

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Вавилов В.Е., Исмагилов Ф.Р., Зайнагутдинова Э.И.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, s2_88@mail.ru

Ключевые слова: электрические машины, аддитивное производство, авиация.

В современной промышленности заметен существенный интерес и динамичное развитие аддитивного производства (АП) [1-8]. Так, Минпромторг опубликовал проект распоряжения Правительства РФ, предусматривающего утверждение Стратегии развития аддитивных технологий в Российской Федерации до 2030 года. Эволюция АП была признана ключевой стимулирующей технологией в широком спектре применений, некоторые из которых включают медицинскую, аэрокосмическую и автомобильную промышленность. Использование АП открывает новые возможности для конструкторских решений, которые невозможно реализовать при использовании традиционных методов производства.

Одним из основных преимуществ применения аддитивных технологий выступает существенное сокращение времени создания прототипа [1]. Связано это, в частности, с уменьшением использования ручного труда в производстве, что в свою очередь также приводит к возможности изготовления сложных форм и конструкций, в том числе тонких стенок от 60 мкм до нескольких сантиметров [2]. Это позволяет изготавливать детали со сложной внутренней структурой и дает возможность реализовать полые конструкции [3]. Конструирование без излишков материала может способствовать снижению массы электрической машины [4], что является существенным критерием при проектировании авиационных электрических машин. Совокупность упомянутых факторов может положительно отразиться на стоимости конечной продукции, а также на стоимости эксплуатации, обслуживания и транспортировки.

В качестве магнитопроводов электрических машин (ЭМ) обычно используются мягкие ферромагнитные материалы с высокой магнитной проницаемостью. Магнитопровод должен обладать верной геометрией для формирования и направления магнитных полей и обеспечения эффективной среды для передачи энергии. Важными параметрами, которые учитываются в процессе выбора материала сердечника, являются высокое магнитное насыщение и проницаемость, низкие значения коэрцитивной силы, удельных потерь мощности и магнитострикции, высокий предел текучести. Функционально применимыми материалами магнитопроводов ЭМ являются сплавы $FeSi$ [5-7]. Малоизученным, но многообещающим является использование $FeSi_{6,5}$ за счёт увеличенного удельного сопротивления материала. При его использовании в совокупности с усложненной формой магнитопровода в перспективе возможно получить электрическую машину с большей удельной мощностью по сравнению с традиционными технологиями изготовления.

Проблему снижения веса электрической машины также можно решить путем применения нестандартных конструкций и материалов для изготовления обмоток. Например, использование алюминия с примесью углеродных нанотрубок, что в теории может снизить массу обмоток до 2,5 раз при достижении электропроводности на уровне медных проводников. Гибридная печать может внести свой вклад в производство электрических обмоток с низкими потерями [8].

Таким образом, для достижения успеха в решении актуальных проблем авиационных электрических машин существует необходимость изменить способ проектирования и производства, и аддитивные технологии могут удовлетворить некоторые из этих потребностей.

Список литературы

1. Swensen J.P., Odhner L.U., Araki B. and Dollar A.M. «Injected 3D-electrical traces in additive manufactured parts with low melting temperature metals», IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2015. Pp. 988-995.
2. Aguilera E., Ramos J., Espalin D., Cedillos F., Muse D., Wicker R., and MacDonald E., «3D-Printing of Electromechanical Systems», International Solid Freeform Fabrication Symposium, 2013. Pp. 950-961.
3. Studnitzky T. and Strauss A. Direct typing of metals as method for producing micro structured parts. Proceedings of CELLMET, 2008. Dresden.
4. Muller G., Vogt K. and Ponick B., Berechnungselektrischer Maschinen, 6. Auflage, Wemheim, Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, 2008 (in German).
5. Fish G.E. Soft Magnetic Materials. Proceedings of the IEEE. 78 (6). 1990. Pp. 947-972.
6. Krings A. Iron Losses in Electrical Machines – Influence of Material Properties, Manufacturing Processes, and Inverter Operation, 2014.
7. Urban N., Meyer A., Leckel M., Leder M., Franke J. Additive manufacturing of an electric drive a feasibility study, in: 2018 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM). Jun 2018. Pp. 1327-1331.
8. Lamichhane T.N., Sethuraman L., Dalagan A., Wang H., Keller J., Paranthaman M.P., Additive manufacturing of soft magnets for electrical machines – a review, Materials Today Physics 15 (2020).

Сведения об авторах

Вавилов Вячеслав Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, директор НИИ «ЭТКиС». Область научных интересов: электромеханические преобразователи энергии.

Исмагилов Флюр Рашитович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой электромеханики. Область научных интересов: электромеханические преобразователи энергии.

Зайнагутдинова Эвелина Ильгизовна, студентка 5 курса кафедры электромеханики. Область научных интересов: аддитивные технологии.

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE DESIGN AND CREATION OF ELECTRIC MACHINES

Vavilov V.E., Ismagilov F.R., Zaynagutdinova E.I.

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia, s2_88@mail.ru

Keywords: electrical machines, additive manufacturing, aviation.

The paper analyzes the advantages and promising solutions to the use of additive technologies in the creation of electrical machines, identified materials, the use of which will increase efficiency and reduce the mass.