

В результате выполненных конструкторско-технологических разработок установлено, что при изготовлении металлических шестерен с использованием SL-технологии обеспечивается увеличение производительности и уменьшение себестоимости изготовления. Кроме того, благодаря топологической оптимизации конструкции шестерен, которая становится возможной в силу особенностей аддитивного построения, обеспечивается снижение массы шестерен при сохранении требуемых функциональных свойств.

Рассмотренный подход к проектированию и производству шестерен, основанный на использовании SL-технологии, может эффективно применяться при создании самых разных изделий непосредственно из металла.

Список использованных источников

1. Толочко, Н. К. Методологические аспекты оценки эффективности аддитивной технологии листового ламинирования / Н. К. Толочко, О. В. Сокол // Вестник машиностроения. – 2020. – № 10. – С. 11–15.
2. Проблема ступенчатого рельефа при изготовлении шестерен по аддитивной технологии листового ламинирования / Н. К. Толочко, П. В. Авраменко, В. Б. Кравцов, Д. И. Копчик // Агропанorama. – 2022. – № 1. – С. 2–7.

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ С КОНФОРМНЫМИ РЕШЕТЧАТЫМИ СТРУКТУРАМИ

В. В. Уголев, А. Л. Климентьев, А. С. Ковчур

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Беларусь*

Рассмотрено использование аддитивных технологий для изготовления изделий с конформными решетчатыми структурами, полученными как результат применения одного из методов оптимизации конструкции. В качестве примера изделия, использующего решетчатые структуры, рассмотрены детали корпуса летательного аппарата.

Аддитивные технологии все больше проникают в производство, предлагая новые возможности для проектирования и выпуска изделий, особенно при изготовлении прототипов и мелкосерийном производстве.

Возможности аддитивных технологий по изготовлению изделий со сложной геометрической формой создали предпосылки для топологической оптимизации конструкции изделий. Топологическая оптимизация подразумевает проектирование более сложных геометрических, но при этом более легких конструкций за счет оптимизации распределения материала при сохранении требуемых механических свойств изделия.

Проблематика проектирования теоретически оптимальных облегченных конструкций в целом далеко не нова. Так, в работе [1] Я. Гибсон описывает работу A. G. M. Michell, опубликованную в 1904 г., посвященную разработке теоретического обоснования к оценке пределов экономии материала при проектировании каркасных конструкций. Эта и многие другие работы послужили своеобразным фундаментом в разработке методов оптимизации конструкций.

В настоящий момент задачи оптимизации конструкций при проектировании принято делить на три основных типа по возрастанию сложности и масштаба:

оптимизация размера – определяются оптимальные значения размеров детали;

оптимизация формы – определяется оптимальная геометрическая форма детали в целом;

оптимизация топологии – определяется оптимальное распределение материала в детали при условии сохранения требуемых ее свойств.

Одним из подходов в топологической оптимизации является подход, основанный на применении решетчатых (ферменных, каркасных) конструкций, реализуемый в виде конформной решетчатой структуры в изделии. Так, например, метод подгонки и масштабирования размера (SMS – Size Matching and Scaling) на основе данного подхода позволяет существенно снизить массу изделия при проектировании фюзеляжей малогабаритных летательных аппаратов (рис. 1).

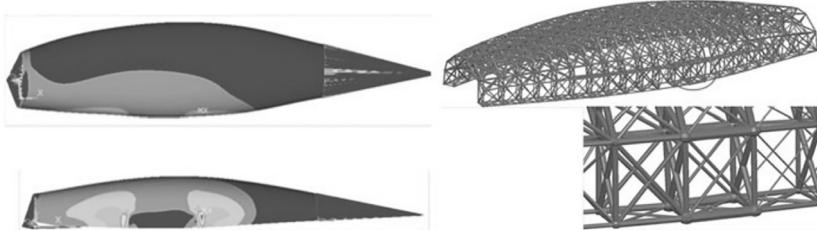


Рис. 1. Результаты упрощенной задачи проектирования, полученные для фюзеляжа беспилотного летательного аппарата [1]

В приведенном примере оболочка изделия и каркас выполнены раздельно, что, хотя и позволяет получить необходимый результат, все же представляется нерациональным с точки зрения изготовления изделия.

Более рациональным представляется создание интегрированных конструкций, в которых силовой каркас выполнен заодно с оболочкой, рис. 2. В этом случае можно говорить о реализации способа создания конформных решетчатых структур с внутренней стороны оболочки изделия.

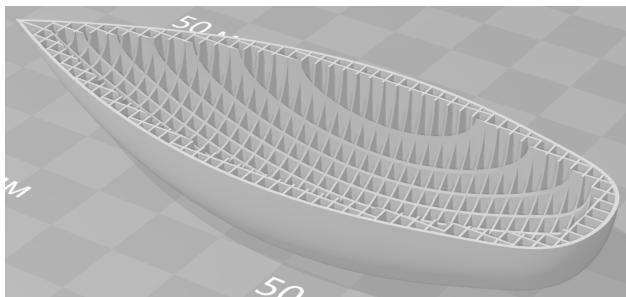


Рис. 2. Результаты моделирования конформной решетчатой структуры, интегрированной с внутренней стороны корпуса

Следует отметить, что наиболее распространенные современные САПР машиностроительного назначения не имеют простых инструментов, позволяющих автоматически создавать ре-

шетчатые структуры выстилая их по некоторой поверхности. Это приводит к необходимости разработки методологии построения конформных решетчатых структур в изделиях. Получение подобных структур возможно реализовать с помощью имеющихся стандартных инструментов систем автоматизированного проектирования как это представлено на рис. 3 или реализовать в виде некоторого программного средства.

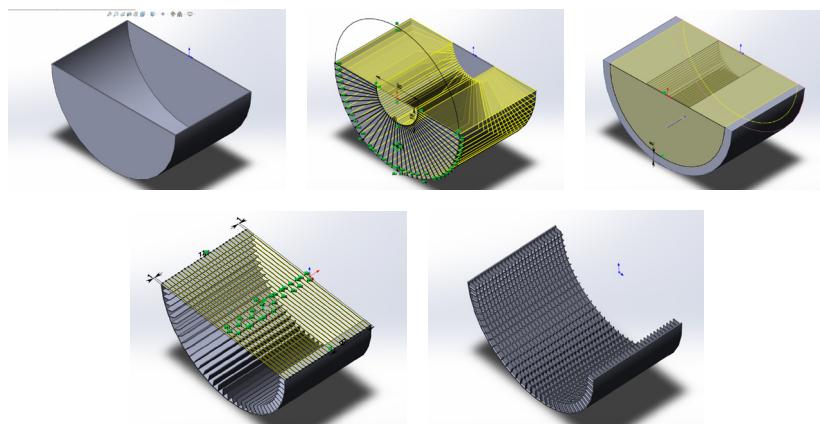


Рис. 3. Пример последовательности проектирования детали с интегрированной решетчатой структурой с внутренней стороны элемента

В процессе подготовки модели к изготовлению с помощью аддитивных технологий особое внимание следует уделить ориентации модели в рабочем пространстве установки. Необходимо отметить, что задача ориентации модели в рабочем пространстве установки является многофакторной с необходимостью поиска компромиссного решения по влияющим факторам.

Например, при ориентации рассмотренного ранее элемента изделия целесообразно выбрать ориентацию с расположением решетчатой структуры в положении «вверх» и добавлении поддерживающих структур только на участках со значением угла наклона выше критического для конкретной установки и используемого материала (рис. 4).

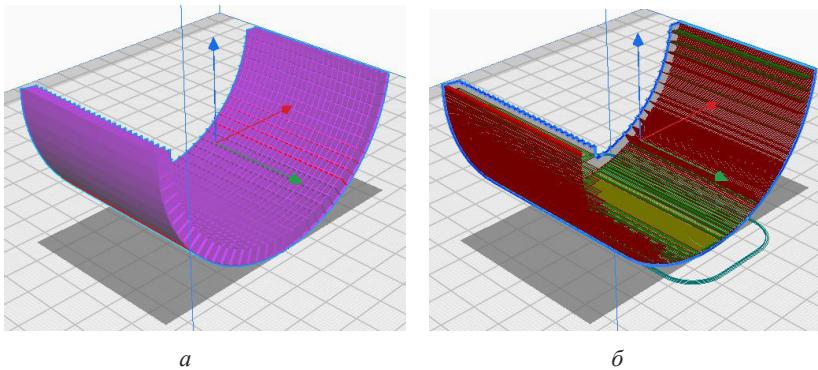


Рис. 4. Ориентация элемента изделия в рабочем пространстве аддитивной установки (а) и результат разбивки элемента на слои с автоматической генерацией поддержек (б)

В качестве заключения можно отметить следующее:

- 1) одним из преимуществ применения аддитивных технологий является возможность получения изделий сложной геометрической формы, в том числе с конформными решетчатыми структурами;
- 2) для некоторых видов изделий использование интегрированных решетчатых структур в конструкции позволяет существенно снизить массу деталей и изделия в целом;
- 3) представляется целесообразным в качестве одного из направлений развития систем автоматизированного проектирования развитие инструментов моделирования конформных решетчатых структур на поверхностях произвольной формы;
- 4) одним из направлений развития средств автоматизированного расчета конструкций изделий должно стать расширение применяемых методов на изделия с неоднородной структурой и с интегрированными решетчатыми структурами.

Список использованных источников

1. Gibson, I. Additive Manufacturing Technologies / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker. – Second Edition. – NY : Springer, 2015. – 498 p.