

УДК 685.34.07
DOI 10.47367/0021-3497_2022_2_329

**ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ
ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОСНАТКИ ОБУВНОГО ПРОИЗВОДСТВА
И АПРОБАЦИЯ ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ЭКСПРЕСС-ФОРМЫ
ДЛЯ ЛИТЬЕВОГО АГРЕГАТА**

**APPLICATION OF 3D-TECHNOLOGIES FOR FAST PROTOTYPING
IN THE MANUFACTURE OF TOOLING FOR THE PRODUCTION OF FOOTWEAR
AND APPROBATION OF A FORMAL MODEL OF EXPRESS FORM
FOR A CASTING UNIT**

В.В. МИНЕЦ, И.Р. ТАТАРЧУК, О.А. БЕЛИЦКАЯ, Е.В. ЛИТВИН

V.V. MINETS, I.R. TATARCHUK, O.A. BELITSKAYA, E.V. LITVIN

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

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: vvminets@yandex.ru; belitskaya-oa@rguk.ru; litvin-ev@rguk.ru

В статье рассмотрена актуальность применения 3D-печати в мелкосерийном производстве обуви. Обозначены особенности и недостатки существующих технологий производства пресс-форм. Обоснована необходимость разработки таких конструкций и технологий изготовления пресс-форм, которые позволят сократить издержки и повысить их эффективность по сравнению с традиционными пресс-формами.

Предложена концепция новой методики проектирования и изготовления технологической оснастки для производства формованных подошв, которая основывается на 3D-технологиях, таких как 3D-моделирование и 3D-печать. Статья содержит результаты апробации метода быстрого прототипирования оснастки обувного производства при помощи 3D-печати.

The article discusses the relevance of the use of 3D printing in the small-scale production of shoes. The features and disadvantages of existing technologies for the production of molds are indicated. The need to develop such designs and technolo-

gies for the manufacture of molds is substantiated, which will reduce costs and increase their efficiency in comparison with traditional molds.

The concept of a new methodology for the design and manufacture of technological equipment for the production of molded soles, which is based on 3D-technologies, such as 3D-modeling and 3D-printing, has been proposed. The article contains the approbation results of rapid prototyping method of shoe production equipment using 3D printing.

Ключевые слова: 3D-технологии, 3D-моделирование пресс-формы, технология печати FDM, 3D-печать экспресс-формы, литье деталей низа обуви.

Keywords: 3D-technologies, 3D-modeling of the mold, FDM printing technology, 3D printing of express-molds, molding of shoe bottom parts.

Введение

Информационная среда и ее доступность широким массам существенно повлияла на осведомленность и запросы потребителей. В таких условиях обширный и часто обновляемый ассортимент и высокое качество изделий – основные критерии успешного производства. Цифровизация затрагивает практически все сферы производства, в том числе и модную индустрию. Определение будущего легкой промышленности в России напрямую зависит от мобильности предприятий и скорости их технического переоснащения. Появляются инновационные экспериментальные направления малооперационных и малосерийных типов производств, расширяющие диапазон индивидуализированной продукции [1...11].

Производство обуви, в частности, подразумевает использование большого количества оборудования и технологической оснастки, возможность своевременного обновления которых напрямую влияет на конкурентоспособность выпускаемого продукта.

Несмотря на высокую скорость технического прогресса и масштабного усовершенствования оборудования, существует острая необходимость в разработке новых методов проектирования и изготовления технической оснастки, которые позволят в условиях ограниченных ресурсов малых и средних предприятий выпускать актуальную и конкурентоспособную продукцию.

Это не только позволит улучшить экономическую ситуацию, но и даст возможность своевременно реагировать на переменчивый потребительский спрос.

На предприятиях обувной промышленности ведется разработка и внедрение в производство, минимум, двух коллекций в течение одного года. Количество разрабатываемых моделей постоянно растет и в зависимости от масштаба производства может исчисляться сотнями. Для своевременной поставки готовой обуви конечному потребителю необходимо оперативное изготовление всех материалов и комплектующих продукции: кож, текстильных материалов, фурнитуры, подошв и других. Все изделия должны соответствовать текущим запросам, которые в большинстве случаев обусловлены модными тенденциями на предстоящий сезон.

Одним из самых затратных является производство формованных подошв. Проектирование пресс-форм для их изготовления начинают с определения внутренних размеров и контуров, которые впоследствии должны соответствовать следу колодки с отформованной на ней заготовкой верха обуви, так как это имеет особое значение при прикреплении формованных подошв к верху обуви. Для этого необходимо учитывать множество параметров, в том числе показатели усадки того или иного материала.

При изготовлении пресс-форм традиционным способом используют большое количество дорогостоящих металлорежущих и копировально-фрезерных станков. Несмотря на высокое техническое оснащение, доля ручного труда до сих пор остается значительной и достигает до 30% от общей трудоемкости.

Пресс-форма должна иметь необходимую прочность, выдерживать относительно высокие температуры, а также обеспечивать легкое освобождение готового изделия, без его повреждений. В пресс-форме изделие формируется давлением, под влиянием которого полимерный материал, например, полиуретановые композиции, заполняет весь внутренний объем.

В настоящее время изготовление пресс-формы состоит из нескольких этапов: разработка и получение в материале мастер-модели из модельного пластика с последующей ручной доработкой фактурных поверхностей, отливка по ней силиконовой формы, изготовление гипсовой мастер-модели, отливка по ней алюминиевой пресс-формы. Весь этот процесс занимает длительное время, изготовление и доработка пресс-формы может занимать месяцы.

Таким образом, существует необходимость разработки таких конструкций и технологий изготовления пресс-форм, которые позволят сократить издержки и повысить их эффективность по сравнению с традиционными пресс-формами.

Методы

За последнее десятилетие стоимость 3D-принтеров сократилась с нескольких десятков тысяч долларов до нескольких сотен и продолжает снижаться по мере развития отрасли быстрого прототипирования. Технологии 3D-печати являются наиболее перспективными, так как характеризуются простотой, универсальностью, эффективностью, а главное – высоким качеством готовых изделий.

В связи со всем вышеизложенным разрабатываемая методика проектирования и

изготовления технологической оснастки для производства формованных подошв основывается именно на 3D-технологиях, таких как 3D-моделирование и 3D-печать.

Разрабатываемая методика укрупненно разделена на три этапа.

- 1) разработка 3D-модели подошвы для дальнейшего проектирования экспресс-формы;
- 2) разработка 3D-модели экспресс-формы;
- 3) изготовление экспресс-формы.

Для дальнейшей работы над методикой необходимо ввести понятие "экспресс-форма".

Экспресс-форма – вид технологической оснастки, предназначенный для получения изделий различной конфигурации из полимерных материалов под действием давления, создаваемого на литьевых агрегатах. Отличительным признаком экспресс-формы является быстрое изготовление, например, при помощи 3D-печати, и высокая экономическая эффективность.

Традиционными материалами для изготовления пресс-форм являются алюминиевые сплавы, для которых характерна высокая удельная прочность, сочетающаяся с низкой плотностью. Благодаря этим особенностям возможно изготовление (отлив) деталей различной конфигурации без появления трещин.

Использование технологии 3D-печати подразумевает использование пластиков, которые в отличие от алюминия имеют более низкую температуру плавления (190...280°C против 500°C). В связи с этим проведена апробация технического решения – по аналогу эталонной алюминиевой пресс-формы изготовлена пробная экспресс-форма методом 3D-печати.

Результаты и обсуждения

Для изготовления формальной модели экспресс-формы все размеры эталонной пресс-формы (рис. 1) из алюминиевого сплава АК6М3Ц перенесены в систему трехмерного моделирования КОМПАС-3D для последующего проектирования (рис. 2).



Рис. 1

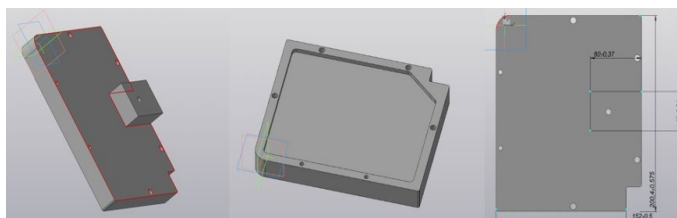


Рис. 2

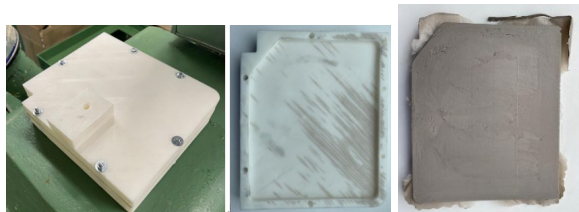


Рис. 3

Рис. 4

При помощи 3D-принтера с технологией FDM-печати изготовлена модель экспресс-формы (рис. 3) из пластика PLA+ фирмы ESUN, который является биоразлагаемым, биосовместимым, термопластичным, алифатическим полиэфиром и имеет хорошие физико-механические показатели. Следует отметить выполненные в процессе проведения апробации корректировки – в

связи с недостаточной жесткостью пластика увеличена толщина внешних стенок экспресс-формы относительно эталонной алюминиевой пресс-формы. Данное усиление ребрами жесткости дало возможность произвести заливку полиуретановой массы в экспресс-форму без ее деформирования.

Перед заливкой ПУ-смеси, внутреннюю поверхность экспресс-формы и эталонной алюминиевой пресс-формы при помощи распылителя обработали силиконовым каучуком. Далее при помощи литьевого агрегата осуществили впрыскивание ПУ-смеси в пресс-формы. После остывания залитого материала были измерены линейные размеры полученных экспериментальных отливок (рис. 4), результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Размеры, мм	Размеры внутренней полости эталонной пресс-формы	Размеры изделия из эталонной пресс-формы	% погрешности	Размеры внутренней полости экспресс-формы	Размеры изделия из экспресс-формы	% погрешности
Высота	180,0	179,0	0,55	180,0	176,0	2,22
Ширина	150,0	150,0	0	150,0	146,0	2,66
Толщина	6,0	6,0	0	6,0	6,0	0

Во время впрыскивания полиуретановой массы произошла небольшая деформация наружной и внутренней поверхности формальной модели экспресс-формы в месте примыкания сопла к литниковой втулке, что обусловлено высоким усилием прижатия литьевой головки агрегата к экспресс-форме и большой разницей температур в точке их контакта.

ВЫВОДЫ

По итогам апробации сделаны следующие выводы:

- при изготовлении экспресс-форм с помощью 3D-печати необходимо учитывать больший процент усадки в сравнении с алюминиевой пресс-формой;

- изготовленная экспресс-форма из пластика PLA+ требует доработок конструкции в месте примыкания впрыскивающего сопла литьевого агрегата, чтобы в дальнейшем избежать деформаций;

- необходима апробация экспресс-формы, изготовленной из более устойчивого к высокой температуре пластика, например, термоустойчивого пластика PC/ABS, а также из фотополимерной смолы методом SLS-печати.

1. Белько Т.В., Курбатова М.А. Дизайн одежды на основе технологии 3D-печати (FDM) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 3. С. 170...175.

2. Алибекова М.И., Фирсова Ю.Ю., Кащеев О.В., Колташова Л.Ю. Аддитивные технологии в модной индустрии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 3. С. 237...241.

3. Дорофеева А.М. Интеллектуальные права в эпоху 3D-принтеров: пример индустрии моды // Юридическая наука. – 2019, № 8. С. 26...30.

4. Минец В.В., Белицкая О.А. Применение аддитивных технологий при создании коллекций обуви и аксессуаров // Дизайн и технологии. – 2018, № 63 (105). С. 31...36.

5. Курбатова М.А., Нестеров С.А. Технологии прототипирования: 3D-печать в дизайне и искусстве // Школа университетской науки: парадигма развития. – 2020, № 1 (35). С. 94...96.

6. Дзелялов С.И. Поиск путей решения отдельных проблем создания моделей, изготавливаемых при использовании FDM-технологий 3D-печати // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2020, № 4 (70). С. 288...294.

7. Shahrubudin N., Lee T.C., Ramlan R. An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications // Procedia Manufacturing. – V.35, 2019. P. 1286...1296.

8. Syed A.M.T., Elias P.K., Amit B., Susmita B., Lisa O., Charitidis C. Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities // Materials today. – 1. 2017. P. 1...16.

9. Ugur M.D., Gharehpapagh B., Yaman U., Dolen M. The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0 // Procedia Manufacturing. – 11, 2017. P.545...554

10. Stansbury J.W., Idacavage M.J. 3D Printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities // Dental Materials. – 32, 2016. P.54...64

11. Baldassarre F., Ricciardi F. The Additive Manufacturing in the Industry 4.0 Era: The Case of an Italian FabLab // Journal of Emerging Trends in Marketing and Management. – 1 (1), 2017. P. 1...11.

1. Belko T.V., Kurbatova M.A. Fashion design based on 3D printing technology (FDM) // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, No. 3. P. 170...175.

2. Alibekova M.I., Firsova Yu.Yu., Kashcheev O.V., Koltashova L.Yu. Additive technologies in the fashion industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, No. 3. S. 237 ... 241.

3. Dorofeeva A.M. Intellectual rights in the era of 3D printers: an example of the fashion industry // Legal Science. – 2019, No. 8. S. 26...30.

4. Minets V.V., Belitskaya O.A. The use of additive technologies in the creation of collections of shoes and accessories // Design and Technologies. – 2018, No. 63 (105). pp. 31...36.

5. Kurbatova M.A., Nesterov S.A. Prototyping Technologies: 3D Printing in Design and Art // School of University Science: Development Paradigm. – 2020, No. 1 (35). pp. 94...96.

6. Dzhelyalov S.I. Search for ways to solve individual problems of creating models made using FDM 3D printing technologies. Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. – 2020, No. 4 (70). pp. 288...294..

7. Shahrubudin N., Lee T.C., Ramlan R. An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications // Procedia Manufacturing. – V. 35, 2019. P. 1286...1296.

8. Syed A.M.T., Elias P.K., Amit B., Susmita B., Lisa O., Charitidis C. Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities // Materials today. – 1. 2017. P. 1...16.

9. Ugur M.D., Gharehpapagh B., Yaman U., Dolen M. The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0 // Procedia Manufacturing. – 11, 2017. P. 545...554

10. Stansbury J.W., Idacavage M.J. 3D Printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities // Dental Materials. – 32, 2016. P. 54...64

11. Baldassarre F., Ricciardi F. The Additive Manufacturing in the Industry 4.0 Era: The Case of an Italian FabLab // Journal of Emerging Trends in Marketing and Management. – 1 (1), 2017. P. 1...11.

Статья опубликована по материалам Косыгинского форума. Поступила 29.09.21.