



**Украинский
информационный Центр
«НАУКА. ТЕХНИКА.
ТЕХНОЛОГИЯ»**

Национальное космическое агентство Украины
Российское космическое агентство
Отделение Международного Общества авиакосмических материалов и
технологий SAMPE "Россия-СНГ",
Союз Производителей Композитов,
ГП "Антонов", ГKB "Южное", ЗМКБ "Прогресс", ИХВС НАН Украины
при участии:

ОАО "ОНПП "Технология", ОАО "КОМПОЗИТ", ОАО "ЦНИИСМ", ФГУП НПО
им. С.А. Лавочкина, ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», ГНУ «ИММС» НАН
Беларуси, ОАО "УкрНИИТМ", ОАО "УкрНИИАТ"

**«КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

**Материалы Тридцать второй ежегодной
международной конференции
4–8 июня 2012 г., г. Ялта, Крым**

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЖУРНАЛОВ:
Полимерный журнал (Киев),
"Материалы. Технологии. Инструменты." (Гомель)**

СОЮЗКОМПОЗИТ
Союз производителей композитов
www.uncm.ru e-mail: info@uncm.ru



**ПЛОСТИЧЕСКИЕ
МАССЫ**

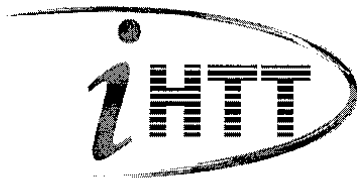
**ПОЛИМЕРНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**
издания охватывают все технологии

МЕЛИТЭК
Металлография Аналитика Экология

**POLY
LASTIC** ГРУППА
ПОЛИПЛАСТИК

MITT Мир
Техники
и Технологий
The World of Technics and Technologies

**ОБОРУДОВАНИЕ
ИНСТРУМЕНТ**
для профессионалов
КИЕВ-2012



**Украинский
информационный Центр
«НАУКА. ТЕХНИКА.
ТЕХНОЛОГИЯ»**

*Национальное космическое агентство Украины
Российское космическое агентство
Отделение Международного Общества авиакосмических материалов и
технологий SAMPE "Россия-СНГ",
Союз Производителей Композитов,
ГП "Антонов", ГKB "Южное", ЗМКБ "Прогресс", ИХВС НАН Украины
при участии:
ОАО "ОНПП "Технология", , ОАО "КОМПОЗИТ", ОАО «ЦНИИСМ», ФГУП
НПО им. С.А. Лавочкина, ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», ГНУ «ИММС»
НАН Беларуси, ОАО "УкрНИИТМ", ОАО "УкрНИИАТ"*

**«КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

*Материалы Тридцать второй ежегодной
международной конференции
4–8 июня 2012 г., г. Ялта, Крым*

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЖУРНАЛОВ:

Полимерный журнал (Киев),

“Материалы. Технологии. Инструменты.” (Гомель)

«Мир техники и технологий» (г. Чугуев)

«Оборудование и инструмент для профессионалов»
(г. Харьков)

КИЕВ-2012

стержней, час		
Коэффициент использования стержней	90%	99,5
Насыщение углеродом матрицы		
Организация, выполняющая насыщение	НИИГрафит, г. Москва	ННЦ ХФТИ, г. Харьков
Количество образцов, насыщаемых одновременно	1	4
Длительность насыщения на 1 образец, час	1000	72
Длительность технологических циклов изготовления детали из УУКМ, час	2530	390
Коэффициент использования материала	0,675	0,975
Экономия жгута УКН-5000 на детали-представителе, кг	18,6	

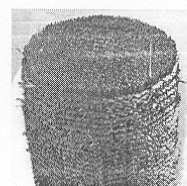


Рис. 1. Образец кольцевого (после обработки) и цилиндрического каркаса

Байгалиев Б.Е.¹, Темников С.В.², Черенков А.В.²

¹Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева
г. Казань, Россия, ²Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко
г. Луганск, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПЕНТАПЛАСТА ИЗ РАСПЛАВА И ИЗ ЗАКАЛЕННОГО СОСТОЯНИЯ

Методом теплового анализа проведено исследование процесса изотермической кристаллизации пентапласта из расплава и из закаленного состояния. Анализ полученных результатов выполнен в соответствии с уравнением Аврами. Показано, что при кристаллизации образцов из закаленного состояния реализуется только кристаллическая β -модификация, что способствует уменьшению значений степени кристалличности по сравнению со значениями степени кристалличности образцов, закристаллизованных из расплава. Максимуму константы скорости валовой кристаллизации соответствует значение температуры кристаллизации $T_{кр} = 368$ К.

Благодаря уникальному комплексу эксплуатационных свойств (устойчивость к действию растворителей и других реагентов; высокая теплостойкость; при переработке (при 463 – 503 К) не наблюдается выделение хлористого водорода) основной областью применения высокомолекулярного простого полиэфира – пентапласта (ПТП) являются аппаратура для химической промышленности и аппаратура или детали, работающие в корродирующих средах (арматура, трубы, вентили, детали насосов и т.д.).

Пентапласт относится к полимерам с малой степенью кристалличности, которая может изменяться в пределах 15 – 35% [1]. ПТП кристаллизуется в виде двух кристаллических форм: α и β , разница между которыми обусловлена различиями в упаковке смежных цепей макромолекул. Характерно, что α - и β -модификации ПТП сосуществуют в широком интервале температур. При медленном охлаждении расплава ПТП преимущественно образуется α -форма; β -форма – при быстром охлаждении и последующей выдержке при комнатной температуре или прогреве выше температуры стеклования ($T_g = 278 – 280$ К) [1].

ПТП легко получить в аморфном состоянии закалкой расплава в жидком азоте, при этом в таком состоянии ПТП может сохраняться длительное время даже при температуре холодильника. Кристаллизация из закаленного состояния приводит к резкому изменению физико-механических характеристик пентапласта: повышаются твердость, теплостойкость, прочностные показатели [1; 2]. В литературе содержится сравнительно мало данных о морфологии структуры пентапласта при кристаллизации из закаленного состояния. Методом электронной микроскопии были выделены структурные образования размером 200 – 400 Å [1]. Таким образом, ПТП легко может быть получен как в частично-кристаллическом, так и в аморфном состоянии с достаточно широким интервалом изменения степени кристалличности.

Исследование процесса изотермической кристаллизации пентапласта из расплава и из закаленного состояния проведено методом теплового анализа, базирующегося на прямом измерении теплового потока, получаемого исследуемым объектом в ходе непрерывного нагрева [3].

Анализ процесса изотермической кристаллизации проведен в соответствии с уравнением Аврами [4]:

$$\frac{x_t - x_{\infty}}{x_{\infty}} = \exp(-K_n t^n), \quad (1)$$

где x_∞ и x_t - доля вещества, претерпевшего фазовый переход к моментам времени $t \rightarrow \infty$ и t соответственно, K_n - константа скорости валовой кристаллизации, n - показатель Аврамы, зависящий от природы процессов зародышеобразования и роста. Константу скорости валовой кристаллизации можно выразить соотношением:

$$\frac{1}{n} \lg K_n + \frac{\Delta F_{\text{вп}}}{2,3RT} = A_n - \frac{K_g T_{\text{пл}}^0}{T \Delta T}, \quad (2)$$

где $K_g = 4b_0 \sigma \sigma_e / (2,3k \Delta H_{\text{пл}})$, A_n - параметр, зависящий от числа гетерогенных центров зародышеобразования и максимальной скорости роста зародышей, b_0 - толщина поверхностного зародыша, $\Delta F_{\text{вп}}$ - энергия активации процесса переноса, $\Delta H_{\text{пл}}$ - энтальпия плавления, σ и σ_e - поверхностная энергия боковой и торцевой грани соответственно, $T_{\text{пл}}^0$ - равновесная температура плавления. Значения σ рассчитываются по формуле:

$$\sigma = 0,1b_0 \cdot \Delta H_{\text{пл}} \quad (3)$$

Двойное логарифмирование уравнения (1) дает уравнение прямой:

$$\lg \left(-\ln \left(1 - \frac{x_t}{x_\infty} \right) \right) = n \lg t + \lg K_n. \quad (4)$$

Перепад температуры на диатермической оболочке калориметра при кристаллизации пропорционален удельной мощности тепловыделения N_k [5]:

$$x_t = \int_0^t N_k(t) dt, \quad (5)$$

а полный тепловой эффект соответственно:

$$x_\infty = \int_0^\infty N_k(t) dt. \quad (6)$$

Интегрирование с последующей аппроксимацией полученных результатов линейной зависимостью (4) позволяет определить энтальпию процесса кристаллизации $\Delta H_{\text{пл}}$, константу скорости валовой кристаллизации K_n , показатель Аврамы n , половинное время кристаллизации $t_{1/2}$, калориметрическую степень кристалличности χ .

Процесс кристаллизации протекает очень медленно при температуре ниже 303 К и выше 420 К. В интервале температур 338 – 398 К он практически заканчивается за $3 \cdot 10^2$ с.

Обработка результатов в соответствии с уравнением Аврамы возможна лишь при достаточно низких скоростях кристаллизации, когда на диаграммной ленте потенциометра удается записать весь тепловой эффект.

На рис.1 представлены изотермы кристаллизации образцов пентапласта из расплава и из закаленного состояния.

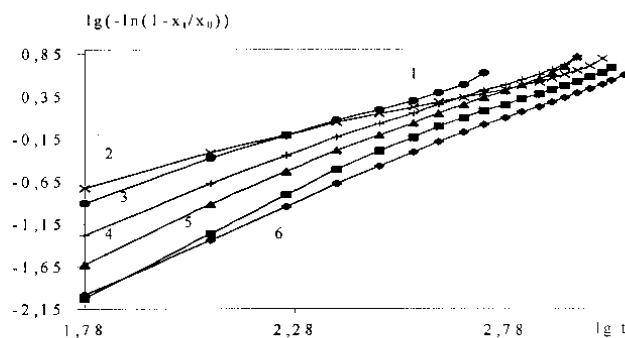


Рис.1. Изотермы кристаллизации пентапласта из закаленного состояния при $T_{кр}=331$ К (1) и $T_{кр}=325$ К (2) и из расплава при $T_{кр}=394,5$ К (3), $T_{кр}=400$ К (4), $T_{кр}=402,5$ К (5), $T_{кр}=406,5$ К (6).

На изотермах наблюдаются изломы (изменение показателей Аврами), что свидетельствует о наличии процесса вторичной кристаллизации. При кристаллизации пентапласта из закаленного состояния прослеживается хорошее соответствие уравнению Аврами с $n = 1,40-1,44$; из расплава – $n = 1,60 - 1,89$ (табл.1).

Сдвиг изотерм кристаллизации пентапласта из расплава вниз вдоль оси ординат с увеличением температуры свидетельствует о снижении скорости валовой кристаллизации.

При кристаллизации из закаленного состояния с ростом температуры, наоборот, скорость валовой кристаллизации увеличивается (табл.1).

Таблица 1.

Основные параметры изотермической кристаллизации пентапласта

$T_{кр}$, К	n	$lg K_n$	$t_{1/2}$, с	χ , %
314	1,41	-3,58	260	22,1
319	1,44	-3,53	212	20,6
325	1,41	-3,30	167	14,8
331	1,40	-2,39	160	13,8
394,5	1,60	-3,95	230	25,9
400	1,82	-4,63	279	26,3
402,5	1,89	-4,99	348	27,2
406,5	1,89	-5,16	431	25,8

Таким образом, температурная зависимость константы скорости валовой кристаллизации имеет максимум. Экстраполяция экспериментальных результатов дает для максимума константы скорости валовой кристаллизации значение температуры кристаллизации $T_{кр} = 368$ К.

При больших переохлаждениях степень кристалличности образцов уменьшается вследствие того, что кристаллизация из расплава происходит очень быстро. При кристаллизации из закаленного состояния из-за большой вязкости образцов реализуется только кристаллическая β - модификация, что способствует уменьшению значений степени кристалличности по сравнению с значениями степени кристалличности образцов, закристаллизованных из расплава.

Литература

1. Мулин Ю.А., Ярцев И.К. Пентапласт. – Л.: Химия, 1975. – 120 с.
2. Купфер А.В. Пентапласт. Справочник по пластическим массам. / Под. ред. Гарбара М.И., Катаева В.М., Акутина М.С. – М.: Химия, 1969. – С.148–154
3. Барановский В.М., Лапинский В.В., Черенков А.В., Хомик А.А., Кириллов В.П. Использование метода диатермической оболочки для калориметрических исследований полимерных композиционных материалов. – Деп. в УкрНИИИТИ. - № 787 – Ук90. - 29 с.
4. Вундерлих Б. Физика макромолекул. Зарождение, рост и отжиг кристаллов. - М.: Мир, 1979. - Т. 2. - 173 с.
5. Барановський В.М., Черенков О.В., Тарара А.М. Вивчення кристалізації полімерів калориметричним методом. К.: КДПІ, 1991. С. 31.

СОДЕРЖАНИЕ сборника материалов 32 международной конференции «КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ» (СЛАВПОЛИКОМ) 04-08 июня 2012 г., Ялта, пгт. Гаспра, ПАРК ОТЕЛЬ «Марат»	СТР.
1 часть	
Гомель	
Герасименко С.А., Песецкий С.С. ГНУ Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси», г. Гомель, Беларусь ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И РЕЦЕПТУРНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМУЕМОСТЬ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЭКСТРУЗИОННО-ПРЕССОВОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ	3
Песецкий С.С., Мышкин Н.К., Савицкий В.Н. Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ НАСЫЩЕННЫХ ПОЛИЭФИРОВ: ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ	5
СЕРГИЕНКО В.П., БУХАРОВ С.Н. ГНУ «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ И ШУМА ФРИКЦИОННЫХ ПАР ТРЕНИЯ МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОЙ ВИБРОМЕТРИИ И АКУСТИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИМЕТРИИ	7
ЦЕЛУЕВ М.Ю. Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель ТЕПЛОЙ РАСЧЕТ ФРИКЦИОННЫХ ПАР МНОГОДИСКОВЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ	10
Н.В. ЯКИМОВИЧ Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель, Республика Беларусь ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЛЬНЯНЫХ ВОЛОКОН И ОТХОДОВ ПОЛИПРОПИЛЕНА	13
Кудина Е.Ф. ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», Гомель, Беларусь ВЫСОКОДИСПЕРСНЫЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫЕ СИЛИКАТЫ – ПРИСАДКИ ДЛЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	16
Гродно	
Гидревич Ю.Ю. «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно, Беларусь ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО АКТИВИРОВАНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ	19
Микулич С.И. ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси», Гродно ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ СУСПЕНЗИЙ УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА	22
Свириденко А.И. ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси», г. Гродно Хацкевич Г.А. УО «Гродненский государственный университет имени Я.Купалы», г. Гродно, Беларусь РЕСУРСЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МАТЕРИАЛО- И НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ	25

<p>Надтока О.Н., Сыромятников В.Г. Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, ул. Владимирская, 60, 01033, Киев, Украина МОДЕЛИРОВАНИЕ АЗОБЕНЗОЛСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ</p>	180
<p>Сыромятников В.Г., Биличенко В.Н., Лысова И.В., Ольховик Л.А. Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, ул.Владимирская, 64, 01033, Киев, Украина ПОЛИКАПРАМИД КАК МАТРИЦА ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ: ГИДРОЛИЗНО-АМИДНОЕ РАВНОВЕСИЕ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ ОЛИГОМЕРИЗАЦИИ</p>	181
<p>А.А. Щерецкий, А. С. Затуловский, В.А. Щерецкий Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев КОМПЛЕКСНОЕ АРМИРОВАНИЕ АЛЮМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ КОНСОЛИДАЦИЕЙ МИКРО-НАНО ОБЪЕКТОВ</p>	184
<p>Затуловский А.С., Лакеев В.А., Каранда Е.А. Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г.Киев МАКРОГЕТЕРОГЕННЫЕ ЛИТЫЕ КОМПОЗИТЫ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С А МАТРИЦЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА.</p>	185
<p>Косинская А.В., Затуловский А.С., Набока Е.А., Костенко А.Д. Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г.Киев АЛЮМОМАТРИЧНЫЕ КОМПОЗИТЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ МЕТОДОМ ЖИДКОФАЗНОГО РЕАКЦИОННОГО СИНТЕЗА</p>	186
Королев	
<p>Береснев А. Г., Маринин С.Ф., Разумовский И.М. ОАО «Композит», 141070, Россия, Московская обл., г. Королев, ул. Пионерская, 4 e-mail: info@kompozit-mv.ru ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ГОРЯЧЕГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ</p>	188
<p>В.А.Дьяконов А.Д.Камалов Б.Ф.Пронин А.Н.Тимофеев Е.Н.Филатов ОАО «Композит», Московская обл., г. Королев ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.</p>	191
<p>А.В. Гайдачук¹, А.В. Чесноков² ¹ Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", г. Харьков ² Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, г. Луганск РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УУКМ ДЛЯ ТЕРМОНАГРУЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ</p>	192
Луганск	
<p>Байгалиев Б.Е.¹, Темников С.В.², Черенков А.В.² ¹Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева г. Казань, Россия, ²Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко г. Луганск, Украина ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПЕНТАПЛАСТА ИЗ РАСПЛАВА И ИЗ ЗАКАЛЕННОГО СОСТОЯНИЯ</p>	194
<p>Байгалиев Б.Е.¹, Черноглазова А.В.¹, Темникова С.В.² ¹Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева г. Казань, Россия, ²Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко г. Луганск, Украина ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОРИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ</p>	196