

обеспечивает перемещение жидкости по трубопроводу при помощи поршня *б*, совершающего возвратно-поступательное движение в направляющем переходнике (рабочем цилиндре) *2* и корпусе *1*.

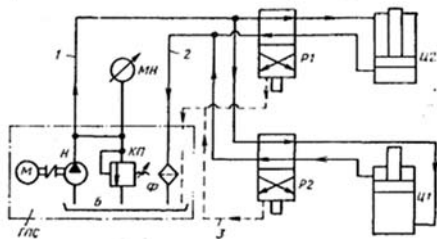


Рисунок 2 – Гидравлическая схема установки  
ГПС – гидроприводная станция; 1 – гидролиния силовая; 2 – гидролиния сливная; 3 – гидролиния дренажная

Очередность процессов всасывания и нагнетания внутри рабочей камеры *И1* корпуса обеспечивает сферический всасывающе-нагнетательный клапан *7*, который поочередно

соединяет рабочую камеру насоса с загрузочной воронкой и трубопроводом.

Привод всасывающе-нагнетательного клапана работает от отдельного гидроцилиндра. Автоматическое управление работой поршневого насоса обеспечивается двумя гидрораспределителями (рис. 2).

Принцип действия установки состоит в следующем. При движении поршня вправо клапан перекрывает полость трубопровода и соединяет рабочую камеру насоса с загрузочной воронкой. Под действием силы тяжести и разрежения удобрение из загрузочной воронки поступает в рабочую камеру. После ее заполнения клапан перекрывает окно горловины загрузочной воронки и открывает полость трубопровода. Поршень при движении влево, совершая рабочий ход, выталкивает порцию навоза в трубопровод.

#### Литература

Калекин А.А. Насосы для перекачивания навоза: справочник. М. : Изд-во МСХА, 1992. – 96с.

УДК 7.021.5

### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ В ЮВЕЛИРНОЙ ОТРАСЛИ

Луговой В.П.

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время используют различные системы компьютерного проектирования, программы растровой и векторной графики, такие как SketchBook Pro, Alias, Product Design Suite (Autodesk), SolidWorks (SolidWorks Corp.), Rhinoceros (Robert McNeel & Associates), Matrix (Gemvision), nanoCAD (Нанософт), ZWCAD™ и ZW3D™ (ЗВСОФТ), Sculptris (Pixologic) и другие. Многие программы являются не только средой разработки 3D моделей (CAD системы), но также включают в себя автоматизированную (CAM) систему технологической подготовки производства: T-Flex (Топ Системы), Sprut-CAD/CAM (СПРУТ Технология), ArtCAM JewelSmith (Delcam), JewelCAD (Jewellery CAD/CAM Ltd) и др.). В тех случаях, когда функции программы ограничиваются созданием 3D модели, как например Компас 3D (Аскон) или 3D MAX (Autodesk), необходимо использовать дополнительное программное обеспечение в виде CAM модулей (Master CAM, Edge CAM, Art-Soft Mach, GeMMA-3D, Тиграс и т. п.) [1].

Технологии 3D печати позволяют получить не только прототип, но и само изделие на основе CAD файла, описывающего геометрию объекта, не прибегая к САМ-процессам. Подобная технология позволяет исключить трудоемкие операции на металлорежущих станках с подробной разработкой технологических маршрутных карт, не требуются заготовки. Данный способ получения деталей по компьютерной 3D-модели стали

называть технологией быстрого прототипирования (RP – Rapid Prototyping).

Формирование изделия в аддитивных 3D технологиях начинается путем послойного наращивания материала по определенному закону.

В целом наибольшее применение находят 3D-принтеры, печатающие пластиком, для которой применяют порошковый полистирол для последующего литья по выжигаемым моделям, фотополимерные композиции. Например литье по выжигаемым моделям по технологии Quick-cast (дословно, «быстрое литье») или по технологии 3D печати с использованием многоструйных головок MJ (Multi Jet) для литья по выплавляемым моделям. При этом мастер-модели изготавливают из жидких, порошковых, нитевидных полимеров, литейного воска, листовых материалов – металлопроката, бумаги, ПВХ-пленки, гипсовых композиций, литейного песка. 3D-принтеры, печатающие пластиком, применяются не столько для изготовления готовых изделий, сколько для прототипов. Изначально технология 3D-печати так и называлась – быстрое прототипирование. 3D-принтеры позволяют изготавливать высокоточные прототипы деталей [1]. Применяют две технологии – лазерную и струйную

Вместе с тем в настоящее время в ювелирной сфере успешно зарекомендовала себя 3D технология печати металлом. Новые технологии 3D печати позволяют использовать стальные, алюминиевые, никелевые и медные сплавы, компо-

зиционные материалы, металлические порошки. Предполагается, что 3D-печать металлом представляет собой одно из наиболее перспективных технологий, которая может вытеснить современные методы прототипирования.

Для этой цели используют три основные технологии печати: SLA, SLS, FDM.

SLA – технология трехмерной печати с использованием сырья в виде жидкого фотополимера, который затвердевает под воздействием светового излучения лазера, образуя твердую поверхность в точке проекции лазера. При этом, как правило, платформа на которой возводится объект перемещается по заданным координатам. В емкость с жидким фотополимером с 17 % содержанием необходимого металла помещается сетчатая платформа, на которой происходит выращивание прототипа. Изначально платформа устанавливается на такой глубине, чтобы ее покрывал тончайший слой вещества. Далее включается лазер, воздействующий на полимер, вызывая затвердевание. После этого вся платформа погружается ровно на новый слой. По завершению построения объект погружается в специальный состав для удаления лишних элементов и полной очистки от липкого слоя, после чего происходит финальное облучение светом для окончательного отвердевания и придания текстуры и свойств металла. Преимуществом SLA-технологии 3D печати металлом является изготовление моделей любой сложности и толщины и высокая скорость создания объекта.

SLS-метод, похож на предыдущий, но вместо жидкофотополимера используется измельченный порошок с 50-78 % содержанием металла, который спекается лазером в точке контакта и наращивает тем самым структуру изготавливаемого объекта. Порошок наносится на поверхность платформы ровным слоем, после чего разглаживается специальным валиком. Процесс повторяется пока фигура не приобретет нужную форму и размеры. Печать проходит в специальной камере с бескислородной средой, в которой постоянно поддерживается высокая температура. Достоинством этого метода является разнообразие применяемых материалов и высокая проч-

ность изделий (на сегодняшний день в качестве сырья доступны нейлон, стекло, пластик, керамика, различные металлы). К недостаткам данной технологии следует отнести необходимость последующего обжига после печати, в специальной печи для окончательного спекания порошка, усадку детали после обжига на 8-10 %) от исходного объема и высокую стоимость принтера.

FDM-технология послойного наплавления путем непрерывной подачи материала через тонкое формовочное сопло на охлажденную платформу построения, где он застывает, слой за слоем формируя нужный объект. 3D-печать из металла способом наплавления рассматривается как самый простой из доступных ныне методов печати металлом. Достоинства данного метода: недорогое и распространенное сырье для печати (полимеры и пластик); широкая палитра цветов для печати [2].

Таким образом, анализ результатов показывает что, при помощи селективного лазерного спекания возможно «напечатать» не только модели и мастер модели, но и готовые металлические модели и металлические изделия, которые обладают высокой плотностью спекания (99.99 %); механические характеристики, сопоставимые для деталей, полученных литьем или механической обработкой. Полученный опыт работы показал, что метод спекания компонентов позволяет получить толщину слоя от 20 до 60 мкм в зависимости от используемого материала, изделия размером до 250×250×325 мм с толщиной слоя 20-40 мкм при скорости спекания 2-8 мм/с и мощности лазера 200-400 Вт.

#### Литература

1. А.П. Кушнир. Классификация 3D печати. Электронное научное издание: «Дизайн. Наука. Практика». М. : МГУПИ. – 2014, вып. 18. – С. 74.
2. И.Ю. Мамедова, М.А. Мартынов, Н.В. Коновалова. Перспективы 3д печати в ювелирном производстве и печати металлом в частности. Электронное научное издание. «Дизайн. Наука. Практика». М. : МГУПИ. – 2014, вып. 25. – С. 50.

УДК 616-77, 681.2

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ФОРМООБРАЗОВАНИИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИТИНОЛА

Савченко А.Л., Минченя В.Т., Соболев Д.Е.

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время в Республике Беларусь имеется и все возрастает потребность в расходных материалах для сосудистой хирургии. Это связано с ростом сердечно-сосудистых патологий и появлением новых методик их лечения.

Такие методики связаны с использованием специальных эндопротезов и других изделий, выполненных из нитинола – стентов, стентграфтов, клапан-содержащих стентов, фильтров-ловушек и др. Все эти изделия представляют достаточно