

УДК 687.12

DOI 10.47367/0021-3497_2024_3_259

**АСПЕКТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ
С ПОЛИМЕРНЫМИ ДЕТАЛЯМИ**

ASPECTS OF GARMENTS WITH POLYMER DETAILS MANUFACTURING

Е.В. ЛУНИНА, К.Н. ДУГЕЛЬНАЯ

E.V. LUNINA, K.N. DUGELNAYA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(The Kosygin State University of Russia)

E-mail: lunina-ev@rguk.ru

Статья содержит информацию об экспериментальном исследовании возможности внедрения элементов из полимера, полученных методом 3D-печати, в массовое производство швейных изделий. Обоснование перспективности внедрения технологии 3D-печати в классическую технологию изготовления швейных изделий необходимо начинать с подтверждения возможности изготовления таких полимерных деталей одежды, которые не приведут к снижению потребительских свойств швейного изделия в целом. С этой целью в работе выполнен анализ представленных на рынке полимерных материалов, используемых для печати объемных деталей на 3D-принтере; дана сравнительная характеристика разработанных экспериментальных образцов текстильных материалов, соединенных с 3D-элементами из полимера; выполнена оценка их физико-механических свойств. Проведенные практические исследования позволили определить оптимальные параметры для адгезионного соединения текстильных материалов с 3D-элементами из полимера. В статье описан изготовленный экспериментальный образец женского корсета с объемными полимерными элементами, который наглядно демонстрирует возможность использования 3D-печати в массовом производстве швейных изделий. Опытная носка экспериментального корсета показала, что при верно подобранном полимере, параметрах элементов, выполненных из него, и технологии их соединения с текстильными деталями возможно получить швейное изделие, отвечающее комплексу потребительских требований.

The article contains information about an experimental study of the possibility of introducing polymer elements obtained by 3D printing into the mass production of garments. The justification of the prospects of introducing 3D printing technology into the classical sewing technology should begin with confirming the possibility of

manufacturing such polymer clothing parts that will not lead to a decrease in the consumer properties of the garment as a whole. To this purpose, the analysis of polymer materials on the market used for printing volumetric parts on a 3D printer was performed; a comparative characteristic of the developed experimental samples of combined textile materials with 3D polymer elements was given; their physico-mechanical properties were evaluated. The conducted practical studies allowed us to determine the optimal parameters for the adhesive connection of textile materials with 3D polymer elements. The article also describes a prepared experimental sample of a women's corset with volumetric poly-dimensional elements, which clearly demonstrates the possibility of using 3D printing in the mass production of sewing products. An experimental wearing of an experimental corset showed that with the right polymer, the parameters of the elements made of it, and the technology of their connection with textile parts, it is possible to obtain a sewing product that meets a set of consumer requirements.

Ключевые слова: трехмерная печать полимером, аддитивные технологии, технологии изготовления швейных изделий, 3D-печать деталей, 3D-принтер, адгезия текстильного и полимерного материалов, одежда.

Keywords: three-dimensional printing with polymer, additive technologies, garments manufacturing technologies, 3D-printing of details, 3D-printer, adhesion of textile and polymer materials, clothing.

Введение

Технологии изготовления швейных изделий с каждым годом совершенствуются. Одежду производят из натуральных, искусственных, синтетических материалов, продуктов вторичной переработки и многих других материалов. Использование инновационных материалов в процессе производства позволяет сократить стоимость продукции, трудоемкость изготовления изделий, что повышает конкурентоспособность швейных изделий на переполненном рынке.

Новые для швейной промышленности материалы активно внедряются в производство изделий легкой промышленности благодаря аддитивным технологиям. Так, существует множество технологий объемной печати на тканях, отличающихся друг от друга. Напечатанный рисунок на ткань наносится различными способами в зависимости от используемого оборудования, состава ткани и необходимых эффектов. К классическим технологиям печати на ткани относятся: ротационная печать, термотрафаретная печать, цифровая печать и трафаретная печать (шелкография) [1, 2]. Инновационные аддитивные технологии объемной печати включают в себя печать объем-

ного элемента из полимера при помощи 3D-принтера [3].

3D-печать одежды только начинает быть доступной для массового производства. Различные методы 3D-печати имеют огромный потенциал для развития и активно используются [4]. Для производства одежды используются следующие технологии объемной печати с помощью 3D-принтера: технология SLA – лазерная стереолитография; технология SLS – селективное лазерное спекание; технология MJ (PolyJet) – технология методом осаждения; FDM – послойная укладка полимера [5]. Рабочая поверхность 3D-принтера имеет ограниченный размер, что делает невозможным распечатку деталей или целого изделия, имеющего длину и ширину больше 40 см.

В процессе 3D-печати используются термопласты, фотополимеры, полиамиды и полиуретаны. Перечисленные полимеры, используемые при 3D-печати, не отвечают всем требованиям, предъявляемым к одежным материалам. Ведутся работы по совершенствованию состава полимерных материалов для придания им большей гибкости, гигроскопичности, драпируемости, стойкости к истиранию и изгибу и т. д. [6, 7].

Но доступные уже гибкие полимеры могут быть использованы как отдельные части швейного изделия, соединенные с текстильным материалом для сохранения комплекса эксплуатационных свойств. В этом случае встают вопросы выбора оптимальных параметров и режимов 3D-печати и дальнейшей обработки напечатанных полимерных деталей.

Основная цель исследования – определение технологических параметров производства деталей швейных изделий методом 3D-печати и их последующего соединения с текстильными деталями, применимых для использования в массовом производстве и гарантирующих комфортное состояние пододежного пространства и повышение надежности во время эксплуатации изделия.

Методы исследования

При выполнении практического исследования для создания полимерных объемных элементов использованы цифровые технологии моделирования, в частности программа Autodesk Fusion 360, и технология печати FDM 3D-объектов. Для выполнения адгезионного соединения 3D-элементов с текстильными материалами применялся пресс, используемый в классической технологии изготовления швейных изделий для влажно-тепловой обработки. Прессование выполнялось с различными параметрами воздействия на материалы (времени, температуры и давления) с целью определения их оптимальных значений, обеспечивающих прочное соединение текстильного материала с полимерным. При изготовлении опытных образцов использованы различные текстильные материалы и полимер EasyFlex TPU-A 95.

Результаты и обсуждения

В предыдущих работах эксперименты по 3D-печати различными полимерами на тканях показали, что использование технологии печати FDM и гибкого пластика обеспечивает создание деталей, близких по механическим свойствам к одежным материалам. В свою очередь, сочетание полимерного материала с текстильным образует композитный материал, прочность и жесткость которого выше, чем у текстильного.

По результатам анализа полимерных материалов, которые применимы для 3D-печати, выявлено, что для производства деталей одежды, напечатанных на 3D-принтере, по своим физико-механическим и химическим свойствам в большей степени подходит полимерный материал EasyFlex TPU-A 95. Данная полимерная нить соответствует требованиям, предъявляемым к материалам для одежды, и подходит для процесса адгезии текстильного материала с полимерным.

Для получения прочного соединения текстильного материала с полимерным необходимо подобрать текстильные материалы, подходящие по физико-механическим и структурным характеристикам для осуществления надежной адгезии. Полимер EasyFlex TPU-A 95 имеет постоянные характеристики:

- плотность 1,15 г/см³;
- температура эксплуатации от -35°C до +100°C;
- предел прочности слоев 27,96 МПа;
- прочность на изгиб 3,5 МПа;
- максимальная нагрузка на сжатие 662 Н;
- прочность на сжатие 6,0 МПа;
- твердость по Шору (шкала А) 95 [9].

На основе постоянных характеристик полимерного материала для экспериментальных исследований выбраны следующие текстильные материалы: трикотажное полотно (100% эластан), хлопчатобумажные ткани различной плотности, смесовая ткань, льняная ткань, шелковая ткань, шифон (100% п/э).

Оптимальные режимы процесса адгезии текстильного материала с полимерным выявлены в результате практического эксперимента по определению значений времени, температуры и давления прессования, при которых форма объемного элемента, напечатанного на 3D-принтере, не меняется. Таким образом, получены следующие данные о характере соединений, которые приведены в табл. 1:

- соединение трикотажного полотна (100% эластан) с объемным элементом из полимера прочное, пластичное, объемный элемент из полимера отпечатался на изна-

ночной стороне, трикотажное полотно оплавилось по краям;

– соединение хлопчатобумажной ткани (100% хлопок) плотностью 100 г/м² с объемным элементом из полимера прочное, пластичное, объемный элемент из полимера отпечатался на изнаночной стороне ткани, материал слишком тонкий для такого соединения;

– соединение хлопчатобумажной ткани (100% хлопок) плотностью 150 г/м² с объемным элементом из полимера прочное, пластичное, объемный элемент из полимера не отпечатался на изнаночной стороне ткани;

– соединение смесовой ткани (50% хлопок, 50% п/а) плотностью 220 г/м² с объемным элементом из полимера прочное, пластичное, объемный элемент из полимера не отпечатался на изнаночной стороне ткани, соединение износостойкое;


– соединение льняной ткани (100% лен) плотностью 210 г/м² с объемным элементом из полимера прочное, пластичное, объемный элемент из полимера слегка отпечатался на изнаночной стороне ткани, так как ткань имеет рыхлое полотняное переплетение;

– соединение ткани из натурального шелка с объемным элементом из полимера прочное, пластичное, объемный элемент из полимера отпечатался на изнаночной стороне ткани и тактильно колется, материал слишком пластичен для такого прочного соединения;

– соединение шифона (100% п/э) с объемным элементом из полимера прочное, пластичное, объемный элемент из полимера полностью отпечатался на изнаночной стороне ткани и тактильно колется.

Т а б л и ц а 1

Наименование текстильного материала	Лицевая сторона ткани	Изнаночная сторона ткани
Трикотажное полотно (100% эластан)		
Хлопчатобумажная ткань (100% хлопок), плотность 100 г/м ²		
Хлопчатобумажная ткань (100% хлопок), плотность 150 г/м ²		
Смесовая ткань (50% хлопок, 50% п/а), плотность 220 г/м ²		

Льняная ткань (100% лен), плотность 210 г/м ²		
Натуральный шелк		
Шифон (100% п/э)		

Наилучший результат процесса адгезии зафиксирован у смесовой ткани (50% хлопок, 50% п/а) и объемного элемента из полимера EasyFlex TPU-A 95 во время термообработки на прессе при температуре 240 °С, времени прессования 15 с и механическом давлении 7 Па. Данное соединение выбрано в качестве эталона.

Технологии объемной печати позволяют изготавливать объемный элемент из полимера любой толщины. Толщина объемного элемента из полимера должна быть опреде-

лена с учетом характеристик текстильного материала и предъявляемых требований к одежде.

Для определения оптимальной толщины исследованы образцы 3D-элементов из полимера EasyFlex TPU-A 95 толщиной: 3,0 мм, 2,5 мм, 2,25 мм, 2,0 мм, 1,75 мм, 1,5 мм, 1,25 мм, 1,0 мм, 0,75 мм, 0,5 мм, 0,25 мм. Процесс адгезии смесовой ткани (50% хлопок, 50% п/а) с объемным элементом из полимера осуществлялся при помощи пресса, равномерно нагретого до 240 °С.

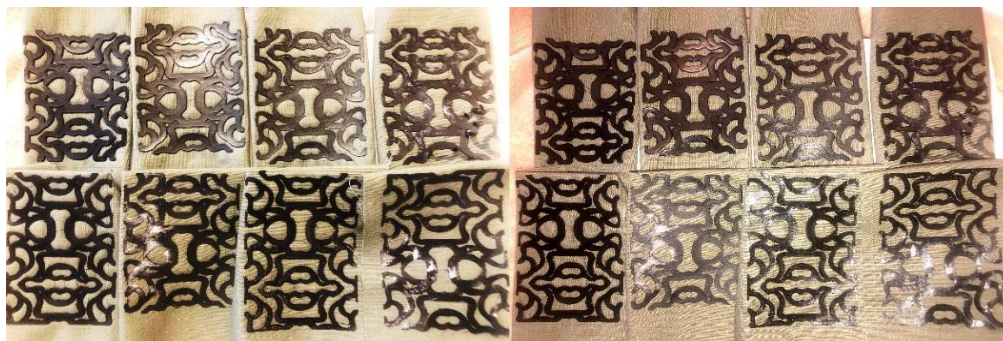


Рис. 1

На рис. 1 и в табл. 2 представлены результаты соединения смесовой ткани (50% хлопок, 50% п/а) с объемными элементами из полимера с учетом толщин и режимов обработки.

В результате проведенного эксперимента установлено оптимальное время прессования 3D-элемента из полимера EasyFlex TPU-A 95 при температуре 240 °С:

1) при толщине от 3,0 мм до 1,0 мм – 40 с;

2) при толщине от 0,75 мм до 0,5 мм – 30 с;

3) при толщине 0,25 мм – 15 с.

Выявлено также, что из 16 образцов 9 не изменили свои параметры после процесса прессования, вследствие чего сделан вывод, что процесс адгезии при правильно подобранных толщинах текстильного и полимерного материалов не приводит к усадке текстильного материала.

№	Толщина 3D-элемента из полимера, мм	Время прессования, с	Размер текстильного образца	
			до соединения с 3D-элементом из полимера, см	после соединения с 3D-элементом из полимера, см
1	3,00	30	15/15	15/15
2	3,00	40	15/15	14,9/15
3	2,75	30	15/15	15/15
4	2,75	40	15/15	15/15
5	2,50	40	15/15	15/15
6	2,25	40	15/15	14,8/15
7	2,00	40	15/15	15/15
8	1,75	40	15/15	15/15
9	1,50	40	15/15	14,9/14,9
10	1,25	40	15/15	14,9/15
11	1,00	40	15/15	14,9/15
12	0,75	40	15/15	14,9/15
13	0,75	30	15/15	15/15
14	0,50	30	15/15	15/15
15	0,50	15	15/15	14,9/15
16	0,25	15	15/15	15/15

В рассматриваемой технологии применения термопластичных полимеров напечатанные 3D-детали придают комплекс новых свойств одежде: зонально увеличивают жесткость и формоустойчивость изделия при одновременном декорировании, а также повышают стойкость к истиранию и износостойкость изделия.



Рис. 2

Классическая технология обработки швейных изделий предполагает наличие дополнительных дублирующих материалов, жестких деталей в виде косточек, регилина и т. п. для придания жесткости, стабильнос-

ти размеров и долговечности некоторым участкам одежды [10]. Эти свойства в швейных изделиях можно достичь путем применения 3D-элементов из полимера. Для проверки этой гипотезы при помощи аддитивных технологий был изготовлен экспериментальный образец женского корсета с объемными элементами из полимера (рис. 2), выполненными и соединенными с текстильными деталями согласно технологическим параметрам, изложенным выше.

Проектирование полимерных деталей для экспериментального корсета осуществлялось при помощи программного обеспечения Autodesk Fusion 360. Аддитивные технологии позволили перевести растровый эскиз в векторное изображение. Затем был выполнен процесс создания объемных виртуальных элементов и их распечатка на 3D-принтере. Напечатанные объемные полимерные элементы соединялись с текстильными деталями кроя на этапе подготовки деталей изделия при помощи метода прессования, после чего осуществлялся процесс технологической сборки изделия. Данный процесс отличался от классической технологии обработки женского корсета тем, что не использовались дублирующие материалы и жесткие элементы в виде косточек и регилина, что существенно сократило трудоемкость изготовления изделия.

В изготовленном образце женского корсета объемные элементы из полимера выполняют функцию дублирования и расположены по всей площади корсета для уменьшения деформации в процессе эксплуатации, повышения жесткости и прочности изделия, в также для увеличения срока службы изделия до физического износа ткани.

Экспериментальная носка изготовленного образца женского корсета выявила, что полимерный материал EasyFlex TPU-A 95, использованный для 3D-элементов, позволяет сохранить комфортное состояние пододежного пространства. Толщина дублирующих объемных элементов составила 2,0 мм. За счет смены орнаментального или декоративного решения полимерных деталей можно значительно расширить ассортимент производимых изделий одного конструктивного решения, что существенно повысит рентабельность производства.

Полученный корсет отвечает всем требованиям, предъявляемым к корсетным изделиям, что позволило сделать вывод о целесообразности и перспективности внедрения процесса декорирования изделий полимером путем 3D-печати в массовое производство швейных изделий.

ВЫВОДЫ

Для внедрения 3D-печати в массовое производство швейных изделий выбран полимер EasyFlex TPU-A 95, который соответствует требованиям, предъявляемым к одежным материалам, и подходит для процесса адгезии текстильного материала с полимерным.

Рекомендованы режимы для процесса адгезии текстильного материала с полимерным: температура 240 °С, механическое давление 7 Па, время прессования – от 15 секунд в зависимости от толщины полимерного элемента.

Изготовленный экспериментальный образец женского корсета с объемными полимерными элементами наглядно демонстрирует возможность использования 3D-печати в массовом производстве швейных изделий. Опытная носка экспериментального кор-

сета показала, что при верно подобранном полимере, параметрах элементов, выполненных из него, и технологии их соединения с текстильными деталями возможно получить швейное изделие, отвечающее комплексу потребительских требований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kan C., Yuen C.W.M. Digital Ink-jet Printing on Textiles // Research Journal of Textile and Apparel. 2012. 16. С. 1...24. – DOI 10.1108/RJTA-16-02-2012-B001.
2. Sun D., Valtas A. '3D Printing for Garments Production: An Exploratory Study' // Journal of Fashion Technology and Textile Engineering, 2016, vol. 4, no. 3. – DOI 10.4172/2329-9568.1000139
3. Dip T., Emu A., Nafiz N. and others. 3D printing technology for textiles and fashion. Textile Progress. 2021. 52. P. 167...260. – DOI 10.1080/00405167.2021.1978223.
4. Valtas A., Sun D. 3D Printing for Garments Production: An Exploratory Study // Journal of Fashion Technology & Textile Engineering. 2016, 04. – DOI 10.4172/2329-9568.1000139.
5. Sun L. 3D Printing and Additive Manufacturing in Fashion. 2022. – DOI 10.1007/978-3-030-91135-5_4.
6. Муравский А.А., Аликин М.Б., Дворко И.М., Лавров Н.А. Полимерная 3D-печать: история, классификация и современные тенденции развития (обзор) // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2023. № 64(90). С. 58...66. – DOI 10.36807/1998-9849-2023-64-90-58-66.
7. Колиева Ф.А., Гобеева А.В., Гркиян А.О., Гетманцева В.В. Перспективы применения 3D-печати при проектировании предметов одежды // Костюмология. 2021. Т. 6, № 1.
8. Гречухин А.П., Хабибуллоев А.Т., Рудовский П.Н., Рудковский М.Д. 3D-печать гибкого тканого аналога по FDM-технологии // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2(398). С. 115...120. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_2_115.
9. Абрамушкина О.И., Узорина М.И., Суриков П.В., Ушакова О.Б. Исследование реологического поведения марок АБС-пластика для производства филаментов для 3D-печати методом послойного наплавления // Пластические массы. 2021. № 5-6. С. 29...35. – DOI 10.35164/0554-2901-2021-5-6-29-35.
10. Kennon W.R. Developments in pressing technology for garment finishing. 2008. – DOI 10.1533/9781845694463.2.250.

REFERENCES

1. Kan C., Yuen C.W.M. Digital Ink-jet Printing on Textiles. Research Journal of Textile and Apparel. 2012. 16. P. 1...24. – DOI 10.1108/RJTA-16-02-2012-B001.

2. *Sun D., Valtas A.* 3D Printing for Garments Production: An Exploratory Study, *Journal of Fashion Technology and Textile Engineering*, 2016, vol. 4, no. 3. – DOI 10.4172/2329-9568.1000139
 3. *Dip T. & Emu A. & Nafiz N. and others.* 3D printing technology for textiles and fashion. *Textile Progress*. 2021. 52. P. 167...260. – DOI 10.1080/00405167.2021.1978223.
 4. *Valtas A., Sun D.* 3D Printing for Garments Production: An Exploratory Study. *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*. 2016. 04. – DOI 10.4172/2329-9568.1000139.
 5. *Sun L.* 3D Printing and Additive Manufacturing in Fashion. 2022. – DOI 10.1007/978-3-030-91135-5_4.
 6. *Muravsky A.A., Alikin M.B., Dvorko I.M., Lavrov N.A.* Polymer 3D printing: history, classification and current development trends (review) // *Izvestia SPBGTI(TU)*. 2023. №64(90). P. 58...66.
 7. *Kolieva F.A., Gobeeva A.V., Grkikyan A.O., Getmantseva V.V.* Prospects of using 3D printing in designing garments // *Scientific Journal "Costumology"*, 2021 No.1.
 8. *Grechukhin A.P., Habibulloev A.T., Rudovsky P.N., Rudkovskiy M.D.* 3D printing of a fabric analog using fdm-technology // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 2(398). P. 115...120. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_2_115.
 9. *Abramushkina O.I., Zorina M.I., Surikov P.V., Ushakova O.B.* Investigation of the rheological behavior of ABS plastic grades for the production of filaments for 3D printing by layer-by-layer deposition // *Plastic masses*. 2021. No. 5-6. P. 29...35. – DOI 10.35164/0554-2901-2021-5-6-29-35.
 10. *Kennon W.R.* Developments in pressing technology for garment finishing. 2008. – DOI 10.1533/9781845694463.2.250.
- Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 23.05.24.
-