

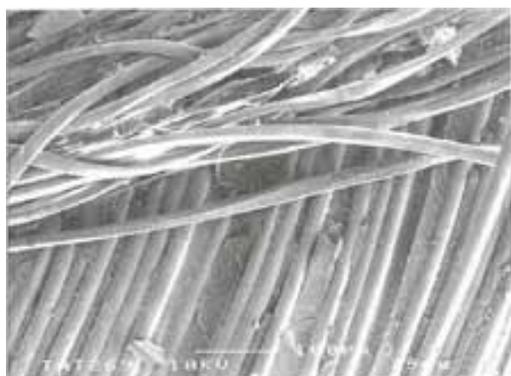
ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В УГЛЕРОДОПОЛНЕННОМ КОМПОЗИТНОМ МАТЕРИАЛЕ, ОБЛУЧЕННОМ ЭЛЕКТРОНАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МОЩНОСТЯХ ДОЗЫ

Д.Б. Аймуратов, А.И. Купчишин

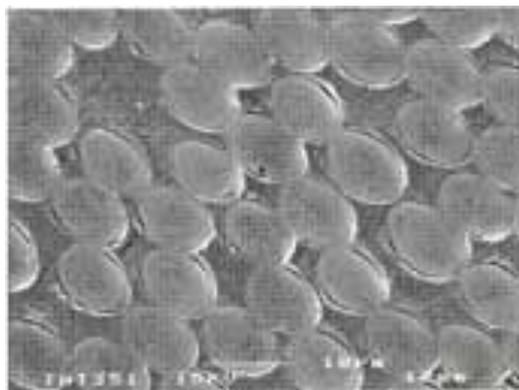
Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы

Радиационно-иницированные структурные изменения, наблюдаемые в углеродонаполненных полимерных композитах, приводят к нестандартным дозовым и температурным зависимостям электрического сопротивления.

Экспериментально измерены температурные зависимости электрического сопротивления ρ в диапазоне температур 20-300⁰с в образцах композитов, облученных до дозы 6 МГр при различных мощностях дозы \dot{r} . Мощности дозы варьировались в пределах 2 ± 6 кГр/с. Исследуемые композиты представляли собой слоистый прессованный материал, изготовленный из углеродных волокон, пропитанных эпоксидной смолой. Использовались углеродные волокна цилиндрической формы диаметром от 5 до 50 мкм. Структура образцов этого типа, изученная с помощью просвечивающей электронной микроскопии, показана на рис. 1-3.



а)



б)

Рис. 1. Укладка углеродных волокон в композите с эпоксидным связующим
а) продольное сечение образца; б) поперечное сечение образца



Рис.2. Углеродное волокно

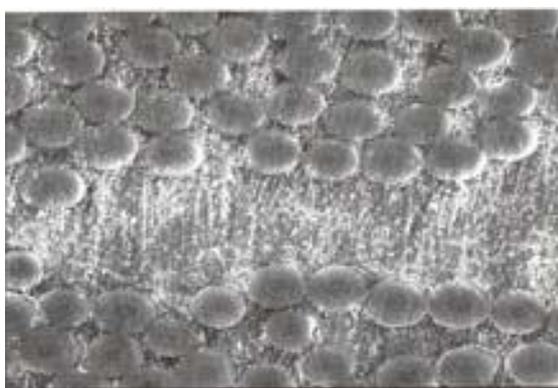
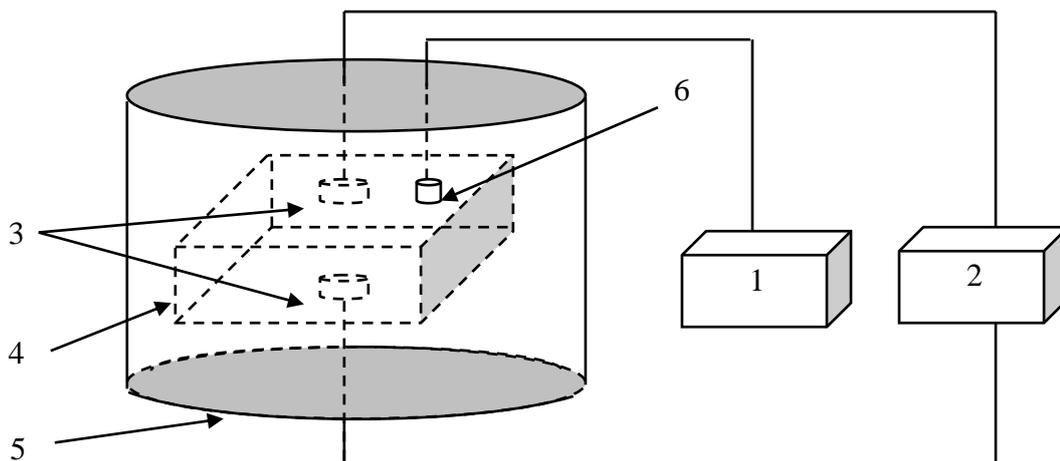


Рис.3. Структура промежуточной области между слоями композита



1 – вольтметр; 2 – мультиметр; 3 – контакты; 4 – образец; 5 – устройство для нагревания образца, 6 – термопара

Рис. 4. Принципиальная схема измерения электрического сопротивления образцов углеродонаполненного композита

На температурной зависимости электрического сопротивления (ρ от t) в необлученном образце наблюдается два пика: низкотемпературный - в области температур $75-85^{\circ}\text{C}$ и высокотемпературный - в области $200-220^{\circ}\text{C}$. Эти пики коррелируют со спектром механической релаксации и идентифицированы как пики, обусловленные структурными переходами в полимерной матрице и приграничной области связующее-наполнитель (углеродное волокно – эпоксидная смола). На спектре механической релаксации в композитах с эпоксидной смолой при температурах около 100°C наблюдается структурный переход, обусловленный процессом α -релаксации в образце. Этот процесс связан с переходом полимерного связующего композита из стеклообразного в высокоэластическое состояние, при котором происходит размораживание сегментальной подвижности в полимере [1]. Появление пика на температурной зависимости электрического сопротивления при температуре $85-100^{\circ}\text{C}$ обусловлено рассеянием носителей заряда на колебаниях сегментов полимерной макромолекулы.

Второй пик, наблюдаемый в области $200-250^{\circ}\text{C}$ в необлученном образце, по аналогии со спектром внутреннего трения, связан с переходом полимерной составляющей композита в вязкотекучее состояние. Этот переход обуславливает сильное рассеяние носителей заряда и приводит к значительному увеличению значений электрического сопротивления в этой области температур [2].

На рисунке 5 приведена зависимость ρ от t и видно, что увеличение мощности дозы приводит к снижению значений электрического сопротивления в исследуемых образцах.

Как видно из рисунка 5 в облученных образцах первый пик, обусловленный процессом α -релаксации исчезает. Это свидетельствует о том, что происходящие под действием ионизирующего излучения процессы деструкции и структурирования материала приводят к изменению числа сегментов, способных совершать колебания.

Значения электрического сопротивления в облученных образцах ниже по сравнению с необлученным образцом. Известно, что при поглощенных дозах облучения порядка 6 МГр в таких композитах преобладает радиационная деструкция материала, которая должна приводить к увеличению значений электросопротивления в облученных образцах. Однако наблюдаемое снижение значений электросопротивления вероятно, обусловлено термической и радиационной диффузией атомов углерода в различные структурные составляющие композитного материала. Кроме того, в облученных образцах диффузия атомов углерода в

полимерную матрицу протекает более интенсивно по сравнению с переходной областью композита.

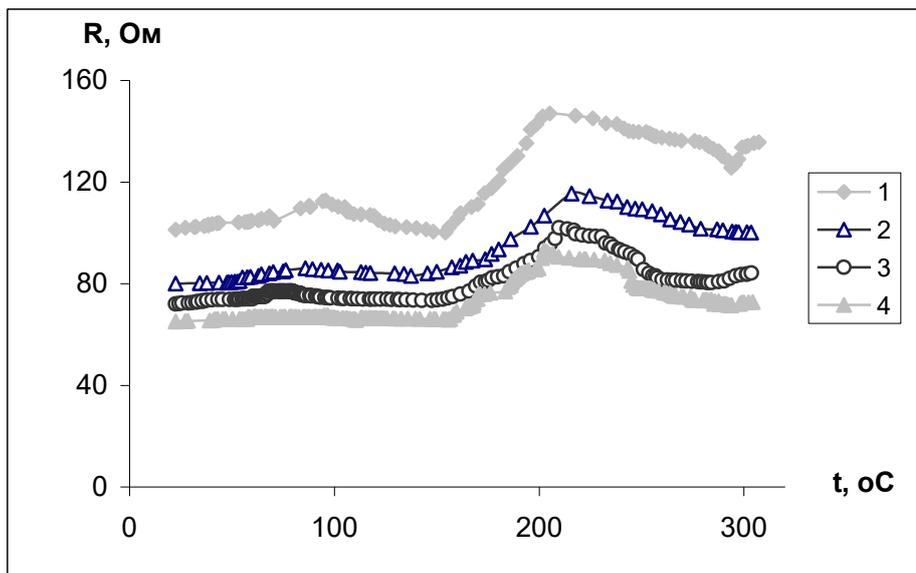


Рис.5. Зависимость электросопротивления от температуры для 1- $p=0$ кГр/с, 2- $p=2,8$ кГр/с, 3- $p=3,8$ кГр/с, 4- $p=5,8$ кГр/с и $D=6$ МГр.

На рисунке 6 видно, что второй пик, обусловленный переходом полимера в вязкотекучее состояние в образце, облученном до дозы 6 МГр, становится ниже по сравнению с необлученным образцом. При дальнейшем увеличении дозы облучения до 12 МГр этот пик исчезает. По аналогии со спектром внутреннего трения можно полагать, что при облучении до дозы 10 МГр в полимерной составляющей композита превалирует процесс радиационного сшивания, сопровождающийся диффузией атомов углерода в полимерную матрицу композита. Эти процессы приводят к заметному снижению значений электрического сопротивления материала.

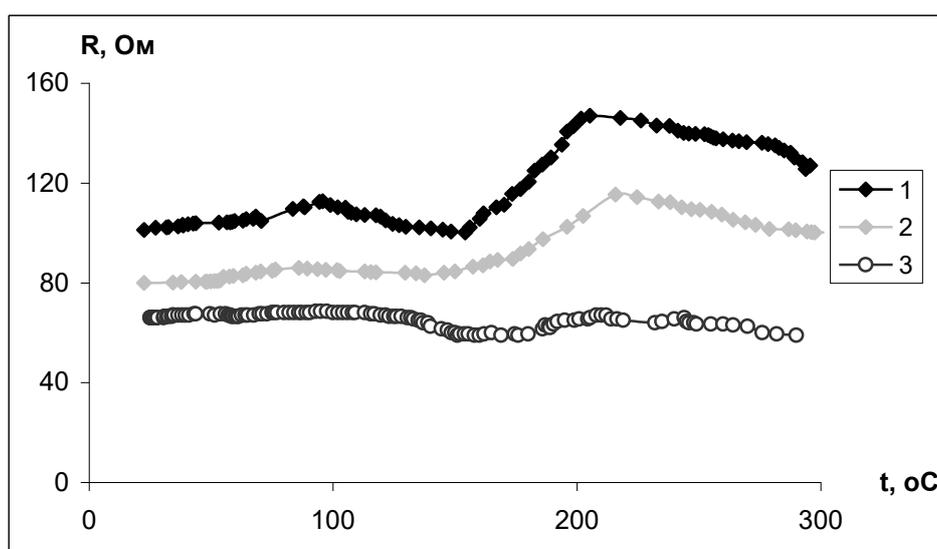


Рис.6. Зависимость электросопротивления от температуры для 1 – $D=0$ МГр, 2 – $D=6$ МГр, 3 – $D=12$ МГр.

Увеличение мощности дозы электронного излучения так же, как и увеличение дозы, приводит к усилению диффузии углерода, дополнительному сшиванию полимерной матрицы и, как следствие, к подавлению пиков на температурной зависимости внутреннего трения и электросопротивления [2].

Таким образом, радиационно-инициированные структурные изменения, наблюдаемые в углеродонаполненных полимерных композитах, приводят к нестандартным дозовым и температурным зависимостям электрического сопротивления, которые могут найти интересные технические применения.

Литература

1. Zaykin Yu.A., Koztaeva U.P. Radiation Resistance and Structural Transitions in Polymer-Based Composites Irradiated by Electrons //Radiat. Phys. Chem., 2002, v.63/2, pp. 547-550.

2. Yu.A. Zaikin, D.B. Aimuratov, M. Al-Sheikhly. "Dose rate effect on internal friction and structural transformations in electron irradiated carbon-armored composites". 11-th Tihany symposium on radiation chemistry, 2007, v. 76, issues 8-9, pp. 1399-1403.

ӘРТҮРЛІ ДОЗА ҚҰАТЫНДА ЭЛЕКТРОНДАРМЕН СӘУЛЕЛЕНДІРІЛГЕН КӨМІРТЕГІМЕН ТОЛТЫРЫЛҒАН КОМПОЗИТТІК МАТЕРИАЛДАРДАҒЫ ЭЛЕКТРЛІК КЕДЕРГІСІНІҢ ТЕМПЕРАТУРАҒА ТӘУЕЛДІЛІГІ

Д.Б. Аймұратов, А.И. Купчишин

Көміртегімен толтырылған композиттік материалдардағы радиациялық-инициацияланған құрылымдық өзгерулер стандартты емес дозалық және электрлік кедергісінің температураға тәуелділіктерін алып келеді.

TEMPERATURE DEPENDENCES OF ELECTRIC RESISTANCE IN CARBON COMPOSITE MATERIALS IRRADIATED BY ELECTRONS AT DIFFERENT DOSE RATE

D.B. Aimuratov, A.I. Kupchishin

The radition-initiated structural changes observable in carbon polymer composites to lead to non-standard dose and temperature dependences of electric resistance.