

ДИЗАЙН

DOI 10.34216/2587-6147-2020-1-47-26-31

17.00.06 Техническая эстетика и дизайн

УДК 669:673.1:673.4:678.5-1:745.5

Галанин Сергей Ильич

доктор технических наук, профессор

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

Жирова Татьяна Игоревна

магистрант

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

sgalanin@mail.ru; pariisk@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ ИЗ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ПЛАСТИКОВ ДЛЯ ГАЛЬВАНОПЛАСТИКИ

Исследована возможность использования 3D-моделей из ряда токопроводящих пластиков для гальванопластики. Экспериментально определены омические сопротивления ряда пластиков, показано, что сопротивление определяется количеством и видом токопроводящего компонента в композиционном материале и зависит от температуры. Проведен сравнительный анализ «затяжки» гальванически осаждаемой медью поверхности ряда токопроводящих пластиков и ABS-пластика с нанесенным при помощи спрея токопроводящим слоем. Показана возможность формирования качественных гальванопластических слоев меди на поверхности 3D-моделей из токопроводящего пластика VOLTA.

Ключевые слова: гальванопластика, гальваническое меднение, токопроводящие пластики, композиционные материалы, 3D-выращивание моделей, омическое сопротивление, «затяжка».

Гальванопластическое изготовление ювелирно-художественных изделий и бижутерии в последнее время становится все популярнее [1–4]. В определенной степени возрождение интереса к этой достаточно старой технологии связано с возможностью относительно дешевого изготовления и тиражирования моделей при помощи современных 3D-технологий. Однако узким местом в процессе изготовления гальванопластических изделий остается формирование на поверхности токопроводящих моделей проводящего слоя. В настоящее время его создают дорогостоящим распылением графитовых токопроводящих композиций или нанесением мелкодиспергированного дорогостоящего металлического (в основном медного) порошка на липкую или электростатически заряженную поверхность модели.

Использование токопроводящих полимерных композиционных материалов для изготовления моделей для гальванопластики может составить серьезную конкуренцию обычным полимерным композициям [5]. Однако в литературе отсутствует какая-либо значимая информа-

ция их применения в гальванопластике. Данная работа посвящена исследованию возможности использования ряда токопроводящих полимерных композиций в качестве материала для моделей, выращенных по 3D-технологиям и предназначенных для гальванопластического меднения.

Преимущество пластмассовых моделей – высокая химостойкость, хорошая растворимость в органических растворителях, низкая температура плавления, возможность механической обработки. Эластичные формы можно изготавливать из композиций на основе каучуков, сополимеров поливинилхлорида и поливинилхлорида с винилацетатом. В гальванопластике применяются следующие полимерные материалы: эпоксидные смолы, поливинилхлорид, акрилаты, полиэтилен, полиметилметакрилат (органическое стекло), полистирол и др. В некоторых случаях модель после наращивания металла удаляют нагреванием.

Для увеличения проводимости, механической прочности и уменьшения усадки эпоксидные составы наполняют порошками железа, меди, алюминия (до 75 %). Пластмассовую форму можно получить литьем, прессованием, механической обработкой. В последнее время стали

популярны аддитивные технологии (3D-печать) для изготовления гальванопластических форм.

При 3D-печати применяются разные виды пластиков (табл.). Все эти пластики могут использоваться в гальванопластике только после покрытия поверхности токопроводящим слоем. Недавно появился новый вид пластика – токопроводящий.

Для исследования использовались три вида пластиков: один токонепроводящий и два токопроводящих.

1. Пластик токонепроводящий ABS Best filament.

Параметры печати и свойства: диаметр нити 1,75 мм; температура экструдера 230–260 °С;

температура стола 90–110 °С; скорость печати 40–60 мм/с; усадка при печати 4 %; растворители: дихлорэтан, дихлорметан, ацетон, этилацетат; цвет – салатовый.

ABS (акрилонитрилбутадиенстирол) – ударопрочная техническая термопластическая смола. Один из самых популярных расходных материалов для 3D-печати: более гибкий, чем PLA, хорошо поддающийся последующей обработке. Напечатанное изделие можно отшлифовать, покрыть грунтом, в дальнейшем – акриловой краской. Обработка ацетоном позволяет сгладить характерные для 3D-печати неровности («ступеньки»).

Т а б л и ц а

Свойства некоторых видов пластиков для 3D-прототипирования

Тип пластика	Температура печати, °С	Температура стола, °С	Обдув	Постобработка	Растворитель	Особенности печати	Цена, руб./кг
PLA	190...220	0...50	Необходим	Затруднительна	Дихлорметан	Необходим хороший обдув модели	1650
ABS	220...260	50...90	В закрытой камере желателен	Отлично	Ацетон	Желательна закрытая камера, необходим подогрев стола	
PETG	230...250	0...60	Необходим		Метилэтилкетон	Необходим обдув модели	2300
Polycarbonate	260...300	80...100	В закрытой камере для небольших моделей		Желательна закрытая камера, необходим подогрев стола, возможность нагрева сопла до 300 °С	2600	
ePA	235...260	60...90					Желательна закрытая камера
ePA-CF	240...260			–			
eFlex	210...230	40...60	Желателен	Затруднительна	–	Желательна печать на небольших скоростях 15...30 мм/с	2900
Bronze	180...210	0...50	Необходим	Отлично	–	Необходим хороший обдув модели	2300
eCopper	200...220					Бывают проблемы с прилипанием первого слоя	4200
eAfill						–	3900
eStell				Необходим хороший обдув модели	3100		
Wood	190...200	50...90	В закрытой камере желателен	Возможна	Лимонел	Желательна закрытая камера, необходим подогрев стола	2600
HIPS	240...260						
PVA	190...200	0...50	Необходим	–	Вода	Требуется настройка ретракта из-за текучести	3100

Выбран для исследования из-за распространенности и необходимого комплекса свойств. Перед гальваническим меднением поверхность покрывается токопроводящей графитовой композицией при помощи спрея.

2. Пластик токопроводящий Conductive ABS-пластик U3Print, с примесями из углеродного волокна и электропроводящих компонентов.

Параметры печати: диаметр нити 1,75 мм; температура экструдера 210...240 °С; температура стола 100 °С.

Тестовый образец размером 25×25×5 мм выращен на 3D-принтере PP3DP UP-mini с толщиной слоя 0,3 мм (рис. 1).

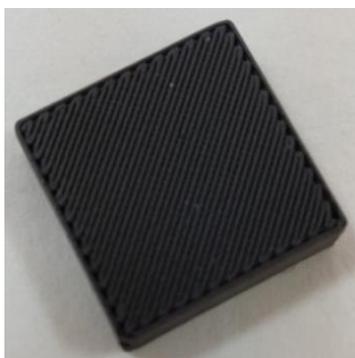


Рис. 1. Тестовый образец из пластика Conductive U3Print

Поверхность пластика покрыта регулярными бороздками, возникающими в результате 3D-печати. Плоская сторона 25×25 мм располагалась на столе при выращивании. В результате тестовых измерений обнаружено отсутствие на ней омического сопротивления, которое присутствует на других сторонах образца. В результате рассмотрения поверхности тестового образца и нити под микроскопом ММУ при увеличении ×200 обнаружены следующие особенности (рис. 2).

Поверхность пластика блестящая, черного цвета, что, скорее всего, связано с наличием графита. По структуре пластик относительно однороден, с включениями, похожими на металлические. Включения белого цвета (из-за отражения света), различного размера, от мелкой пыли до крупных кристаллов (рис. 2а, б, в). Гальванически осаждаемая медь формируется вокруг этих включений (рис. 2г). На токопроводящей стороне пластика включений примерно в полтора раза больше, чем на токонепроводящей, и они крупнее. На торцах образца наблюдаются четкие границы слоев роста. Между слоями ярко выраженное скопление металлических включений, как бы спрессованных между собой (рис. 2д), что связано с процессом печати. Структура поверхности пластика на образце и на нити практически идентична, за исключением более гладкой поверхности нити (рис. 2е).

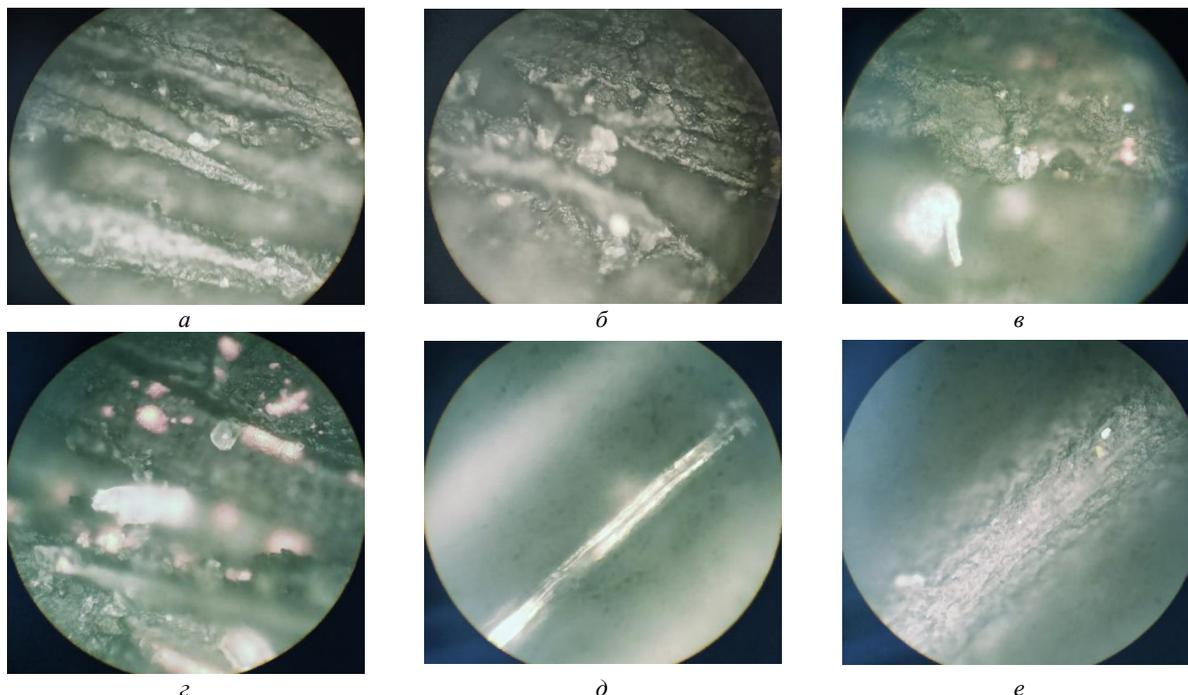


Рис. 2. Фотографии поверхности пластика при увеличении ×200:

а, б, в – включения на поверхности образца; г – осажденная медь вокруг включений;
д – скопление включений на торцах образца; е – включения на поверхности нити из пластика

Попытки получить сплошное гальваническое покрытие меди из сернокислого электролита на поверхности тестового образца оказались безуспешными. Напряжения на источнике питания в 15 В оказалось недостаточно, предположительно из-за высокого омического сопротивления пластика. Для измерения сопротивления использовалась нить длиной 10 см. Отмечен рост омического сопротивления пластика при его механической деформации. Поэтому сопротивление в зависимости от длины нити измерялось при помощи тестера (омметра) при жесткой фиксации нити между механическими зажимами.

Явно линейная зависимость омического сопротивления пластика Conductive U3Print от длины нити представлена на рис. 3.

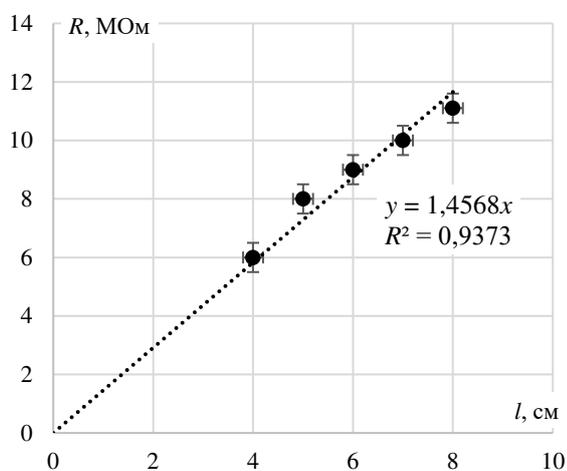


Рис. 3. Зависимость омического сопротивления пластика Conductive U3Print от длины нити

Нестабильность значений сопротивления при механической деформации можно объяснить тем, что токопроводящий компонент в состав пластика входит в виде не связанных друг с другом частиц. Кроме того, данный пластик является очень хрупким и горючим материалом.

Анализ экспериментальных данных показал, что пластик Conductive U3Print для формирования гальванопластических осадков на поверхности моделей не подходит в связи с высоким омическим сопротивлением.

3. Токопроводящий пластик VOLTA – химически стойкий композитный филамент. Основа композита – полипропилен.

Параметры печати: температура сопла 220...235 °С; температура печатного стола 95...100 °С; скорость печати до 100 мм/с; минимальный диаметр сопла от 0,25 мм; минимальная высота слоя 0,1 мм.

Измерения сопротивления проводились аналогично, как и для Conductive ABS-пластика

U3Print. Также при увеличении деформации сопротивление пластика значительно росло. Зависимость омического сопротивления от длины нити также линейная, но сопротивление пластика VOLTA оказалось на три порядка ниже (рис. 4).

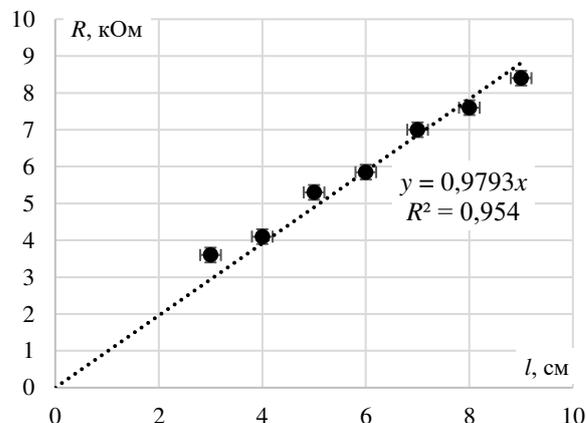


Рис. 4. Зависимость омического сопротивления пластика VOLTA от расстояния между электродами

Дополнительно измерялось омическое сопротивление пластика в дистиллированной воде при различной температуре. С ростом температуры омическое сопротивление пластика VOLTA уменьшается (рис. 5).

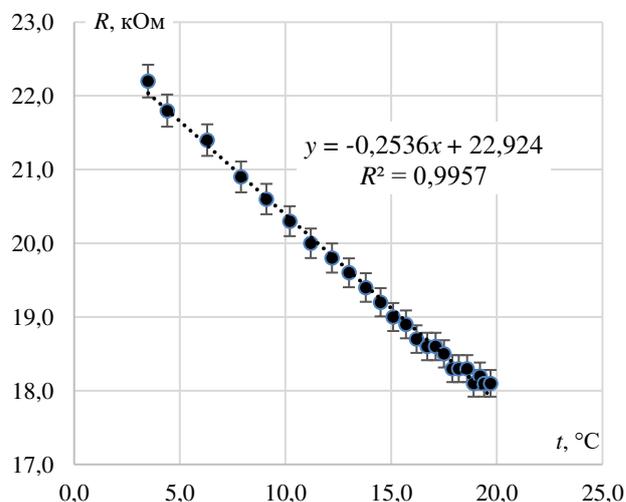
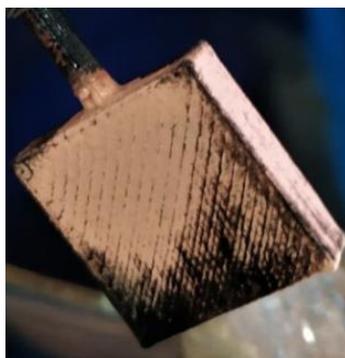


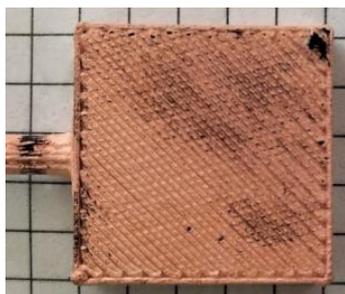
Рис. 5. Зависимость сопротивления пластика VOLTA от температуры

Анализ экспериментальных данных позволяет предположить, что токопроводящий пластик VOLTA может быть использован в качестве материала для гальванопластических моделей.

Для проверки возможности гальванического осаждения медного покрытия на токопроводящий пластик напечатан тестовый образец из пластика VOLTA в виде параллелепипеда



а



б



в



г

Рис. 6. Последовательность «затяжки» металлом поверхности образца из токопроводящего пластика VOLTA

20×20×5 мм на 3D-принтере PP3DP UP-mini с толщиной слоя 0,3 мм. С одного торца для удобства крепления образца в гальванической ванне предусмотрен токоподвод (рис. 6). Усадка образца составила 7,8 % по длине и 9 % по толщине, что больше, чем у обычного ABS-пластика.

Сам процесс формирования гальванопластического покрытия на тестовом образце из пластика VOLTA отличается от аналогичного процесса на графитизированной поверхности токонепроводящего пластика. На образцах из токонепроводящего пластика, покрытых тонкой токопроводящей пленкой графита с помощью специального спрея, металлическое покрытие при гальваническом осаждении начинает свой рост от точек токоподвода, постепенно покрывая всю поверхность образца. На поверхности токопроводящего пластика, в связи с наличием «внутренних» токоподводов из токопроводящего наполнителя, формирование металлического покрытия начинается сразу на всей поверхности, т. е. точки начальной кристаллизации расположены по всей поверхности образца. В результате скорость «затяжки» поверхности первичным слоем металла выше, и сам слой более равномерен по толщине на различных участках поверхности (см. рис. 6).

ВЫВОДЫ

1. Проведенные экспериментальные исследования показали практическую возможность использования ряда токопроводящих пластиков, обладающих относительно небольшим омическим сопротивлением, в качестве материала для гальванопластических моделей, вырабатываемых при помощи 3D-печати.

2. Токпроводящие пластики имеют ряд преимуществ перед токонепроводящими: во-первых, отсутствует необходимость дополнительного формирования токопроводящего слоя на поверхности; во-вторых, процесс «затяжки» поверхности происходит с большим количеством центров кристаллизации, в результате чего покрытие формируется быстрее и более однородно по толщине.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства. – М. : СПМ-Индустрия, 2017. – 511 с.
2. Груздева Л. А., Галанин С. И. Особенности гальванопластического формирования осадков из серноокислых электролитов меднения // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Кострома, 4 апреля 2019 г.) / сост. Н. Н. Муравская. – Кострома : Костром. гос. ун-т, 2019. – С. 94–98.

3. Галанин С.И. Влияние социокультурной среды на формирование рынка ювелирных изделий и бижутерии // Костромской гуманитарный вестник. – 2014. – № 1(7). – С. 74–77.
4. Котова К. В., Галанин С. И. Модные тренды и бижутерия // Технологии и качество. – 2019. – № 2(44). – С. 26–33.
5. Галанин С. И. Художественное материаловедение: неметаллические материалы : в 2 ч. Ч. 1. Полимеры : учеб. пособие. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2007. – 79 с.

REFERENCES

1. Galanin S. I., Arnol'di N. M., Zezin R. B. Tekhnologiya yuvelirnogo proizvodstva. – M. : SPM-Industriya, 2017. – 511 s.
2. Gruzdeva L. A., Galanin S. I. Osobennosti gal'vanoplasticheskogo formirovaniya osadkov iz sernokislykh elektrolitov medneniya // Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologij : materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. (Kostroma, 4 aprelya 2019 g.) / sost. N. N. Muravskaya. – Kostroma : Kostrom. gos. un-t, 2019. – S. 94–98.
3. Galanin S.I. Vliyanie sociokul'turnoj sredy na formirovanie rynka yuvelirnyh izdelij i bizhuterii // Kostromskoj gumanitarnyj vestnik. – 2014. – N 1(7). – S. 74–77.
4. Kotova K. V., Galanin S. I. Modnye trendy i bizhuteriya // Tekhnologii i kachestvo. – 2019. – N 2(44). – S. 26–33.
5. Galanin S. I. Hudozhestvennoe materialovedenie: nemetallicheskie materialy : v 2 ch. CH. 1. Polimery : ucheb. posobie. – Kostroma : Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2007. – 79 s.