

ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

Научная статья

Гончарова Ю.Ю.^{1,*}, Дроботов А.В.², Торубаров И.С.³, Волохов М.А.⁴

¹ORCID : 0009-0005-2689-4908;

^{1, 2, 3, 4}Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (goncharova.j[at]5dtech.pro)

Аннотация

Подробно рассмотрены различные виды поверхностей для 3D-печати (3D столы) – стол с покрытием Ultrabase, полипропиленовая пластина, стол из пружинной стали с покрытием PEI, столы из ситаллового и боросиликатного стекла, перфорированные стеклянные. Проведено исследование по выявлению лучших адгезионных свойств деталей из материалов Nylon, PETG и PP к поверхностям стеклянного 3D стола, а также гладких и текстурированных столов из пружинной стали с покрытием PEI. Исследование проводилось для столов как с использованием специального адгезива, улучшающего сцепление поверхности 3D стола и образца, так и без него. С помощью микроскопа проведена фотофиксация поверхностей образцов, напечатанных на различных столах.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-принтер, 3D стол, адгезия.

A STUDY OF ADHESION PROPERTIES OF SURFACES FOR 3D-PRINTING

Research article

Goncharova J.Y.^{1,*}, Drobotov A.V.², Torubarov I.S.³, Volokhov M.A.⁴

¹ORCID : 0009-0005-2689-4908;

^{1, 2, 3, 4}Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

* Corresponding author (goncharova.j[at]5dtech.pro)

Abstract

Different types of 3D printing surfaces (3D tables) – Ultrabase coated table, polypropylene plate, PEI coated spring steel table, Sytalic and borosilicate glass tables, perforated glass tables – are discussed in detail. A study was conducted to determine the best adhesion properties of Nylon, PETG and PP material parts to the surfaces of 3D glass table and smooth and textured PEI coated spring steel tables. The research was carried out for tables, both with and without the use of a special adhesive, to improve the adhesion between the 3D table surface and the sample. A microscope was used to photograph the surfaces of the samples printed on the different tables.

Keywords: additive technologies, 3D printer, 3D table, adhesion.

Введение

На сегодняшний день аддитивные технологии или технологии послойного наращивания объектов – одни из самых быстро развивающихся областей в промышленности [7, С.76], [10]. Данные технологии позволяют создавать сложные трехмерные объекты, которые невозможно или очень трудно произвести с использованием традиционных технологий субтрактивного производства [9, С.151], [8, С.25]. 3D-принтеры являются наиболее распространённым видом машин, используемых для аддитивного производства, а также уже используются во многих сферах промышленности.

Основная часть

Наиболее распространенной является конструкция 3D-принтера с наличием 3D стола. 3D стол является немаловажным узлом всего 3D-принтера в обеспечении успешной печати и получении качественных деталей. Именно поэтому выбор подходящей поверхности для 3D-печати является ответственной задачей. На сегодняшний день на рынке аддитивных установок представлены 3D столы с различными показателями адгезии к различным материалам для печати, способам снятия готовой детали, текстуры и стоимости. Наиболее популярными являются: стол с покрытием Ultrabase (ультрабаза), полипропиленовая пластина, стол из пружинной стали с покрытием PEI, стеклянные столы и т.д. Рассмотрим поподробнее каждый из них.

Стол с покрытием Ultrabase (рисунок 1) представляет собой стекло, на которое сверху нанесено микроструктурное пористое покрытие (рисунок 2), обеспечивающее высокую степень сцепления между деталью и 3D столом. При нагревании 3D стола поры покрытия Ultrabase расширяются, а после остывания 3D стола поры покрытия Ultrabase сужаются, вытесняя напечатанную деталь. Таким образом, особенность покрытия Ultrabase заключается в том, что оно обеспечивает прилипание печатаемых деталей к столу, без дополнительного использования адгезивов и в то же время после остывания стола детали от него отклеиваются самостоятельно и снимаются без усилия. Однако, по мнению пользователей, со временем покрытие Ultrabase изнашивается, теряя свои свойства, и для достижения хорошей адгезии детали с поверхностью необходимо прибегать к специальным адгезивам [2], [5].

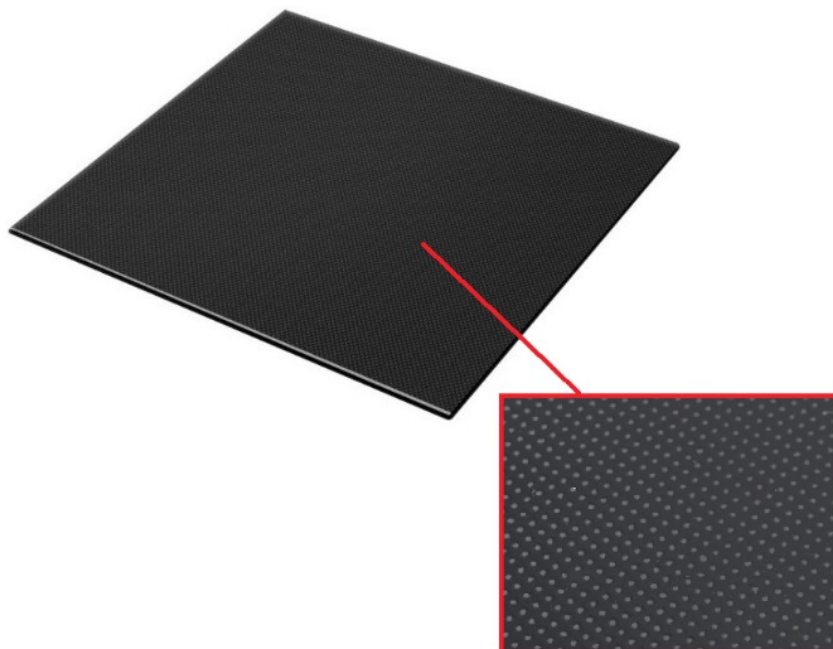


Рисунок 1 - Стол с покрытием Ultrabase

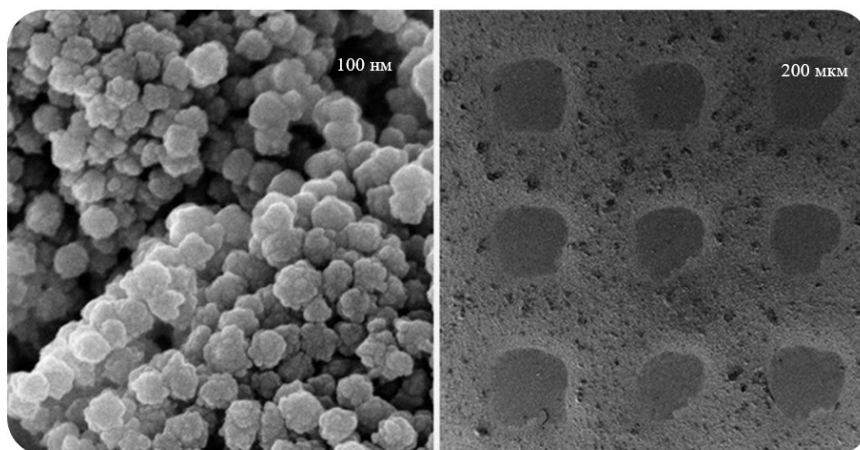


Рисунок 2 - Покрытие Ultrabase под микроскопом

Полипропиленовые пластины (рисунок 3) для 3D-принтеров представляет собой пластину из тонкого листа, который способен гнуться, что облегчает удаление напечатанных деталей, полипропиленовые пластины также устойчивы к температуре и могут использоваться до 120 °С. Однако существенными недостатками являются более быстрый износ, коробление и другие деформации полипропиленовой пластины относительно металлических или стеклянных поверхностей столов [4].



Рисунок 3 - Полипропиленовая пластина для 3D-принтера

Покрытие PEI стола из пружинной стали (рисунок 4) является полиэфиримидом, который обладает термостойкостью, простотой в обслуживании, а также обеспечивает хорошую адгезию с декоративными пластиками [3]. Существует два основных типа столов из пружинной стали с покрытием PEI: клейкие и магнитные. Клейкие столы предназначены для полупостоянного приклеивания поверх существующей пластины и немного дешевле аналогичных магнитных столов. Магнитные столы легко снимаются и заменяются, что обеспечивает большую универсальность. Также столы из пружинной стали с покрытием PEI имеют два типа поверхностей: гладкую и текстурированную. Гладкие столы обладают хорошими адгезивными свойствами, что может затруднить удаление детали, если ее материал для печати слишком хорошо прилипает к гладкой поверхности, однако в случаях если материал для печати плохо прилипает к гладкой поверхности, гладкие столы из пружинной стали с покрытием PEI улучшают адгезию материала с поверхностью печати [4]. Более простым считается удаление детали от стола с текстурированным покрытием, так как на поверхности листа имеются небольшие шероховатости.



Рисунок 4 - Столы из пружинной стали с покрытием PEI

Стеклянные столы являются наиболее популярной поверхностью для 3D-печати из-за жесткости, твердости и гладкости поверхности. Стеклянная поверхность обеспечивает равномерное распределение тепла и легкое удаление деталей, высокое качество деталей, однако для улучшения сцепления материала с поверхностью стеклянного стола

порой может потребоваться адгезив [1]. Существуют различные виды стеклянных столов, например, ситалловое, боросиликатное, перфорированное и т.д.

Ситалловое стекло обладает такими свойствами, как прозрачность, износостойкость, химическая и термическая устойчивость. Применение ситаллового стекла дает возможность печатать разными видами пластика, обеспечивает прочное крепление печатаемой детали с поверхностью, не деформируется при печати образцов даже под воздействием высоких температур, не требует применения клея и других адгезионных материалов. Единственный недостаток – это достаточно высокая стоимость подобного материала [6].

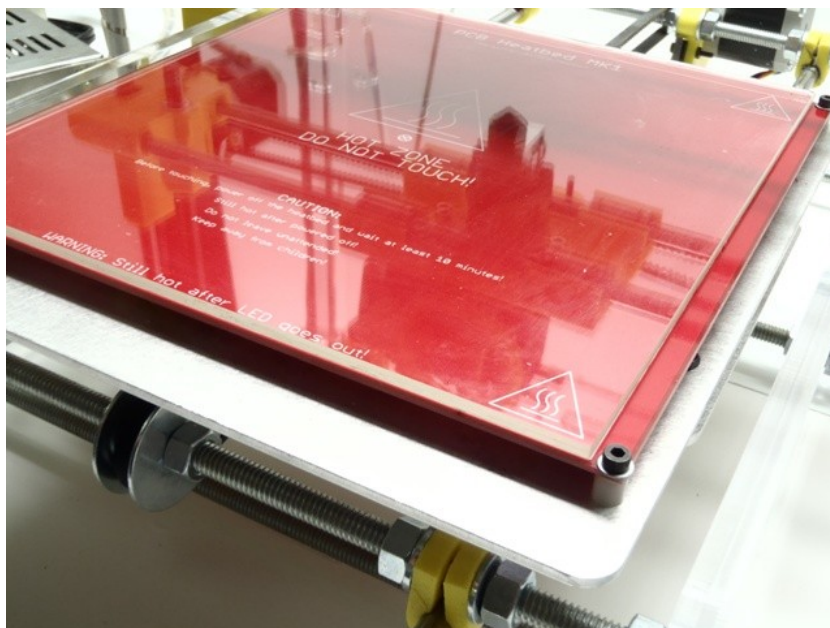


Рисунок 5 - Ситалловое стекло

Боросиликатное стекло обладает низким коэффициентом теплового расширения, что делает его более устойчивым к нагреванию, в сравнении с обычным стеклом. Также данный тип поверхности обеспечивает хорошую адгезию материала и стола. Боросиликатное стекло устойчиво к перепаду температур и химическому воздействию, а также данный тип стеклянной поверхности является очень прочным, так как при производстве в состав добавляется оксид бора, что исключает содержание воздушных пузырьков [6].



Рисунок 6 - Боросиликатное стекло

Специальное закаленное стекло с перфорированным покрытием обеспечивает крепкое сцепление детали с поверхностью. Такое покрытие позволяет легко удалить деталь от стола после остывания.

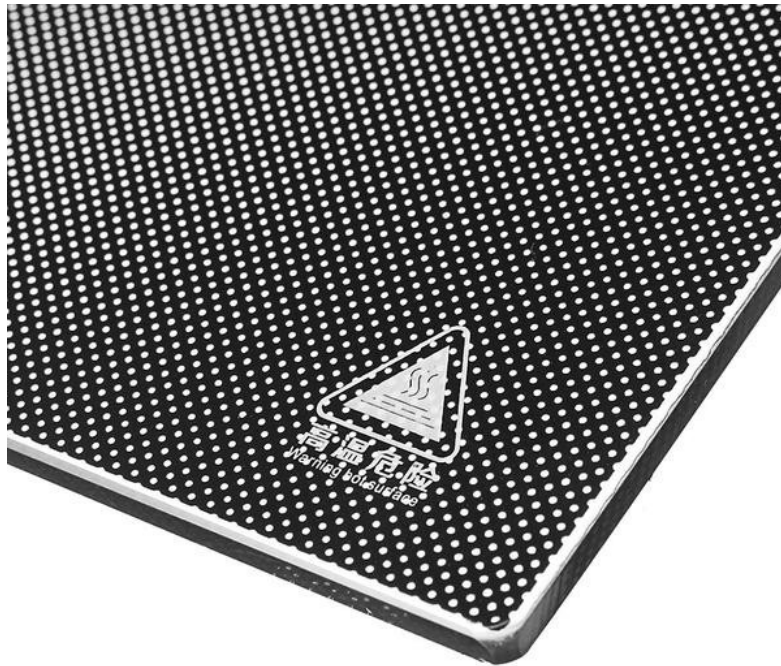


Рисунок 7 - Перфорированное стекло

Для выявления лучших показателей по адгезии было проведено исследование гладких и текстурированных столов из пружинной стали с покрытием PEI различных производителей, а также стеклянных столов.

Испытания проходили следующим образом. Была разработана 3D модель образца (рисунок 7) в виде круга диаметром 240 мм с восемью лучами, высота образца 3 мм. После этого сформированная 3D модель была загружена в программное обеспечение подготовки печати.

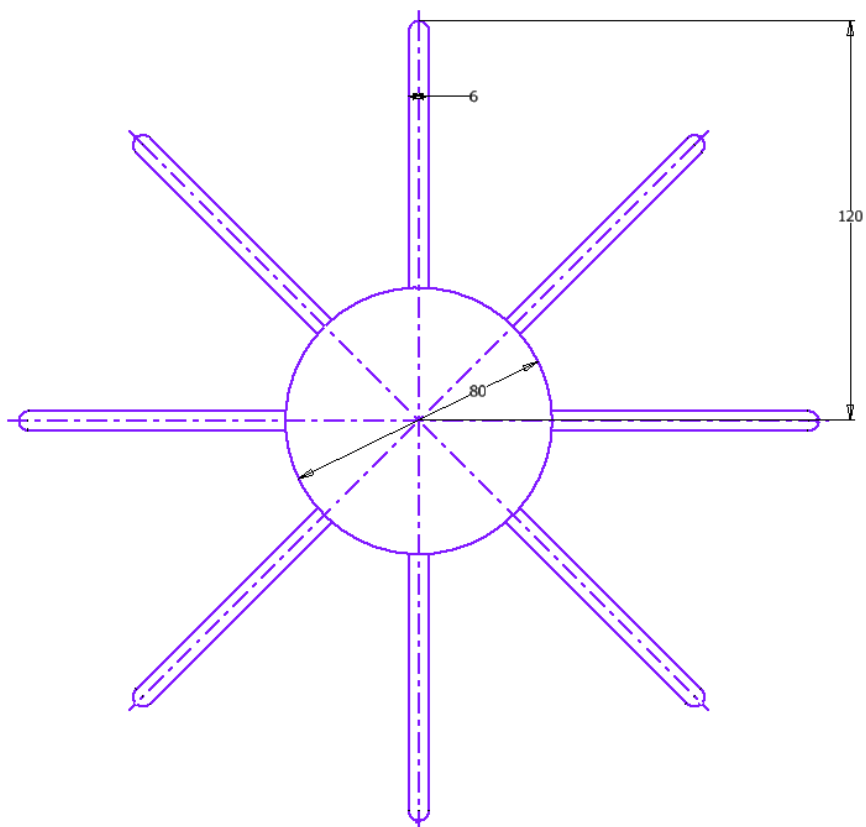


Рисунок 8 - Чертеж образца

Печать производилась материалами Nylon, PETG, PP, для каждого материала согласно указаниям производителя, были заданы соответствующие настройки печати, а именно: скорость перемещения печатающей головки, температура, охлаждение детали, параметры, характеризующие расходный материал и т.д. После этого были направлены данные построения в управляющее устройство и 3D принтер подготовлен к печати. Далее подавался материал, необходимый для изготовления образца и запущен процесс печати. Каждым материалом было произведено по 5 запусков печати, при этом на каждом варианте стола производилась печать как с использованием специального адгезива (в таблице 1 «А.» – это адгезив) для печати, так и без него. В качестве адгезива для печати был использован полимерный адгезив-гель, позволяющий улучшить сцепление стола и поверхности детали. Далее проводилась оценка адгезии детали к поверхности стола (таблица 1). Цифра в таблице 1 означает оценку (от 0 до 5) адгезии поверхности стола и детали, где 0 – деталь полностью отклеилась, адгезия плохая, 5 – означает полное сцепление детали с полностью стола, адгезия хорошая. Готовый вид, напечатанных образцов представлен на рисунке 8.

Таблица 1 - Оценка адгезии

Материал печати	Стекло	Стекло +А	Столы из пружинной стали с покрытием PEI									
			Текстурированные						Гладкие			
			Стол 1	Стол 1 +А	Стол 2	Стол 2 +А	Стол 3	Стол 3 +А	Стол 4	Стол 4 +А	Стол 5	Стол 5 +А
Nylon	2	3	1	3	1	3	0	3	3	4	3	4
PETG	3	4	1	1	1	3	1	3	3	4	3	4
PP	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

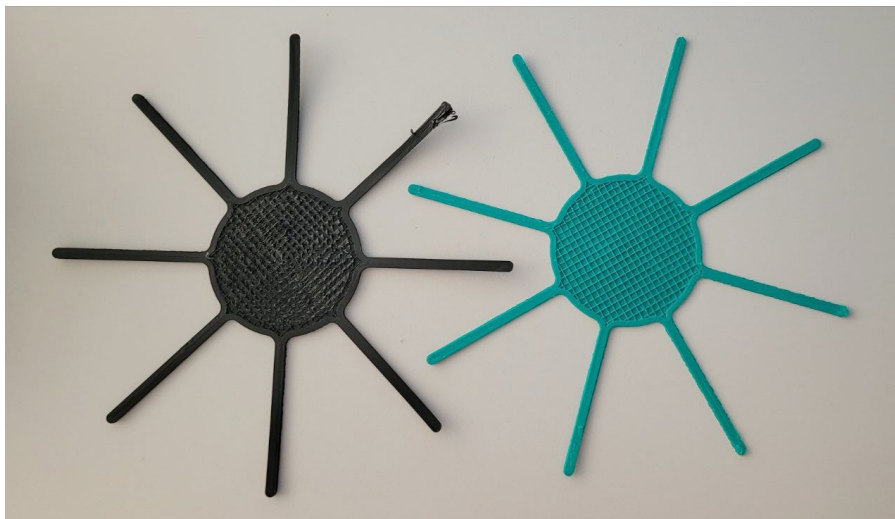


Рисунок 9 - Напечатанные образцы

Так же поверхность напечатанных деталей была рассмотрена под микроскопом – рисунок 9, который демонстрирует, что наиболее ровной и гладкой поверхностью обладают образцы, напечатанные на стеклянном столе и гладком столе из пружинной стали с покрытием PEI.



Стеклянный стол

Гладкий стол из пружинной стали с покрытием PEI

Текстурированный стол из пружинной стали с покрытием PEI

Рисунок 10 - Поверхность детали, напечатанной на каждом типе стола

Заключение

На основании проведенных испытаний было выявлено, что среди рассмотренных гладких и текстурированных столов из пружинной стали с покрытием PEI различных производителей, а также стеклянных столов наиболее высокими показателями по адгезии для материалов Nylon, PETG, PP обладают гладкие столы из пружинной стали с покрытием PEI, при этом, согласно микроскопии, детали, напечатанные на данном типе столов обладают ровной и гладкой поверхностью.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. 3D Printing Beds; Glass vs Aluminum vs Magnetic! // 3D Solved The 3D Printing Search Engine! — URL: <https://3dsolved.com/3d-printing-beds-glass-vs-aluminum-vs-magnetic/> (accessed: 22.02.2024).
2. Ultrabase – панацея или плацебо? // 3D TODAY. — URL: <https://3dtoday.ru/blogs/iksander/ultrabase-panacea-or-placebo?ysclid=lt2x8v54qb824303517/> (дата обращения: 21.02.2024).
3. 3D Printer Bed: How To Choose The Best Print Surface! // 3DPRINTMENTOR. — URL: <https://3dprintmentor.com/3d-printer-bed-how-to-choose/> (accessed: 21.02.2024).
4. The Best 3D Printer Build Plates & Surface For Every Filament // 3DSourced: The World's Most Informative 3D Printing Source. — URL: <https://www.3dsourced.com/rigid-ink/build-plate-surface/> (accessed: 22.02.2024).
5. How to Choose the Best 3D Printer Bed Surface: Excellent Adhesion? // PICK 3DPRINTER. — URL: <https://pick3dprinter.com/best-3d-printer-bed-surface/#anycubic-ultrabase/> (accessed: 20.02.2024).

6. Выбираем стекло для рабочего стола 3D-принтера: как избежать ошибок // Vektorus. — URL: https://vektorus.ru/blog/steklo-dlya-3d-printera.html?ysclid=lssl8n8p3r12_967471/ (дата обращения: 21.02.2024).

7. Шмелева А.А. Анализ способов автоматического снятия и извлечения напечатанных изделий из камеры 3D-принтера / А.А. Шмелева, А.В. Омаров, С.С. Шемелюнас [и др.] // Известия Волгоградского государственного технического университета. Сер. Прогрессивные технологии в машиностроении. — Волгоград, 2019. — № 9 (232). — С. 76-78.

8. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы) / В.А. Валетов. — СПб.: Университет ИТМО, 2015. — 63 с.

9. Дроботов А.В. Применение FDM технологии объемной печати для мелкосерийного производства изделий / А.В. Дроботов, И.В. Мартынович, И.С. Торубаров // Взаимодействие предприятий и вузов – наука, кадры, новые технологии / Под ред. С.И. Благина. — Волгоград: Волжский, 2018. — С. 151-155.

10. Изобретение 2717274 Российская Федерация, МПК B29C 64/118, B33Y 30/00, B29C 64/20. Способ изготовления изделий с помощью аддитивных технологий и устройство для его осуществления / А.Р. Авдеев, И.А. Гуцин, А.В. Дроботов, А.А. Швец; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «СТЕРЕОТЕК». — № 2018144131; заявл. 11.03.2019.; опубл. 19.03.2020, Бюл. № 8.

Список литературы на английском языке / References in English

1. 3D Printing Beds; Glass vs Aluminum vs Magnetic! // 3D Solved The 3D Printing Search Engine! — URL: <https://3dsolved.com/3d-printing-beds-glass-vs-aluminum-vs-magnetic/> (accessed: 22.02.2024).

2. Ultrabase – panacea ili placebo? [Ultrabase – panacea or placebo?] // 3D TODAY. — URL: <https://3dtoday.ru/blogs/iksander/ultrabase-panacea-or-placebo?ysclid=lt2x8v54qb824303517/> (accessed: 21.02.2024). [in Russian]

3. 3D Printer Bed: How To Choose The Best Print Surface! // 3DPRINTMENTOR. — URL: <https://3dprintmentor.com/3d-printer-bed-how-to-choose/> (accessed: 21.02.2024).

4. The Best 3D Printer Build Plates & Surface For Every Filament // 3DSourced: The World's Most Informative 3D Printing Source. — URL: <https://www.3dsourced.com/rigid-ink/build-plate-surface/> (accessed: 22.02.2024).

5. How to Choose the Best 3D Printer Bed Surface: Excellent Adhesion? // PICK 3DPRINTER. — URL: <https://pick3dprinter.com/best-3d-printer-bed-surface/#anycubic-ultrabase/> (accessed: 20.02.2024).

6. Vybiruem steklo dlja rabocheho stola 3D-printera: kak izbezhat' oshibok [Choosing Glass for 3D Printer Desktop: How to Avoid Mistakes] // Vektorus. — URL: https://vektorus.ru/blog/steklo-dlya-3d-printera.html?ysclid=lssl8n8p3r12_967471/ (accessed: 21.02.2024). [in Russian]

7. Shmeleva A.A. Analiz sposobov avtomaticheskogo snjatija i izvlechenija napechatannyh izdelij iz kamery 3D-printera [An analysis of methods of automatic removal and retrieval of printed items from the chamber of 3D-printer] / A.A. Shmeleva, A.V. Omarov, S.S. Shemeljunas [et al.] // Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Ser. Progressivnye tehnologii v mashinostroenii [Proceedings of Volgograd State Technical University. Ser. Progressive Technologies in Mechanical Engineering]. — Volgograd, 2019. — № 9 (232). — P. 76-78. [in Russian]

8. Valetov V.A. Additivnye tehnologii (sostojanie i perspektivy) [Additive technologies (status and prospects)] / V.A. Valetov. — SPb.: ITMO University, 2015. — 63 p. [in Russian]

9. Drobotov A.V. Primenenie FDM tehnologii ob'emnoj pečhati dlja melkoserijnogo proizvodstva izdelij [Application of FDM technology of volume printing for small batch production of products] / A.V. Drobotov, I.V. Martynovich, I.S. Torubarov // Vzaimodejstvie predpriyatij i vuzov – nauka, kadry, novye tehnologii [Interaction of enterprises and universities – science, personnel, new technologies] / Ed. by S.I. Blaginin. — Volgograd: Volzhskij, 2018. — P. 151-155. [in Russian]

10. Izobretenie 2717274 Rossijskaja Federacija, MPK B29C 64/118, B33Y 30/00, B29C 64/20. Sposob izgotovlenija izdelij s pomoshh'ju additivnyh tehnologij i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija [Invention 2717274 Russian Federation, MPK B29C 64/118, B33Y 30/00, B29C 64/20. Method of manufacturing products using additive technologies and a device for its implementation] / A.R. Avdeev, I.A. Gushhin, A.V. Drobotov, A.A. applicant and patentee Limited Liability Company "STEREOTEK". — № 2018144131; appl. 11.03.2019.; publ. 19.03.2020, Bull. № 8. [in Russian]