

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

А.В. Смородин, аспирант

Институт судостроения и морской арктической техники (Севмашвтуз), Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (Россия, г. Северодвинск)

DOI:10.24412/2500-1000-2024-1-2-203-206

Аннотация. В статье рассмотрены возможности применения аддитивных технологий в электротехнической промышленности, таких как печать корпусов с уникальными данными, и электротехнике, изготовление методом послойного наплавления магнитопроводов электрических аппаратов малой мощности. Описаны теоретические материалы и реальные примеры использования данной технологии при восстановлении работоспособности радиоэлектронной аппаратуры. Затронута тема сертификации изделий, полученных при помощи 3D-печати, применяемых в области судостроения.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, аддитивные технологии в электротехнике и судостроении.

В конце XX века начали развиваться альтернативные методы изготовления и обработки электротехнических изделий. Одним из этих методов являются так называемые «аддитивные технологии» (англ. Additive Manufacturing) – метод послойного наращивания и синтеза объектов. В отличие от традиционной обработки, которая осуществляется путем удаления части материала исходной заготовки, суть метода аддитивных технологий заключается в добавлении материала. Аддитивные технологии позволяют отказаться от традиционных технологий серийного производства, например, литья и штамповки, в случаях, когда современный метод приносит больший экономический эффект. Популярным представителем данных технологий, который получил самое большое распространение за счёт дешевизны, простоты и доступности технологического оборудования является 3D-печать.

Благодаря своей универсальности 3D-печать возможно применять в различных сферах науки и техники. Ввиду малого промежутка времени между проектированием и получением образца, а также относительно простого технологического процесса, данная технология хорошо зарекомендовала себя в изготовлении прототипов и мелкосерийном производстве изделий. Однако, как любая технология, она

обладает рядом недостатков и ограничений.

Один из главных минусов 3D-печати – высокая себестоимость при серийном производстве, которая складывается за счет большего времени изготовления каждого образца, особенно в сравнении с технологиями серийного производства. В то же время традиционные технологические процессы требуют дорогостоящей подготовки производства (пресс-формы и штампы, конвейерные линии и прочие производственные мощности), потому применение технологий серийного производства для получения опытных образцов видится нецелесообразным. Также, в связи с наличием внутренних напряжений в изделии, изготовленном при помощи 3D-печати, очень сложно добиться прочностных характеристик, сопоставимых с деталью, изготовленной традиционным методом. Стоит также помнить, что не все материалы могут быть применены при использовании аддитивных технологий.

Однако аддитивные технологии могут широко использоваться в производстве электротехнических изделий. Метод послойного наплавления материала (FDM-Fused Deposition Modeling) прост в применении, поэтому его можно рассмотреть в качестве технологии серийного производства. Данный метод возможно применять для прототипирования и мелкосерийного

производства пластиковых корпусов нестандартной конфигурации различных приборов. И это будет выгоднее, чем использовать стандартные универсальные корпуса или нерентабельные штампованные (литые), так как стоимость матриц будет превышать цену изготовления такого же корпуса методом 3D-печати.

Применение метода послойного наплавления накладывает ограничения на

изготовление прямых выступающих поверхностей. Но данная проблема решается использованием поддержек при печати, что влечет за собой увеличение времени печати и расхода материала. На рисунке 1 показан пример корпуса из полиэтиленгликольтерефталата (ПЭТ) для электронного устройства. Время его изготовления составило всего два часа.

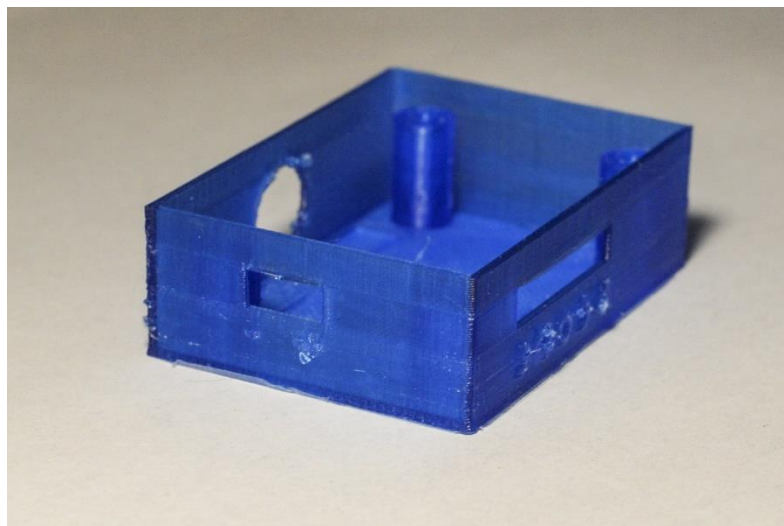


Рис. 1. Корпус прибора из ПЭТ

Для изготовления экранирующих или корпусов, не накапливающих статическое электричество, применяется металлизированное покрытие или специальные химические добавки, что сказывается на сроке службы изделия. Стоит отметить, что с развитием аддитивных технологий стали появляться новые композитные материалы, которые могут заменить и такое покрытие, а именно – проводящие филаменты [5]. В их составе содержится полимер и углеродное волокно. Главный плюс таких материалов – они не утрачивают своих антистатических свойств, в отличие от пластиков с введённой химической антистатической добавкой.

Также метод послойного наплавления позволяет производить детали для ремонта оборудования, когда завод-изготовитель их не производит. Это особенно актуально при ремонте судового электрооборудования, снятого с производства и находящегося в эксплуатации. На рисунке 2 представлен реальный пример использования 3D-печати – «окошко» для наблюдения положения автоматического выключателя в секции судового распределительного щита. Этот элемент напечатан из прозрачного ПЭТ пластика, время печати составило три часа. Главный минус полученного элемента – малое светопропускание, чем он и отличается от оригинальной детали из плексигласа.



Рис. 2. Индикаторное окошко из прозрачного ПЭТ

При использовании ферромагнитного наполнителя для композитного материала есть возможность печати сердечников дросселей и трансформаторов. На рисунке 3 представлены тороидальные сердечники из магнитного филамента (два сверху) и заводского исполнения (снизу) из феррита.

Сравнение характеристик и параметров напечатанных сердечников с их ферромагнитными прототипами в данной работе не рассматривается, поскольку этот вопрос является темой отдельного научного исследования.



Рис. 3. Тороидальные сердечники (напечатанные – 2 сверху, из феррита – снизу)

Если отойти от простой и доступной всем желающим FDM 3D печати, то можно рассмотреть селективное лазерное спекание (SLS), принцип которого состоит в нанесении плавкого порошкового материала и формировании детали путём плавки данного материала лазером. Если исполь-

зовать порошок с составом Fe-6%Si, то из такого материала можно «печатать» сердечники трансформаторов и детали электрических машин [1, 3, 4].

Как всякая новая технология, аддитивное производство требует сертификации и разработки стандарта. В октябре 2020 года

Российский морской регистр судоходства внедряет требования к изделиям, изготавливаемым по этой технологии, о чём сказано в циркуляре (№ 314-01-1452ц), который опубликован в открытом доступе на сайте [2]. Требования, описанные в документе, вступили в силу с 1 декабря 2020 года.

Таким образом, рассмотрев особенности аддитивных технологий, в ходе исследования мы определили их основные достоинства и недостатки. Данный метод изготовления деталей на текущем этапе раз-

вития не может являться технологией серийного производства в силу больших издержек относительно традиционных методов изготовления. Однако это достойная альтернатива в случае производства опытных образцов и деталей для ремонта, прежде всего, судового электрооборудования, снятого с производства и находящегося в эксплуатации, за счёт минимального времени изготовления и, что особенно важно, соответствия готового продукта принятым отраслевым стандартам.

Библиографический список

1. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении // Учебное пособие. – СПб.: Издательство политехнического университета, 2013. – 221 с.
2. Юрков М.Е. Циркуляционное письмо №314-01-1452ц. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://info.rs-head.spb.ru/public/rscirculars/2020-1452.pdf> (дата обращения: 14.11.2023).
3. Смуров И.Ю., Мовчан И.А., Ядройцев И.А., Окунькова А.А., Цветкова Е.В., Черкасова Н.Ю. Аддитивное производство с помощью лазера // Вестник МГТУ «Станкин». – 2011. – Т. 2, № 4. – С. 144-146.
4. Быщенко О.А., Чабина Е.Б., Филонова Е.В., Роголёв А.М. Взаимосвязь дефектов структуры жаропрочного никелевого сплава, полученного методом селективного лазерного сплавления, стратегии и параметров сканирования // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2016. – №3.
5. Токопроводящий филамент для 3D-печати Electrifi вышел в продажу. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/conductive-filament-for-3d-printing-electrifi-went-on-sale->, свободный (дата обращения: 14.11.2023).

ADDITIVE TECHNOLOGIES IN ELECTRICAL ENGINEERING

A.V. Smorodin, Postgraduate Student
Institute of Shipbuilding and Marine Arctic Engineering (Sevmashvtuz),
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Russia, Severodvinsk)

Abstract. *The article discusses the possibilities of using additive technologies in the electrical industry, such as printed cases with unique data, and electrical engineering, manufacturing by layer-by-layer deposition of magnetic cores of low-power electrical devices. Theoretical materials and real-world examples of the use of this technology in restoring the operability of electronic equipment are described. The topic of certification of products obtained using 3D printing used in the field of shipbuilding was touched upon.*

Keywords: *additive technologies, 3D printing, additive technologies in electrical engineering and shipbuilding.*