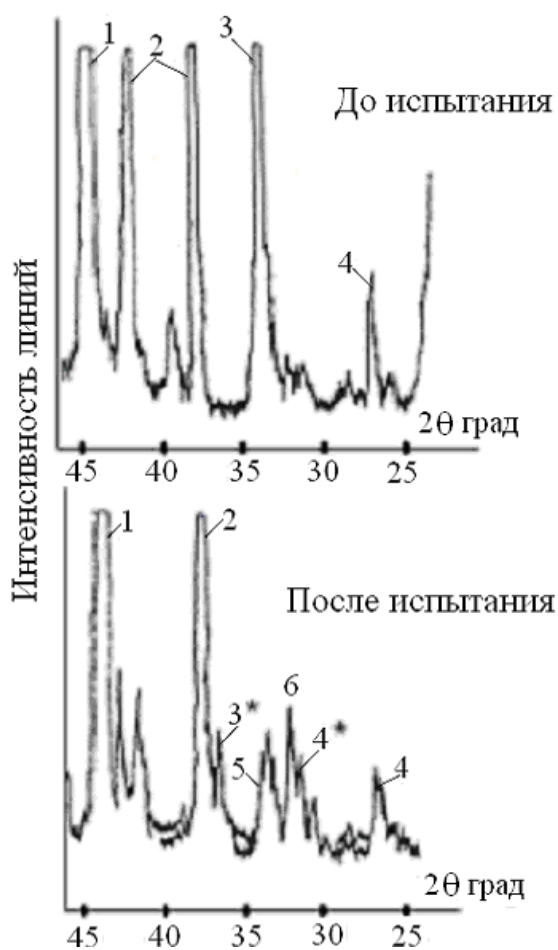


Рис.1. Дифрактограммы изменений концентрации компонентов композиций электрических контактов (2θ – угол поворота детектора для определения интенсивности дифракционных линий):

- 1 – $AgNi$;
- 2 – Ag ;
- 3 – $Me(OH)_2 \cdot xH_2O$; 3* – NiO ;
- 4 – MeO ; 4* – AgO ;
- 5 – $MeO_2 \cdot xH_2O$;
- 6 – Ag_2O

Как видно из полученного ряда, концентрация элементов составов

композиций и их распределение в процессе изготовления и испытания изменяются в широких пределах. А поэтому, учитывая такие превращения фаз и наличие химических реакций, необходимо правильно подходить к выбору элементов, которые предполагается использовать для составов композиций электрических контактов и их процентному соотношению.

Вывод. Благодаря данному методу полученные результаты могут быть использованы для оптимизации составов композиций электрических контактов, что в дальнейшем, позволит улучшить эксплуатационные характеристики электрических коммутационных аппаратов и соответственно повысить их надежность срабатывания.

Исходя из полученных решений, были созданы композиции электрических контактов с особыми термоэмиссионными свойствами для коммутационных электрических аппаратов, работа которых основана на развитии научной теории, определяющей механизм перемещения опорных точек электрической дуги по рабочим поверхностям электрических контактов; факторы развития эрозии рабочих поверхностей. Составы композиций электрических контактов с такими свойствами способствуют регулированию процессов в приэлектродных областях электрических контактов, что приводит к уменьшению эрозии их рабочих поверхностей [3, 6].

Список литературы

1. Павленко Т.П. Физические процессы на поверхности контактов с учетом потоков плазмы и термоэмиссионной активности материала // *Електротехніка і Електромеханіка*, № 1. – Харьков, 2009. –С. 25–28.
2. Павленко Т.П. Влияние активации на износ электрических контактов для сильноточных электрических аппаратов // *Електротехніка і Електромеханіка.*, № 3, Харьков, 2007. –С. 44–47.
3. Павленко Т.П. Милых В.И. Электрические контакты с особыми свойствами для коммутационных электрических аппаратов. // *Вісник Кременчу-*

цького державного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДУ, 2011.-Вип.3/2011(68) .С. 11-13.

4. Милых В.И., Павленко Т.П. Электрические контакты повышенной дуговой стойкости для коммутационных электрических аппаратов // Электрика, Россия.– 2011.–№9.–С.37-40.

5. Павленко Т.П. "Исследование и разработка серебросберегающих контактных материалов для электрических аппаратов" // Дис. на соиск. ст. канд. техн. наук.– Харьков : ХПИ, 1993. – 150 с.

6. Павленко Т.П. Механизм перемещения заряженных частиц // Електротехніка та Електромеханіка, № 5, Харьков, 2006.– С. 39–41.