

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА  
ДЛЯ 3D-СКАНИРОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ИНТЕГРАЦИИ АДДИТИВНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ И ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.Г. Зайцева, К.В. Никитин

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

**Обоснование.** Внедрение аддитивных технологий в литейное производство в полной мере соответствует приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития РФ до 2035 г. (п. 20, п/п «а») и Стратегии развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 г., утвержденной в 2021 г. [1, 2]. Кроме того, повышение эффективности литейного производства за счет применения аддитивных технологий дает ответы на часть вопросов, поставленных в конце XX в. в известной парадигме выдающегося ученого-литейщика Б.Б. Гуляева: «Как получить расплав и отливку заданного качества при минимальных затратах материалов, энергии, труда и минимальном загрязнении среды?» [3].

Актуальность аддитивные технологии приобретают в производстве нестандартных и крупногабаритных отливок художественного и статуйного назначения.

**Цель** — разработать комплексную технологию изготовления литых скульптурных изделий с применением реверс-инжиниринга и аддитивных технологий на примере реконструкции памятного знака «Воинам-интернационалистам».

**Методы.** Для получения математических моделей элементов композиции, предусмотренных концепцией реконструкции, 3D-сканирование выполняли с помощью ручного 3D-сканера на базе технологии Intel Realsense [4]. Сканирование в полевых (уличных) условиях выполняли с помощью разработанного мобильного комплекса для сканирования крупногабаритных объектов. Печать выжигаемых моделей осуществляли на 3D-принтерах Picasso Designer XL по FDM-технологии из филамента на основе полилактида (PLA). Огнеупорные керамические формы (ОКФ) были изготовлены по разработанной технологии с применением связующего марки Smooth-on Vytaflex 2 и плавленого кварца. Отливки элементов композиции получали из бронзы марки БрА9ЖЗЛ.

**Результаты.** Памятный знак был установлен около 7-го корпуса СамГТУ в 1989 г. (рис. 1, а). Основа композиции — бутовая глыба, на которой располагалась мемориальная табличка. При реконструкции бутовая глыба должна была оставаться основой. Основу композиции разработал скульптор Алексей Князев. Основными элементами композиции стали 4 тюльпана, автомат Калашникова, фляжка, котелок и мемориальная табличка с именами воинов-интернационалистов.

Для достоверности и детализации корпусные отливки получали литьем по выжигаемым моделям. Для сокращения сроков работ применяли цифровые технологии на этапе подготовки производства: 3D-сканирование и 3D-печать. Для плотного прилегания к поверхностям и надежности крепления литых объектов выполнили 3D-сканирование бутовой глыбы с помощью разработанного мобильного комплекса для сканирования крупногабаритных объектов. В результате получили подробный математический рельеф основы композиции. После этого математические элементы композиции и рельеф глыбы совмещались для обеспечения плотного прилегания поверхностей контакта. С учетом размеров бутовой глыбы математические модели после 3D-сканирования были увеличены по отношению к реальным объектам с коэффициентом 1,2.

В связи с большими габаритами автомата выполнили разделение его математической модели на составные части. При создании управляющих программ для печати, чтобы снизить материалоемкость, был выбран малый процент заполнения печатных элементов. Далее приступили к печати выжигаемых моделей.



а



б

Рис. 1. Памятный знак «воинам-интернационалистам»: а — до реконструкции; б — после реконструкции

Формирование ОКФ и заливка бронзы марки БрА9ЖЗЛ производили по технологии, разработанной в Центре литейных технологий СамГТУ.

После извлечения отливок из ОКФ и отделения элементов литниково-питающих систем выполняли финишные операции. Элементы автомата собирали в единое целое с помощью аргоно-дуговой сварки. Для обеспечения устойчивости и надежности крепления посредством сварки к автомату были присоединены фляжка и котелок. Все литые элементы крепили к глыбе анкерными элементами. После выполнения сварочных работ элементы подвергли пескоструйной обработке.

Табличку получили литьем в формы из холоднотвердеющих смесей по процессу Резол-СО<sub>2</sub> (рис. 1, б).

**Выводы.** Разработанная технология позволяет сократить сроки изготовления в 2 раза и стоимость в 1,5 раза по сравнению с традиционными процессами.

**Ключевые слова:** литейное производство; аддитивные технологии; реверс-инжиниринг; литье по выжигаемым моделям; художественное литье.

## Список литературы

1. kremlin.ru [Электронный ресурс]. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Указ Президента РФ № 642 от 01.12.2016 г // Президент России. Доступ по ссылке: <http://kremlin.ru/acts/bank/41449>
2. government.ru [Электронный ресурс]. Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ № 1913-р от 14.07.2021 г. // Правительство России. Доступ по ссылке: <http://government.ru/docs/all/135700/>
3. Гуляев Б.Б. Решенные и нерешенные задачи теории литейных процессов // Литейное производство. 1990. № 9. С. 2–3.
4. intelrealsense.com [Электронный ресурс]. Техническая спецификация IntelRealsense // IntelRealsense [дата обращения 05.03.2022]. Доступ по ссылке: <https://www.intelrealsense.com/depth-camera-d415/>

*Сведения об авторах:*

**Варвара Григорьевна Зайцева** — студентка, группа 102М, факультет машиностроения металлургии и транспорта; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: [zaytsevabarbara@gmail.com](mailto:zaytsevabarbara@gmail.com)

**Константин Владимирович Никитин** — научный руководитель, доктор технических наук, профессор; профессор кафедры «Литейные и высокоэффективные технологии» Самарского государственного технического университета, Самара, Россия. E-mail: [tlp@samgtu.ru](mailto:tlp@samgtu.ru)