

УДК 691.175, 620.172

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ И СТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ABS-ПЛАСТИКА, ПОЛУЧЕННОГО НАПЛАВЛЕНИЕМ НИТЕЙ

Д. Д. АДИНЦОВ

Научный руководитель И. А. ЛЕОНОВИЧ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Цель работы – накопление экспериментальных данных о свойствах ABS-пластика, полученного наплавлением нитей, выявление возможных закономерностей в деформировании и разрушении материала.

Исследования проводились на образцах двух типов, изготовленных по ГОСТ 11262–2017 (ISO 527–2:2012) *Пластмассы. Метод испытания на растяжение* (рис. 1).

а)



б)



Рис. 1. Плоские образцы по ГОСТ 11262–2017: а – тип 1, б – тип 1В

Образцы изготавливались экструзивным методом с послойным наплавлением нитей из проволоки ABS-s21 диаметром 1,75 мм (black) на 3D-принтере VSHAPER PRO с диаметром сопла экструдера 0,4 мм и точностью подачи проволоки 1 мкм. Образцы располагались плашмя на подложке с продольной ориентацией оси. Следующие параметры печати для всех образцов поддерживались постоянными: скорость печати – 45...50 мм/с, температура головки экструдера – 235 °С, температура нагрева камеры – 60 °С, температура нагрева стола – 90 °С, заполнение – 100 %. По периметру образцов печатался контурный слой, состоящий из трех филаментов.

Переменными параметрами являлись размеры поперечного сечения по месту разрушения и способ укладки проволоки внутри контура. В образцах типа 1 (см. рис. 1, а) с поперечным сечением 2 × 6 мм контрольная длина составляла 25 мм, в образцах типа 1В (см. рис. 1, б) с поперечным сечением 4 × 10 мм – 50 мм. Материал внутри контура формировался линейным заполнением (linear),

причем направление нитей в соседних слоях было взаимно перпендикулярным. В малых образцах (тип 1) в первом слое нити располагались перпендикулярно оси образца, в последующем слое – вдоль оси образца. В крупных образцах (тип 1В) нити во всех слоях располагались под углом 45° по отношению к оси образца.

Статическое испытание на растяжение проводилось на универсальной испытательной машине настольного типа Kason WDW. Переменным параметром являлась скорость нагружения.

Структура разломов изучалась с помощью стереоскопического микроскопа СМ0655 (СМ0655-Т), предназначенного для получения объемного изображения предметов в отраженном или проходящем свете.

Результаты испытания образцов типа 1 (серия А и В) и анализ структуры разломов с последующими выводами даны в [1]. Учитывая неравномерную структуру материала, характерную для заполнения объема в сериях А и В, основное сопротивление растяжению оказывали слой с продольным расположением нитей и краевые филаменты. В слоях с поперечным направлением нитей в большой степени сказывалась деформация сдвига. Более рыхлая структура в средней части поперечного сечения занимала около 40 %...50 % от общего объема материала.

Поэтому для получения более стабильных результатов нами были проведены новые испытания на стандартных образцах более крупного размера, в которых краевые филаменты занимают меньший объем в процентном отношении. В образцах типа 1В укладка линий производилась под углом 45° по отношению к оси образца в каждом слое, что должно было обеспечить одинаковое сопротивление растяжению. Диаграммы нагружения представлены на рис. 2.

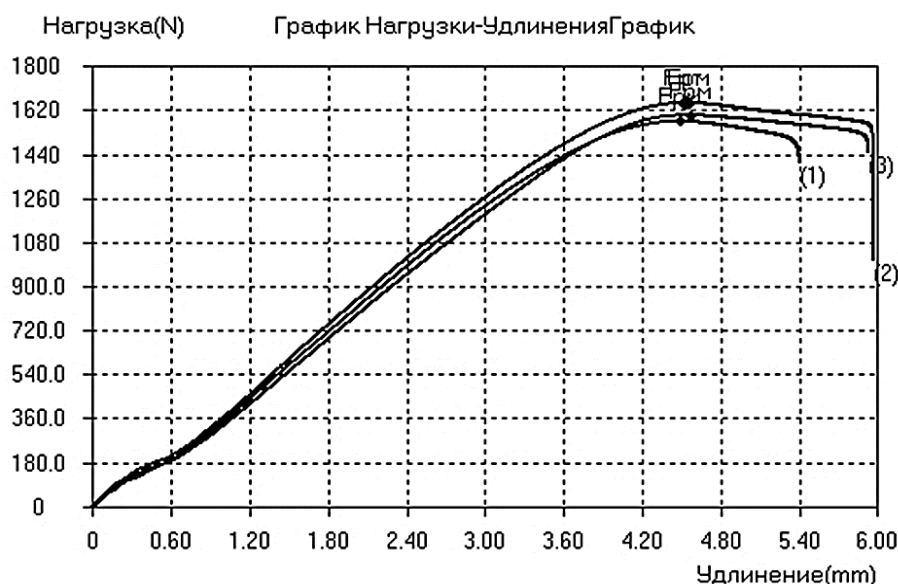


Рис. 2. Диаграммы нагружения образцов серии Л (тип 1В)

Анализируя структуру разломов, показанных на рис. 3, обнаружили, что на всех образцах произошло отслоение слоев, формируемых на подложке (первые 2–3 слоя). Остальные слои поперечного сечения разрушились равномерно

в результате растяжения. Этот недостаток следует учесть в последующем, обеспечивая различными приемами надежное скрепление первых слоев, например, обработкой ацетоном.

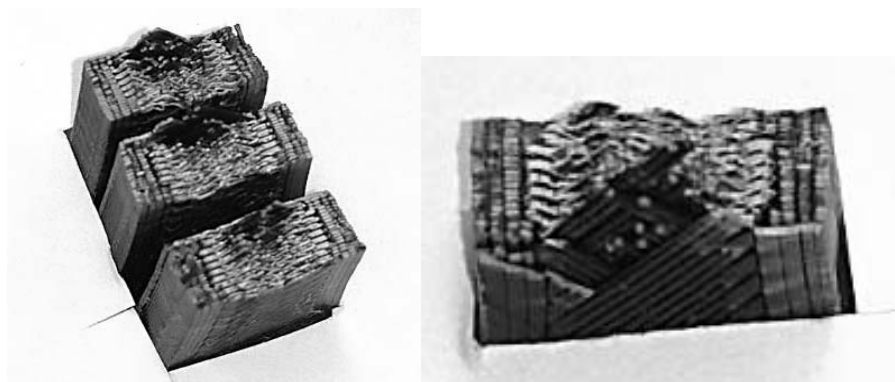


Рис. 3. Фотографии разломов образцов серии Л (тип 1В) после испытаний

Усредненные результаты испытаний всех образцов сведены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты испытаний образцов

Серия образцов	Скорость нагружения, мм/мин	Предел прочности при растяжении $\sigma_{рм}$, МПа	Модуль упругости при растяжении E_p , МПа	Относительное удлинение при разрыве ϵ_{pp} , %
A1–A5 тип 1	5	37,29	617,36	9,6
B1–B5 тип 1	0,5	38,29	637,36	9,62
Л1–Л3 тип 1В	1	37,95	540,14	11,53

Механические характеристики прочности показали достаточно высокую стабильность в результатах независимо от скорости нагружения при испытании и структуры материала для двух исследуемых стилей заполнения. Модуль продольной упругости в образцах с формированием слоев под 45° по отношению к действующей нагрузке оказался еще меньше ранее определенного значения, что в 3 и более раза ниже значений, указанных в ГОСТ 11262–2017. Следовательно, материал, полученный по аддитивной технологии (FFF/FDM-печать), обладает более высокими деформативными свойствами по сравнению со сплошным материалом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Леонович, И. А.** Исследование свойств ABS-пластика в образцах, полученных по технологии FFF-печати / И. А. Леонович, Д. Д. Адинцов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2023. – № 1. – С. 13–21.