

Е. Г. Семенова, А. В. Чабаненко, С. А. Назаревич

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург, Россия

ВЫЯВЛЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КОРПУСА РЭА НА ОСНОВЕ FDM

В настоящее время предприятия и организации радиоэлектронной промышленности сохранили положительные темпы развития производства и научно-технической деятельности. Одним из основных инструментов реализации государственной политики по развитию РЭП является государственная программа «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы», в которой сделан акцент на новые технологии производства. Классификация корпусов для радиоэлектронной аппаратуры обусловлена ее назначением. Корпуса могут быть переносные, стационарные, предназначенные для монтажа как на горизонтальную, так и на вертикальную поверхности; корпуса, стойкие к перепадам температур; корпуса, защищенные от влаги и коррозии с использованием различных материалов. Для корпусов характерны: устойчивость к физическому воздействию; термоустойчивость; устойчивость к химическим воздействиям; длительный срок эксплуатации; высокие антикоррозийные свойства; удобство при перемещении. Всем этим требованиям соответствуют корпуса, произведенные по аддитивной технологии. Применение данной технологии для производства корпуса РЭА в мелкосерийном производстве будет экономически выгодней, чем технология литья под давлением.

Ключевые слова: производственные процессы, технический уровень, производственные мощности, РЭА.

Для цитирования: Семенова Е. Г., Чабаненко А. В., Назаревич С. А. Выявление ключевых показателей качества технологического процесса производства корпуса РЭА на основе FDM // Радиопромышленность. 2017. № 4. С. 141–145.

E. G. Semenova, A. V. Chabanenko, S. A. Nazarevich

Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint-Petersburg, Russia

DETECTION OF KEY QUALITY PARAMETERS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION OF THE FED CABINET ON THE BASIS OF FDM

At present, enterprises and organizations in the electronics industry have maintained a positive pace of production and scientific and technological development. The State programme «Development of electronic and electronic Electronics Industry 2013–2025», which places a strong emphasis on new production technologies, is one of the main instruments for the implementation of public policy for the development of rap. The classification of the casings for electronic equipment is due to its designation. Shells may be movable, stationary, designed to be erected on both a horizontal and a vertical surface, a chassis resistant to a temperature variability, a body protected from moisture and corrosion, and so on by various materials. Shells are characterized by: resistance to physical impact; Long lifespan; Resistance; High anti-corrosion properties; resilience to chemical effects; Ease of movement, all of these requirements corresponding to the produced casing using additive technology. The use of this technology for the production of the CEA Corps will be economically advantageous in low production, compared to cast under pressure.

Keywords: production processes, technical level, production facilities, REA.

For citation: Semenova E. G., Chabanenko A. V., Nazarevich S. A. Detection of key quality parameters of the technological process of production of the fed cabinet on the basis of FDM. Radiopromyshlennost, 2017, no. 4, pp. 141–145 (In Russian).

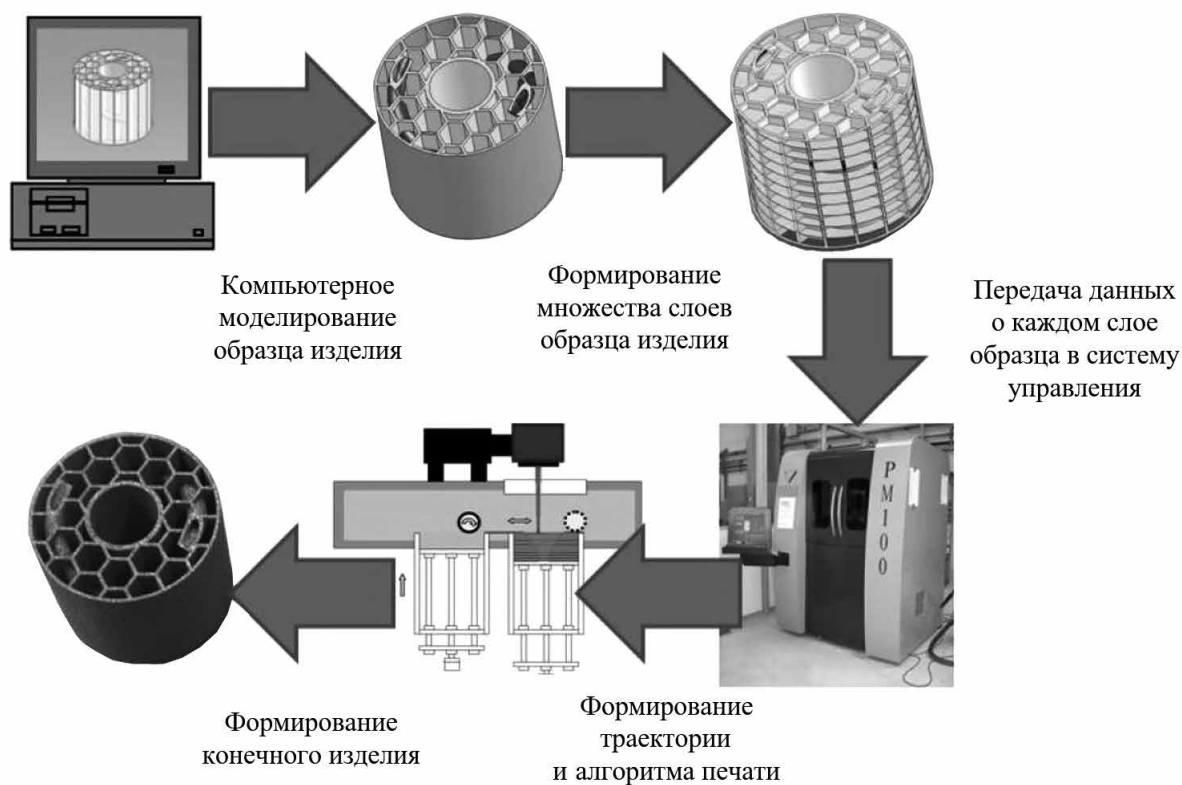


Рисунок 1. Принципиальная схема процесса изготовления образца изделия при помощи аддитивных технологий

Радиоэлектронная аппаратура в электронике требует наличия специальных корпусов, так как лишь при использовании особого корпуса можно создать безопасный и эффективный прибор. Корпуса не могут быть универсальными – для каждого необходима собственная уникальная конструкция. Производство электроники сегодня выходит на новый уровень. С развитием радиоэлектронной промышленности, которое, как известно, в наше время происходит очень бурно, особенно быстро обновляется элементная база, имеющая явную тенденцию к миниатюризации. Компактность и доступность электронных компонентов и комплектующих привела к заметному оживлению такой

деятельности, как разработка новых электронных устройств.

Аддитивные технологии – сравнительно новый вид технологий, разрабатывающийся со второй половины XX века и активно применяющийся в разных отраслях, в частности в промышленности и машиностроении, только последние двадцать лет, когда появились первые аддитивные машины. Основной принцип аддитивных технологий заключается в том, что изделие создается при помощи послойного добавления материала различными способами, такими как наплавление или напыление порошка, жидкого полимера или композитного материала.

В настоящее время аддитивные технологии получили широкое распространение и продолжают бурно развиваться и внедряться. Это неудивительно, т.к. они позволяют изготовить изделия, которые невозможно получить по классической технологии, а в некоторых случаях применять такие технологии просто намного эффективнее – ведь они позволяют изготавливать детали изделий, приспособления и даже целые сборки.

Одним из наиболее распространенных методов, относящихся к аддитивным технологиям, является метод FDM (рис. 1).

Этот метод получил широкое распространение благодаря высокой скорости и точности получаемых

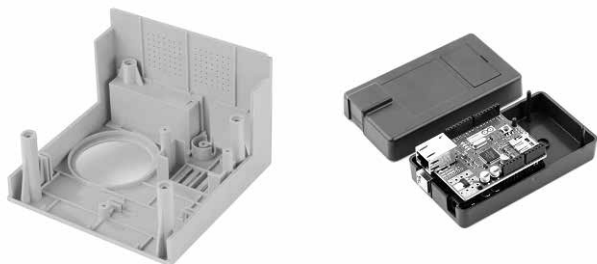


Рисунок 2. Примеры деталей, произведенных с помощью метода FDM на российских предприятиях

Таблица 1. Сравнение пластмасс и алюминиевых сплавов для изготовления элементов корпуса РЭА

| Показатель | Алюминиевые сплавы | Полимерные композиты |
|---|--------------------|----------------------|
| Теплопроводность, Вт/м · К (ккал/м · час · град) | 50–100 | 3–40 |
| Сложность конструкции | 2D-дизайн | 3D-дизайн |
| Точность изготовления (качеств) | Средняя | Высокая |
| Шероховатость поверхности Ra , мкм | 2,5–1,25 | 0,63 |
| Коэффициент линейного термического расширения, сравнение алюминиевого сплава марки АД1, полимер ABS HG-0760 | 25–30 | 8–11 |
| Усадка при литье, % | 0,7–1,3 | 0,1–0,3 |
| Финишная механическая доработка | Требуется | Не требуется |
| Удельный вес | 2,7 | 1,6–1,8 |
| Использование термопаст при монтаже МЭУ | Всегда | Редко |
| Относительная себестоимость (при массовом производстве) | 1,0 | 0,4–0,6 |

Таблица 2. Технические требования

| Наименование показателя | Значение |
|--|----------|
| Истираемость, мм, не более | 1,2 |
| Деформативность при вдавливании, мм, не более | 0,5 |
| Абсолютная деформация | 3,2 |
| Абсолютная остаточная деформация | 1,9 |
| Изменение линейных размеров, %, не более | 2,0 |
| Поверхностная плотность, г/м ² , не более | 1400 |

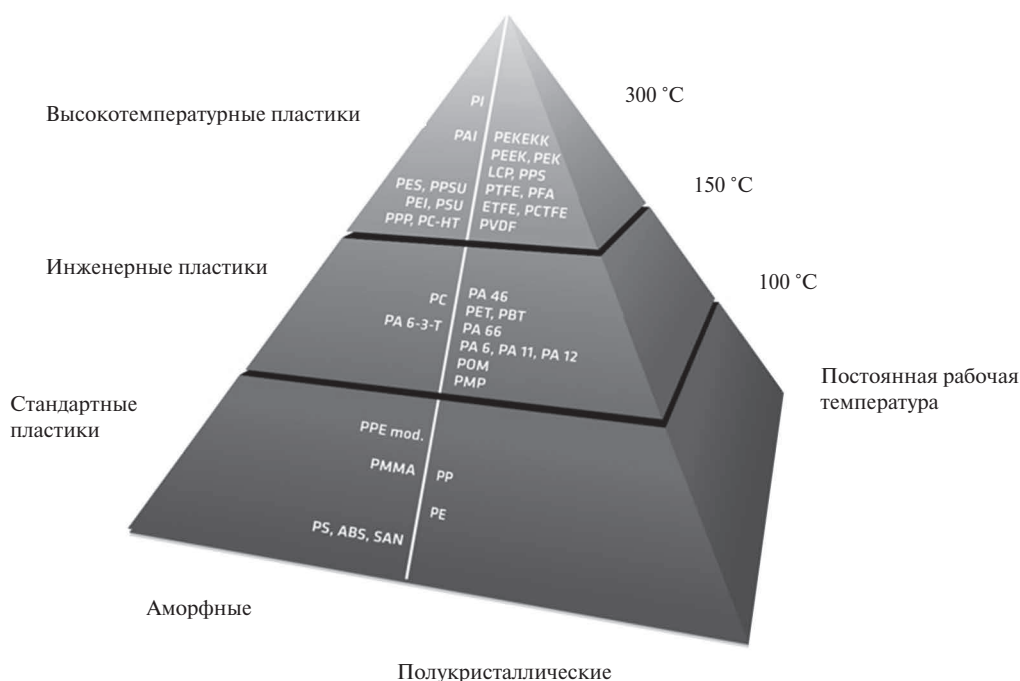


Рисунок 3. Показатели качества полимеров

изделий, а также возможности изготовления изделий из различных материалов.

Существует широкий круг возможностей применения аддитивных технологий в производстве корпусов РЭА.

При этом основные аэрокосмические гиганты, такие как Pratt & Whitney, GE Aviation, EADS, Boeing и другие, уже сейчас широко применяют аддитивные технологии для изготовления десятков тысяч деталей и узлов.

Поэтому аддитивные технологии, несомненно, являются перспективнейшим направлением, в том числе и в радиоэлектронике, требующим скорейшей адаптации и внедрения в производство. Корпуса РЭА должны реагировать на изменение состояния управляемого объекта и внешней среды. На рис. 2 представлены примеры корпусов РЭА, а в табл. 1 даны сравнительные характеристики при изготовлении элементов корпуса.

Для применения аддитивных технологий в радиоэлектронике необходимо учитывать влияние внешней среды на компоненты корпуса РЭА [1].

Электростатическая искробезопасность объекта защиты достигается при условии выполнения соотношения

$$W \leq K \leq W_{\min},$$

где W_{\min} – энергия разряда, который может возникнуть внутри объекта или на его поверхности, Дж; K – коэффициент безопасности, выбираемый из условий допустимой (безопасной) по ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.010 вероятности

зажигания или принимаемый равным 0,4; W_{\min} – минимальная энергия зажигания, Дж.

Величину истираемости вычисляют по формуле

$$U = \frac{G_1 - G_2}{F} (\text{г} / \text{см}^2),$$

где G_1 – вес сухого образца до истирания; G_2 – вес сухого образца после истирания; F – площадь истирания.

Истираемость – важный показатель для материалов, производимых по FDM-технологии. Если конструкция наряду с истиранием испытывает ударные нагрузки (к таким конструкциям относятся, например, полы, дорожные покрытия), то она подвергается износу.

Исходя из условий эксплуатации, необходимо определять уровень заполнения стенок изделия полимером корпуса РЭА с помощью вычислений.

Значение плотности d_0 можно определить «как отношение объема вещества материала в образце к полному объему образца» (табл. 2):

$$d_0 \frac{V}{V_1}.$$

Для оценки важности параметров была произведена оценка значимости в процессной матрице (табл. 3). Данная матрица связывает технологический процесс по производству компонентов с соответствующими параметрами.

При построении матрицы оценки значимости в процессной матрице в качестве оптимизируемых рассматриваются физико-механические свойства полимерной нити, представленные в табл. 3 [2–4].

Таблица 3. Оценка значимости показателей пластика в процессной матрице

| Полимеры | Ранжированная значимость по запросу | | | | | Мультипликант | Накопленный вес, % |
|--------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---------------|--------------------|
| | Температура деформации | Температура деформации | Температура деформации | Температура деформации | Цена см ³ | | |
| ABS-ESD7 | 10 | 10 | 10 | 4 | 3 | 12000 | 7,97321001 |
| ABSi | 6 | 7 | 4 | 8 | 4 | 5376 | 3,57199809 |
| ABS-M30 | 9 | 10 | 5 | 6 | 9 | 24300 | 16,1457503 |
| ABS-M30i | 10 | 10 | 9 | 10 | 8 | 72000 | 47,8392601 |
| ABSplus-P430 | 2 | 5 | 8 | 6 | 10 | 4800 | 3,18928401 |
| PC | 3 | 8 | 9 | 7 | 10 | 15120 | 10,0462446 |
| PC-ABS | 5 | 8 | 9 | 4 | 7 | 10080 | 6,69749641 |
| PC-ABS | 1 | 2 | 10 | 6 | 8 | 960 | 0,6378568 |
| PC-ISO | 9 | 7 | 9 | 1 | 4 | 2268 | 1,50693669 |
| PPSF | 10 | 6 | 10 | 2 | 3 | 3600 | 2,391963 |
| Суммарное значение | | | | | | 150504 | 100 |

Заключение

Процессная матрица позволяет, таким образом, сформулировать повышенные требования к ряду параметров, которые наиболее необходимы для корпуса, и снизить требования к остальным параметрам, которые являются второстепенными и не несут функциональную нагрузку. Применительно к рассматриваемому примеру можно сделать вывод о возможности (и необходимости) комбинирования свойств полимеров.

Однако у этого метода, как и у других методов, относящихся к аддитивным технологиям, есть ряд вопросов, которые в настоящее время предстоит еще решить, и это накладывает на их применение определенные ограничения. Широкая номенклатура материалов, из которых изготавливаются детали и компоненты корпуса РЭА, позволяет в настоящее время успешно использовать аддитивные технологии в основном в мелкосерийном производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53736–2009. Изделия электронной техники. Введен в действие 15.12.2009 г. № 1201 ст. 50. Порядок создания и постановки на производство. Основные положения. М.: Стандартиформ, 2010.
2. Анализ технического уровня производственных мощностей предприятия / Е.Г. Семенова, С.В. Богословский, А.Г. Степанов, А.В. Чабаненко // Вопросы радиоэлектроники. 2017. № 5. С. 58–60.
3. ГОСТ 24888–81. Пластмассы, полимеры и синтетические смолы. Дата введения: 01.07.1982. ст. 50. Химические наименования, термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1991.
4. ГОСТ 23592–96. Монтаж электрической радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Дата введения 30.06.2001. ст. 7. Общие требования к объемному монтажу изделий электронной техники и электротехнических. М.: Издательство стандартов, 2001.

REFERENCES

1. GOST P 53736–2009. *Izdelija jelektronnoj tehniki. Porjadok sozdanija i postanovki na proizvodstvo. Osnovnye polozhenija* [GOST P 53736–2009. Electronics products. Entered into Operation 15 G. No. 1201, Art. 50. Procedure for creating and manufacturing. Basic provisions]. Moscow, Standartinform Publ., 2010.
2. Semenova E. G., Bogoslovskiy S. V., Stepanov A. G., Chabanenko A. V. Analysis of the technical level of production capacity of the enterprise. *Voprosy radioelektroniki*, 2017, no. 5, pp. 58–60 (In Russian).
3. GOST 24888–81. *Plastmassy, polimery i sinteticheskie smoly. Data vvedenija 1982.07.01. st. 50. Himicheskie naimenovanija, terminy i opredelenija* [GOST 24888–81. Plastics, polymers and synthetic resin. Date of introduction of 1982.07.01. Art. 50. Chemical names, terms and definitions]. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 1991 (In Russian).
4. GOST 23592–96. *Montazh jelektricheskij radiojelektronnoj apparatury i priborov. Data vvedenija 30.06.2001. st. 7. Obshhie trebovanija k obemnomu montazhu izdelij jelektronnoj tehniki i jelektrotehnicheskijh* [GOST 23592–96. Installation of electrical electronic equipment and fixtures. Date of introduction of June. Art. 7. General requirements for the bulk installation of electronics and electrical products]. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 2001 (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Семенова Елена Георгиевна, д.т.н., директор, Институт инноватики и базовой магистерской подготовки, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, тел.: 8 (921) 993-43-81, e-mail: egsemenova@mail.ru.

Чабаненко Александр Валерьевич, ассистент, кафедра инноватики и интегрированных систем качества, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, тел.: 8 (952) 364-24-76, e-mail: chabalexandr@gmail.com.

Назаревич Станислав Анатольевич, к.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, тел.: 8 (904) 612-04-02, e-mail: albus87@inbox.ru.

AUTHORS

Semenova Elena, PhD, director, Institute of Innovation and Master's Training Base, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, 67A, Bolshaya Morskaya ulitsa, Saint-Petersburg, 190000, Russian Federation, tel.: +7 (921) 993-43-81, e-mail: egsemenova@mail.ru.

Chabanenko Aleksandr, assistant, Department of Innovation and Integrated Quality Systems, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, 67A, Bolshaya Morskaya ulitsa, Saint-Petersburg, 190000, Russian Federation, tel.: +7 (952) 364-24-76, e-mail: chabalexandr@gmail.com.

Nazarevich Stanislav, PhD, assistant professor, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, 67A, Bolshaya Morskaya ulitsa, Saint-Petersburg, 190000, Russian Federation, tel.: +7 (904) 612-04-02, e-mail: albus87@inbox.ru.