

поверхностному слою заготовки, ведется на основании четырех главных пунктов данных, прописанных в компьютерной модели: плотность материала заготовки, модель эластичности (включает в себя модуль Юнга, коэффициент Пуассона, объемный модуль упругости, жесткость при сдвиге), модель пластичности, которая представлена в виде феноменологической зависимости Джонсона-Кука, модель разрушения, которая представлена в виде феноменологической зависимости Джонсона-Кука. Однако определение коэффициентов феноменологических зависимостей, которые отражают поведение материала в зависимости от изменяющейся температуры, в разработанной компьютерной модели, не предусмотрено. Поэтому учет температурного влияния ведется за счет использования данных, получаемых по результатам вычислений компьютерной модели, позволяющей строить температурные поля в зоне резания.

Итогом работы является разработанная методика, позволяющая оценивать величины остаточных напряжений, формирующихся в поверхностном слое заготовок на операциях концевое фрезерования, с учетом теплонапряженности процесса. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

УДК: 621.9.049+ 621.785

РАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРОФИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Пантелеенко Ф.И., Данилов А.А., Специан М.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Профильное моментопередающее соединение (ПМС) – это подвижное или неподвижное соединение с гарантированным зазором (натягом) или с переходной посадкой двух соосно расположенных деталей типа вал-втулка цилиндрической или конической формы с криволинейным поперечным сечением (рисунок 1).

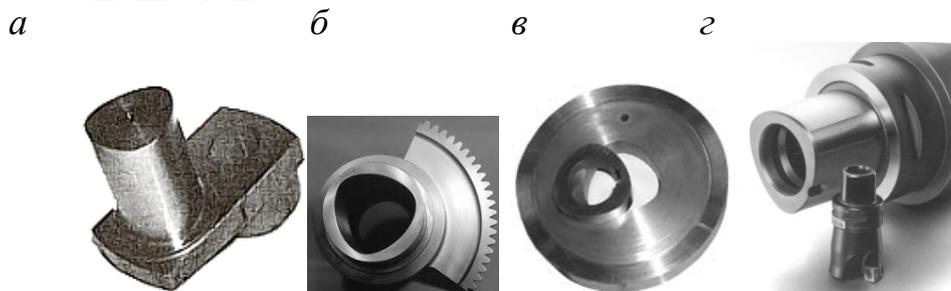


Рисунок 1 – Образцы деталей машин (а, б) и технологической оснастки (в, г) с профильными моментопередающими поверхностями

По сравнению со шлицевыми и шпоночными соединениями ПМС обладают существенными эксплуатационными преимуществами в отношении усталостной прочности, долговечности, уровня шума и других характеристик при

меньшей на 30-40% себестоимости изготовления, обеспечивая снижение металлоемкости изделий и затрат на их производство. ПМС эффективны в силовых трансмиссиях и в точных кинематических цепях, в конструкциях режущих и вспомогательных инструментов, однако в отечественном машиностроении они применяются редко, что обуславливает актуальность решения задач научного и конструкторско-технологического обеспечения их производства, создания соответствующего оборудования и эффективных технологий изготовления, гарантирующих требуемую точность формы и размеров деталей и эксплуатационные характеристики соединения.

Учитывая многообразие возможных методов формообразования некруглых поверхностей (НП), актуальным является обоснованный выбор из известных или синтез рациональных методов с точки зрения простоты реализации, управляемости формообразованием для обеспечения качества обработки НП, что важно для проектирования технологий, станочного оборудования и режущих инструментов.

К рациональным относятся методы, основанные на двухэлементных движениях профилирования, не содержащих реверсивные элементарные движения, что обеспечивает упрощение кинематики станка, улучшение условий работы его исполнительных механизмов, повышение производительности и точности формообразования, а также позволяет реализовать эти методы на станках иного назначения.

В основу синтеза или выбора рациональных методов формообразования НП положены следующие принципы [1]:

- перенесение функции кинематики формообразования на инструмент и совмещение исполнительных движений для упрощения схемы обработки;
- оптимизация структуры исполнительных движений для создания благоприятных условий резания и работы механизмов станка, управления точностью формообразования за счет исключения реверсивных движений, введения дополнительных движений и т.д.;
- задание скоростей и направлений элементарных движений для стабилизации скоростей исполнительных движений и повышения производительности;
- обеспечение возможности управления формообразованием геометрическим и кинематическим методами для обеспечения требуемой точности и топологии обработанной поверхности и т.д.

На рисунке 2 показаны некоторые из удовлетворяющих этим принципам схем, особенностью которых является совмещение движений профилирования и резания, что позволяет реализовывать их на универсальных станках.

Например, по схеме *a* возможно полигональное точение НП на современных токарных многооперационных станках с ЧПУ. На ее основе разработаны способы полигонального формирования поверхностей с профилем в виде треугольника Рело.

Некруглый профиль по схеме *б* формируется некруглым или эксцентрично установленным круглым резцом. Во втором случае профиль поверхности не зависит от радиуса резца, что повышает точность формообразования. Профили-

рование НП по схемам *в*, *г* осуществляется некруглой или эксцентрично установленной круглой фрезой, соответственно цилиндрической или дисковой.

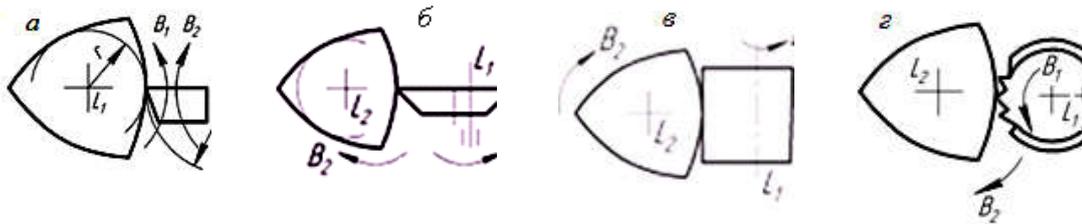


Рисунок 2 – Рациональные схемы профилирования НП методами следа (*а*), обката (*б*, *в*), касания (*г*)

Учитывая характерный для ПМС высокий уровень контактных напряжений на наиболее нагруженных участках рабочих поверхностей, технология изготовления деталей должна обеспечивать повышенную контактную жесткость неподвижных и износостойкость подвижных ПМС. Поэтому после придания детали требуемой формы, размеров и шероховатости рабочей поверхности важным является обеспечение ее заданных эксплуатационных свойств за счет упрочнения механическим или физико-техническим методом.

При выборе метода и схемы упрочнения деталей ПМС приняты во внимание следующие факторы:

1. Сложность геометрии деталей ПМС обуславливает необходимость применять методы упрочнения, после которых не требуется дополнительная обработка детали. Этому требованию отвечают методы поверхностно-пластического деформирования, а также основанные на воздействии высококонцентрированными потоками энергии, в частности, лазерным.

2. Форма НП деталей ПМС позволяет применять для их упрочнения те же методы, что и для круглых деталей. На этом основан разработанный способ выглаживания поверхностей деталей с профилем в виде треугольника Рело, формируемым полигональным методом аналогично точению.

3. Необходимо учитывать характер нагружения детали в ПМС, т.е. переменность удельного давления вдоль профиля детали, периодическое чередование участков с высоким уровнем удельного давления и участков, практически не участвующих в передаче крутящего момента. С учетом этого фактора разработаны схемы лазерного упрочнения деталей ПМС (рисунок 3).

4. Схема упрочнения должна соответствовать схеме нагружения детали. Так, цилиндрическое ПМС, нагруженное крутящим моментом, должно иметь повышенную контактную жесткость в тангенциальном направлении, что обеспечивается ориентацией лазерных дорожек параллельно оси детали, которые формируются на ее нагруженных участках (рисунок 3, *а*).

Детали конического ПМС нагружены как в тангенциальном, так и в осевом направлении, поэтому рациональной является винтовая форма лазерных дорожек (рисунок 3, *б*). В реверсивных ПМС (рисунок 3, *в*) упрочнённые участки

должны располагаться по обе стороны от вершин НП, а в нереверсивных из экономических соображений – по одну сторону от них (рисунок 3, з).

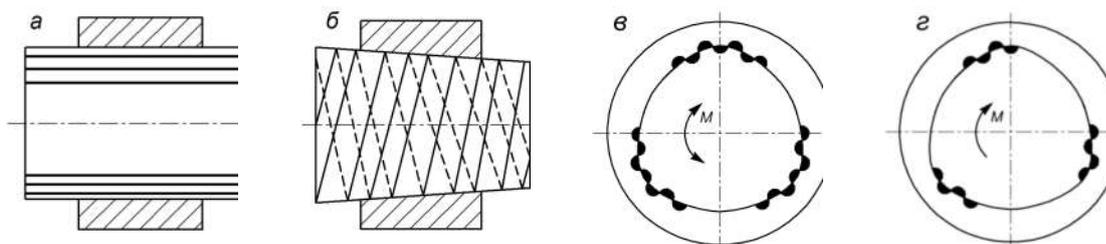


Рисунок 3 – Схемы лазерного упрочнения деталей цилиндрических (а) и конических (б) ПМС реверсивного (в) и нереверсивного (з) типов

На основе проведенного системного анализа установлено, что лазерное воздействие позволяет формировать в поверхностном слое структурно неоднородные участки с неравномерным распределением микротвёрдости и микропластических деформаций, что повышает сопротивляемость сдвигу сопряжённых деталей и контактную жёсткость соединения [2]. Это возможно в схемах упрочнения с формированием определённым образом расположенных лазерных дорожек.

На лабораторном комплексе на базе установки микроплазменного упрочнения МПУ4 выполнено упрочнение поверхностей образцов из сталей У8, Р6М5, 40Х и др. Полученные неравновесные структуры в поверхностном слое до 50 мкм позволили повысить его микротвёрдость и износостойкость.

Таким образом, в результате проведенного исследования установлены рациональные схемы обработки НП и упрочнения деталей ПМС. Исследования по оптимизации параметров их механической и упрочняющей обработки продолжаются.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конструирование и оснащение технологических комплексов / А.М. Русецкий [и др.]; под общ. ред. А.М. Русецкого. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 316 с.
2. Тескер, Е.И. Повышение надёжности неподвижных соединений лазерной модификацией сопрягаемых поверхностей / Е.И. Тескер, Ю.П. Сердобинцев, А.Г. Алёхин, С.Е. Тескер. // Вестник машиностроения. – 2015. – №4. – С. 4-8.

УДК 621.691.67-762

РАСЧЕТ ТОРЦОВОГО УПЛОТНЕНИЯ С КОНТАКТНЫМИ КОЛЬЦАМИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

Богданович Д.И., Волчик А.А., Голуб В.М.

Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь

С развитием современного машиностроения требования, предъявляемые к уплотнительным устройствам, все время повышается. Важное значение имеет узел уплотнения нефтяных магистральных насосов. Бесперебойный транспорт