

КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 616-71

АСПЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ, ПЕЧАТИ И СОЗДАНИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО МЕДИЦИНСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ

© 2023 г. И. А. Качалов¹, Д. В. Харченко¹, А. А. Леус¹, А. А. Рябиков¹, А. А. Зиборов¹,
М. А. Макаренко¹, Е. Е. Гуляев¹, И. В. Маркин^{1,*}, Е. А. Журбин¹

¹Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа, Россия

*E-mail: era_otd6@mil.ru

Поступила в редакцию 20.11.2023 г.

После доработки 20.11.2023 г.

Принята к публикации 26.11.2023 г.

Проведены разработка и создание медицинских инструментов при помощи аддитивных технологий, позволяющих врачам получать персонализированные приборы необходимой формы и функциональности. В процессе создания инструментов пройдены следующие этапы: получение образцов инструментов, проектирование моделей инструментов, изготовление инструментов в пластике и в металле. Конструкционные размеры инструментов получены с помощью компьютерной томографии, на основе которой получены итоговые 3D-модели инструментов. Далее методами аддитивных технологий изготавливались хирургические инструменты в пластике. После того как модели согласованы и подкорректированы, они печатаются в металле. Изготовленные инструменты соответствуют всем требованиям и могут использоваться в профильных отделениях медицинской организации для решения практических задач.

DOI: 10.56304/S2782375X23040071

ВВЕДЕНИЕ

Для оказания высококвалифицированной помощи персонализированной медицине требуется создание медицинских инструментов, индивидуальных как в плане свободности форм, так и в плане конкретных особенностей пациента и/или хирурга. В век аддитивных технологий имеет большое место их использование для создания медицинских инструментов на 3D-принтере [1, 2].

Аддитивное производство обладает высоким потенциалом в рамках конкретных приспособлений для хирурга и пациента. Помимо этого, аддитивное производство является более выгодным по сравнению со стандартными методами производства в применении к низким объемам и уникальной создаваемой продукции. Используя аддитивные технологии при создании инструмента, врач может модифицировать стандартную модель и персонализировать инструмент, придав ему требуемые размеры и форму для удобства и эффективности работы [3, 4].

Таким образом, возрастает необходимость создания и внедрения медицинских инструментов, созданных с использованием аддитивных технологий, поскольку становится возможным изготовление конструкций сложной формы и функциональности за меньшую стоимость, что не

представляется возможным при традиционном производстве [5].

ЭКСПЕРИМЕНТ

Для создания медицинских инструментов с помощью аддитивных технологий необходимо построить их трехмерную модель. В качестве исходных данных для создания моделей использовали цифровые снимки компьютерной томографии (КТ) медицинских инструментов в формате DICOM, полученные из Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. С целью получения 3D-моделей хирургических инструментов снимки подвергали обработке в программе 3DSlicer. В программе SOLIDWORKS 2018 на основе полученных ранее данных создавали трехмерные цифровые компьютерные модели медицинских инструментов (рис. 1).

После этого файлы загружали в программу IDEA Maker, где проводилась конвертация в формат, подходящий для 3D-принтера. Для печати макетов хирургических инструментов использовали принтер Raise 3D Pro2Plus (“Raise3D Pioneering Flexible Manufacturing”, Китай) и технологию печати FDM (рис. 2).

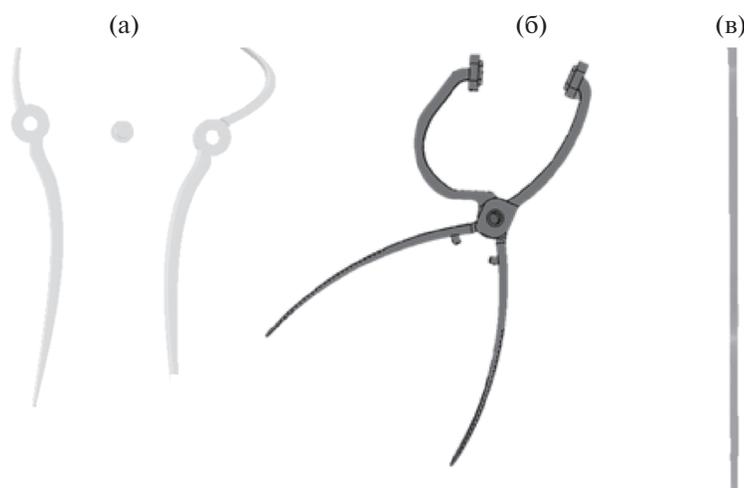


Рис. 1. 3D-модели хирургических инструментов: а – кусачки челюстно-лицевые, б – ретрактор, в – гибочный инструмент.

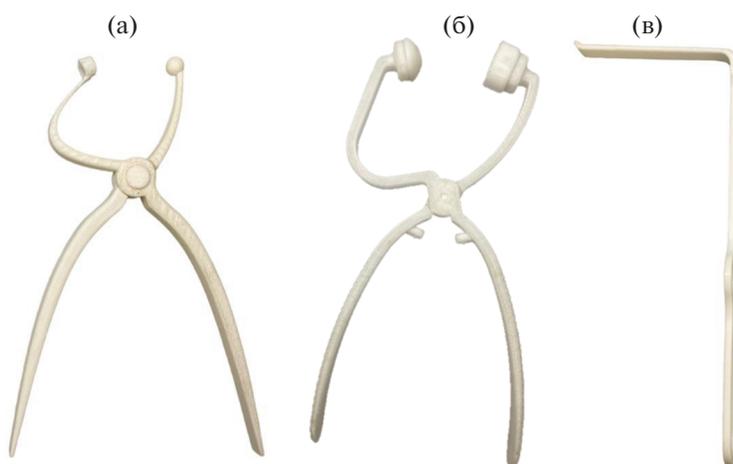


Рис. 2. Хирургические инструменты, напечатанные методом послойного наплавления: а – кусачки челюстно-лицевые, б – ретрактор, в – гибочный инструмент.

В качестве материала для печати применяли термопластик ABS (“Bestfilament”, Россия) (табл. 1).

После одобрения полученных 3D-моделей и их пластиковых макетов Военно-медицинской академией им. С.М. Кирова инструменты печата-

ли в металле на принтере, использующем технологию печати SLS (рис. 3).

В качестве порошка для печати на 3D-принтере использовали нержавеющую сталь PH-17-4 (табл. 2).

Таблица 1. Условия печати

Параметр	Показатель
Температура экструдера	230°C
Температура стола	100°C
Скорость печати	60 мм/с
Толщина слоя	0.2 мм
Заполнение	75%

Таблица 2. Физические характеристики нержавеющей стали PH-17-4

Параметр	Показатель
Предел текучести	170 Н/мм ²
Предел прочности на разрыв	190 Н/мм ²
Удлинение	10%
Твердость	40 HRC

Таблица 3. Массогабаритные характеристики инструментов

Инструмент	Линейные размеры, мм	Масса в пластике, г	Масса в металле, г
Кусачки челюстно-лицевые	212 × 40.5 × 10.5	16.21	168.21
Ретрактор (ранорасширитель) операционный	217 × 87.8 × 29.2	7.5	64.38
Гибочный инструмент	240 × 74 × 23.2	33.33	

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования разработаны и изготовлены три медицинских инструмента:

- кусачки челюстно-лицевые;
- ретрактор (ранорасширитель) операционный;
- гибочный инструмент.

В ходе работы с трехмерными моделями осуществлены следующие изменения:

- изменен угол рабочей части челюстно-лицевых кусачек для создания большей площади взаимодействия;
- изменен операционный ретрактор, добавлено отверстие под палец, а также удлинен клинок;

– добавлены съемные головки у гибочного инструмента, что увеличивает вариативность использования инструмента, а также изменен угол рабочей части для создания большей площади взаимодействия.

На текущий момент только два инструмента исполнены в металле. Гибочный инструмент есть только в виде макета из пластика. Массогабаритные характеристики инструментов приведены в табл. 3.

При оценке эксплуатационных свойств выявлено, что разработанные инструменты имеют меньший вес, могут подвергаться всем видам стерилизации без снижения потребительских свойств, выдерживают функциональную нагрузку.

Таким образом, индивидуальные медицинские инструменты, разработанные с помощью аддитивных технологий, в сравнении с традиционными позволяют затрачивать меньшие усилия на выполнение аналогичных манипуляций, а также обладают меньшей травматичностью по отношению к пациенту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанова Е.Ю., Бурнашов М.А., Степанов Ю.С. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 8–1. С. 141.
2. Фисун А.Я., Журбин Е.А., Шелканова Е.С. // Известия Российской военно-медицинской академии. 2021. № 3. С. 13.
3. Шутлин Ю.Ф., Шербаков М.С., Хрипушин В.В. и др. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. № 4. С. 157.
4. Юлусов И.С., Папко С.С., Никулин И.А. и др. // STUDNET. 2022. № 2.
5. Котельников Г.П., Колсанов А.В., Николаенко А.Н. и др. // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2017. № 1. С. 20.

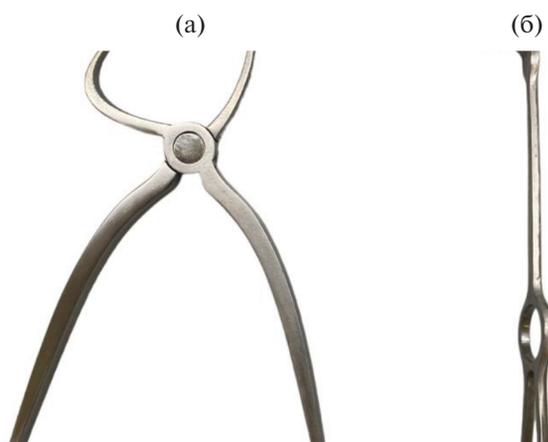


Рис. 3. Хирургические инструменты, напечатанные методом послойного наплавления: а – кусачки челюстно-лицевые, б – ретрактор.