УДК: 620.22-419.8:[546.26-162+678.842.043.93

АНИЗОТРОПИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА

© 2012 Д.М. Караваев[1], А.М. Ханов[1], А.И. Дегтярев[1], Л.Е. Макарова[1], Д.В. Смирнов[2], О.Ю. Исаев[2]

[1] Пермский национальный исследовательский политехнический университет
[2] ООО «Силур», г. Пермь

Поступила в редакцию 09.11.2012

Проведены механические испытания. Исследована анизотропия свойств при сжатии композиционного материала на основе отходов терморасширенного графита с модифицированной силиконовой смолой.

Ключевые слова: *механические испытания, анизотропия свойств, композиционные материалы, терморасширенный графит, отходы, модифицированная силиконовая смола*

При моделировании свойств композиционных материалов на основе отходов терморасширенного графита (ТРГ) и его отходов необходимо учитывать анизотропию свойств, возникающую из-за того, что при прессовании чешуйки графита [1, 2] перестраиваются в плоскость, перпендикулярную направлению действия силы прессования [3]. Авторы разработали композиционный материал, состоящий из двух порошкообразных компонентов – частиц размером 63-315 мкм, полученных измельчением отходов производства уплотнений из ТРГ и модифицированной силиконовой смолы (МСС). При создании материала авторы варьировали соотношением отходов ТРГ и связующего – ММС. Композиционный материал, получаемый прессованием, имеет структуру, где чешуйки графита располагаются перпендикулярно усилию прессования [3].

Заготовки из композиционного материала изготавливали односторонним прессованием тщательно перемешенных компонентов смеси, которые помещались в удлиненную вертикальную пресс-форму прямоугольного сечения со съемным дном [4]. Соотношение компонентов в композиционном материале приведено в табл. 1. После прессования заготовки спекали и разрезали на образцы для испытания на сжатие. Образец для испытания имел форму прямоугольной призмы, размеры: 10x10x15 мм (ГОСТ 4651-82 [5]). Механические испытания композиционного материала проводили на испытательной машине модели Р-0,5 по методике, подробно изложенной в работах [6, 7]. Эксперименты с каждый вариантом соотношений компонентов смеси (табл. 1) повторяли по 5 раз. Чтобы исключить влияние случайных ошибок, вызванных внешними условиями (переменой температуры, качеством сырья, квалификацией лаборанта и т. д.), рандомизировали опыты во времени, т.е. очередность их проведения выбирали случайным образом.

Таблица 1. Соотношение компонентов в композиционном материале

ТРГ (А), %	Связующее (В), %
90	10
80	20
70	30
60	40
50	50

Проведенные испытания и последующий анализ кривых «напряжение-деформация» (рис. 1) показали, что при сжатии композиционного материала, где ориентированные слои графита расположены перпендикулярно усилию сжатия, при достижении предельных значений напряжений образец разрушается мгновенно, процессу присущ взрывной характер. При сжатии

Караваев Дмитрий Михайлович, ассистент. E-mail: kmitom@ya.ru
Ханов Алмаз Муллаянович, доктор технических наук, профессор. E-mail: mtf-dekanat@pstu.ru
Дегтярев Александр Иванович, кандидат технических наук, профессор
Макарова Луиза Евгеньевна, ведущий инженер. E-mail: l.e.makarova@ya.ru
Смирнов Дмитрий Вениаминович, заместитель генерального директора. E-mail: smirnov@sealur.ru
Исаев Олег Юрьевич, генеральный директор. E-mail: isaev@sealur.ru

композиционного материала в направлении, параллельном ориентированным слоям графита, разрушение происходит поэтапно. Причем образующиеся трещины развиваются под углом близким к 45° (рис. 2.) или параллельно действию сжимающей силы (рис. 3), расслаивая образец в зависимости от содержания модифицированной силиконовой смолы.

Рис. 1. Характерные кривые «напряжение-деформация» при сжатии композиционного материала на основе отходов ТРГ в направлении, где ориентированные слои графита расположены перпендикулярно (1) и параллельно (2) усилию сжатия

Рис. 2. Характер разрушения образцов из композиционного материала на основе отходов ТРГ при сжатии в направлении, параллельном ориентированным слоям графита, с содержанием ММС от 20 мас.%.

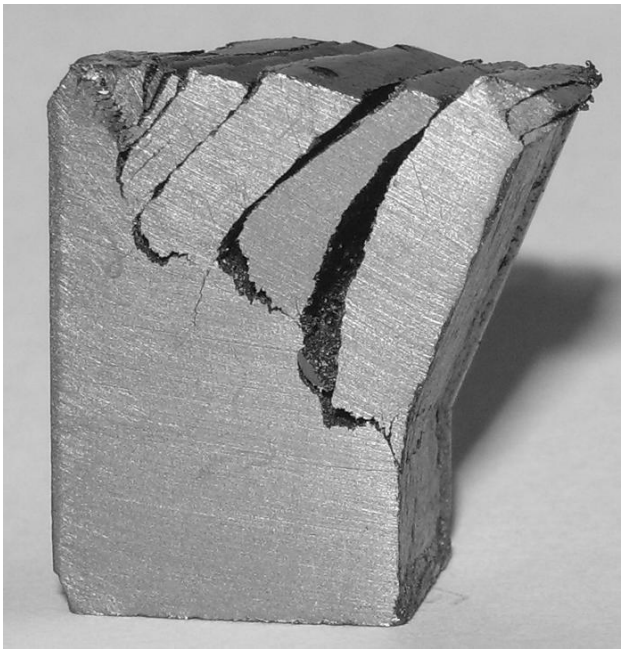

Рис. 3. Характер разрушения образцов из композиционного материала на основе отходов ТРГ при сжатии в направлении, параллельном ориентированным слоям графита, с содержанием ММС от 50 мас.%.

На рис. 4 и 5 графически представлены результаты статистической обработки испытаний композиционного материала на основе отходов ТРГ с содержанием ММС от 10 до 50 мас.%.

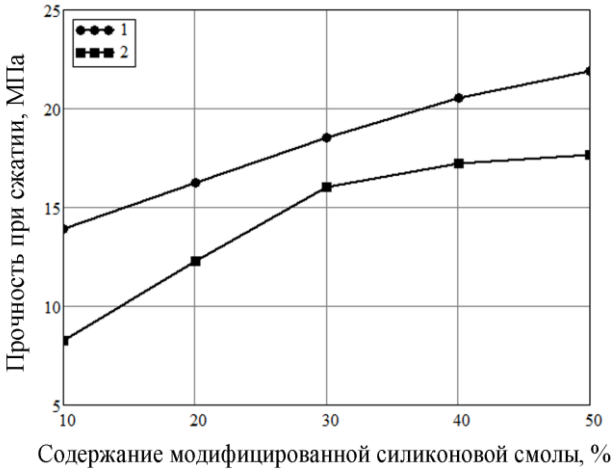

Рис. 4. Влияние содержания ММС на величину предела прочности образцов из композиционного материала на основе отходов ТРГ при сжатии в направлении, перпендикулярном (1) и параллельном (2) ориентированным слоям графита

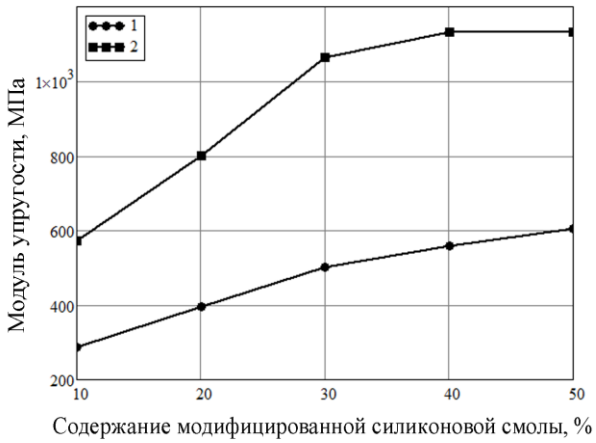

Рис. 5. Влияние содержания ММС на величину модуля упругости образцов из композиционного материала на основе отходов ТРГ при сжатии в направлении, перпендикулярном (1) и параллельном (2) ориентированным слоям графита

Выводы: проведенные эксперименты подтвердили, что композиционный материал обладает выраженной анизотропией свойств. Величина предела прочности при сжатии образцов в направлении, параллельном ориентированным слоям графита, меньше на 4-6 МПа, чем в перпендикулярном. Модуль упругости при сжатии образцов в направлении, параллельном ориентированным слоям, в 2 раза больше, чем в перпендикулярном и составляет 1100-1200 МПа. При этом надо заметить, что в ранее проведенной работе [8] при измерении твердости при вдавливании шарика по ГОСТ 4670–91 [9] на поверхности образцов того же состава анизотропия твердости не выявлена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Ханов, А.М.* Особенности строения терморасширенного графита / *А.М. Ханов, Л.Е. Макарова, А.И. Дегтярев* и др. // Известия Самарского научного Центра Российской академии наук. 2012. Т. 13, № 4(4). С. 1119-1122.
2. *Ханов, А.М.* Особенности строения и использования терморасширенного графита / *А.М. Ханов, Л.Е. Макарова, А.И. Дегтярев* и др. // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2012. Т. 14, № 1. С. 92-106.
3. *Celzard, A.* Modelling of exfoliated graphite / *A. Celzard, J.F. Mareche, G. Furdin* // Progress in material science. 2005. V. 50, №1. P. 93-179.
4. Пат. 2460642 Российская Федерация, МПК B 29 C 43/02. Устройство для прессования порошков / А.М. Ханов, Д.М. Караваев, А.А. Нестеров и др. № 2011125289/05; заявл. 17.06.2011; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25. 9 с.
5. ГОСТ 4651-82 Пластмассы. Метод испытания на сжатие. – М.: Изд-во стандартов, 1998. 8 с.
6. *Караваев, Д.М.* Механические свойства композиционного материала на основе терморасширенного графита / *Д.М. Караваев, А.М. Ханов, А.И. Дегтярев* и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 1(2). С. 562-564.
7. *Караваев, Д.М.* Разработка метода механических испытаний композиционных материалов на основе терморасширенного графита в диапазоне рабочих температур / *Д.М. Караваев, Е.С. Русин* // Master's Journal. 2012. №1. С. 55-57.
8. *Караваев, Д.М.* Определение твердости композиционных материалов на основе терморасширенного графита / *Д.М. Караваев, В.К. Безматерных, В.А. Москалев, Л.Е. Макарова* // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2012. Т. 14, № 3. С. 103-108.
9. ГОСТ 4670-91 Пластмассы. Определение твердости. Метод вдавливания шарика. – М.: Изд-во стандартов, 1992. 8 с.

MECHANICAL PROPERTIES ANISOTROPY OF COMPOSITE MATERIAL BASED ON THERMOEXPANDED GRAPHITE

© 2012 D.M. Karavayev[1], A.M. Khanov[1], A.I. Degtyarev[1], L.E. Makarova[1], D.V. Smirnov[2], O.Yu. Isaev[2]

[1] Perm National Research Polytechnical University
[2] JSC “Sealur”, Perm

Mechanical tests are carried out. Anisotropy of properties at compression of composite material based on a waste of thermoexpanded graphite with modified silicone resin is investigated.

Key words: *mechanical tests, anisotropy of properties, composite materials, thermoexpanded graphite, waste, modified silicone resin*

Dmitriy Karavaev, Assistant. E-mail: kmitom@ya.ru
Almaz Khanov, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: mtf-dekanat@pstu.ru
Alexander Degtyarev, Candidate of Technical Sciences, Professor
Luisa Makarova, Leading Engineer. E-mail: l.e.makarova@ya.ru
Dmitriy Smirnov, Deputy General Director. E-mail: smirnov@sealur.ru
Oleg Isaev, General Director. E-mail: isaev@sealur.ru