

Євтушенко М.О., Ковбаса М.Л., *наук. кер. Шукаєв С.М., д.т.н., проф., Шидловський М.С., к.т.н, доц.*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І.Сікорського», e-mail: skif.lucky@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ТА ПРУЖНОСТІ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ 3D ПРИНТЕРІВ

3D друкування швидко розвивається і проникає в усі галузі нашого життя (архітектура, будівництво, автомобільна, аерокосмічна, біоінженерна сфери і т.п.). Традиційні методи виробництва, такі як лиття під тиском, можуть бути дешевшими при виробництві великих партій полімерних виробів, але 3D друк має переваги при дрібносерійному виробництві, дозволяючи досягти більш високого темпу виробництва і гнучкості дизайну разом з підвищеною економічністю у перерахунку на одиницю продукції. 3D-принтер пристрій, що використовує метод пошарової побудови фізичного об'єкта за цифровою віртуальною 3D-моделлю. На даний момент обладнання даного класу може працювати з фотополімерними смолами, різними видами пластикової нитки, керамічним і металічним порошком, нейлоном та ін.

Технологія 3D друкування швидко розвивається, з'являються нові методи друку та матеріали, тому встановлення впливу цих методів на механічні характеристики матеріалів є актуальною задачею.

Мета роботи. Експериментальне дослідження впливу технології 3D друкування на характеристики міцності та пружності полімерного матеріалу ABS+.

Об'єкти досліджень. Механічні властивості зразків з полімерного матеріалу ABS+, які виготовлені методом пошарового наплавлення (FDM).

Випробування на розтягання проводились на універсальній машині TIRAtest-2151. Зразки (рис.1) були виготовлені на 3D принтері Flashforge Creator Pro+ Plus (5GEN) за технологією друку методом пошарового наплавлення (FDM).

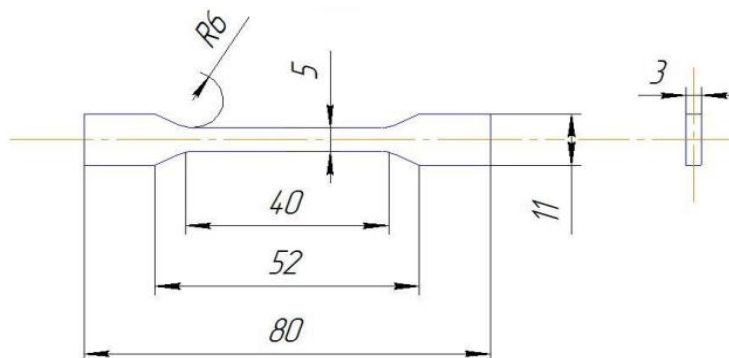


Рис. 1. Зразок за ГОСТ 11262 (тип 5)

Зразки розтягувались із постійною швидкістю деформування (при 0,5; 5; 50 мм/хв). Під час випробування вимірювались видовження та навантаження у зразку. За допомогою комп'ютера під'єданого до випробувальної установки були побудовані діаграми деформування в координатах «навантаження – видовження» за якими визначались механічні характеристики і проводилась обробка отриманих діаграм (рис. 2).

Експериментальні значення, досліджуваних характеристик, внесені до табл. 1.

Результати випробувань порівнювались з характеристиками мононитки ABS+, які надає постачальник [4] (табл. 2).

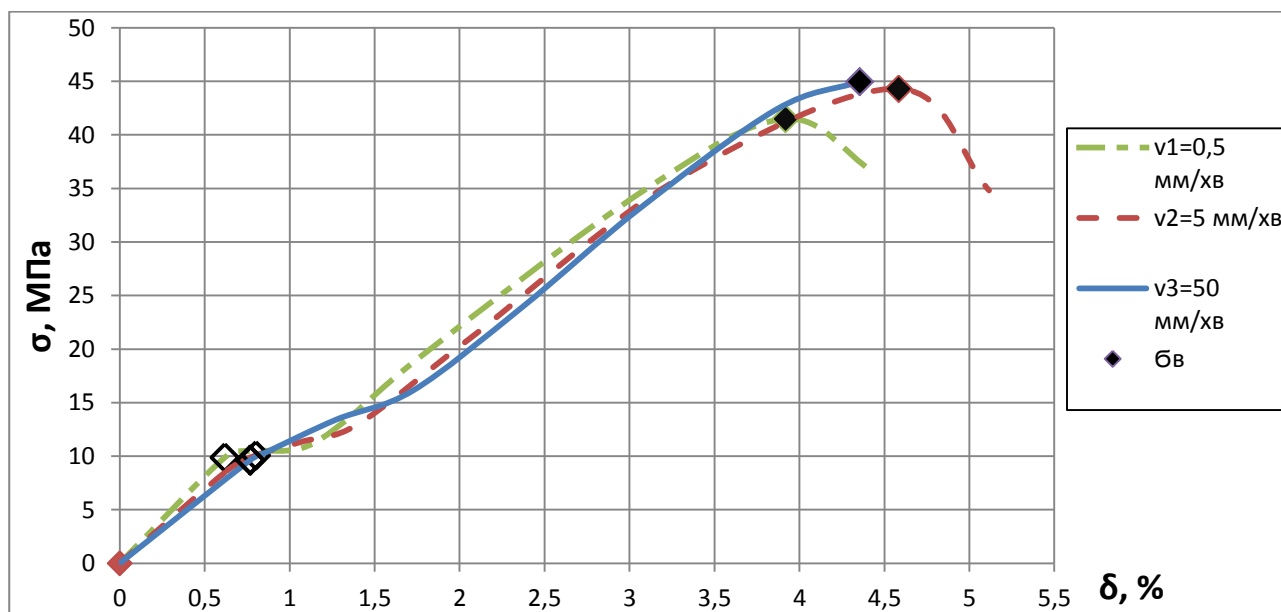


Рис. 2. Діаграми розтягу зразків з ABS+ пластику при різних швидкостях деформації

Таблиця 1. Механічні характеристики зразків після 3D друкування

№ зразка	v , мм/хв	$\sigma_{\text{пц}}$, МПа	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{р}}$, МПа	E , МПа	δ , %
1	0,5	10,603	44,710	33,363	1787,3	4,745
2	0,5	9,145	38,732	32,026	1310,1	4,957
3	0,5	8,620	38,355	25,215	1593,4	4,447
4	0,5	11,026	42,494	32,026	1621,3	6,198
5	0,5	10,016	40,178	31,834	1587,3	4,871
6	5	11,209	50,261	31,720	1315,4	5,934
7	5	7,697	36,784	32,340	1479,1	4,298
8	50	10,992	50,249	32,563	1447,7	4,201
9	50	9,537	41,233	30,504	1237,6	3,811
10	50	10,781	41,395	29,490	1300,3	3,612
11	50	7,872	46,172	31,150	1323,6	3,744
12	50	9,020	45,820	32,311	1263,2	3,952

Таблиця 2. Порівняння механічних характеристик ABS+ за інформацією постачальника і результатами експерименту

Матеріал	Границя міцності σ_B , МПа	Модуль пружності E , МПа	Відносне видовження, δ , %
Мононитка ABS+	не менше 38	не менше 2800	не менше 20
Усереднені результати експерименту, v_1	40,9	1579,9	5,0
Усереднені результати експерименту, v_2	43,5	1397,3	5,1
Усереднені результати експерименту, v_3	45,0	1314,5	3,9

За результатами експерименту були також побудовані регресійні моделі механічних характеристик ABS+ в залежності від швидкості навантаження:

$$\sigma_B = 41,473 + 0,071 \cdot v,$$

$$E = 1538,958 - 4,576 \cdot v,$$

$$\delta = 5,105 - 0,025 \cdot v,$$

де σ_B і E виражаються в МПа, δ – у відсотках, а v – мм/хв.

Висновки. Результати дослідження засвідчили, що заявлені постачальником механічні характеристики мононитки ABS+, зокрема, модуль пружності E і відносне видовження δ суттєво відрізняються від механічних характеристик готового виробу, яким є досліджені зразки.

Також було встановлено що при збільшенні швидкості деформації під час випробувань на розтягання модуль пружності (E) і відносне видовження (δ) зменшуються, а границя міцності (σ_B) збільшується.

Отримані результати можуть стати в нагоді під час виготовлення моделей з ABS+ пластику і застосуванні методу пошарового наплавлення (FDM).

Список використаних джерел

- ГОСТ 9550-81. Пластмассы. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе.
- ГОСТ 11262-80 Пластмассы. Метод испытания на растяжение.
- ГОСТ 14359-69. Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования.
- ABS+ - Материалы для 3D печати - MonoFilament [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://monofilament.com.ua/products/abs-plus/#>.