

УДК 621.3.049.75

**3D-ПЕЧАТЬ В ПРОТОТИПИРОВАНИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**Давид Александрович Мануков <sup>(1)</sup>, Рустем Башенов <sup>(2)</sup>*Студент 4 курса <sup>(1)</sup>, студент 3 курса <sup>(2)</sup>**Кафедра «Электронные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Ю.С. Боброва,**ассистент кафедры «Электронные технологии к машиностроению»*

3D печать – закономерный этап развития технологии изготовления печатных плат (далее – ПП). 3D печать предоставляет разработчику возможность реализовать задуманное в течение очень короткого срока времени – около 4-12 часов, в зависимости от технологии печати и конструкции изделия.

Проведя сравнительный анализ длительности операций в той и другой технологиях, было установлено, что традиционный процесс производства ПП занимает в 3 раза больше времени, чем аддитивная печать на 3D принтере. Однако стоит учитывать, что в обычном процессе на финише получают несколько плат, так как изготовление ведется на групповой заготовке, содержащей от 2 до 20 заготовок, в зависимости от размера изделия. Современные системы печати позволяют изготовить ПП размером до 200x200 мм [1], то есть изготовление нескольких плат ограничено их размерами. Расчет времени, затрачиваемого на изготовление групповой заготовки продемонстрирован в табл. 1.

Таким образом, можно отметить, что удельное время изготовления одной 8-слойной ПП составляет в первом приближении около 2 часов, что не кажется долгим. Однако, крупные производители ПП не способны изготавливать по одной плате за раз – некоторые из видов оборудования, а именно высокообъемные гальванические линии, имеют ограничение по минимальной площади металлизированной заготовки. К тому же использование большого парка оборудования для изготовления одной заготовки невыгодно с точки зрения рентабельности и возврата инвестиций по этому оборудованию.

Таблица 1. Расчет времени изготовления 8-слойной ПП традиционной технологией

Суммарное время изготовления 8-слойной ПП	14,925 часов
Коэффициент приближения	2
Скорректированное время	29,85 часов
Количество плат на групповой заготовке	14 шт.
Удельное время на 1 заготовку	2,13214 часов
Длительность смены	8 часов
Количество дней на изготовление	4 дня

Рассмотрим ПП, полученную с помощью аддитивных технологий на 3D принтере DragonFly (см. рис. 1). Полученная ПП является 4-слойной ПП, минимальный диаметр отверстий (сквозных, скрытых, глухих не превышает 200 мкм, содержит BGA-площадку с шагом выводов 500 мкм. Время, затраченное на изготовление такого образца, составляет 8 часов для 4 плат, то есть по 2 часа на единицу изделия. Следует

отметить, что при увеличении размера платы (38 x 19 мм на рис. 1) до 55 x 31 мм время печати увеличилось до 20 часов для 3 плат, что равняется 6 часам 40 минутам для одной платы. Исходя из данных значений можно сделать вывод о влиянии размера конечного продукта на итоговое время печати.

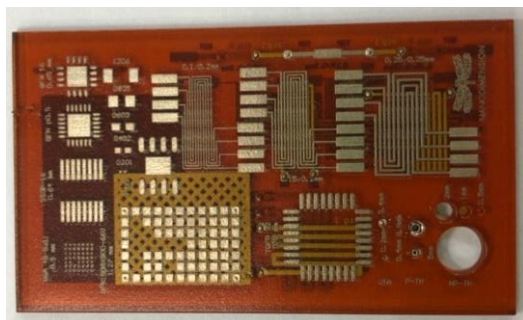


Рис. 1. 4-слойная печатная плата, изготовленная методом 3D-печати

Следует отметить крайне малую номенклатуру материалов, используемых в печати: проводящие материалы (полимерные компаунды, содержащие наночастицы серебра, золота, меди, никеля, стали, графен, восстановленный оксид графена [2]) и диэлектрики (полилактид (PLA), акрилонитрилбутадиенстирол (ABS), нейлон, поликарбонат (PC), полипропилен (PP), полиарилэфирэфиркетон (PEEK) и др [3]).

В соответствии с классификацией Американского общества по испытанию материалов (ASTM) выделяют 7 категорий аддитивных технологий: полимеризация в ванне (VAT Photopolymerization), струйная 3D-печать (Material Jetting), струйная печать связующим веществом (Binder Jetting), послойное наплавление (Material Extrusion), спекание порошков (Powder Bed Fusion), послойная ультразвуковая 3D-печать листовыми материалами (Sheet Lamination), послойная электронно-лучевая/лазерная плавка материала (Direct Energy Deposition) [4].

Таблица 2. Технологические параметры различных видов 3D-печати [5]

Технология	Источник для спекания	Размер изделия	Скорость	Качество поверхности
SL	Лазер	100 мкм - 100 см	Низкая	Высокое
DLP	Лазер	100 мкм - 100 см	Средняя	Высокое
IJP	ИК-источник	100 мкм - 100 мм	Низкая	Высокое
3DP	ИК-источник	10 мм - 10 см	Средняя	Среднее
SLS	Лазер	10 мм - 10 см	Средняя	Низкое
SLM	Лазер	10 мм - 10 см	Средняя	Низкое
LOM	Лазер	100 мм - 10 см	Высокая	Среднее
FDM	ИК-источник	10 мм - 10 см	Средняя	Низкое

Технологии в таблице 2: SL – StereoLithography (стереолитография), DLP – Digital Light Processing (печать методом цифровой проекции), IJP – Inkjet Printing (чернильно-струйная печать), 3DP – Three-Dimensional Printing (стереоскопическая печать), SLS – Selective Laser Sintering (избирательное лазерное спекание), SLM – Selective Laser Melting (избирательное лазерное плавление), LOM – Laminated Laser Manufacturing (печать объектов методом ламинирования), FDM – Fused Deposition Modelling (моделирование методом наплавления) [5].

Можно заключить, что для электронной промышленности на данный момент интерес представляет возможность относительно быстрого прототипирования

многослойных печатных плат на 3D принтерах. Аддитивные технологии 3D печати ПП позволяют разрабатывать и тестировать новые устройства без задействования большого парка оборудования собственного предприятия и без обращения к сторонним производителям. Всё это должно обеспечить не только снижение длительности разработки новых устройств, но и избавить от утечек информации.

### Литература

1. *Yun Mou, Yuru Zhang*. Fabrication of highly conductive and flexible printed electronics by low temperature sintering reactive silver ink. – Applied Surface Science, 2018. – 249-256 с.
2. *Alexander Kamyshny, Shlomo Magdassi*. Conductive nanomaterials for 2D and 3D printed flexible electronics. – The Royal Society of Chemistry, 2018.
3. *John Ryan C. Dizon, Alejandro H. Espera Jr.* Mechanical characterization of 3D-printed polymers. – Additive Manufacturing, 2018. – 44-67 с.
4. ISO/ASTM 52900:2015(en). ISO/ASTM 52900:2015(en): International Standard. – режим доступа: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-astm:52900:ed-1:v1:en>
5. *Zhangwei Chen, Ziyong Li*. 3D printing of ceramics: A review. – Journal of the European Ceramic Society, 2018. – 1-51 с.