

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕСТАНДАРТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. М. МЕДУНЕЦКИЙ, Н. А. РОМАНОВ

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: vm57med@yandex.ru*

Рассматриваются возможности использования современных систем автоматизированного проектирования при производстве малогабаритных нестандартных зубчатых колес из полимерных композиционных материалов. Использование различных программных продуктов позволяет до начала производства данных изделий подробно проработать и проанализировать весь процесс. Предлагается алгоритм для предварительного компьютерного моделирования и визуализации технологии изготовления нестандартных зубчатых колес, алгоритм проработан на примере двух их разновидностей. По результатам работы сделаны выводы о перспективности предложенных решений.

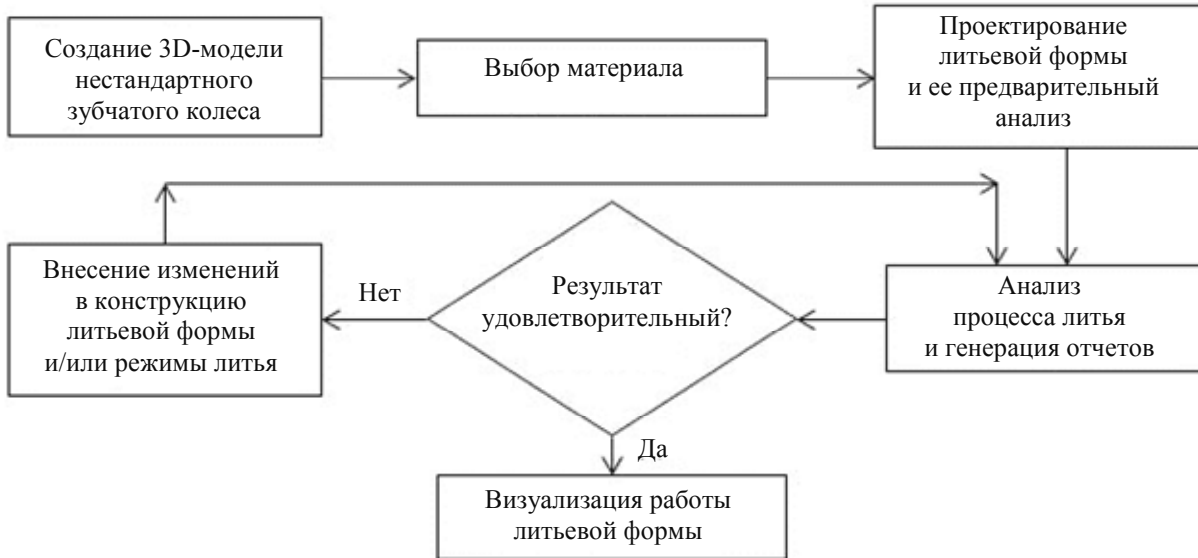
Ключевые слова: *нестандартные зубчатые колеса, полимерные композиционные материалы, компьютерное моделирование, визуализация, САД-система, САЕ-система, литье под давлением, САЕ-анализ.*

В современных малогабаритных передаточных механизмах широко используются зубчатые передачи как мелко модульного ряда, так и малых значений крупномодульного ряда. К ним в настоящее время предъявляются достаточно высокие требования по уровню надежности и работоспособности. Ранее малогабаритные, прежде всего мелко модульные, передачи выполняли в подавляющем большинстве случаев кинематическую функцию. Однако сейчас их стали зачастую использовать как силовые, работающие в напряженных (предельных) условиях [1]. Поэтому во многих случаях возникает необходимость повышения нагрузочной способности зубчатых передач, повышения их надежности и работоспособности. Одним из наиболее перспективных вариантов решения данной задачи является использование нестандартных зубчатых колес (НЗК), например двухвенцовых зубчатых колес, зубчатых колес с несимметричными зубьями, конусно-клиновых зубчатых колес и конусно-клиновых с торцевым упрочняющим диском [2, 3].

Особенностью современного периода совершенствования техники, в том числе и в области производства малогабаритных зубчатых передач, является использование для изготовления зубчатых колес пластических масс и полимерных композиционных материалов (ПКМ) [4]. Таким образом, изготовление нестандартных зубчатых колес, в связи с современными тенденциями и сложностью реализации их производства традиционными методами, целесообразно осуществлять с помощью литья полимерных композиционных материалов под давлением. В свою очередь, предварительное компьютерное проектирование литьевой формы, моделирование процесса ее заполнения и этапов работы являются необходимыми составляющими для получения нестандартных зубчатых колес надлежащего качества, а также снижения

затрат на их изготовление. В условиях современного широкого внедрения систем автоматизированного проектирования данная задача носит актуальный характер.

В настоящей статье представлены результаты разработки и апробации алгоритма для предварительного компьютерного моделирования и визуализации технологии изготовления нестандартных зубчатых колес из ПКМ (см. рисунок) с использованием систем компьютерного проектирования и инженерного анализа.



При моделировании технологии изготовления нестандартного зубчатого колеса необходимым исходным элементом является его 3D-модель. Использование функционала САД-систем по проектированию стандартных зубчатых зацеплений позволяет упростить процесс получения такой 3D-модели. Для создания моделей НЗК наиболее целесообразным является комбинированный метод, а именно: на первом шаге — создание в специализированной системе или программном модуле модели-заготовки, представляющей собой цилиндрическое зубчатое колесо со стандартными параметрами; на втором шаге — редактирование профиля зуба и других параметров вручную в САД-системе.

В дальнейшем на основе созданной 3D-модели НЗК, импортированной в среду проектирования литейных форм, осуществляется генерация матрицы и пуансона.

Множество компьютерных баз данных по свойствам полимерных материалов (например, CAMPUS, IDES, Plastics Technology) в совокупности с базами данных по материалам, встроенными в специализированные программные продукты для анализа процесса литья полимеров (Autodesk Simulation Moldflow, Moldex3D), позволяют получить наиболее полную информацию о свойствах материала. Выбор материала (в том числе, автоматизированный на начальном этапе процедуры) осуществляется на основе оценки многочисленных параметров и критериев. Для изготовления нестандартных зубчатых колес в ходе исследований был выбран такой материал, как полиацеталь, а именно наполненная марка KeritalTC3010 [5].

На основе выбранного материала и заданной конфигурации спроектированной трехплитной литейной формы и литниковых каналов с тремя точками инъекции система инженерного анализа производит автоматический подбор наиболее подходящих режимов литья. С помощью систем по визуализации процессов осуществляется генерация наглядных отчетов и результатов анализа режимов литья, а также упрощенное моделирование работы литейной формы в ходе цикла литья. Использование визуальных результатов позволяет наглядно разобратся в причинах каких-либо дефектов, а также упростить процесс изготовления нового изделия и ускорить его внедрение.

В ходе исследований был произведен обзор существующих на данный момент САД-систем, позволяющих создавать модели зубчатых колес и осуществлять проектирование

литьевых форм, а также обзор CAE-систем для моделирования и анализа процесса литья пластмасс. В результате была выбрана наиболее эффективная комбинация CAD- и CAE-систем, а именно: Autodesk Inventor и Autodesk Simulation Moldflow. Данные системы полностью совместимы, что обеспечивает возможность экономии времени за счет прямого импорта модели с литником из одной системы в другую.

В результате с использованием CAD- и CAE-систем был разработан алгоритм для предварительного компьютерного моделирования и визуализации технологии изготовления нестандартных зубчатых колес из ПКМ. Алгоритм был опробован на двух разновидностях нестандартных зубчатых колес: двухвенцовом и конусно-клиновом с торцевым упрочняющим диском. По результатам реализации алгоритма можно сделать вывод, что данная методика универсальна и с незначительными корректировками может быть использована для всех известных разновидностей нестандартных зубчатых колес. Также результаты проектирования литьевых форм и анализа режимов литья показывают, что различия в технологии изготовления разных видов нестандартных зубчатых колес из полимерных композиционных материалов незначительны. В зависимости от вида и габаритов зубчатого колеса выбираются различные плоскости разъема литьевой формы и оптимальные точки впрыска. Однако использование трехплитной литьевой формы и предложенной конфигурации литниковых каналов с тремя точками инъекции для всех разновидностей нестандартных зубчатых колес представляется наиболее приемлемым [6, 7].

Полученные результаты позволяют наметить перспективные задачи, которые необходимо проработать:

- использование отводящих литников и воздуховыводящих каналов, что позволит повысить „проливаемость изделия“ и эффективно отводить воздух для предотвращения образования воздушных пузырей на функциональных поверхностях;
- проектирование системы охлаждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медунецкий В. М. Обеспечение качественных показателей комбинированных цилиндрических передач. СПб: Политехника, 2002. 160 с.
2. Медунецкий В. М., Горбунов С. А. Вопросы изготовления малогабаритных зубчатых передач с нестандартными параметрами // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2007. № 44. С. 181—185.
3. Тимофеев Б. П., Фролов Д. А. Расчет геометрических параметров цилиндрических эвольвентных передач с несимметричными зубьями // Теория механизмов и машин. СПб: СПбГПУ, 2005. Т. 3, вып. 2 (6). С. 15—29.
4. Старжинский В. Е., Тимофеев Б. П., Шалобаев Е. В., Кудинов А. Т. Пластмассовые зубчатые колеса в механизмах приборов. Расчет и конструирование. СПб—Гомель: ИММС НАН Беларуси, 1998. 538 с.
5. Конструкционные пластики / Полиацеталь [Электронный ресурс]: <http://www.eldi.com.ua/index.php?route=product/product&path=62&product_id=338>. 2013.
6. Освальд Т., Тунг Л.-Ш., Грэмман П. Дж. Литье пластмасс под давлением/ Пер. с англ.; Под ред. Э. Л. Калиничева. СПб: Профессия, 2006. 712 с.
7. Полянский А., Зорин С. Конструкция и виды пресс-форм [Электронный ресурс]: <http://www.vzrt.ru/mould_design.php>. 2013.

Сведения об авторах

Виктор Михайлович Медунецкий

— д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения; E-mail: vm57med@yandex.ru

Никита Алексеевич Романов

— магистр; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения; E-mail: Shif1000@mail.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
25.11.14 г.

Ссылка для цитирования: Медунецкий В. М., Романов Н. А. Компьютерное моделирование и визуализация технологии изготовления нестандартных зубчатых колес из полимерных композиционных материалов // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 5. С. 397—400.

**COMPUTER SIMULATION AND VISUALIZATION
OF NON-STANDARD GEARS FROM POLYMER COMPOSITES MANUFACTURING TECHNOLOGY**

V. M. Medunetsky, N. A. Romanov

ITMO University, 197101, Saint Petersburg, Russia

E-mail: vm57med@yandex.ru

The possibilities of using modern computer-added design systems in manufacturing of compact non-standard gears from polymer composite materials are considered. An algorithm is proposed for pre-production computer simulation and visualization of the manufacturing process. Application of the algorithm to manufacturing of two types of non-standard gears is analyzed. Perspectives of implementation of the proposed approach are discussed.

Keywords: non-standard gears, polymer composite materials, computer simulation, visualization, CAD, CAE, injection molding, CAE-analysis.

Data on authors

- Viktor M. Medunetsky** — Dr. Sci., Professor; ITMO University, Department of Instrumentation Technology; E-mail: vm57med@yandex.ru
- Nikita A. Romanov** — Graduate Student; ITMO University, Department of Instrumentation Technology; E-mail: Shif1000@mail.ru

Reference for citation: Medunetsky V. M., Romanov N. A. Computer simulation and visualization of non-standard gears from polymer composites manufacturing technology // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroyeniye. 2015. Vol. 58, N 5. P. 397—400 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-5-397-400