

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОИСТЫХ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ АРМИРОВАНИЕМ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

ХУ СИНЬ¹, М.В.БУРКОВ^{1,2}

¹Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: burkovspms@tpu.ru

Базальтопластики имеют высокие механические и другие специальные свойства, также высокую химическую стойкость волокон к воздействию щелочей, кислот и химически активных сред, а также обладает ценой ниже, чем углепластики. Базальтопластики это современный передовой материал, часто применяемый в производстве базальтовых труб в нефтяной, газовой и химической промышленности, в машиностроении и химической промышленности. Нанотрубки являются легкой, идеально соединенной шестиугольной наноструктурой с некоторыми необычными механическими, электрическими и химическими свойствами. Нанотрубки совместно с базальтовыми волокнами могут эффективно увеличить прочность композита и снизить его плотность.

В данной работе были изготовлены образцы без наполнения и с углеродными нанотрубками, а затем проведены испытания на растяжение по стандарту ASTM3039 [1] и по стандарту ASTM3518 [2] и испытание на изгиб по стандарту ASTM7264 [3] после этого было проведено сравнение полученных результатов.

В качестве экспериментального материала выбрана базальтовая ткань ТБК-200, плотностью 200 г/м², с плетением plain. Изготавливаемые образцы имели размер 215*150 мм. Эпоксидное связующее R&G Ероху L смешивалась с отвердителем GL2 в соотношении 100:30 по массе. Изготовлено два состава базальтопластика: без наполнения и с углеродными нанотрубками OcSiAl Tuball. Углеродные нанотрубки добавляли в соотношении 0,2 вес% относительно массы связующего.

Методом ручной выкладки было выложено 24 слоя базальтовой ткани [0F]12S, при этом каждый слой пропитывался связующим. Далее заготовка устанавливалась в пресс-форму и в термопресс Gotech 7014. Формование происходило при температуре 100 градусов и давлении 0,7 МПа. Выдержка в термопрессе – 30 минут. Далее образцы постотверждались в течение 24 часов при 80 градусах в термошкафу. Изготовлено по 3 плиты-заготовки для базальтопластиков исходного состава и состава с углеродными нанотрубками. Также изготовлено по одной плите-заготовке для каждого состава с укладкой [45F]8S. Образцы были вырезаны на станке с ЧПУ Purelogic RM0813, получено по 5 образцов на каждый тип испытаний для каждого из составов.

Затем образцы были испытаны на растяжение по стандарту ASTM D3039 [1] и по стандарту ASTM D3518 [2], испытание на изгиб по стандарту ASTM D7264 [3]. При испытании на растяжение определялись предел прочности и модуль упругости. При испытании на изгиб определялся изгибный модуль и изгибная прочность.

На рисунке 1(а) показаны поля деформации при растяжении по стандарту ASTM D3039. Цифры справа обозначают величину деформации на цветовой шкале. На рисунке 1(б) демонстрируются кривые изменения деформации и напряжения, где красная линия – базальтопластик с УНТ, черная линия – базальтопластик исходный. Во вставке красные звездочки обозначают максимальное напряжение образца базальтопластика с УНТ, а черные звездочки обозначают максимальное напряжение образцов исходного базальтопластика.

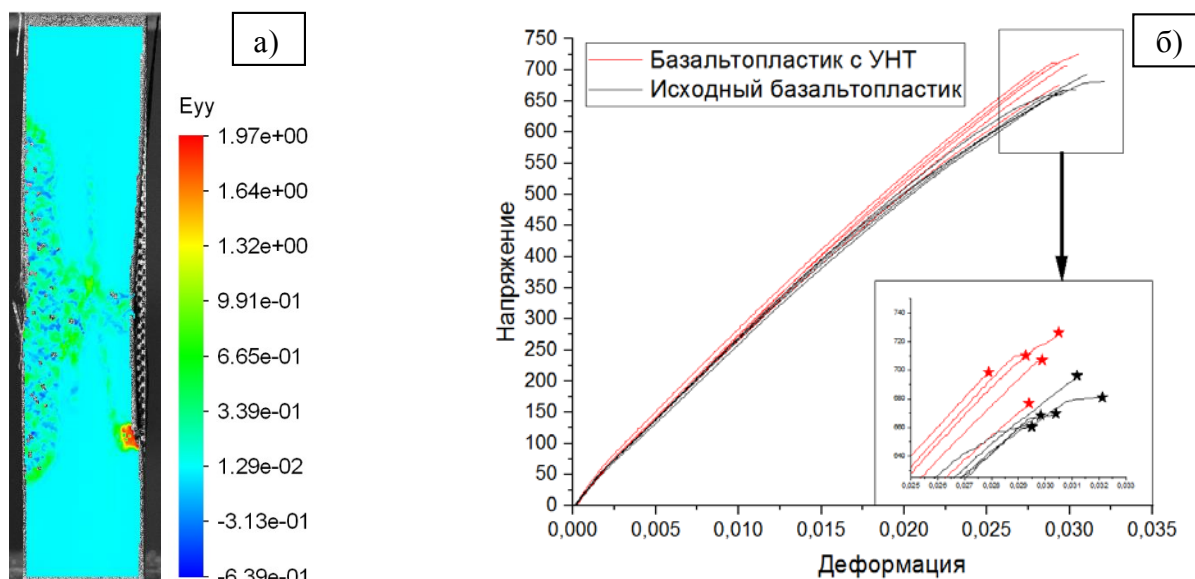


Рисунок 1 – Испытание на растяжение по ASTM D3039: а) поле деформации ϵ_{yy} , рассчитанное с помощью метода корреляции цифровых изображений; б) кривые нагружения образцов

В то же время на рисунке 1(б) видно, что предел прочности при добавлении УНТ повысился с 675,1 МПа до 703,9 МПа.

На рисунке 2(а) показаны кривые изменения деформации и напряжения, где красная линия – базальтопластик с УНТ, черная линия – базальтопластик исходный. Во вставке красные звездочки обозначают максимальное напряжение сдвига образца базальтопластика с УНТ, а черные звездочки обозначают максимальное напряжение сдвига исходного образца базальтопластик. Во вставке на рисунке 2(а) красные и черные звезды обозначают условный предел сдвига $\tau_{0,2}$.

На рисунке 2(а) видно, что максимальное напряжение сдвига при добавлении УНТ повышается с 55,6 МПа до 63,6 МПа, модуль сдвига повышается с 3,4 МПа до 3,9 МПа, условный предел сдвига ($\tau_{0,2}$) повышается с 31,4 МПа до 33,6 МПа.

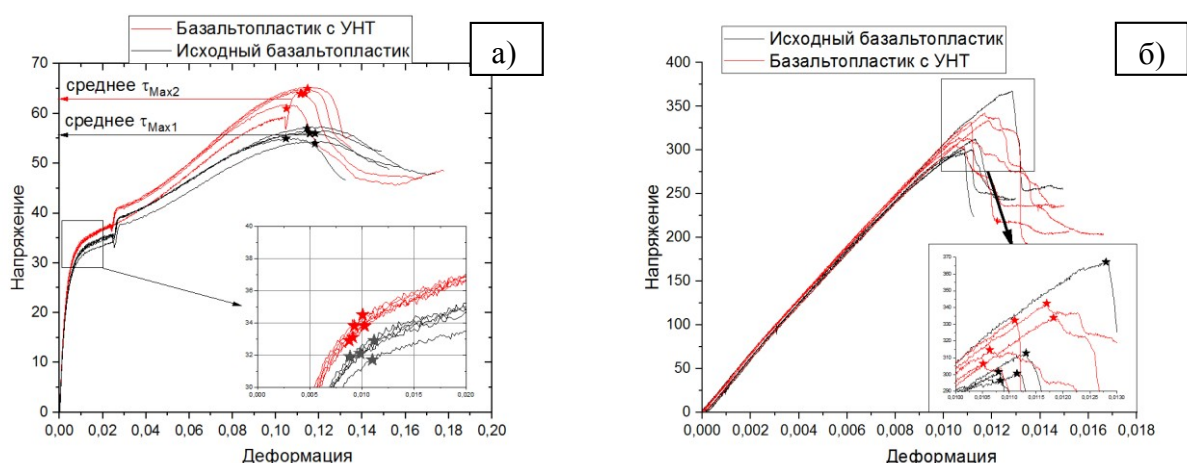


Рисунок 2 – Результаты испытаний на растяжение по ASTM D3518 (а) и на изгиб по ASTM D7264 (б)

На рисунке 2(б) показаны кривые нагружения для испытания на изгиб. Красная линия базальтопластик с УНТ, черная линия – базальтопластик исходный. Во вставке красные

звездочки обозначают предел прочности на изгиб образца базальтопластика с УНТ, а черные звездочки обозначают максимальное напряжение исходного образца базальтопластика. Из рисунка 2(б) видно, что предел прочности при добавлении УНТ повышался с 315,9 МПа до 325,9 МПа, изгибный модуль понизился с 32,8 ГПа до 32,6 ГПа.

Сводная таблица 1 механических характеристик представлена ниже.

Таблица 1 – Механические свойства базальтопластика

Тип базальтопластиков	$\sigma_{\max}$, МПа	E, ГПа	$\tau_{\max}$, МПа	G, ГПа	$\tau_{0,2}$, МПа	$\sigma_{\text{изг}}$, МПа	E _{изг} , ГПа
Без УНТ	675,1 ±13,9	29,2 ±1,3	55,6 ±1,1	3,4 ±0,3	31,4 ±1,7	315,9 ±29,6	32,8 ±0,9
С УНТ	703,9 ±18,1	30,6 ±0,8	63,6 ±1,5	3,9 ±0,2	33,6 ±0,6	325,9 ±14,9	32,6 ±0,4

По результатам сравнения видно, что при испытании на растяжение по стандарту D3039 значение предела прочности и значение модуля Юнга образцов композита с углеродными нанотрубками выше, чем у образцов композитного материала без углеродных нанотрубок на 4%. Значения прочности образцов композита с углеродными нанотрубками при испытании на растяжение по стандарту D3518 на 7% выше, чем у образцов композита без углеродных нанотрубок. Модуль сдвига при этом повышается на 13%. В испытании на изгиб по стандарту D7264 значение предела прочности образцов композита с углеродных нанотрубок на 3% выше, чем у образцов композита без углеродных нанотрубок. При этом значение изгибного модуля снижается 0,6%. Сравнение исходных базальтопластиков и с УНТ позволяет сделать вывод об эффективности такого метода наномодификации.

Список литературы

1. D3039/D3039M – 14 Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials.
2. D3518/D3518M – 13 Standard Test Method for In-Plane Shear Response of Polymer Matrix Composite Materials by Tensile Test of a 45° Laminate.
3. D7264/D7264M – 15 Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОСТИ И МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ1-0

С. ЧЖАН¹, Ц. ХАНЬ¹, Е.А.ДАРЕНСКАЯ¹, Ц.ЧЖАО²

Томский политехнический университет

Шеньянский политехнический университет

E-mail: 905343847@qq.com

Титан и его сплавы считаются привлекательными металлическими материалами в связи с их высокой прочностью, коррозионной стойкостью, пластичностью и вязкостью, хорошей биосовместимостью, легкостью, технологичностью и криогенной устойчивостью. Этим обусловлено широкое использование титановых сплавов в разных областях промышленности [1-3]. Область применения титановых сплавов в различных отраслях техники требует определения таких механических свойств, как твердость и модуль упругости. В связи с этим является интересным применение наноиндентирования для