

ного, более структурный и холодный оттенок. Породу древесины по цвету можно определить с помощью атласа цветов. Так же для оценки качества, обращают внимание на дефекты и пороки лицевой стороны (червоточины, заусенцы, трещинки). [2] Для долговечности и сохранности материала, стоит позаботиться о его защите.

Защитить древесину и дерево содержащие материалы можно двумя способами:

Антисептики – токсичные, противогрибковые средства, уберегающие дерево от одной из основных причин гниения. Поверхностное нанесение происходит путем распыления/промазывания древесины растворами медного купороса, фтористого или кремнефтористого натрия. Масляные антисептики используют для древесных конструкций, взаимодействующих с водой или грунтом. Таким же образом используются битумные или силикатные пасты. Так же можно использовать хлорофос (диметилтрихлорксиэтилфосфонат), порошок и пасту ДДТ, дуст, газы (хлорпикрин). Антипирены – термозащитные составы, предохраняющие от возгорания, действующие на основе пленки, образующейся под воздействием температуры на материал, которая преграждает доступ кислорода. Так же имеют антисептические свойства. [2]

Сушка древесины. Существует несколько способов защиты древесины. Однако, условия хранения, сушка и методы эксплуатации древесины – основные факторы долговечности материала. Благодаря сушке древесины уменьшается вероятность ее гниения, повышается прочность. На природе, под защитными конструкциями (для исключения намокания или попадания прямых ультрафиолетовых лучей) или на производстве осуществляется естественная сушка материалов. Продолжительность сушки – от недели до нескольких месяцев. Не исключается заражение материала грибом и паразитами. Главное преимущество данного способа сушки – отсутствие затрат на тепловую энергию и топливо. При искусственной сушки исключается поражение грибами или насекомыми. Так же этот метод осуществляется в течение нескольких дней, а возможно и часов. Благодаря этой методики обеспечивается более высокое качество древесины. Существует несколько способов не естественной сушки.

В сушилках временного или непрерывного действия происходит камерная сушка. Длительность – пара суток. Суть способа – прогревание и высушивание древесины горячим воздухом, паром или дымом. Примерная температура - 70 – 80°C. Также возможна сушка в электрическом поле высокой частоты. В таком случае древесина прогревается равномерно между электродами и высушивается в 10 – 20 раз быстрее, чем при камерной сушке. Однако подобный способ обладает высокими экономическими и энергозатратными расходами. [3]

Для исключения процессов гниения, стоит изолировать конструкцию и сам материал от влаги, земли, каменной кладки. Так же можно использовать устройство для вентиляции, не допускать попадание влаги и осадков. Использование лакокрасочных покрытий. Но, надежнее будет использовать специальные антисептические средства.

**Заключение.** Древесные строительные материалы играют важную роль в развитии технического прогресса страны. От долговечности и качества древесины и ее производства зависит темпы и качество развития.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьева, Т. В. Технология древесных композиционных материалов и изделий: учебно-метод. пособие для студентов специальности 1-48 01 05 «Химическая технология переработки древесины» специализации 1-48 01 05 02 «Технология древесных плит и пластиков» / Т. В. Соловьева, М. М. Ревяко, И. А. Хмызов. – Минск: БГТУ, 2008. – 180 с.

2. Казаченко, А.М., Модлин Б.Д. “Общая технология производства древесных плит” [Электронный документ] – Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/drevesplit/text.pdf>. – Дата доступа: 05.03.2020

3. Методические указания по изучению дисциплины “Строительное материаловедение” [Электронный документ] – Режим доступа: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/37703/Stroitelnoe\\_materialovedenie\\_%5BЭлектронныj\\_resurs%5D.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/37703/Stroitelnoe_materialovedenie_%5BЭлектронныj_resurs%5D.pdf?sequence=3&isAllowed=y). – Дата доступа: 07.03.2020

УДК 662. 668

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ЗАПОЛНЕНИЯ ЯЧЕЕК ПРИ 3D-ПЕЧАТИ PLA ПЛАСТИКОМ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗДЕЛИЙ

*А. А. Савченя, магистрант ФММП БНТУ, Н.А. Козловская, студентка гр. 10506118 ФММП БНТУ, А.С. Ранцевич, магистрант МСФ БНТУ, г.Минск  
научный руководитель – канд. техн. наук, доцент А.И. Ермаков*

*Резюме - в научной статье проводится выявление взаимосвязи технологических параметров 3D-печати и механических свойств получаемых изделий. При проведении исследований были получены регрессионные модели влияния параметров 3D-печати на механические характеристики изделия, отличающиеся патентной чистотой. На основании анализа регрессионных зависимостей выявлены оптимальные, с точки зрения механической прочности получаемых изделий параметры печати. В основе научной идеи лежит возможность с помощью варьирования технологических параметров 3D-печати PLA пластиком получить изделия с новыми механиче-*

скими свойствами, которые возможно использовать в машиностроении, оборудовании для торговли и рекламы с целью экономии средств. Новизна данного исследования заключается в том, что при помощи полученных в исследовании данных можно будет прогнозировать свойства изделий, получаемых при различных режимах 3D-печати.

*Summary - the scientific article reveals the relationship between the technological parameters of 3D printing and the mechanical properties of the resulting products. During the research, regression models of the effect of 3D printing parameters on the mechanical characteristics of the product, differing in patent purity, were obtained. Based on the analysis of the regression dependencies, the optimal printing parameters were determined from the point of view of the mechanical strength of the obtained products. The scientific idea is based on the possibility, by varying the technological parameters of 3D printing with PLA-plastic, to obtain products with new mechanical properties that can be used in mechanical engineering, equipment for trade and advertising in order to reduce costs. The novelty of this study lies in the fact that usage of the data obtained in the study will help to predict the properties of products obtained under various modes of 3D printing.*

**Введение.** Основными проблемами современного машиностроения является повышение надежности и долговечности деталей и узлов механизмов, наряду с постоянным снижением металлоемкости конструкций. Актуальность проблемы постоянно возрастает в связи с повышением требований к изготовлению изделий, необходимостью экономии дефицитных дорогостоящих металлов и сплавов и, как следствие, замены их на экономически более выгодные варианты. Одним из перспективных вариантов замены, является использование в конструкциях узлов пластиков, в частности, полимолочной кислоты (PLA). PLA – биоразлагаемый термопластик применяемый в 3D-печати [1]. Однако, не смотря на широкое распространение 3D-печати PLA пластиком, в открытом доступе практически отсутствуют данные о механических характеристиках изготавливаемых изделий. Не описан характер влияния температурного диапазона, скорости печати, высоты слоя, скорости перемещения печатающей головки на свойства изделий, что не позволяет прогнозировать механические свойства конечной продукции. Поэтому исследование режимов 3D-печати PLA пластиком влияющих на механические характеристики изделий представляет серьезный научный и практический интерес [2].

**Основная часть.** Для установления механических характеристик изделия с различными технологическими параметрами, их необходимо подвергнуть серии испытаний, среди основных – испытания на разрыв. Испытания образца необходимы для установления прочности, что является особо важным параметром при дальнейшем его использовании. Данные испытания были проведены на гидравлической разрывной машине с измерительным программным комплексом в комплекте Kason WAW-300, где образец подвергался растягивающим усилиям до разрушения. Прибор, установленный на машине, определяет масштаб растяжения в виде диаграммы. Чем пластичнее образец, тем дольше его сопротивление разрушению, и наоборот [3].

Определение прочности образца при растяжении проводится согласно ГОСТ 11262, а определение модуля упругости – ГОСТ 9550-81. Спроектированная 3D-модель в программе SOLIDWORK и напечатанная на 3D-принтере, соответствует типу и размерам, указанным в ГОСТ [4].

В работе было использовано четыре типа формы заполнения: треугольный, сотовый, линия и печать на ребре. Был подобран оптимальный процент заполнения, он определяет какое количество пластика будет находиться внутри образца, выбор был остановлен на 20% [5]. Испытания на растяжение были проведены при температуре  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  в соответствии с ГОСТ 11262–80 и ГОСТ 9550–81. Перед испытаниями замерили ширину и толщину образцов в рабочей части с точностью до 0,01 мм в трех местах и вычислили площадь поперечного сечения. В расчет приняли наименьшую площадь поперечного сечения. Перед испытаниями на образец были нанесены необходимые метки (без повреждения образцов), ограничивающие его базу и положение кромок захватов. Образцы были закреплены в зажимы испытательной машины по меткам, определяющим положение кромок зажимов, таким образом, чтобы продольные оси зажимов и ось образца совпадали между собой и с направлением движения подвижного зажима. Зажимы затягивались равномерно, чтобы не было проскальзывания образца в процессе испытания, но при этом не происходило его разрушение в месте закрепления. Затем образцы нагружались возрастающей нагрузкой, скорости раздвижения зажимов составила 5 мм/мин при определении прочности и относительного остаточного удлинения. В момент разрушения фиксировалось усилие. Печать образцов проводилась при постоянной температуре сопла –  $215^\circ\text{C}$  и нагревательного столика –  $55^\circ\text{C}$ . Скорость печати – 60 мм/с. По результатам испытаний были получены следующие данные (таблица 1). При испытании на растяжение лучше всего зарекомендовало себя продольное расположение волокон (ребро), в связи с тем, что оно наиболее приближено к исходным характеристикам материала и меньшее воздействие оказывают параметры, влияющие на склеивание слоев. Тем не менее, следует отметить, что результаты, приведенные в таблице 1 справедливы только для нагрузки, приложенной перпендикулярно направлению волокон, в случае же приложения нагрузки вдоль волокна прочностные характеристики значительно снижаются, то есть существует сильная корреляция характеристик между направлением нагрузки и волокна.

Таблица 1 – Прочностные характеристики исследуемых образцов

Образец	№ по-вторения	Нагрузка	Напряжение	Зона пластичности	Предел упр.	Модуль упр.	Нагрузка	Напряжение	Зона пластичности	Предел упр.
		Fm (Max, Fcrce), Кн	Fr, МПа	E, МПа	Среднее значение					
Треугольник	1	10,9	27,25	0,71	17,75	0,41	1,11	27,75	0,74	18,42
	2	1,11	27,75	0,74	18,5	0,46				
	3	1,13	28,25	0,76	19	0,33				
Соты	1	1,17	29,25	0,76	19	0,47	1,15	28,67	0,73	18,25
	2	1,12	28	0,71	17,75	0,48				
	3	1,15	28,75	0,72	18	0,36				
Линия	1	1,02	25,5	0,67	16,75	0,46	1,08	26,92	0,68	16,5
	2	1,1	27,5	0,7	17,5	0,32				
	3	1,11	27,75	0,67	15,25	0,38				
Ребро	1	1,62	40,5	0,96	24	0,53	1,53	38,25	0,90	22,42
	2	1,35	33,75	0,77	19,25	0,41				
	3	1,62	40,5	0,96	24	0,53				

Источник: разработка авторов на основе [2, 5]

**Заключение.** Полученные экспериментальные и теоретические данные могут быть использованы для углубления и корректировки существующих теоретических моделей, описывающих процессы 3D-печати. Кроме того, результаты работы могут применяться в учебном процессе при чтении лекций, проведении лабораторных, практических занятий, курсовом и дипломном проектировании. В перспективе результаты данного исследования можно будет использовать в промышленности при проектировании торгового оборудования, готовых изделий, производимых методом 3D-печать, в том числе на крупных предприятиях страны, таких как ОАО «МАЗ», ОАО «МТЗ», ОАО «АМКОДОР».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Информационный студенческий ресурс // НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА КИБЕРЛЕНИНКА» [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-nadezhnosti-i-dolgovechnosti-detaley-i-uzlov-metallurgicheskogo-oborudovaniya>. – Дата доступа: 20.10.2019.
2. Ермаков, А.И. Разработка 3d- принтера для образовательных учреждений / А.И. Ермаков, В.В. Книга, Е.П. Мелешня, А.А. Третьякова // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей III международной научно-практической конференции, Минск, 23–24 марта 2017 г. / БГАТУ; редкол.: В.Я. Груданов [и др.]. – Минск, 2017. – С. 426–428.
3. Информационный студенческий ресурс // Гидравлические машины [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.ndt.by/product/mekhanicheskie-ispytaniya-materialov/elektromekhanicheskie-i-gidravlicheskie-universalnye-ispitatelnye-mashiny/universalnye-ispitatelnye-mashiny-serii-kason/gidravlicheskie-mashiny-kason-waw>. – Дата доступа: 05.11.2019.
4. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение (с Изменением N 1) // Электронный фонд [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-11262-80>. – Дата доступа: 13.02.2020.
5. Ермаков, А.И. Применение 3d- принтера для формирования изделий из шоколада / А.И. Ермаков, С.В. Чайко, А.Е. Шарамета, Е.П. Мелешня // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей III международной научно-практической конференции, Минск, 23–24 марта 2017 г. / БГАТУ; редкол.: В.Я. Груданов [и др.]. – Минск, 2017. – С. 42–44.

УДК 669

#### УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СВАРКА И ЛУЖЕНИЕ

*А.О. Соколюк, А.Д. Евсеева, студенты группы 10507218, 10508118 ФММП БНТУ,  
научный руководитель – старший преподаватель А.А. Заболотец*

*Резюме - в работе представлен анализ двух методов ультразвуковой обработки таких как ультразвуковая сварка и ультразвуковая пайка. Даны характеристики данных методов и рассмотрены их области применения.*

*Summary -the paper presents an analysis of two methods of ultrasonic processing such as ultrasonic welding and ultrasonic soldering. The characteristics of these methods are given and their fields of application are considered.*