

Д.М. Караваев, В.К. Безматерных, В.А. Москалев
D.M. Karavaev, V.K. Bezmaternyh, V.A. Moskaev

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТОДОМ ЦАРАПАНИЯ

EQUIPMENT TO MEASURE THE MECHANICAL PROPERTIES BY SCRATCH METHOD

Сконструировано и изготовлено устройство для нанесения царапин. Разработана методика определения твердости методом царапания. Эта методика позволяет исследовать анизотропию механических свойств композиционных материалов на основе терморасширенного графита.

Ключевые слова: склерометр, метод царапания, механические свойства, твердость, анизотропия механических свойств.

The equipment for scraping are designed and manufactured. A method for determining the hardness scratch method was developed. This method allows us to study the anisotropy of mechanical properties of composite materials based on expanded graphite.

Keywords: sclerometer, method of scratching, mechanical properties, hardness, anisotropy of mechanical properties.

Неразрушающие методы испытаний широко применяются в промышленности, так как являются значительно менее трудоемкими, чем большинство других видов механических испытаний. Одним из способов, наряду с методами определения твердости при вдавливании различных по форме и размерам инденторов [1], является метод определения твердости царапанием.

Методы царапания (склерометрии) позволяют быстро и наглядно характеризовать микро(нано)твердость различных структурных составляющих, выявлять упрочнение у границ кристаллов, изучать анизотропию кристаллов, характеризовать износостойкость точнее, чем методом вдавливания индентора [2]. Измерение твердости методом склерометрии заключается в анализе профиля царапин, нанесенных на поверхность материала. Значение твердости исследуемого материала определяется относительно известного значения твердости стандартного образца по соотношению нагрузок и ширины царапин, полученных на исследуемом и стандартном образцах [3].

Для определения механических свойств методом царапания было сконструировано и изготовлено устройство на базе оптического микроскопа МВТ-71. При изготовлении устройства для нанесения царапин (рис. 1) из микроскопа МВТ-71 была извлечена вся оптическая часть, были установлены: поворотный стол 6 с захватами 7; сменный модуль для нанесения царапин, состоящий из индентора 9, штока 10, направляющего кольца 11 и набора грузов 12; сменный измерительный модуль (на рис. 1 не показан); электродвигатель 17, редуктор 16, соединенный муфтой 15 с механизмом перемещения поперечных салазок.

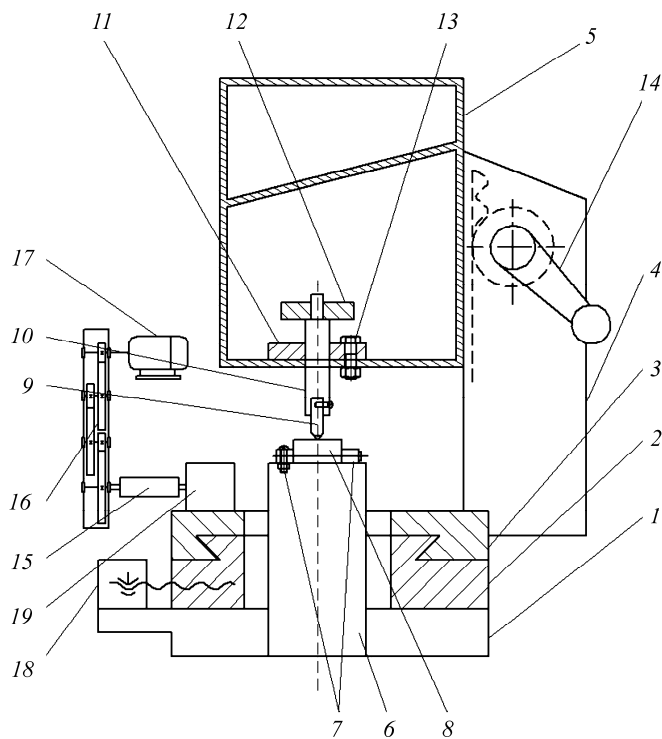


Рис. 1. Устройство для нанесения царапин: 1 – основание; 2 – салазки продольного перемещения; 3 – поперечные салазки; 4 – неподвижная колонна, соединенная с поперечными салазками; 5 – подвижная бабка; 6 – поворотный стол; 7 – захваты; 8 – образец; 9 – индентор; 10 – шток; 11 – направляющее кольцо; 12 – груз; 13 – болты; 14 – механизм перемещения бабки; 15 – муфта; 16 – редуктор; 17 – электродвигатель; 18 – механизм перемещения продольных салазок; 19 – механизм перемещения поперечных салазок

Устройство для нанесения царапин (склерометр) работает следующим образом. На поворотном столе 6 в захватах 7 закрепляется исследуемый образец 8. Затем индентор с помощью механизмов перемещения продольных

и поперечных салазок подводится к месту начала царапины и перемещением бабки 5 механизмом 14 приводится в контакт с образцом 8. После этого индентор нагружается грузом 12. Включается электродвигатель 17, который через редуктор 16 и муфту 15 начинает вращать механизм перемещения поперечных салазок 3. По расположенной на поперечных салазках шкале отмеряется длина необходимой царапины. После нанесения царапины определенной длины двигатель выключается. Индентор 9 подъемом бабки 5 выводится из контакта с образцом.

Для проведения царапин во взаимно перпендикулярных направлениях поворотный стол поворачивается на 90° , и проводится новая царапина с последующим выводом индентора из контакта с образцом. Модуль для нанесения царапин заменяется на измерительный модуль и измеряется профиль царапины минимум в 5 сечениях. Методика измерения ширины и глубины царапины подобна описанной в работе [4]. Также ширина царапины может быть замерена по снимку, полученному оптическим цифровым микроскопом «Альтами МЕТ-5» при увеличении от 50 до 2000 раз.

Устройство для нанесения царапин позволяет проводить исследования на образцах размером не более $30 \times 30 \times 30$ мм со скоростью перемещения индентора 4 мм/мин и нагрузкой 1–5 Н.

Для отработки методики проведения исследований на образцы из композиционного материала на основе отходов терморасширенного графита (ТРГ) [5], содержащим модифицированную силиконовую смолу от 10 до 50 %, были нанесены царапины индентором в виде конуса с углом при вершине 120° [6]. Царапины наносили на поверхности образцов под нагрузкой $P = 1$ Н, перпендикулярной ориентированным слоям графита поперек и вдоль их укладки, и параллельной ориентированным слоям графита в двух взаимоперпендикулярных направлениях [6]. Измеряли ширину царапины и проводили расчет относительной микротвердости H , МПа, по формуле [7]:

$$H = \frac{P}{b^2},$$

где P – нагрузка на индентор, $P = 1$ Н; b – средняя ширина царапины, мм.

Результаты исследований [6] представлены на рис. 2.

Относительная микротвердость образцов при царапании на поверхности, перпендикулярной ориентированным слоям графита, больше, чем на параллельной. При царапании поперек ориентированных слоев графита значения относительной микротвердости на 10–20 % больше, чем при царапании вдоль. Относительная микротвердость при царапании поверхности, параллельной ориентированным слоям графита в двух взаимоперпендикулярных направлениях, одинакова.

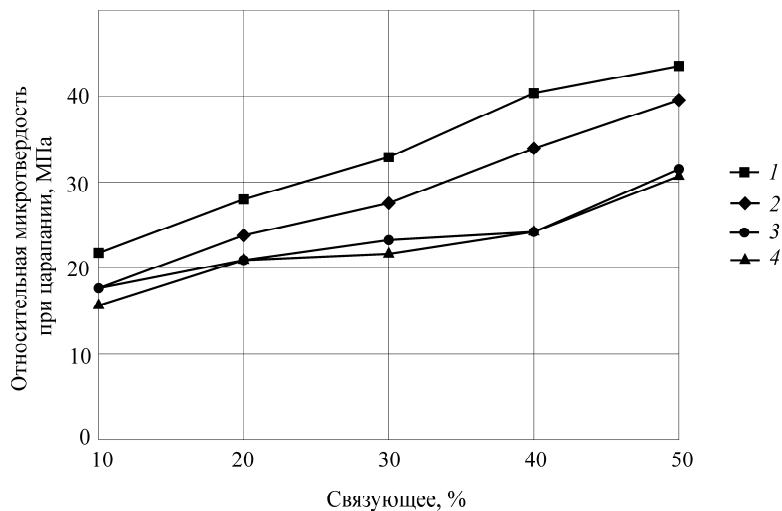


Рис. 2. Относительная микротвердость образцов из композиционного материала на основе отходов ТРГ при царапании поверхности: перпендикулярной ориентированным слоям графита поперек (1), вдоль (2) их укладки; параллельной ориентированным слоям графита в двух взаимоперпендикулярных направлениях (3, 4)

Сконструированное оборудование и предложенная методика позволяют определять по ширине царапин (относительной микротвердости) анизотропию макроструктурных особенностей и механических свойств образцов спрессованного композиционного материала на основе ТРГ.

Список литературы

1. Определение твердости композиционных материалов на основе терморасширенного графита / Д.М. Караваев, В.К. Безматерных, В.А. Москалев, Л.Е. Макарова // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14, № 3. – С. 103–108.
2. Григорович В.К. Твердость и микротвердость металлов. – М.: Наука, 1976. – 230 с.
3. Методы измерения механических свойств материалов с нанометровым разрешением и их метрологическое обеспечение / С.С. Усеинов, В.В. Соловьев, К.В. Гоголинский, А.С. Усеинов, Н.А. Львова // Труды научной сессии НИЯУ МИФИ-2010: в 6 т. / Нац. исслед. ядерный ун-т «МИФИ». – М., 2010. – Т. II. – С. 233–236.
4. Методики изучения трибологических характеристик пленок / А.Л. Каменева, Д.М. Караваев, А.В. Пепельшев, Н.В. Пименова // Технология металлов. – 2012. – № 2. – С. 34–37; – № 3. – С. 48–52.

5. Способ определения анизотропии композиций на основе терморасширенного графита / А.М. Ханов, Л.Е. Макарова, Д.М. Караваев, А.И. Дегтярев, А.В. Москалев, А.А. Нестеров // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – Казань, 2012. – № 4, вып. 1. – С. 95–99.

6. Особенности строения и использования терморасширенного графита / А.М. Ханов, Л.Е. Макарова, А.И. Дегтярев, Д.М. Караваев, В.А. Москалев, А.А. Нестеров, Д.В. Смирнов, О.Ю. Исаев // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14, № 1. – С. 92–106.

7. Боярская Ю.С. Деформирование кристаллов при испытаниях на микротвердость. – Кишинев: Штиинца, 1972. – 236 с.

Получено 15.02.2013

Караваев Дмитрий Михайлович – ассистент, ПНИПУ, МТФ, e-mail: kmcm@ya.ru.

Безматерных Виталий Константинович – магистрант, ПНИПУ, МТФ, ТМК-11м, e-mail: buhtuk19@rambler.ru.

Москалев Владимир Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, ПНИПУ, e-mail: v.a.moskalev@ya.ru.