УДК 537.311, 691.175
doi:10.18.101/978-5-9793-0883-8-33-35

Композиционный резистивный материал для нагрева элементов конструкций технологического оборудования

С. В. Мелентьев*, С. В. Павлов, М. А. Мищенко[1]
[1]Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2,
*e-mail: sergey.melentev.88@mail.ru

Аннотация

Разработан процесс формирования композиционного резистивного материала на основе полиуретана на технологическом оборудовании. В работе описана схема электрического нагревателя, которая обеспечивает отсутствие внешних воздействий на резистивный композит и его долговечность, а также удовлетворяют всем требованиям по безопасности производимых работ. Изготовлена конструкция греющего щита термоактивной опалубки и греющей плиты пресса с электрическим нагревателем. Установлено, что использование резистивного композита на основе полиуретана в конструкции электрического нагревателя позволяет добиться равномерного температурного поля по всей площади элемента конструкции технологического оборудования. Установлено, что максимальная рабочая температура и удельное объемное сопротивление электрического нагревателя в течение 8000 часов сохраняют свои значения, что свидетельствует о его работоспособности.

Ключевые слова: резистивный композит, полиуретан, коллоидно-графитовый препарат, греющее покрытие, электрический нагреватель, технологическое оборудование.

Composite Resistive Material for Structural Elements Heating of the Technological Equipment

S. V. Melentyev*, S. V. Pavlov, M. A. Mishchenko[1]
[1]Tomsk State University of Architecture and Building, 634003, Russia, Tomsk, Solyanaya Sq., 2,
*e-mail: sergey.melentev.88@mail.ru

Abstract

The process of a composite resistive material based on polyurethane forming on the technological equipment has been developed. The paper describes the scheme of the electric heater, which ensures the absence of external influences on resistive composite and its durability and meets all the safety requirements of the work undertaken. The construction of the heating shield thermosetting formwork and the heating plate press with electric heaters is made. It has been found that the using resistive composite based on polyurethane electric heater design to achieve uniform temperature field over the entire area of the technological equipment structural elements. It has been revealed that the maximum operating temperature and specific volume resistance electric heater during 8000 hours retain their values, indicating its performance.

Keywords: resistive composite, polyurethane, colloidal-graphite preparation, heating coating, electric heater, technological equipment.

В настоящее время широкое распространение получило производство новых функциональных полимерных композитов [1–3]. Они используются в строительной, машиностроительной и др. отраслях. К ним относятся, в частности, композиционные резистивные материалы (КРМ), применяемые в виде покрытий для нагрева элементов конструкций технологического оборудования, например греющих плит прессов, стенок гальванических ванн, щитов термоактивных опалубок [4]. Проведенный анализ современного состояния исследований в области создания КРМ показал, что остаются нерешенными ряд проблем, обусловленных отсутствием у известных греющих покрытий комплекса таких характеристик, как стабильность электрического сопротивления в длительном временном интервале, высокая адгезия к металлам, равномерное распределение температуры. При создании КРМ в качестве связующих используют фторопласт, полипропилен и др. В качестве токопроводящего компонента используют углеродные наполнители (сажа, нанотрубки и др.). Хорошо известно, что полиуретан обладает хорошей адгезией практически ко всем существующим материалам, способностью обеспечить прочный контакт молекул полимера с частицами наполнителя. Следовательно, его применение в качестве матрицы является перспективным.

Целью работы является разработка процесса формирования КРМ на основе полиуретана на технологическом оборудовании и изучение его эксплуатационных характеристик.

Для проведения исследований разработан КРМ, в котором в качестве матрицы использован полиуретановый лак VM 700 GLOSS, а в качестве наполнителя коллоидно-графитовый препарат С-1 [5]. Разработанный процесс формирования КРМ в виде греющего покрытия на технологическом оборудовании включает ряд операций. Первый этап заключается в закреплении электрических контактов и изоляции поверхностей их соприкосновения с крепежными соединениями. Далее осуществляется нанесение на металлическую поверхность диэлектрического покрытия толщиной 100 мкм из лака GLOSS с последующей сушкой при температуре 23 °С в течение 60 мин. Следующим этапом являет-

ся дозировка компонентов. Далее углероднаполненную полиуретановую композицию в виде низковязкой суспензии подвергают диспергирующему смешению в течение 120 мин в шаровой мельнице для разрушения агрегатов С-1 и равномерного распределения его в связующем. После этого осуществляется послойное нанесение КРМ толщиной 300 мкм на диэлектрическую поверхность элемента конструкции с контактами методом пульверизации. Термообработка промежуточных слоев КРМ 100 мкм и 200 мкм проводится при температуре 50 °С в течение 30 мин. Полная полимеризация и стабилизирующая термообработка осуществляется при температуре 120 °С в течение 120 мин. При необходимости на КРМ наносят диэлектрическое покрытие толщиной 100 мкм.

С целью исследования эксплуатационных характеристик КРМ по описанной технологии разработаны электронагреватели на щите термоактивной опалубки (рис. 1а) и плите пресса (рис. 1б). Нагреватель выполнен в виде КРМ толщиной (301 ± 4) мкм и электрических контактов, соединенных с покрытием и закрепленных на щите опалубки и плите пресса. С обеих сторон электронагревателя нанесены покрытия: диэлектрическое и теплоизолирующее. Разработанные электронагреватели удовлетворяют всем требованиям по безопасности производимых работ. В ходе эксперимента установлено, что максимальная рабочая температура (130 ± 0,7) °С и удельное объемное сопротивление электрического нагревателя в течение 8000 часов сохраняют свои значения [5].

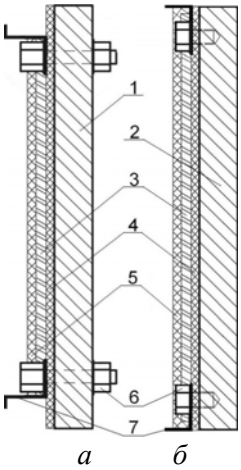

Рис. 1. Конструкции греющего щита термоактивной опалубки *(а)* и греющей плиты пресса *(б)* с электрическим нагревателем из КРМ: 1 – щит; 2 – плита; 3 – КРМ; 4 – диэлектрическое покрытие; 5 – теплоизоляционное покрытие; 6 – крепежное соединение; 7 – электроды

Равномерность температурного поля греющих плит прессов является важным условием для получения качественного материала или изделия путем прессования с подогревом. Допустимое отклонение температуры греющих плит составляет ± 5 °С. Применение КРМ в конструкции электронагревателя приводит к равномерному распределению температуры по рабочей поверхности греющего щита термоопалубки (рис. 2) и греющей плиты пресса. Температура 80 °С, а также ее перепад ± 0,5 °С на внутренней стороне греющего щита (рис. 2б), контактирующего с бетоном, соответствуют допустимому отклонению температуры для прогрева бетона в термоактивной опалубке (± 3 °С), а также для тепловой обработкой материалов под давлением в греющих плитах прессов.

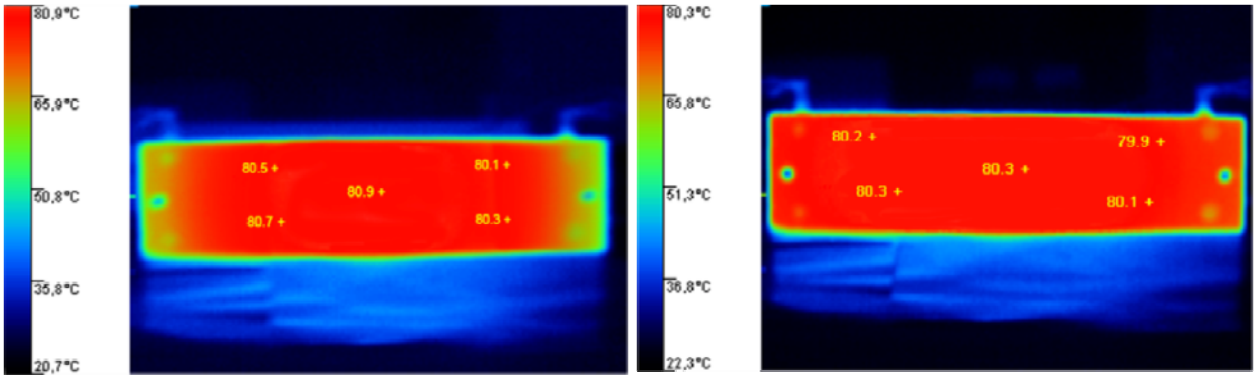

Рис. 2. Термограмма греющего щита термоактивной опалубки с КРМ:
а – электрический нагреватель; *б* – внутренняя сторона греющего щита.

Таким образом, в ходе проведения работы установлен процесс нанесения КРМ на основе углероднаполненного полиуретана на металлических поверхностях технологического оборудования, разработана конструкция электрического нагревателя с КРМ, который характеризуется высокой надежно-

стью, длительностью службы не менее 8000 часов, стабильностью электросопротивления, высокой адгезионной прочностью (28,12 ± 0,29) Н к металлическим поверхностям [5], равномерным температурным полем. Результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований, свидетельствуют о возможности использования КРМ на основе полиуретанового лака VM 700 GLOSS и токопроводящего наполнителя С-1 (24 мас. %) в виде греющих покрытий в конструкциях электрических нагревателей технологического оборудования.

Литература

1. Ying Li. Advances in carbon black filled conductive polymer composites // Yinxi From Suliao. – 2005. – Vol. 34, № 2. – P. 7–11.
2. Zeng M. Application of carbon series fillers in polymer-based conductive composite materials // Xiangjiao Gongye. – 2010. – Vol. 57, № 6. – P. 378–382.
3. Prokes J. Electrically conduction polymeric composites and nanocomposites // Handbook of Multiphase Polymer Systems. – 2011. – Vol. 25, № 4. – P. 425–477.
4. Xiu Z. Conductive polymeric materials // Jilin Huagong Xueyuan Xuebao. – 2005. – Vol. 22, № 1. – P. 65–67.
5. Потекаев А.И., Малиновская Т. Д., Мелентьев С.В., Шулепов И.А. Исследование механических свойств резистивного материала на основе углероднаполненного полиуретана // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2016. – Т. 59, № 1. – С. 126–128.

Сведения об авторах

Мелентьев Сергей Владимирович, к.т.н., заведующий лабораторией «Наноматериалы и нанотехнологии», доцент кафедры прикладной механики и материаловедения Томского государственного архитектурно-строительного университета, Россия, 634003, г. Томск, пл. Соляная 2, тел. раб.: +7(3822)650852; e-mail: sergey.melentev.88@mail.ru.

Павлов Сергей Вячеславович, студент третьего курса, группа 323/2, механико-технологический факультет Томского государственного архитектурно-строительного университета, Россия, 634003, г. Томск, пл. Соляная 2, тел. раб.: +7(3822)650852; e-mail: sergey_pavlov1994@mail.ru.

Мищенко Максим Александрович, студент первого курса, группа 3125, механико-технологический факультет Томского государственного архитектурно-строительного университета, Россия, 634003, г. Томск, пл. Соляная 2, тел. раб.: +7(3822)650852; e-mail: 406217@sibmail.com.

УДК 620.186
doi:10.18.101/978-5-9793-0883-8-35-37

Изучение локализации пластической деформации двухслойного металлического материала на макромасштабном уровне

С. А. Баранникова[1,2], А. В. Бочкарева[1,3], Ю. В. Ли[1], Л. Б. Зуев[1,2]

[1]Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия, г. Томск, пр. Академический 2/4, 634055
[2]Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Россия, г. Томск, ул. Ленина 36, 634050, e-mail: bsa@ispms.tsc.ru
[3]Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, ул. Ленина 30 634050, e-mail: avb@ispms.tsc.ru

Аннотация

В работе исследована закономерности распространения фронтов локализации пластической деформации биметаллического материала на основе соединения феритной низкоуглеродистой стали и аустенитной нержавеющей хромоникелевой стали. Для выявления и визуализации зон локализованной деформации был использован метод корреляции цифровых спекл – изображений, позволяющий определить поле векторов смещения в плоском образце при растяжении и рассчитать компоненты тензора пластической дисторсии (локальные удлинения $\varepsilon_{xx,}$ сдвиг ε_{xy} и поворот ω_z).

Ключевые слова: биметалл, локализация пластической деформации, пластическая деформация, метод корреляция цифровых спекл- изображений

Study of the Plastic Deformation Localization of the Bimetal on the Macroscale Level

S. A. Barannikova[1,2,], A. V. Bochkareva[1,3],Yu. V. Li[1], L. B. Zuev[1,2]

[1]Institute of Strength Physics and Materials Science, Siberian Branch Russian Academy of Sciences «ISPMS SB RAS»,
Russia, Tomsk, 2/4 Akademicheskii Ave., 634055
[2]National Research Tomsk State University «TSU» Russia, Tomsk, 36 Lenin Ave., 634050, e-mail: bsa@ispms.tsc.ru
[3]National Research Tomsk Polytechnic University «TPU», 30 Lenina Ave., Russia, Tomsk, 634055,
e-mail: avb@ispms.tsc.ru

Abstract

Evolution of localized plastic deformation in bimetal material casting in configuration: the working part (layer) from austenitic stainless steel and bearing part from low-carbon steel has been investigated in the work. The pictures of localization of the plastic flow during the process of uniaxial tension have been obtained by the digital image correlation method (DIC). With the method the vector field and the plastic distortion tensor components (local elongation, shear and rotation) have been investigated.

Keywords: bimetal, localized of the plastic deformation, plastic deformation, digital image correlation method.