

БИОНИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН (ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ) КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Н. Н. Вовк, А. В. Корепанов, Д. А. Лучкин, Д. В. Сергеев, М. А. Царев, И. Е. Черепанов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров Нижегородской обл.

Введение

Бионический (топонимический, генеративный) дизайн – способ проектирования различных объектов, при котором для снижения веса и увеличения прочности применяются отличные от традиционного решения [1]. Аддитивные технологии или технологии синтеза деталей и конструкций, являются на сегодняшний день наиболее быстро развивающимся сегментом в производственной сфере. Внешне объекты, произведенные подобным образом, отличаются от обычных техногенных изделий. Они имеют выраженные черты, присущие, например, растениям, имитируют строение конечностей или костей (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид детали, разработанной с помощью бионического дизайна

Именно поэтому такой способ проектирования часто называют бионическим дизайном. Другой термин, «генеративный дизайн», используется в связи с тем, что геометрия подобных конструкций автоматически рассчитывается («генерируется») в специальном программном обеспечении.

За счет грамотного проектирования деталей с полыми участками, удается экономить значительное количество материала, что, однако, не влияет на гибкость и прочность детали, позволяя применять систему топологической оптимизации [2].

Топологическая оптимизация – это подход к оптимизации конструкции, ищущий наилучшее рас-

пределение материала в заданной области для заданных нагрузок и граничных условий.

Применение топологической оптимизации на этапе проектирования помогает найти вариант дизайна конструкции с наиболее рациональным распределением материала и пустот в объеме, и таким образом, заметно снизить его массу [1]. С помощью присвоения материалу плотности в определенных местах или комбинирования различных материалов при изготовлении детали, изделия можно разделить на высоко- и низкоплотные участки. Такой подход может не только обеспечить экономию дорогих материалов, но и позволит придавать разным частям детали требуемые свойства в зависимости от условий эксплуатации. Так, например, одна часть детали может быть сверхтвердой, а другая пластичной или упругой – этого невозможно добиться, используя традиционные субстративные методы производства [2].

Топологическая оптимизация достаточно давно используется в ряде отраслей промышленности для оптимального проектирования легких, прочных и надежных конструкций. Данная технология особенно хорошо подходит для 3D-печати, т. к. с помощью топологической оптимизации можно создавать структуры сложной формы, которые невозможно изготовить традиционными методами производства (рис. 2).

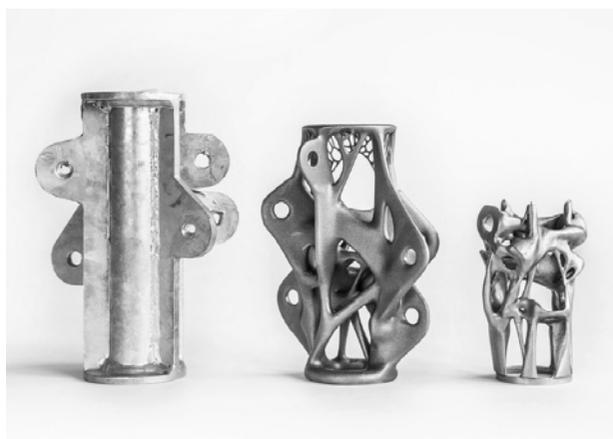


Рис. 2 Пример топологической оптимизации. Слева направо: оригинальная деталь, промежуточный результат и окончательный вариант модели

Соответственно, эффективность проектирования конструкций при последующем традиционном производстве снижается, в силу того, что конструктор или технолог должны учитывать ограничения, возникающие при производстве. Аддитивные технологии (технологии 3D-печати) предлагают уникальные возможности по производству форм сложной и сверхсложной геометрии, а симбиоз аддитивного производства с топологической оптимизацией позволяет реализовать оригинальные решения дизайнеров и конструкторов, соблюдая требования структурной целостности и прочности конструкций.

Принципы топологической оптимизации

Процесс топологической оптимизации начинается с выбора области, в рамках которой оптимизатор проводит поиск. Самым лучшим вариантом является указание в качестве этой области весь свободный объём, но, как правило, такой возможности нет. Одним из наиболее значимых факторов при выборе области для оптимизации является учёт взаимодействия детали в сборке. Использование геометрической модели уже существующей детали – плохой вариант, так как она уже имеет неоптимальное распределение материала (рис. 3).

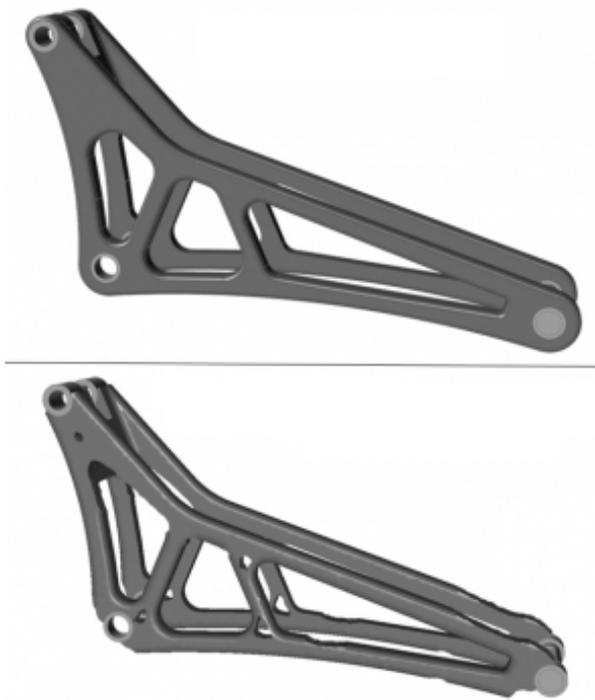


Рис. 3. Вторичная оптимизация детали

Топологический оптимизатор не способен добавлять материал, а ищет оптимальный вариант конструкции путём удаления участков геометрии из заданной области. В результате при одинаковых массах, второй вариант дизайна (рис. 4) получился более жёстким.

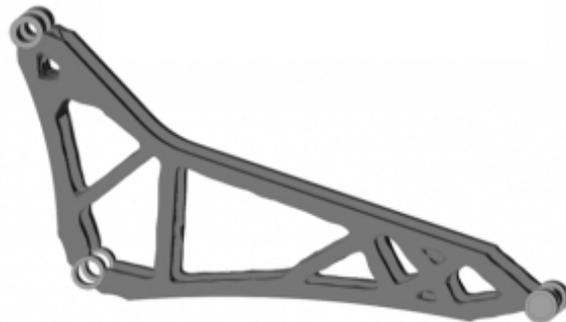
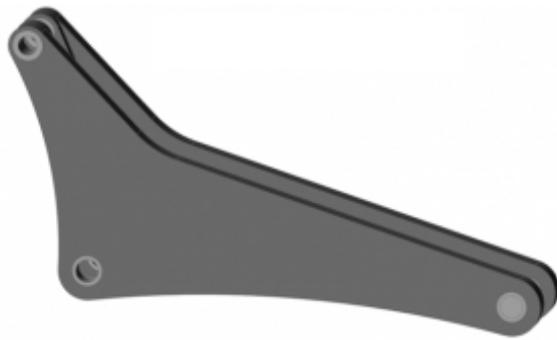


Рис. 4. Оптимизация исходной детали

После указания области для оптимизации (в рамках которой программа будет искать результат) важно также определить те области, которые точно нужно сохранить. Это участки, через которые компоненты контактируют друг с другом или части, без которых нормальное функционирование детали невозможно.

Результаты топологической оптимизации чувствительны к конечно-элементной сетке, то есть полученная форма конструкции может отличаться при расчётах на различных сетках. В связи с этим использование недостаточно мелкой сетки может приводить к неудовлетворительным результатам. С измельчением сетки некоторые участки оптимизированной области становятся всё сложнее и начинают состоять из всё более мелких элементов.

Области применения

При проектировании приборов автоматики предъявляются требования по уменьшению габаритно-массовых характеристик. Особенности области применения приборов накладывают ограничения по массе и требуют создания приборов со сложной конфигурацией корпусов, обеспечивающих высокую прочность к внешним воздействующим факторам. Использование традиционных технологий изготовления, в ряде случаев, не позволяют выполнять необходимую конфигурацию корпусных деталей, и требует сложной технологической подготовки производства.

Для реализации поставленных задач нами ведется активная работа по отработке и внедрению аддитивных технологий и топологической оптимизации.

ции. В настоящее время совместно с технологическим отделением проводятся работы по оптимизации типового корпуса для изготовления методом селективного лазерного сплавления с механическими свойствами, соответствующими исходному образцу. Для реализации требуемых механических свойств оптимизированного корпуса ведутся работы по изучению влияния свойств порошков, используемых для изготовления и изучение влияния стратегии штриховки и режимов лазерного сканирования на структуру и механические свойства получаемого материала.

По окончанию данных работ планируется разработка и изготовление нескольких демонстрационных прототипов, с использованием технологии топологической оптимизации.

Литература

1. Слюсар С. Д. Аддитивные технологии // Конструктор 2016. № 8. С. 102–105.
2. Murphy S. V., Thomas D. A. 3D Bioprinting // Nature Biotechnology. 2014. № 32. P. 773–785.