

Т.П. Павленко, д-р техн. наук

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

КОНТАКТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Введение. В настоящее время нет ни одной отрасли, где бы ни использовались электрические аппараты, выполняющие функции защиты, управления и коммутации электрических цепей [1].

Конструкции электрических аппаратов условно делятся на два больших класса: контактные и бесконтактные. Самыми распространенными как у нас в Украине, так и за рубежом являются контактные низковольтные коммутационные электрические аппараты, такие как автоматические выключатели, электромагнитные контакторы, командоаппараты и др., которые, в основном, принимают и распределяют всю силовую нагрузку энергосистем.

Контактная система (рис. 1) электрических аппаратов, состоит из контактодержателя и контактной накладки. Для надежной работы электрических аппаратов в состав композиций контактных накладок (далее контакты) входят дорогостоящие, дефицитные, токсичные элементы и соединения. Наиболее широко используются такие элементы как палладий, платина, серебро, медь, никель, вольфрам, окись кадмия, ртуть и др. Источником поставки таких элементов, в основном, является Россия и другие зарубежные государства. Поэтому в Украине очень остро стоит вопрос об экономном их распределении и использовании.



Рис.1. Конструкции контактных систем электрических аппаратов

В электрических аппаратах, в основном, применяются контакты, изготовленные способом порошковой металлургии. Данный способ изготовления контактов способствует созданию композиций, состоящих из металлических порошков, которые совмещают необходимые свойства невозможные получить при их сплавлении. Самыми распространенными композициями электрических контактов, которые определяются ГОСТ–19725, являются, например: серебро–никель (КМК А30м), серебро–окись кадмия (КМК А10м), серебро – графит (КМК А41м) и т.п. (где «м» – мелкодисперсная структура композиции контактов). Наиболее часто в контактных системах низковольтных коммутационных электрических аппаратах применяются контактные пары: КМК А30м / КМК А10м (подвижный/неподвижный); КМК А30м/ КМК А41м.

Как правило, основными требованиями к таким составам композиций электрических контактов являются высокие значения температуры плавления, твердости, дугостойкости, предельной коммутационной способности (ПКС),

коммутационной износостойкости и др.

Каждая из композиций электрических контактов имеет свои достоинства и недостатки. Это объясняется не только процентным соотношением необходимых элементов в составах композиций электрических контактов, но и их физико-химической совместимостью.

Кроме того, практически все направления исследований связаны с развитием дугового разряда на рабочей поверхности электрических контактов и разрушением поверхности под действием различных протекающих физико-химических процессов. Развитие таких процессов приводит к образованию катодных или анодных пятен на рабочей поверхности, которые, в конечном итоге, перерастают в очаги разрушения поверхности с образованием эрозии (рис. 2).

Источником энергии, вызывающим эрозию рабочих поверхностей электрических контактов, являются процессы, происходящие в приэлектродных областях. Большая часть прикладных исследований посвящается прикатодной области, т.к. именно эта область является основным поставщиком заряженных частиц (электронов) в среду, в которой горит электрическая дуга, а также происходит переход от высокотемпературной плазмы к рабочей поверхности электрических контактов.

Катодные пятна, по мнению исследователей [2, 3], существуют I – III рода и по мере повышения температуры, способствуют образованию расплавленных участков рабочей поверхности катода электрических контактов, что в свою очередь приводит к переносу состава композиции с одного контакта на другой, к его разбрызгиванию при дальнейшем контактировании или свариванию контактных пар.

Поэтому, чтобы не происходило перечисленных выше явлений, необходимо стремиться к образованию на рабочей поверхности катодных пятен I рода, которые приводят к равномерному износу и незначительной эрозии рабочих поверхностей, как катода, так и анода.

Цель работы – исследование физических процессов на рабочей поверхности электрических контактов и создание составов композиций повышенной дугостойкости для низковольтных коммутационных электрических аппаратов.

Анализ результатов исследований. В настоящее время при прогнозе изменения свойств составов композиций электрических контактов, используют обычно, эмпирические модели и концепции, основанные на систематизации накопленных экспериментальных данных. Но, не все модели, в целом, могут показать свойства и характеристики составов композиций электрических контактов, т.к. трудности, в основном, связаны с объектами исследований. В рассматриваемой работе показаны новые составы композиций электрических

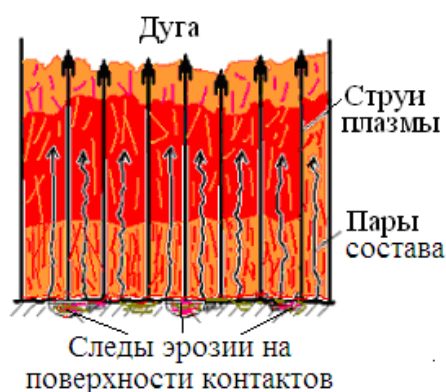


Рис.2. Физические процессы на рабочей поверхности контактов

контактов с особыми термоэмиссионными свойствами, которые не содержат дорогих и токсичных элементов [4, 5]. Работа таких контактов основана на применении различного рода активирующих добавок в разном процентном соотношении, которые совместимы с основным материалом композиции контактов. За счет изменения фазового состава и развития процесса диффузии под действием температуры происходит активирование контактной композиции в целом [5 – 6].

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования [2 – 6], подтвердили правильность выбранного пути, который обобщает многие процессы, происходящие на рабочей поверхности электрических контактов и внутри самой контактной композиции. Полученные составы композиций электрических контактов представляет собой неоднородную структуру с различными гранями микроструктур и с полем контактных разностей потенциалов.

Исследования свойств и параметров образцов контактных композиций с активными составляющими проводились параллельно вместе с отработкой технологии их изготовления. Для достижения необходимых свойств и параметров (твердости и плотности) составов композиций электрических контактов с активирующей добавкой, предусмотренных ГОСТ 19725 и техническими условиями, образцы контактов проходили двойное спекание и двойную калибровку после их прессования. Спекание образцов проводилось в вакуумном контейнере индукционной печи при температуре 860 – 1000°C. Продолжительность спекания образцов контактных композиций составляла в пределах 1 часа с последующим остыванием в контейнере без принудительного охлаждения.

Металлографические изображения составов композиций повторяются на протяжении от начала изготовления электрических контактов до результатов, полученных после их испытаний (рис. 3).

Как показали результаты исследований, активатор по всему объему составов композиций распределяется равномерно в виде различных конфигураций (точек, крючков и т.п.) размером 0,001...0,05 мм.

Кроме того, активатор скапливается по границам зерен за счет процессов диффузии, что подтверждается теоретическими исследованиями. Скопления активных составляющих на границе материала основы говорит о том, что происходит упрочнение контактной композиции и повышается ее дугостойкость. Об этом говорит и особый характер износа рабочих поверхностей электрических контактов при различных видах их испытаний, что

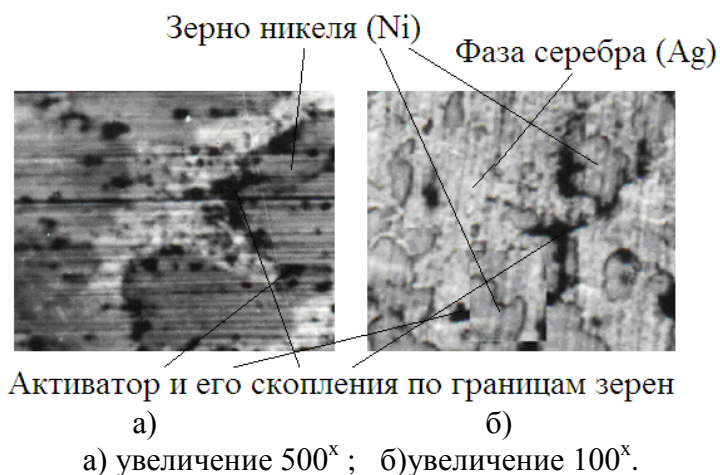


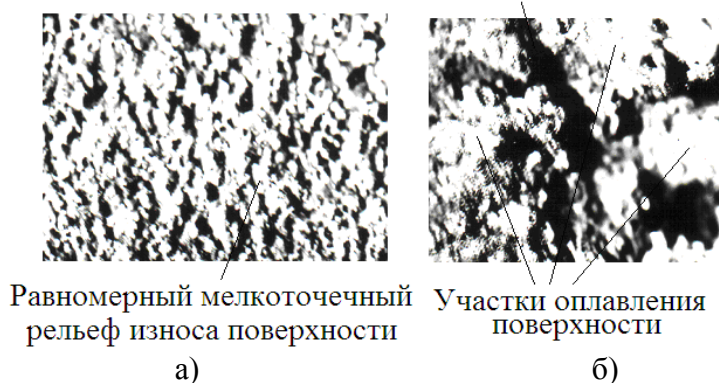
Рис. 3. Микроструктура составов композиций электрических контактов

также подтверждается многочисленными экспериментами (рис. 4) [7]. Результаты испытаний и исследований активированных контактных композиций показали, что эффект активирования работает. При активировании основного материала опорная точка дуги находится на рабочей поверхности незначительное время и при определенных значениях температур (750...850 °С), что подтверждается экспериментами [5, 7]. Объяснение этого явления заключается в том, что процесс активирования и повышение температуры приводит к увеличению числа скачков атомов из одного узла решетки в другой. В результате таких скачков увеличивается энергия и электроны, преодолевая потенциальный барьер, выходят в окружающее пространство. Температура в данной точке поверхности снижается. Поэтому опорная точка дуги переходит на другую активную область. Совокупность таких скачков приводит к мелкозернистому рельефу поверхности, что говорит о незначительном ее износе.

За счет активирования по всему объему и механизма диффузии на атомный остов поступают другие активные частицы и т.д. процесс повторяется. Незначительная эрозия рабочей поверхности является доказательством развития на ней катодных пятен I рода.

Полученные контактные композиции с особыми термоэмиссионными свойствами прошли испытания на установках и в конструкциях электрических аппаратов. Некоторые параметры, полученные при испытании образцов контактных композиций показаны в табл. 1. и на рис. 5.

Участки глубоких кратеров



а) равномерный мелкозернистый рельеф износа поверхности
 б) участки оплавления поверхности
 а) активированный состав композиции
 б) не активированный состав композиции

Рис. 4. Макроструктура поверхности электрических контактов после испытаний

Таблица 1.

Результаты испытаний электрических контактов в автоматических выключателях типа ВА 59–39 ($I_n = 630$ А, $U_n = 660$ В)

Вид испытания	Композиции электрических контактов подвижный / неподвижный			
	КМКА30м КМКА10м	с активными составляющими	КМКА30м КМКА10м	с активными составляющими
Номинальный режим	Время горения электрической дуги, мс		Средние значения падения напряжения (после 200 циклов), мВ	
	6, 7, 6, 7, 5	6, 8, 6, 5, 6	90	67
	Значения токов, кА		Падение напряжения, мВ	
	10		172	122
	15		160	120
	20		165	118

Режим ПКС	30	180	110
	75	Сняты с испытаний из-за полного износа рабочей поверхности.	Испытания продолжены Время горения дуги $t_{\max} = 12$ мс по нагреву – норма



Рис. 5. Внешний вид контактов после испытания в автоматическом выключателе ВА 59–39 на ПКС.

Вывод. В результате проведенных теоретических и экспериментальных физико-химических исследований были созданы составы композиций электрических контактов, имеющие грубодисперсную структуру, не содержащие токсичных элементов и удовлетворяющие основным техническим требованиям. Проведенные испытания таких контактов показали уменьшение эрозии рабочей поверхности в 1,5 – 2,5 раза, что говорит о дугостойкости контактной композиции. Данные составы композиций могут применяться в коммутационных электрических аппаратах с дуговой коммутацией тока при наличии дугогасительного устройства, что подтверждено результатами многочисленных испытаний.

Список литературы

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций. / Рожкова Л.Д., Карнеев Л.К., Чиркова Т.В. – М. : Академия (изд. 2-е, стереотипн.), 2005. – 445 с.
2. Павленко Т.П. Физические процессы на поверхности контактов с учетом потоков плазмы и термоэмиссионной активности материала / Т.П. Павленко // Электротехника і Електромеханіка. – Харьков. – 2009. – № 1. –С. 25–28.
3. Павленко Т.П. Анализ прикатодных процессов с точки зрения физики твердого тела и явления термоэмиссии. / Т.П. Павленко // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков : НТУ «ХПИ». – 2008. – № 25. –С. 104–108.
4. Павленко Т.П. Термоэмиссионная активность композиционных контактных материалов / Т.П. Павленко // Вестник НТУ "ХПИ". "Проблемы совершенствования электрических машин и аппаратов". – Харьков. : НТУ"ХПИ". – 2005. – № 48. – С. 115–118.
5. Павленко Т.П. Влияние активации на износ электрических контактов для силовых электрических аппаратов / Т.П. Павленко // Электротехніка і Електромеханіка. – Харьков. – 2007. - № 3. –С. 44–47.
6. Павленко Т.П. Фазовые превращения и свойства состояния системы контактной композиции. / Милых В.И., Т.П. Павленко // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання. – Кременчук : КНУ. – 2011.– Вип.1/2011(1). – С. 244–245.

7. Павленко Т.П. Электрические контакты с особыми свойствами для коммутационных электрических аппаратов. / В.И.Милых, Т.П.Павленко, // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук. : КДУ. – 2011. – Вип.3/2011(68). – С. 11–13.