

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УГЛЕКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРИМИДА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Ц.ПЭН¹, В.О. АЛЕКСЕНКО², С.В. ПАНИН^{1,2}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: czyi2@tpu.ru

Полиэфиримид (ПЭИ) – это высокотемпературный специализированный инженерный термопласт, устойчивый к разрушению и пригодный для вторичной переработки, поэтому он используется в качестве матрицы для современных композитов. В качестве армирующих наполнителей используется дисперсные волокна, ткани и нетканые материалы. Нетканые материалы (маты) имеют хаотическую схему армирования, легко поддаются обработке и могут использоваться в компрессионном формовании композитов для получения экономически эффективных крупногабаритных изделий. Кроме того, нетканые материалы хорошо впитывают смолы. Они менее затратны и обладают большей устойчивостью к расслоению, чем армированные тканью ламинаты [1,2].

Целью работы являлось установление закономерностей формирования структуры и свойств углекомполитов на основе полиэфиримида, полученных методом сухого смешения, а также пропитки нетканых углеродных матов раствором термопластического полимера

В качестве основы в исследовании использовались порошки ПЭИ компании Solver PEI ROON (PRC). В качестве армирующих волокон использовались рубленные углеродные волокна (РУВ) (ООО «ЗУКМ», Челябинск) длиной 2 мм и 12 мм, а также нетканые маты (КОРТЕСН, Китай) из углеродных волокон мокрой выкладки длиной 6 мм и 10 мм. Композиты изготавливались путем пропитки полиэфиримида (ПЭИ), растворенным в N-метилпирролидоне (C₅H₉NO). Прочностные характеристики композитов оценивали на трехточечный изгиб образцов в форме балки в соответствии со стандартом ГОСТ Р 56810-2015. Испытания проведены на электромеханическом приборе «Instron 5582» (Instron, США). Скорость перемещения подвижного захвата составляла 1 мм/мин. По окончании испытаний структура поперечного сечения композита была проанализирована с помощью оптического микроскопа Neophot 2 (Carl Zeiss, Jena, Германия).

В таблице 1 приведены сводные значения механических характеристики исследованных образцов. На рисунке 1 показан вид сбоку образца с трещиной после завершения испытания на изгиб.

Таблица 1 – Механические характеристики для композитов на основе ПЭИ

Состав	Модуль упругости при изгибе E , ГПа	Прочность при изгибе σ , МПа
Порошок ПЭИ / УВ 50 мкм	8±0,7	148±16
Порошок ПЭИ / УВ 200 мкм	17,5±1,3	263±3
Порошок ПЭИ / УВ 2 мм	16,8±1,4	331±30
Порошок ПЭИ / УВ 6 мм	20,5±0,5	338±11
Порошок ПЭИ / УВ 12 мм	19±1,2	444±27
Пленка ПЭИ / УВ мат 6 мм	18±1,1	231±2
Пленка ПЭИ / УВ мат 10 мм	16,2±2	215±5
Пленка ПЭИ / УВ ткань	26±6	561±20
Раствор ПЭИ / УВ мат 6 мм	18±0,9	330±4

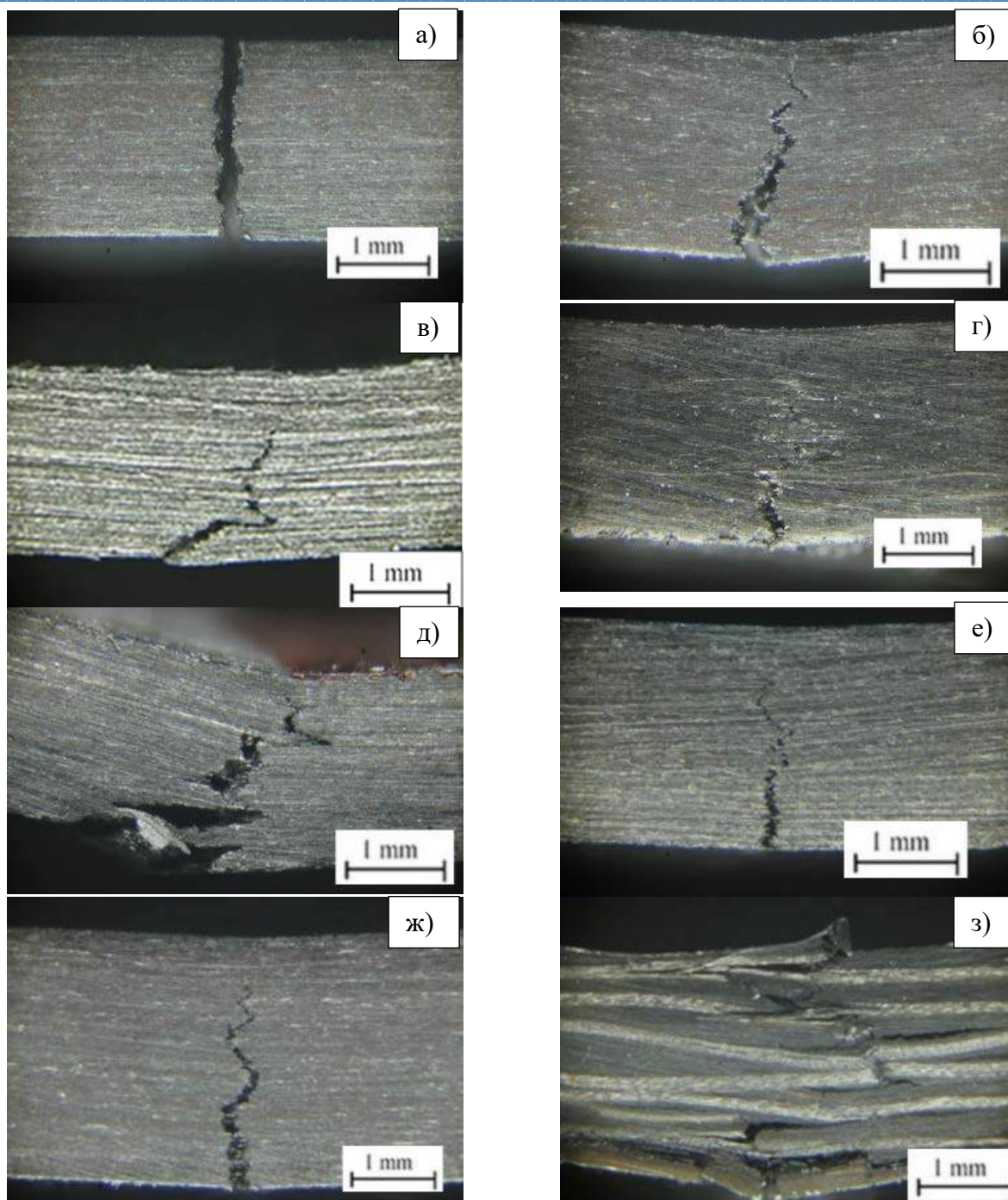


Рисунок 1. Фотографии разрушенных образцов:

- а) порошок ПЭИ / УВ 50 мкм; б) порошок ПЭИ / УВ 200 мкм; в) порошок ПЭИ / УВ 2 мм;
 г) порошок ПЭИ / УВ 6 мм; д) порошок ПЭИ / УВ 12 мм; е) пленка ПЭИ / УВ мат 6 мм;
 ж) пленка ПЭИ / УВ мат 10 мм; з) пленка ПЭИ / УВ ткань;

На фотографии разрушенных образцов (рисунок 1, д) видно, что в композите «ПЭИ+40 вес. % РУВ 12 мм» магистральная трещина претерпела множество горизонтальных изменений. При этом композит обладает максимальными прочностными свойствами $\sigma_f=444$ МПа. На рисунке 1 е, ж, л трещины располагаются почти вертикально, связано с тем, что композитный материал из нетканого мата имеет большую степень усадки, поэтому углеродное волокно располагается практически горизонтально.

На рисунке 2 представлена микроструктура исследуемых композитов. Видно, что в композите «Пленка ПЭИ / УВ мат 6 мм» (рисунок 2, в) углеродное волокно располагается практически горизонтально. В двух других (рисунок 2, а, б) имеются нетрансверсальные волокна, образующие каркасоподобную структуру.

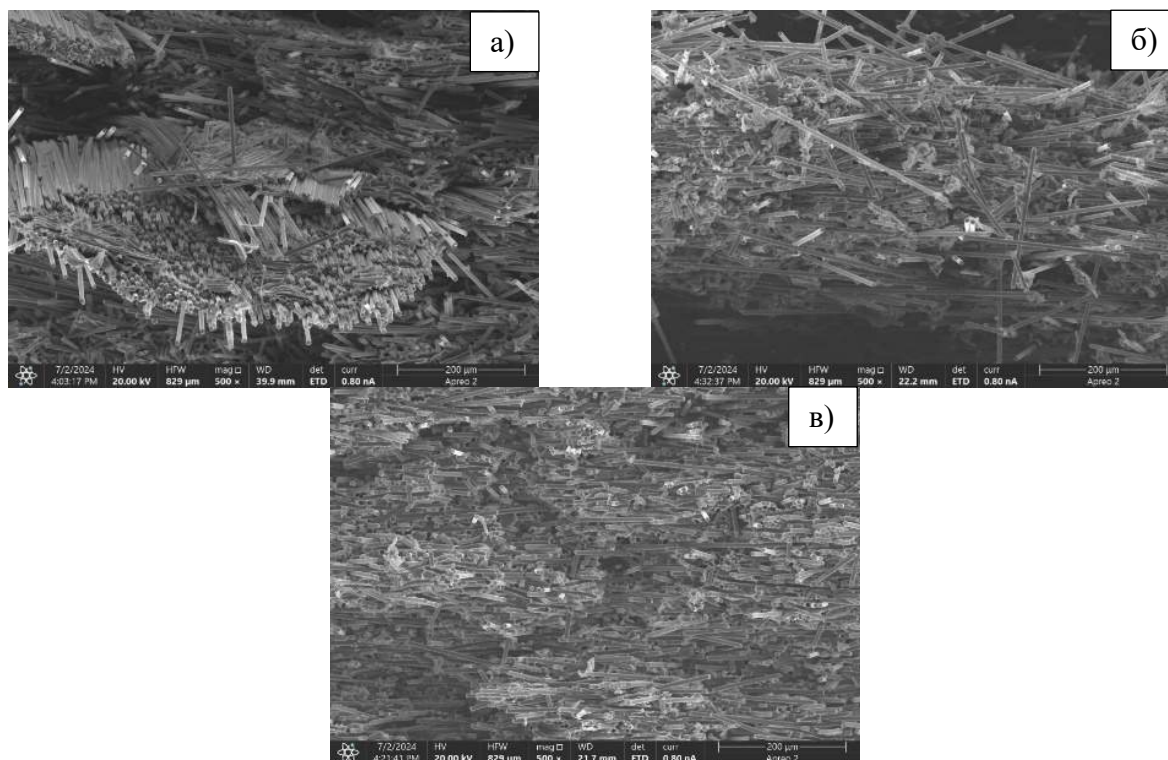


Рисунок 2. Микроструктуры образцов:

а) Порошок ПЭИ / УВ 6 мм; б) Раствор ПЭИ / УВ мат 6 мм; в) Пленка ПЭИ / УВ мат 6 мм

В результате выполнения работы было выявлено, что модуль упругости и прочность на изгиб зависят от метода изготовления и длины волокон. Показано, что среди трех композитов с составом «ПЭИ + 40 масс. % УВ 6 мм», сухая смесь порошка ПЭИ + УВ 6 мм имела самый высокий модуль упругости 20,5 ГПа и самую высокую прочность на изгиб 338 МПа.

Композит с неткаными матами и пропитанный растворенным полимером обладает большей прочностью по сравнению с композитом из полимерных пленок. Исследования показали, что композиты с межслойными структурами обладают более высокой прочностью на изгиб по сравнению с другими.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема FWRW-2021-0010.

Список литературы

1. Prakash D.T. Specialty Thermoplastics. Preparations, Processing, Properties, Performance. Munich: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2023. – 250 p.
2. Eloi F., Jean I., Ahmad R. L., Mohamed M. S., Damien S.T. Measurement device for tear defects during preforming of non-woven fabrics made of recycled carbon fibres // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2024. – Vol. 177. – P. 107961.