

УДК 662.749.2

Т.А. Андреева, студент гр. ХТб-131, III курс,  
научные руководители: А.Ю. Игнатова, к.б.н., доц.,  
А.В. Папин, к.т.н., доц. (КузГТУ, г. Кемерово)

## **ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ОТХОДОВ И ПОЛУЧЕНИЕ ИЗ НИХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Кузбасс занимает лидирующую позицию в России по количеству отходов топливно-энергетической промышленности, значительная масса отходов не перерабатывается и складывается в отвалах, свалках, шламо- и хвостохранилищах, и это сказывается на экологической ситуации в регионе. Наличие огромного количества углеродсодержащих отходов толкает ученых Кузбасса к поиску направлений их переработки. Эффективная переработка данных отходов позволит не только избежать экологической катастрофы, но и более рационально использовать исчерпаемые невозобновляемые природные ресурсы.

Существует несколько направлений по переработке угольных отходов, среди них газификация некачественных углей и угольных отходов, направленное окисление и гидролиз, плазменная переработка, изготовление водоугольного топлива и др.

Принципиально новым решением в переработке угольных отходов является их использование в качестве сырья для получения углеродсодержащих нагревательных элементов. Обычно в качестве сырья для изготовления токопроводящих частей нагревательных элементов используются технический углерод, графит, сажа.

Для получения электротехнического элемента графит и сажу смешивают со связующим веществом — каменноугольной смолой или жидким стеклом, прессуют и подвергают обжигу при температуре 2200—2500°C, т. е. энергетические затраты на получение токопроводящих частей значительны.

Нагревательные углеродсодержащие токопроводящие элементы обладают рядом положительных характеристик, и в отличие от металлических нагревательных элементов потребляют в несколько раз меньше электроэнергии. Углеродсодержащие элементы нагреваются до температуры в среднем около 100 °C. Для таких нагревательных элементов не характерны эффекты аккумуляции статического электричества, а также возникновение вредного магнитного поля, возбуждаемого переменным током в токопроводящем элементе. Углеродсодержащие проводники имеют массу, в несколько раз меньшую, чем у аналогичных металлических проводников.

Часто в качестве материала нагревательного элемента используют карбон — прочный и легкий материал, получаемый путем переплетения

тонких нитей графита и резины. К главным достоинствам карбона относятся его малый вес и не уступающая металлам прочность. Недостаток карбона – его высокая цена, обусловленная весьма сложной технологией изготовления материала. Углеродная карбоновая нить, являющаяся нагревательным элементом, имеет огромное преимущество в энергопотреблении по сравнению с нагревательными элементами, изготовленными из вольфрама. Достигается оно за счет излучения обогревателем только волн инфракрасного спектра излучения. Вольфрамовая же нить испускает как инфракрасные волны, так ультрафиолетовые, излучение которых не дает тепла.

Японскими учеными Такеути Манабу, Коиде Акихико, Катаяма Казухико был разработан состав углеродсодержащей композиции, предназначенной для нагревательного элемента курительного изделия несжигаемого типа. Углеродсодержащая нагревательная композиция содержит 30-55 вес. % карбоната кальция, а остальное составляет углерод, включая случай, когда нагревательная композиция содержит связующее. Источник углерода (в форме частиц) не особенно ограничен, и можно использовать любые известные виды углерода [1].

Российские ученые [2] предлагают изготавливать электропроводную резистивную нить для тканых нагревательных элементов, состоящую из синтетического волокна на основе поли-*m*-фениленизофталамида, поли-*n*-фенилентерефтамиды или поли-*n*-бензамида и углеродного наполнителя – технического углерода и графита. Наполнитель распределен в указанном синтетическом волокне при массовом соотношении синтетического волокна и наполнителя от 1: 0,2 до 1:0,3. Для изготовления нити готовят раствор термостойкого волокнообразующего полимера, в который добавляют при перемешивании технический углерод, диспергируют его и получают коллоидный раствор, в который дополнительно вводят растворитель для снижения концентрации термостойкого волокнообразующего полимера до 6-7%. Затем вводят коллоидный графит и осуществляют его диспергирование в коллоидном растворе. Из полученного прядильного раствора формируют углеродсодержащие волокна по сухомокрому способу. Недостатками метода являются многостадийность процесса изготовления нагревательного элемента и использование большого количества химических реагентов синтетической природы.

Иванова И.В. с соавт. [3] предлагают способ получения нагревательного элемента, имеющего в качестве электропроводящего материала углеродное волокно, а в качестве изоляционного материала – синтетический полимер. Способ содержит формирование заготовки для получения электропроводящего материала скручиванием жгута из полимерных нитей, обработку заготовки водным раствором катализатора, ее сушку, термоокисление при 200÷300°C, карбонизацию при 1500÷2000°C и графитизацию при 2000÷3000°C. Обработка заготовки для получения электропроводящего

материала водным раствором катализатора производится при давлении  $(2\div5)\cdot 10^5$  Па и температуре  $20\div 50^\circ\text{C}$ . Слой изоляционного материала - силиконового каучука - наносится на электропроводящий материал экструзией при  $150\div 200^\circ\text{C}$  и давлении  $(2\div 3)\cdot 10^7$  Па. Техническим результатом является сокращение операций при достижении высоких физико-механических показателей, устойчивость к электрическому пробое и механическим нагрузкам. Недостатками метода являются сложность осуществления технологических операций и достаточно высокие значения температуры и давления, при которых возможно получение изделия с высокими физико-механическими показателями.

Левакова О.К. и др. [4] разработали способ изготовления электропроводящих покрытий резистивных нагревательных элементов. Электропроводящий композиционный материал содержит, мас. %: карбосилицид титана  $\text{Ti}_3\text{SiC}_2$  - 89-93, карбид титана  $\text{TiC}$  - 4-6 и фазу на основе железа - остальное. Для получения заявляемого электропроводящего композиционного материала используют шихту, содержащую, мас. %: ферросилиций 17-21, титан 67-70 и углерод 12-13 (сажа марки ПМ-15). Электропроводящая композиция содержит заявляемый электропроводящий композиционный материал 30-80 мас. % и связующее, в качестве которого используют кремнийорганическое соединение в количестве 20-70 мас. %. Достоинство изобретения заключается в том, что покрытия на основе карбосилицида титана обладают более высокой температурной стабильностью. Недостаток – использование дорогостоящего титана, значительно увеличивающего себестоимость готового нагревательного элемента.

Нами на базе лаборатории термодинамики многофазных систем КузГТУ разрабатывается технология получения нагревательных элементов, в которых в качестве сырья для токопроводящих частей нагревательного элемента предлагается использовать не технический углерод, а углеродсодержащие отходы - угольные шламы, кеки, твердый углеродистый остаток пиролиза автошин и другие техногенные отходы.

Разрабатываемые углеродсодержащие нагревательные элементы могут быть использованы при изготовлении различных обогревателей: электрических конвекторов, тепловентиляторов, теплых полов, электронагревательной ткани и других изделий, которые пользуются спросом как в промышленности, так и в быту.

Технологический процесс изготовления нагревательных элементов из данных отходов заключается в измельчении сырья до фракций 1-2 нм, просеивании и виброзаполнении токоизоляционной оболочки.

Преимуществом данного метода является то, что в процессе изготовления нагревательного элемента не используются химические реагенты, что исключает образования сточных вод. Также доступность исходного сырья позволит уменьшить себестоимость данных нагревательных элементов.

Список литературы:

1. Пат. № 2357623 Углеродсодержащая композиция для нагревательного элемента курительного изделия несжигаемого типа / Такеути Манабу, Коиде Акихико, Катаяма Казухико//Джапан Табакко ИНК. Заявл. 22.12.2005, опубл. 10.06.2009.
2. Пат. № 2203352 Электропроводная резистивная комплексная нить для электронагревательной ткани и способ изготовления этой нити/ И.А. Гриневич, Д.И. Филиппов, В.С. Толочик, Д.Клещик, А.В. Шелемех. Заявл. 27.06.2001, опубл. 27.04.2001.
3. Пат. РФ №2334373 Способ получения нагревательного элемента/ И. В. Иванова, И. С. Юрьев//ООО «ЭЛИТ». Заявл. 16.03.2007, опубл. 20.09.2008.
4. Пат. РФ № 2341839 Электропроводящий композиционный материал, шихта для его получения и электропроводящая композиция/ О. К. Лепакова, Н. Н. Голобоков, В. Д. Китлер и др.// Томский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук (ТНЦ СО РАН). Заявл. 31.10.2007, опубл. 20.12.2008.