

3. Электронный ресурс www.delcam.com.
4. Электронный ресурс www.vitaplant.com.ua.

РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Ю.В. Холодняк, Е.А. Гавриленко, Ю.А. Дмитриев

г. Мелитополь, Украина, Таврический государственный агротехнологический университет

Геометрическое моделирование является мощным инструментом решения многих научно-производственных задач. Особенно это касается проектирования функциональных поверхностей с повышенными динамическими качествами. Повышенные динамические качества необходимы поверхностям, ограничивающим корпусные изделия авиа-, автомобиле-, судостроения, лопатки турбин и смесителей, каналы двигателей внутреннего сгорания, рабочие органы сельскохозяйственных машин.

До появления станков с числовым программным управлением (ЧПУ) изделия, ограниченные такими поверхностями, обрабатывались с помощью универсального оборудования, на которое устанавливались индивидуальные обкаточные устройства. Такая технология приводит к возникновению погрешностей при изготовлении детали относительно геометрической модели. Не менее важным вопросом является физический износ универсального оборудования и наличие профессиональных кадров, которые способны выполнить работу на таких станках.

Задачу изготовления изделий, ограниченных сложными функциональными поверхностями, с высокой степенью точности решают технологии, которые требуют использования станков с ЧПУ. Изготовление изделия на станке с ЧПУ обеспечивает минимальную погрешность относительно компьютерной модели. Обязательным этапом такой технологии является создание трехмерной компьютерной модели изделия с использованием САД - пакета.

Большинство пакетов включают ограниченное количество кривых линий, которые могут быть использованы для создания динамических поверхностей. Когда возникает необходимость построения кривых линий, которых нет в пакете (астроиды, эвольвенты, эпитрохоиды и др.), чаще всего формируется набор точек, расположенных на кривой, после чего этот точечный ряд интерполируется с помощью В-сплайна.

Когда к модели поверхности предъявляют высокие требования точности, возникает необходимость задавать В-сплайн, который аппроксимирует кривую, большим количеством узлов. Количество этих узлов может насчитывать сотни, а иногда и тысячи. Вручную расположить и объединить такое количество точек является трудоемкой задачей. Возникает проблема в автоматизации этого процесса с помощью программных средств. Сложные геометрические поверхности могут быть сформированы на основе каркаса, элементами которого являются плоские кривые.

Нами разработаны методы формирования обводов с закономерным изменением кривизны на основе исходного точечного ряда [1, 2]. Метод основан на анализе исходного точечного ряда, в результате которого определяется область возможного расположения кривой и диапазоны возможных значений ее характеристик – положений нормалей (касательных) и центров кривизны (значений радиусов кривизны).

Исходными данными для моделирования кривой является упорядоченный точечный ряд. Этот точечный ряд будем называть дискретно представленной кривой (ДПК). Кроме исходного ряда в определитель ДПК входят ее геометрические характеристики, которые необходимо обеспечить в процессе моделирования. Учет геометрических характеристик при представлении кривой значительно увеличивает точность ее моделирования. Это, прежде всего, положения касательных и значений радиусов кривизны.

В результате предварительного анализа исходного точечного ряда определяются участки, на основе которых можно сформировать монотонную кривую. Полученные монотонные кривые формируются отдельно и стыкуются со вторым порядком гладкости.

Каждая монотонная кривая моделируется отдельно по участкам, которые ограничены двумя соседними исходными точками. При этом обеспечивается монотонность изменения кривиз-

ны на каждом участке и стыковка участков с заданным порядком гладкости. При формировании участка кривой точка сгущения и касательная, которая через нее проходит, определяются внутри базисного треугольника. Базисный треугольник ограничен касательными, которые проходят через два соседних узла и хордой, которая эти узлы соединяет. Назначение точек сгущения внутри базисных треугольников обеспечивает предотвращение осцилляций формируемой кривой.

Разработанный метод прошел апробацию на Мелитопольском компрессорном заводе «МЕЛКОМ» при изготовлении роторов компрессоров серии ВФ. К динамическим качествам рабочих поверхностей роторов предъявляются повышенные требования. Для обеспечения этих требований необходима высокая точность моделирования и обработки поверхностей. До настоящего времени ротор обрабатывался на строгальных станках с ручным управлением с применением обкаточного устройства. В основе процесса обкатки лежит перемещение строгального резца по траектории соответствующей лекальной кривой. Лекальная кривая представляет собой обвод первого порядка гладкости.

При использовании такой методики представления поверхности обеспечить высокую точность изготовления поверхности невозможно. Кроме того данная методика предполагает использование обкаточного устройства, которое уже не производится, а те единицы, которые остались, практически исчерпали свой ресурс.

Обработка рабочих поверхностей ротора на станках с ЧПУ требует создания качественной трехмерной модели изделия. Геометрическая модель поверхности создана по разработанной нами методике с использованием оригинального программного обеспечения. Исходными данными для моделирования является массив точек, координаты которых получены в результате замеров на изделии.

Разработанное оригинальное программное обеспечение позволяет провести анализ, корректировку и расчет рабочей поверхности ротора. Корректировка положения исходных точек осуществляется в соответствии с условием закономерного изменения кривизны вдоль ДПК, расположенных на поверхности. Для улучшения динамических качеств ротора элементы каркаса формируются как обводы второго порядка гладкости с монотонным изменением кривизны.

Разработанное программное обеспечение состоит из двух частей:

- программа для расчета точечных рядов, на основе которых формируются линии, входящие в определитель поверхностей;
- программа для построения трехмерных моделей элементов каркаса поверхности в пакете трехмерного моделирования.

Расчет координат узлов формируемой кривой производится в символьном пакете Maple. Результатом работы программы являются координаты узлов сгущенных точечных рядов, представляющих с заданной точностью кривые, которые образуют каркас поверхности ротора.

Программа для построения трехмерных моделей поверхностей разработана на языке Delphi 7. С использованием инструмента API (Application Program Interface) программа интегрирована с базовым САД-пакетом – Solid WORKS. Исходными данными для работы созданной программы являются полученные в Maple координаты массива точек. В Solid WORKS полученные точечные ряды в автоматическом режиме интерполируются кубическим В-сплайном. На основе полученного каркаса формируется модель поверхности.

Погрешность соответствия сформированной модели существующему объекту зависит от количества исходных точек, которые получены в результате замеров на изделии. Разрабатываемый метод позволяет определить количество точек, необходимое для обеспечения заданной точности. Задавая различное количество исходных точек, можно обеспечить любую наперед заданную точность представления моделируемой поверхности. При измерении ротора компрессора получен точечный ряд, который обеспечивает представление поверхности с погрешностью, не превышающей 10^{-4} мм.

Свойства сформированной модели поверхности исследованы в пакетах Solid WORKS и Solid Works Flow Simulation. Результаты исследования в Solid WORKS показали, что значения кривизны монотонно возрастают вдоль линий различных направлений, принадлежащих поверхности (рис.1). Монотонное изменение кривизны обеспечивает повышенные динамические качества поверхности. Результаты исследования модели в Solid Works Flow Simulation показали, что сформированная поверхность обеспечивает устойчивый характер обтекания поверхности воздушным потоком.

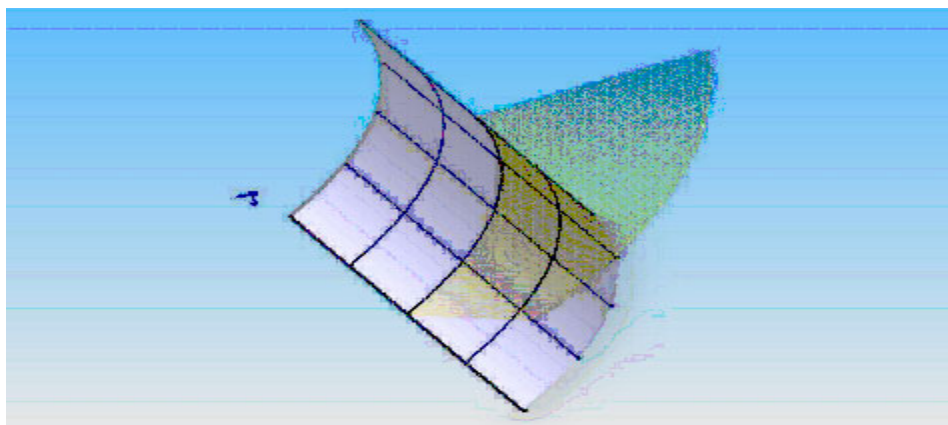


Рисунок 1 Результаты исследования в Solid WORKS

Полученная модель поверхности ротора является исходными данными для разработки программы для станка с ЧПУ в пакете Power Mill. Исследования изготовленного ротора компрессора показали, что отклонение точек рабочей поверхности от геометрической модели не превышает 10^{-4} мм.

Выводы. В работе представлена методика, которая позволяет в автоматизированном режиме создавать программы для станков с ЧПУ для обработки изделий, ограниченных сложными геометрическими поверхностями. Методика включает в себя следующие этапы:

- расчет ДПК, которые являются элементами каркаса поверхности, по заданным геометрическим условиям;
- формирование непрерывных линий, которые интерполируют полученные точечные ряды;
- создание трехмерной модели поверхности в пакете Solid Works;
- создание программы для станка с ЧПУ в пакете Power Mill для обработки полученной модели.

Разработанная методика позволяет конструировать поверхности, как на основе технической документации, так и по результатам измерений на изделиях. При формировании модели поверхности могут использоваться любые кривые линий, в том числе те, которых нет в меню САД-пакетов.

Список литературы:

1. Гавриленко Є.А. Визначення положення точки згущення при моделюванні монотонної дискретно представленної кривої / Є.А. Гавриленко // Прикл. геом. та інж. графіка / Праці ТДАТУ – Вип.4, Т.53. – Мелітополь 2012. – с. 29-33.
2. Холодняк Ю.В. Формування ділянки дискретно представленної кривої із монотонною зміною кривини / Ю.В. Холодняк // Прикл. геом. та інж. графіка / Праці ТДАТУ – Вип.4, Т.56. – Мелітополь 2013. (в печати)