

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕРМИЧЕСКОГО ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА

© 2013 А.А. Нестеров, Л.Д. Сиротенко, Е.В. Матыгуллина, В.А. Москалев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Поступила в редакцию 07.11.2013

Определен температурный коэффициент линейного расширения полимерного композита. Показано влияние анизотропии экструдированного материала на его теплофизические характеристики.

Ключевые слова: *экструзия, температурный коэффициент линейного расширения, полимерный композит, терморасширенный графит, анизотропия*

Одним из основных требований к уплотнениям из терморасширенного графита является стабильность объема в течение всего срока эксплуатации, в том числе при высоких температурах до 500°C [1]. Изменение геометрических характеристик при изменении температуры зависит, в свою очередь, от температурного коэффициента линейного расширения композита (ТКЛР). Для определения ТКЛР полимерного композита были изготовлены образцы из порошков ТРГ, полученных измельчением отходов производства уплотнений из терморасширенного графита (дисперсность 63-315 мкм.) и модифицированной силиконовой смолы в соотношении 70: 30 (об.). Результаты физико-механических испытаний показали, что данные соотношения компонентов обеспечивает композиционному материалу прочностные свойства, соответствующие требованиям условий эксплуатации уплотнительных элементов [2]. В качестве метода формования была выбрана экструзия, заменившая традиционные методы изготовления

уплотнений из ТРГ – прокатку и прессование [3-5]. Из сформированного экструдата в виде прутка были изготовлены образцы (рис. 1), при этом образец №1 был ориентирован в направлении, перпендикулярном направлению экструзии, а образец №2 – в направлении экструзии.

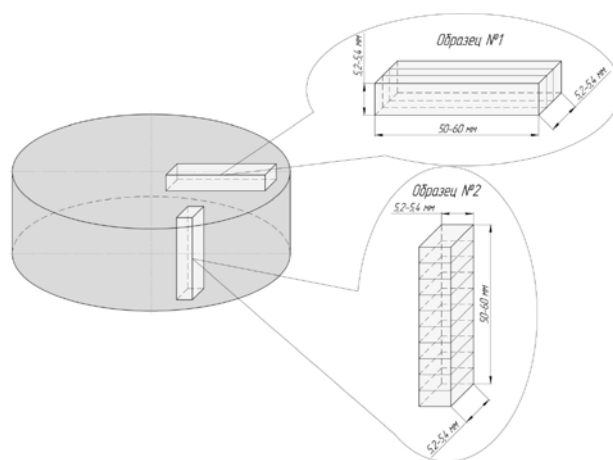


Рис. 1. Схема формирования испытываемых образцов

Исследование образцов, имеющих разную ориентацию, обусловлено тем, что в процессе экструзии, так же как и при прессовании, чешуйки графита перестраиваются в плоскостях, находящихся под определенным углом к направлению экструдирования [6]. При этом стоит учитывать, что, как правило, угол поворота плоскостей соответствует 1/2 конусного угла экструзионной головки [7]. ТКЛР композита для образцов №1 и №2 определялся на dilatометре, схема которого представлена на рис. 2.

Нестеров Александр Александрович, старший преподаватель кафедры «Конструирование машин и технологии обработки материалов». E-mail: pstutmk-03@rambler.ru

Сиротенко Людмила Дмитриевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование машин и технологии обработки материалов». E-mail: sirotenko@pstu.ru

Матыгуллина Елена Вячеславовна, доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование машин и технологии обработки материалов». E-mail: matik68@rambler.ru

Москалев Владимир Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование машин и технологии обработки материалов». E-mail: detali@pstu.ru

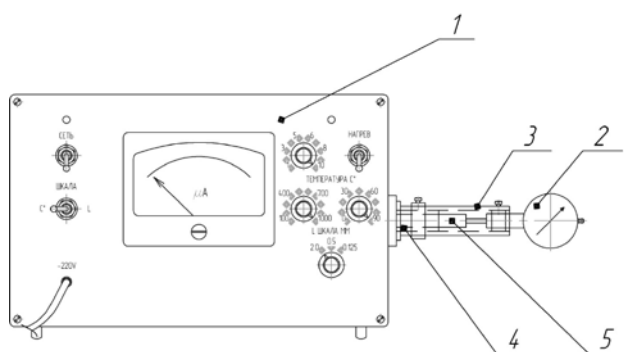


Рис. 2. Дилатометр:

1 – корпус дилатометра; 2 – индикаторная головка; 3 – кварцевый переходный элемент; 4 – кварцевая пробирка; 5 – кварцевый толкатель

Перед началом испытания измеряли длину исследуемого образца с точностью до $\pm 0,01$ мм. Собрали измерительный узел на базе индикатора часового типа; испытуемый образец поместили в кварцевую пробирку 4. В кварцевую пробирку ввели кварцевый толкатель 5. Кварцевую пробирку 4 с образцом и кварцевым толкателем 5 вставили в переходный элемент 3. В переходный элемент 3 с другой стороны ввели неподвижную ось измерительного прибора 2. Закрепили винтами в переходнике 3 кварцевую пробирку 4 с образцом и кварцевым толкателем 5 и неподвижную ось индикатора 2. Ввели кварцевую пробирку 4 в боковое отверстие печи дилатометра до находящегося на переходном элементе 3 упора. Включили печь, задали требуемую температуру 500°C и мощность нагрева печи. Фиксировали показания через интервалы времени – 5 мин. После достижения установленной температуры выключили печь и записали показания при последовательном медленном охлаждении образца (также с интервалом 5 минут). По результатам измерений, фиксируемых индикатором 2, построили дилатометрические кривые.

Расчет ТКЛР, $^{\circ}\text{C}$, произвели по формуле:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T} + 0,55 \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

где ΔL – изменение длины образца в интересующем диапазоне температур, мм; L_0 – начальная длина образца, мм; ΔT – разность температур образца, в диапазоне которых необходимо произвести расчет ТКЛР, $^{\circ}\text{C}$; $0,55 \cdot 10^{-6}$ – коэффициент линейного расширения кварцевого стекла, $^{\circ}\text{C}$. Учитывает поправку от расширения кварцевой пробирки, которое на длине образца не компенсируется расширением кварцевого толкателя.

На рис. 3 и рис. 4 показаны характерные зависимости ТКЛР полимерного композиционного материала с соотношением компонентов

ТРГ и связующего 70: 30 (об.) от температуры при нагревании (в диапазоне ≈ 20 – 470°C).

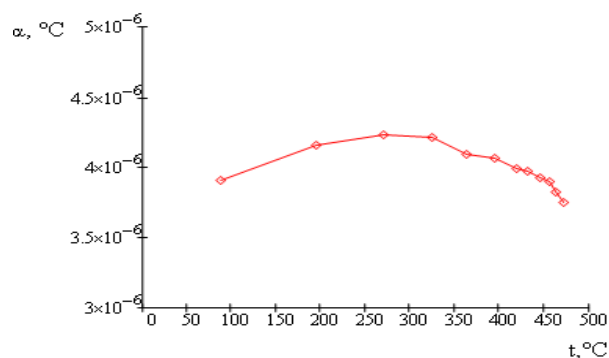


Рис. 3. График зависимости ТКЛР от температуры (в диапазоне 28 – 472°C) при нагревании образца №1.

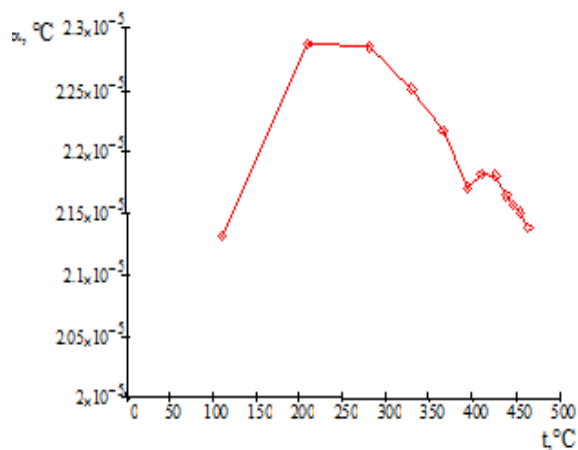


Рис. 4. График зависимости ТКЛР от температуры (в диапазоне 26 – 464°C) при нагревании образца №2

Выводы: проведенные исследования подтверждают, что композиционный материал обладает выраженной анизотропией свойств. Величина температурного коэффициента линейного расширения в направлении, перпендикулярном направлению экструзии по результатам испытаний составляет $\sim 3,89 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}$, а в направлении экструзии – $\sim 21,65 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Белова, М.Ю. Модифицированные уплотнения из терморасширенного графита / М.Ю. Белова, И.А. Малкова, А.С. Кольшикин и др. // Арматуростроение. 2006. № 3 (42). С. 69-73.
2. Караваяев, Д.М. Механические свойства композиционного материала на основе терморасширенного графита / Д.М. Караваяев, А.М. Ханов, А.И. Дегтярев и др. // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, №1 (2). С. 562-564.

3. *Нестеров, А.А.* Получение полимерных композиционных материалов с ТРГ-наполнителем методом экструзии / *А.А. Нестеров, В.А. Москалев, Л.Е. Макарова* // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2012. Т. 14. № 2. С. 37-40.
4. *Макарова, Л.Е.* Предварительная подготовка к экструдированию композиций на основе терморасширенного графита и полимерной связки / *Л.Е. Макарова, А.И. Дегтярев, В.А. Москалев* и др. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2011. Т. 13. № 3. С. 19-22.
5. *Матыгуллина, Е.В.* Особенности формирования и разрушения полимерных композиционных материалов, содержащих ТРГ / *Е.В. Матыгуллина, Л.Е. Макарова, А.А. Нестеров* // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2013. Т. 15. № 1. С. 70-75.
6. *Караваяев, Д.М.* Анизотропия механических свойств композиционного материала на основе терморасширенного графита / *Д.М. Караваяев, А.М. Ханов, А.И. Дегтярев* и др. // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, №4 (5). С. 1243-1245.
7. *Нестеров, А.А.* Исследование реологических свойств пластифицированных масс на основе карбидных систем / *А.А. Нестеров, Л.Д. Сиротенко, Е.В. Матыгуллина* и др. // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, №4 (5). С. 1418-1422.

DETERMINATION THE COEFFICIENT OF THERMAL LINEAR DILATATION OF COMPOSITE POLYMERIC MATERIALS ON THE BASIS OF THERMOEXPANDED GRAPHITE

© 2013 А.А. Nesterov, L.D. Sirotenko, E.V. Matygullina, V.A. Moskalev

Perm National Research Polytechnical University

The coefficient of thermal linear dilatation of polymeric composite is defined. Influence of anisotropy of extruded material on its thermal characteristics is shown.

Key words: *extrusion, coefficient of thermal linear dilatation, polymeric composite, thermoexpanded graphite, anisotropy*

Alexander Nesterov, Senior Teacher at the Department "Machines Construction and Technologies of Materials Processing". E-mail: pstutmk-03@rambler.ru

Lyudmila Sirotenko, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department "Machines Construction and Technologies of Materials Processing". E-mail: sirotenko@pstu.ru

Elena Matygullina, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department "Machines Construction and Technologies of Materials Processing". E-mail: matik68@rambler.ru

Vladimir Moskalev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department "Machines Construction and Technologies of Materials Processing". E-mail: detali@pstu.ru