

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРНОСТИ МОДИФИКАТОРОВ НА ПРОЧНОСТЬ ПЛАСТМАСС

МО ЦЗЫЖУЙ, Е.В. ТРУБНИКОВ, А.А. КОНДРАТЮК

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: alexcon@mail.ru

Создание приборов и машин нового поколения с высокими технико-экономическими характеристиками, отличающиеся высокой надежностью и долговечностью, тесно связано с применением перспективных конструкционных материалов, в том числе полимерных, на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ).

СВМПЭ устойчив к воздействию радиации и вакуума, сохраняет конструкционные характеристики в диапазоне температур от $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1]. Введение в состав данной матрицы определенных наполнителей- модификаторов позволяет дополнительно повысить необходимые эксплуатационные характеристики получаемых пластмасс, в том числе прочность и пластичность. Композиционные материалы, имеющие в своём составе наноразмерные частицы зачастую демонстрируют интересные физико-механические свойства уже при малом содержании углеродных нанотрубок ((УНТ) до 2 % весовых). Объем мирового производства УНТ с каждым годом возрастает также, как и область их применения. Превуалирует химический метод их получения, который довольно сложен, что сказывается на цене получаемых изделий. Поэтому в литературных первоисточниках фактически отсутствуют данные о характеристиках ПКМ с содержанием УНТ порядка 15-25 %.

Нами предлагается новый метод получения УНТ из органического сырья и результаты его использования в качестве наполнителя ПКМ на основе СВМПЭ. Предварительно, все изготовленные модельные образцы полимерных композиционных материалов были взвешены и измерены с целью определения их плотности. По результатам расчетов были построены пять зависимостей изменения плотности ПКМ от количества вводимых в них модификаторов, они приведены на рисунке 1.

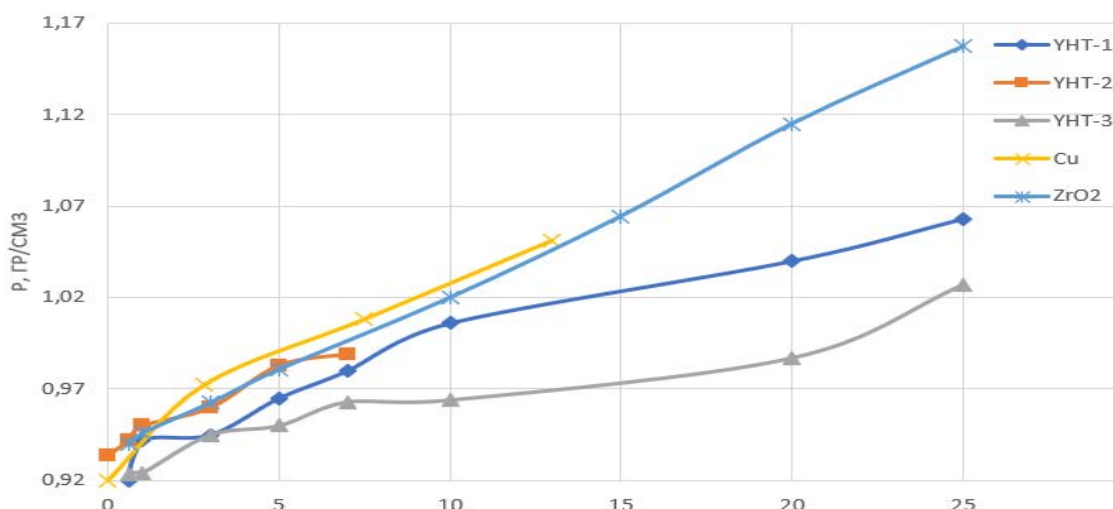


Рисунок 1 – Плотность образцов с различным содержанием наполнителей

Анализ полученных зависимостей указывает на небольшую разницу соответствующих плотностей изготовленных нами ПКМ (с одинаковым количеством наполнителей). Углеродные нанотрубки были получены из органического сырья, называемого «сфагнум» методом пиролиза при трёх различных температурных режимах, и обозначены соответственно УНТ-1; УНТ-2; УНТ-3. В качестве сопоставляемых наполнителей использованы порошки диоксида циркония и меди.

На предварительном этапе было подготовлено пять порошковых композиций разного состава. Пропорции компонентов в них была различна. Объединяла их основа – матрица.

Этой основой выступал сверхвысокомолекулярный полиэтилен из одной партии поставки имеющий определённый гранулометрический состав. В эту композиционную основу вводились наполнители-модификаторы в количествах от 0,5 % до 25 % (весовых). Порошки Cu и ZrO₂ не требовали особой предварительной подготовки. Нами использовался медный порошок электролитически стабилизированный, марки «ПМС-1», изготовленный по ГОСТу. Порошок диоксида циркония был также промышленного производства со средним размером частиц порядка 25 нм. Порошок меди можно отнести к мелкодисперсным, а диоксид циркония к наноразмерным [2]. Технология подготовки наполнителей группы УНТ была несколько сложнее. После пиролиза они были представлены в виде комковых конгломератов, что потребовало предварительного дробления их в керамических ёмкостях, после чего они диспергировались (механоактивизировались) с использованием инертных шаров в планетарной мельнице «Активатор – 2SL». Это позволило довести их размерность до 6-10 нм. Далее реализовывалось смешивание модификаторов с порошком СВМПЭ с помощью установки «Смеситель С 2.0». Для интенсификации процесса использовались инертные молибденовые тела. Длительность процесса и используемые, приборы и оборудование для подготовки всех пяти композиций были идентичны.

Следующим этапом работы было горячее компрессионное прессование подготовленных порошковых композитов (ГП). Особенностью термокомпрессионного спекания является то, что нагревание порошковой композиции осуществляется одновременно с подачей давления на неё и привязкой данных операций к заданному временному циклу. [3,4]. В результате были сформованы модельные заготовки, из которых методом механической обработки были подготовлены образцы ПКМ для исследований на статическое растяжение, согласно ГОСТ 11262-80.

С целью получения достоверных данных образцов, их изготавливалось не менее трех штук для каждого процентного состава. Растяжение проводилось до разрушения образцов, и было реализовано на испытательной машине «Instron - 5582» и универсальной испытательной машине «МИМ». [5, 6] Полученные данные были обработаны и представлены на двух рисунках.

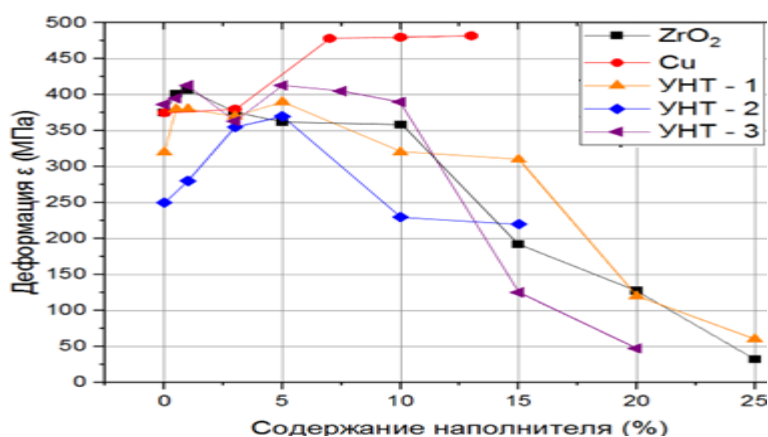


Рисунок 2 – Зависимости предела прочности от содержания наполнителя

На рисунке 2 представлена зависимость предельной прочности каждого из композитов от содержания вводимого наполнителя, а на рисунке 3 влияние количества наполнителя на значение деформации при разрушении материала.

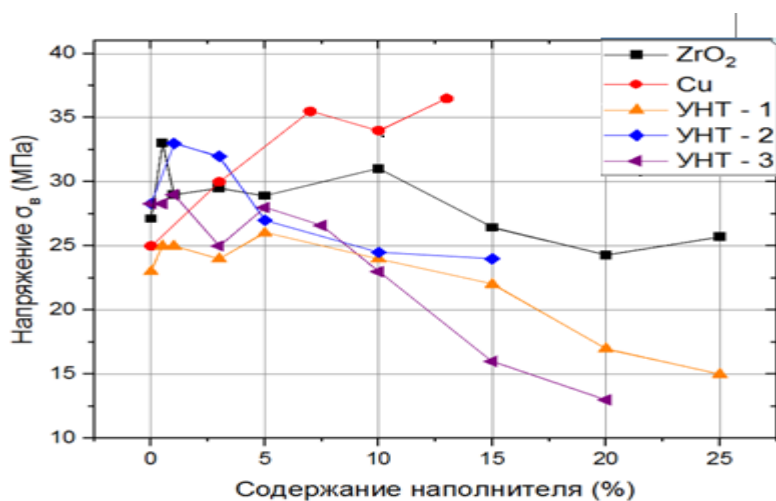


Рисунок 3 – Зависимости деформации разрушения от содержания наполнителя

Проводя анализ полученных экспериментальных данных, можно сделать следующий ряд основных выводов: Использование модификаторов-наполнителей в количествах до 10 % повышало предельную прочность ПКМ во всех случаях, причём чем больший размер они имели, тем заметнее этот эффект. Влияние на пластические свойства ПКМ (на величину деформации разрушения) аналогичны, хотя и выражены менее заметно. В случае необходимости получения увеличенных значений прочности и пластичности рекомендуется введение наполнителей в количествах, не превышающих 5-7 % весовых, и в общем случае изменение дисперсности вышеперечисленных наполнителей-модификаторов от мелкодисперсных величин до наноразмерных снижает прочность и пластичность ПКМ на основе СВМПЭ.

В работе было использовано оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710

Список литературы

1. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности. / Под ред. И.Н. Андреевой, Е.В. Веселовской, Е.И. Наливайко и др. – Л.: Изд-во Химия, 1982. – 80 с.
2. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. Пособие / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин и др.; под ред. А.А. Берлина – СПб: Профессия, 2008. -560 с.
3. Кондратюк А.А., Клопотов А.А., Муленков А.Н., Зиганшин А.И., Васендина Е.А. // Изв. Вузов. Физика. – 2012. - № 5/2. – С. 151-155
4. Vitske, Rudolf Evaldovich. Influence of Filling Agent Quantity on Characteristics of Polymeric Composites / R.E. Vitske, A.A. Kondratyuk, V.P. Nesterenko // Key Engineering Materials Scientific Journal. – 2016. – Vol. 685. – P. 548-552.
5. Nanostructuring of a Surface Layer as a Way to Improve the Mechanical Properties of Hypoeutectic Silumin / A.A. Kondratyuk, Yu.F. Ivanov, A.A. Klopotov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering – 2020. – Vol. 731: Advanced Materials for Engineering and Medicine (AMEM-2019). – [012013, 6 p.].
6. Технические свойства полимерных материалов: Уч.-справ.пос./В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко, Ю.В. Крыжановская. – СПб., Изд-во «Профессия», 2003.-2004.