

УДК 661.666:621.315

С.А. Воденников, проректор, д.т.н., профессор

В.А. Скачков, доцент, к.т.н.

О.Р. Бережная, доцент, к.т.н.

Д.Ю. Дзядок, аспирант

А.А. Юхименко, студент

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА

Запорожская государственная инженерная академия

Розглянуто та експериментально встановлено закономірності змінювання питомого електричного опору від вмісту компонентів у двохкомпонентних і трьохкомпонентних композиційних матеріалах на основі вуглецю. Визначено області лінійного та нелінійного змінювання питомого електричного опору від вмісту в композиті міді, вуглецю та фенолоформальдегідного вяжучого.

Ключові слова: композиційні матеріали, порошки міді та графіту, питомий електричний опір, лінійність і нелінійність властивостей

Рассмотрены и экспериментально установлены закономерности изменения удельного электрического сопротивления от содержания компонентов в двухкомпонентных и трехкомпонентных композиционных материалах на основе углерода. Определены области линейного и нелинейного изменения удельного электросопротивления от содержания в композите меди, углерода и фенолоформальдегидного связующего.

Ключевые слова: композиционные материалы, порошки меди и графита, удельное электросопротивление, линейность и нелинейность свойств

There are considered and experimentally established natural laws of change specific electric resistance from content of components in double-base and three-component composition-like materials on the basis of carbon. The areas of linear and nonlinear change of specific electric resistance are defined from content of copper, carbon and phenol-formaldehyde binding agent/

Keywords: composition-like material, powders of copper and graphite, specific electric resistance, linear and nonlinear of properties

Введение. Электротехнические материалы на основе углерода широко применяются при производстве щеток для электрических машин, осветительных углей, сварочных электродов, прерывающих и скользящих электрических контактов, вставок электроприемников электротранспорта и других узлов и элементов электротехники.

Анализ публикаций. Возросшие требования к современным электротехническим изделиям предполагают совершенствование структуры и функциональных свойств композиционных материалов на основе углерода электротехнического назначения.

В патенте Российской Федерации [2] предлагается способ изготовления многокомпонентного углеродного композиционного материала на основе связки высокотемпературного пека, отходов обожженных и графитированных углеродных материалов, подвергнутых совместному помолу, обжигу и последующей графитации.

Замена связующего термопластичного типа на термореактивные фенолоформальдегидные смолы позволяет повысить на 20...30 % механическую прочность и твердость контактных вставок токосъемников электрического транспорта [3]. Дальнейшее совершенствование структурного состава токопроводящих контактных изделий связано с введением микрочастиц пиролитического и натурального графита [4].

Повышенные требования к величине электропроводности и износу токоприемников троллейбусов обусловили введение в структуру композиционного материала добавок свинца, олова и меди [5].

Высокие механические, физические и электротехнические характеристики получены для медно-графитовых композиционных материалов, имеющих медную матрицу поры и графитовые частицы, выполняющие функцию сухой смазки [6].

В работе [7] в качестве связующих компонентов использовали каменноугольный пек и фенолоформальдегидную смолу в количестве 39...42 масс. %. Полученную массу вначале пре-

ссоваля при удельном давлении 100 МПа, а затем подвергали обжигу при температуре 1200 °С и последующей графитации при температуре 2800 °С.

Совершенствование контактных вставок токоотъемников троллейбусов реализовано путем изготовления двухслойной конструкции. Нижний слой вставки выполнено на основе порошков графита, металлов и фенолоформальдегидной смолы, верхний слой – на основе порошков электродного графита, новолачной фенолоформальдегидной смолы и уротропина [8].

Постановка задачи. Целью работы является оценка влияния отдельных компонентов композиционных материалов на удельное электросопротивление вставок токоприемников и щеток электромашин.

Основная часть исследования. В качестве компонентов медно-графитовых композиционных материалов электротехнического назначения использовали порошки меди ПМС-1, искусственного графита и фенолоформальдегидной смолы резольного типа ЛБС-20.

Компоненты композита подвергали предварительной подготовке. Порошок ПМС-1 просушивали и термически обрабатывали при температуре 500...600 °С в среде монооксида углерода. Искусственный графит размалывали в шаровой керамической мельнице и отбирали фракции, с размером частиц не более 60 мкм. Вязкость смолы ЛБС-20 доводили до 70...80 сек по ВЗ-246 путем добавок ректифицированного этилового спирта.

Первую партию образцов на основе порошков ПМС-1 и искусственного графита изготавливали по следующей технологии. Навески ПМС-1 и порошка графита смешивали в керамическом смесителе в течение 60 мин и подвергали двустороннему прессованию при удельном давлении 220 МПа. Полученные формовки спекали при температуре 720 ± 10 °С в течение 120 мин.

Влияние содержания порошка меди на величину удельного электросопротивления медно-графитового композиционного материала представлено на рис. 1,а.

Значительное снижение удельного электросопротивления наблюдается при увеличении содержания меди до 20 %.

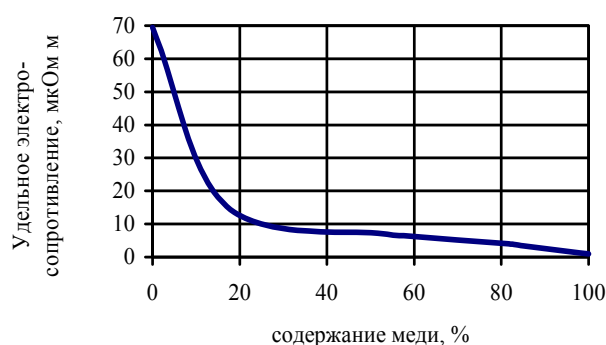


Рисунок 1 – Влияние содержания меди (а) и углерода (б) на удельное электросопротивление двухкомпонентного медно-графитового композита

При последующем увеличении содержания данного компонента удельное электросопротивление композиционного материала снижается с 11,0 до 0,94 мкОм·м. Увеличение содержания порошка графита обуславливает возрастание удельного электросопротивления до величины 69,5 мкОм·м (рис. 1,б), при этом увеличение удельного электросопротивления имеет линейный характер вплоть до содержания графита 70 % мас. При дальнейшем увеличении его содержания наблюдается нелинейное возрастание удельного электросопротивления.

Определенный интерес представляет влияние плотности двухкомпонентного медно-графитового композита на удельное электросопротивление (рис. 2). Увеличение плотности композита с 2,14 до 6,50 г/см³ сопровождается снижением удельного электросопротивления по закону, близкому к экспоненциальному.

Вторую партию образцов с применением связующего ЛБС-20 изготавливали путем перемешивания порошков ПМС-1 и графита в керамическом смесителе с последующим совмещением с заданным количеством (вязкость – 70...80 сек по ВЗ-246); полученную смесь перемешивали до равномерного распределения ЛБС-20.

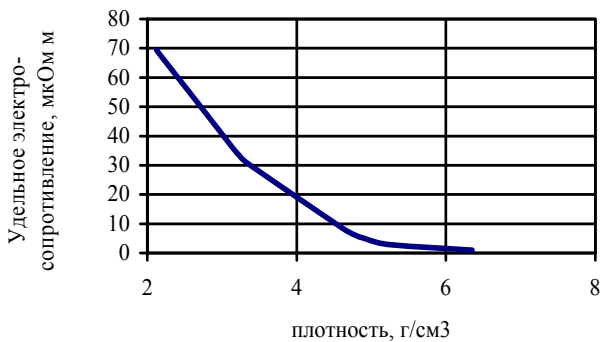


Рисунок 2 – Влияние плотности медно-графитового композита на его удельное электросопротивление

Пресс-массу нагревали до температуры 55 ± 5 °С и выдерживали в течение 60 мин. Остаточное содержание органического растворителя (этилового спирта) не превышает 4,0 %. Далее просушенную массу подвергали прессованию при давлении 220 МПа и термообработке в среде инертного газа (аргона) и углеродной засыпки.

Режим термообработки представлен на рис. 3.

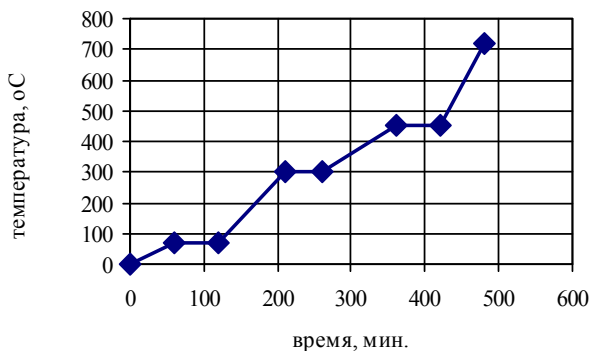
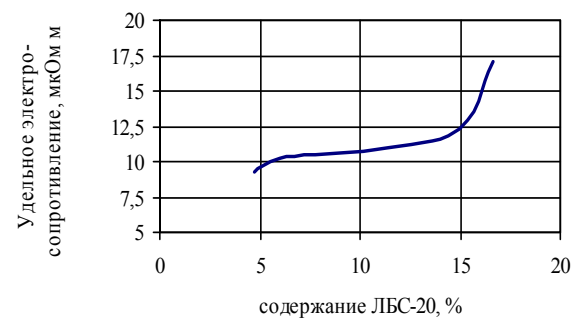
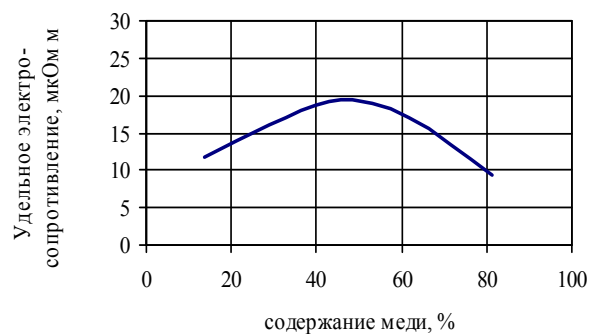


Рисунок 3 – Температурно-временной график термообработки медно-графитовых трехкомпонентных композитов

Установлено, что влияние содержания ЛБС-20 на удельное электросопротивление композитов имеет существенно нелинейный характер, что представлено на рис. 4,а.



а



б

Рисунок 4 – Влияние содержания ЛБС-20 (а) и меди (б) на удельное электрическое сопротивление трехкомпонентного медно-графитового композита

Влияние содержания меди на удельное электросопротивление трехкомпонентного медно-графитового композита имеет экстремальный характер (рис. 4,б). Максимальное значение удельного электросопротивления составляет 19 мкОм·м при содержании медного порошка в пределах 48...50 %.

Выводы. Выполнен анализ основных направлений совершенствования структуры и функциональных свойств композиционных материалов на основе углерода электротехнического назначения. Установлено влияние содержания компонентов на удельное электросопротивление композиционных материалов. Экспериментально установлены пределы линейного и нелинейного изменения значений удельного электросопротивления.

Бібліографічний список

1. **Рогайлин, М. И.** Справочник по углеграфитовым материалам [Текст] / М. И. Рогайлин, Е. Ф. Чалых. – Л. : Химия. – 1974. – 208 с. – Библ.: с. 206-207. – 1780 экз
2. **Пат. 2075805 Российская Федерация, МПК Н 01 R 43/12.** Способ изготовления материала для токопроводящих контактных элементов [Текст] / П. П. Смазнов, В. Д. Дмитриевич, В. В. Белоглазов, А. А. Реморов, В. Я. Берент; заявитель и патентообладатель П. П. Смазнов, В. Д. Дмитриевич, В. В. Белоглазов, А. А. Реморов, В. Я. Берент. – № 92015917/07; заявл. 31.12.1992; опубл. 20.03.1997.
3. **Пат. 2109645 Российская Федерация, МПК В 60 L 5/08, Н 01 R 39/20.** Способ изготовления контактных вставок токосъемников электрического транспорта [Текст] / В. П. Хараськин, В. Д. Мазеин, А. Г. Морозова, Л. П. Путищева; заявитель и патентообладатель Нижнетагильский химический завод «Планета». – № 94040319/28; заявл. 01.11.1994; опубл. 27.04.1998.

4. **Пат. 2150444 Российская Федерация, МПК С 04 В 35/52.** Материал для токопроводящих контактных изделий, способ его изготовления и изделие [Текст] / Л. М. Бучнев, И. С. Гершман, С. А. Зинченко, В. Ю. Мищенко, М. И. Николин; заявитель и патентообладатель Л. М. Бучнев, И. С. Гершман, С. А. Зинченко, В. Ю. Мищенко, М. И. Николин. – № 98109629/03; заявл. 20.05.1998; опубл.10.06.2000.
5. **Пат. 2156704 Российская Федерация, МПК В 60 L 5/00, В 60 L 5/08.** Вставка контактная токоприемника [Текст] / И. В. Гаврилов, А. Н. Вавилов; заявитель и патентообладатель «Закрытое акционерное общество «Техпромстрой». – № 99124046/28; заявл. 15.11.1999; опубл.27.09.2000.
6. **Пат. 2244037 Российская Федерация, МПК С 22 С 9/00, С 22 С 1/05, С 22 С 1/08, С 22 С 1/10, В 22 F 3/12, В 60 L 1/00, В 60 L 5/24.** Низкоомный материал с улучшенной рабочей характеристикой износа, предназначенный для передачи электрического тока, и способ его получения: [Текст] / Хе Да Хай, Р. Р. Манори, Н. Дж. Грейди, Г. Синкис, К. Пачеко; заявитель и патентообладатель Хе Да Хай, Р. Р. Манори, Н. Дж. Грейди, Г. Синкис, К. Пачеко. – № 2001119452/02; заявл. 16.12.1999; опубл.10.01.2005.
7. **Пат. 2166817 Российская Федерация, МПК Н 01 R 39/22, Н 01 R 43/12.** Композиция для изготовления щеток электрических машин [Текст] / Л. Д. Чупарова, И. К. Бороха, В. А. Дербенев, Г. М. Коршунов, А. И. Демидова, В. П. Степанов; заявитель и патентообладатель ГУП «Научно-исследовательский и проектно-технологический институт электроугольных изделий». – № 99125883/09; заявл. 09.12.1999; опубл.10.05.2001
8. **Пат. 2130390 Российская Федерация, МПК В 60 L 5/08.** Контактная вставка токосъемников троллейбусов и токопроводящий композиционный материал для ее изготовления [Текст] / А. Г. Титенко, В. А. Брагин, Н. А. Титенко; патентообладатель А. Г. Титенко. – № 97109406/28; заявл. 03.06.1997; опубл.20.05.1999.

Стаття надійшла до редакції 15.12.2015 р.
Рецензент, проф. Г.О. Колобов

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука
<http://www.zgia.zp.ua>