

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ВОЗМОЖНЫЕ ДЕФЕКТЫ ПОЛУЧАЕМЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

*А.А. Кондратюк к.т.н., доц.,  
О.Ю. Недосекова, студент гр. 4БМ21*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,  
тел.(3822)-564-114*

E-mail: [alexkon@tpu.ru](mailto:alexkon@tpu.ru)

Композиты на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) с неорганическими наполнителями являются типичными представителями конструкционных материалов нового поколения. Такие материалы достаточно лёгкие и прочные. Этим обусловлена область применения этих материалов (авиастроение, машиностроение) [1].

В данной работе приведены результаты прочностных исследований композитов на основе СВМПЭ с металлическим наполнителем, а так же приведена визуализация возможных дефектов, возникающих при изготовлении композитов методом горячего компрессионного спекания.

В качестве основы – матрицы композита был взят СВМПЭ производства ТНХК, а в качестве наполнителя-модификатора использовался мелкодисперсный порошок меди марки ПМС – 1. Был проведён ситовый анализ порошка меди и порошка СВМПЭ, который показал, что 70% порошка Cu лежит в диапазоне от 50 до 80 мкм, а 85% порошка СВМПЭ – от 70 до 112 мкм. На стадии подготовки композиций данные порошки обрабатывались в присутствии инертных тел в смесителе турбулентного типа С 2.0 в течение 30 минут.

Образцы композитов были получены из порошковых композиций методом горячего компрессионного спекания. Спроектированная, рассчитанная и изготовленная авторами установка для получения образцов из СВМПЭ, (ее блок – схема), представлена на рис. 1. Технические характеристики установки: максимальный диаметр изделия  $D_{\max} = 60$  мм, максимальная высота изделия  $h_{\max} = 30$  мм, максимальная температура установки  $t_{\max} = 350$  °С, максимальное усилие формования  $N = 70$  МПа [2].

Авторами было приготовлено 5 композиций, соответственно содержащих 3,7,10, 13, 50 % (весовых) меди, из которых в дальнейшем были сформованы методом горячего компрессионного спекания модельные заготовки образцов. На рис. 2 приведены фотографии образцов для испытаний на растяжение согласно ГОСТ, изготовленных из модельных заготовок.

Полученные композиты исследовались на прочность путём растяжения до разрушения на установке «Instron». Полученные экспериментальные данные представлены в виде гистограммы на рис. 3.

На рис. 4 приведены фотографии поверхностей полученных композитов, на которых изображены границы разделов частиц матрицы и металлического наполнителя. Из визуального анализа можно сделать однозначный вывод о том, что металлический порошок наполнителя не внедряется в частицы матрицы, а во всех случаях находится на границе раздела, что обуславливается химической инертностью СВМПЭ по отношению к Cu.

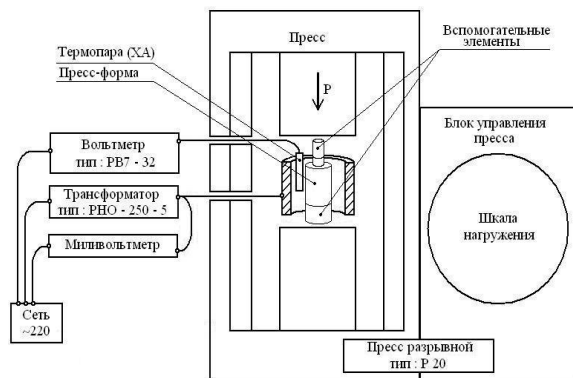


Рис.1. Блок-схема установки для ГП полимерных композиционных материалов



Рис.2. Образцы до (в) и после (а, б) испытаний на растяжение на машине “Instron”

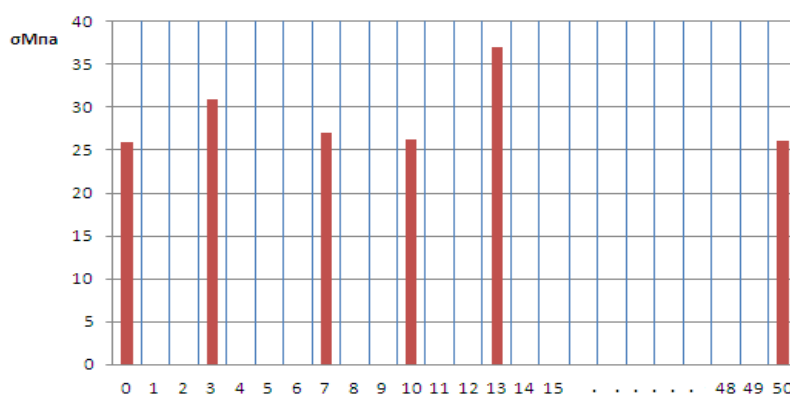


Рис.3. Гистограмма зависимости напряжения от количества наполнителя (Cu), %

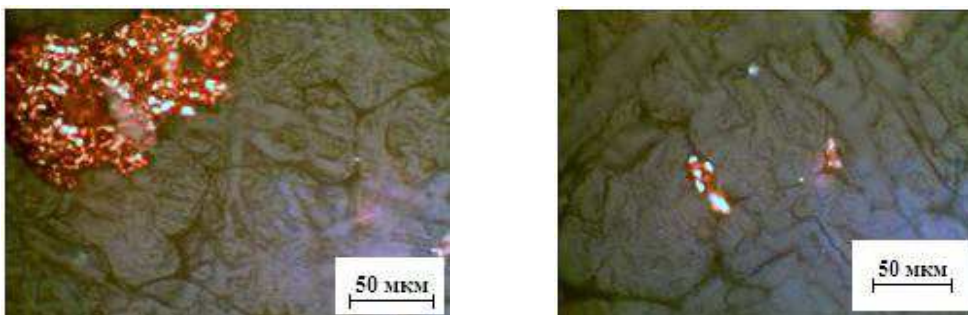


Рис. 4. Изображение поверхности композита

В условиях производственной реализации вышеприведённого технологического процесса изготовления композитов всегда имеет место появление бракованных изделий. Причины возникновения брака в каждом случае должны рассматриваться отдельно, но в большинстве своём они связаны с нарушением технологии подготовки композиций и их горячего компрессионного спекания. На фотографиях 5–7 приведено внешнее проявление наиболее возможных дефектов композитов.

1) Изготовление композиций. При изготовлении образцов внутрь могли попасть инородные тела (рис. 5). В нашем случае в образец ТНХК№1+10%Cu случайно попали молибденовые инертные тела, после Г.П. они были извлечены.

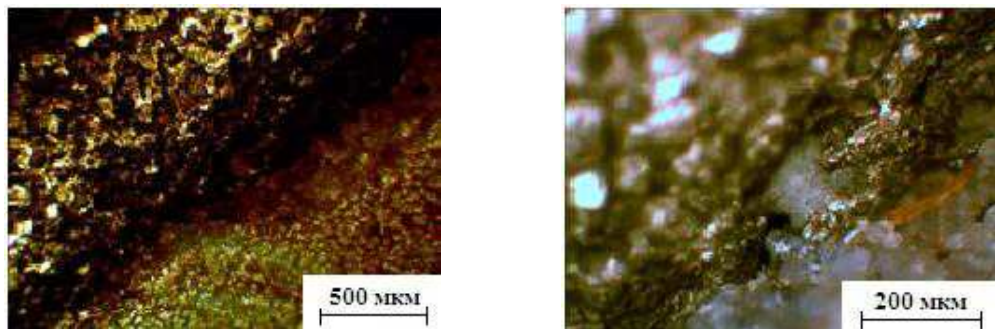


Рис.5. Изображение нарушенной структуры раздела «полимерная матрица-инородное тело» в композиционном полимере

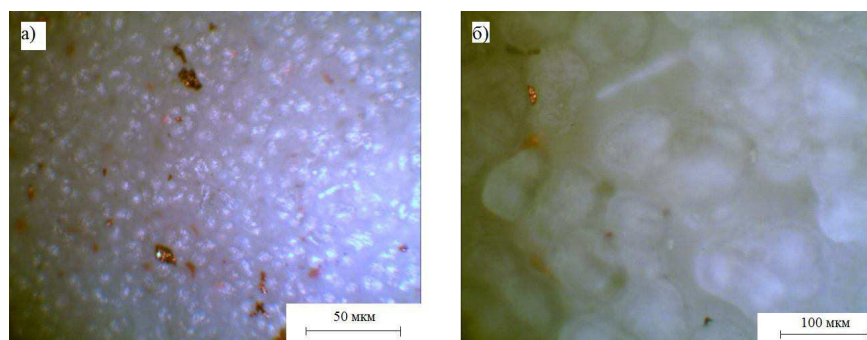


Рис.6.Изображение поверхности образца с нестабильным спеканием при увеличении 400 / 250

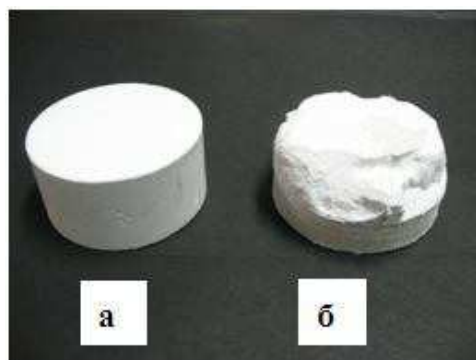


Рис.7. Образцы с двумя видами дефектов а) нарушение температурного и временного режима б) нарушение силового фактора (недостаточное осевое усилие формования)

Нестабильность спекания по объёму в процессе горячего прессования, связанная с нарушением теплового режима технологии и выявляемая при помощи оптической микроскопии (рис. 6).

Нарушения, возникающие при горячем компрессионном спекании проявляющиеся в изменении геометрических размеров и визуально определяемом «непротёке» модельных заготовок (рис. 7).

Решение данных проблем – соблюдение технологических параметров в процессе горячего формования изделия.

### Заключение

Следует отметить, что для недопущения возникновения неисправимых дефектов заготовок изделий требуется строго соблюдать экспериментально отработанные технологические условия и соотношения: «осевая нагрузка-температурный нагрев-время выдержки», что в условиях промышленного производства изложено в технологических картах на изготовление изделий.

### Список литературы:

1. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности/ Под ред. И.Н. Андреевой, Е.В. Веселовской, Е.И. Наливайко и др.–Л.: Издательство Химия, 1982.–80с.
2. Кондратюк А.А., Клопотов А.А., Муленков А.Н, Зиганшин А.И., Васендина Е.А. Особенности изменения удельной теплоёмкости наполненных композитов, Известия ВУЗов, Физика, 2012. Т.55 №5/2.-с.151

## ВЛИЯНИЕ РАСПАДА $\gamma$ -УМО НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ В ДИСПЕРСНОМ ЯДЕРНОМ ТОПЛИВЕ

*С. Н. Никитин, инженер*

*Б. А. Тарасов, аспирант*

*Д. П. Шорников, к.т.н, с.н.с*

*В. Г. Баранов, к.т.н., зав. НИЛ*

*Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ",*

115409, г. Москва, Каширское ш., 31,

тел.(495)-788-56-99, доб. 8004

E-mail: mephi200809@yandex.ru

В настоящее время проводятся большое количество внереакторных испытаний посвященных проблеме взаимодействия металлического ядерного топлива с конструкционными материалами, однако важным фактором, до сих пор обычно не принимаемым во внимание при проведении диффузионных испытаний, является кинетика распада метастабильной  $\gamma$ -фазы в сплавах УМо, зафиксированной закалкой. При температурах ниже  $572^{\circ}\text{C}$   $\gamma$ - $U(\text{Mo})$  является нестабильным и претерпевает распад на  $\alpha$ - $U$  и  $\delta$ -фазу ( $U_2\text{Mo}$ ). Очевидно, что этот процесс, происходящий при диффузионном отжиге будет влиять на кинетику взаимодействия, так как скорость взаимодействия  $\alpha$ - $U$  с алюминием намного больше, чем  $\gamma$ - $U(\text{Mo})$  [1-3].

В данной работе для определения влияния распада пересыщенных твердых растворов уран-молибденовых сплавов на взаимодействие с конструкционными материалами проведены отжиги диффузионных пар УМо/AlBe, в температурном диапазоне  $450$ - $550^{\circ}\text{C}$ . Отжиги проводились в течение длительного времени (от 96 до 285 часов), после чего они разрезались поперек фронта диффузии и исследовались на растровом электронном микроскопе с приставками для микроанализа. В результате металлографического анализа в зоне взаимодействия  $U_{10}\text{Mo}/\text{AlBe}$  можно точно выделить два слоя, имеющих разную структуру и состав. Микроскопический анализ неравномерности слоя взаимодействия в некоторых диффузионных парах позволил