

островершинные, то минимальное число стружек, образуемых за один оборот инструмента равно числу режущих лезвий, что позволяет управлять длиной стружек. Описанная схема обработки реализуется на специальных станках для ротационного точения роторов электродвигателей с принудительным вращением инструмента.

В рассмотренной схеме обработки инструменты 2 и 3 занимают неизменное положение относительно друг друга, поэтому нагрузка на резец 2 вдоль его режущей кромки переменна, что обуславливает ее неравномерное изнашивание. Поэтому для повышения стойкости резца 2 и точности формообразования рекомендуется периодически или непрерывно поворачивать многозубый инструмент 3 вокруг оси вращения комбинированного инструмента.

**УДК 621.91.04**

## **ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

**Данилов В.А.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Любая криволинейная поверхность может быть обработана при различных направлениях относительного перемещения заготовки и инструмента, обеспечивающих различную производительность при заданной погрешности формообразования. Например, выпуклая поверхность может быть образована инструментом с выпуклым, прямым или вогнутым характеристическим образом при различных направлениях его перемещения. Поэтому определение рациональной схемы обработки связано с анализом возможных сочетаний форм образующей номинальной поверхности и характеристического образа инструмента, а также направлений движения формообразования. Обоснование направления этого движения при синтезе схемы обработки криволинейной поверхности имеет важное практическое значение, например, при разработке управляющей программы станка с ЧПУ.

В наиболее распространенной схеме обработке криволинейной поверхности строчками, например, концевой сферической фрезой, рациональное направление движения формообразования может быть установлено по критериям непрерывности процесса обработки и оптимального контакта номинальной и элементарных поверхностей, образующих обработанную поверхность с допускаемыми отклонениями от номинальной поверхности. Если выполнение каждого из этих критериев возможно лишь при различных направлениях движения формообразования, то для выбора из них

рационального служит обобщенный критерий, которому соответствует максимум значения  $K_u / |K_1 + K_2|$ , где  $K_u$  – коэффициент цикловой непрерывности;  $K_1$  ( $K_2$ ) – кривизна образующей номинальной (элементарных) поверхностей, соответственно.

Коэффициент цикловой непрерывности, равный отношению времен рабочих и холостых ходов, при обработке поверхности площадью  $F$  и шириной  $b$  строчками определяется по формуле

$$K_u = 1 / (1 + \mu c + bvt_{II} / F), \quad \text{где} \quad \mu = v / v_x; c = \sum l_{xi} / \sum l_{pi}; v_x, l_x: \quad v, l_p -$$

соответственно скорость и длина холостого и рабочего ходов.

Учитывая, что производительность формообразования  $Q$  пропорциональна величине  $lK_u$ , где  $l$  – ширина образующей элементарной поверхности, эффективность выбранного направления движения формообразования количественно характеризуется отношением  $K_Q$  значений производительности формообразования  $Q$ , соответствующих различным (обозначенным далее 1 и 2) направлениям этого движения:

$$K_Q = Q_2 / Q_1 = l_2 K_{u2} / (l_1 K_{u1}) \quad \text{или} \quad K_Q = \frac{1 + \mu + b_1 vt_{II} / F}{1 + \mu + b_2 vt_{II} / F} \sqrt{\frac{|K_1 + K_2|_1}{|K_1 + K_2|_2}}.$$

Рациональное сочетание форм образующих номинальной и элементарных поверхностей при выборе рационального направления траектории движения формообразования определяется на основе исследования геометрии номинальной поверхности изделия и форм ее контакта с инструментальной поверхностью с учетом того, что условием выполнения критерия оптимального контакта является минимум модуля алгебраической суммы кривизн  $|K_1 + K_2|$  указанных образующих при обеспечении проходимости инструмента. Например, для наиболее часто встречающегося случая обработки криволинейных поверхностей, когда образующая элементарных поверхностей может быть только выпуклой, за образующую номинальной поверхности следует принимать линию минимальной (с учетом знака) кривизны в зоне контакта с образующей элементарной поверхности, что может быть обеспечено выбором направления траектории движения формообразования. Если образующая номинальной поверхности выпуклая, то у элементарной поверхности, для выполнения критерия оптимального контакта, она должна быть вогнутой или прямой, что обеспечивается профилированием инструмента.

Потоянство формы контакта инструмента и формируемой поверхности для повышения и стабилизации точности формообразования на всей площади обработанной поверхности достигается управлением в процессе обработки характеристическим образом инструмента, что должно обеспечиваться выполнением формообразующей системой станка необходимых ориентирующих движений, что возможно на многоосевых станках.

Приведенные рекомендации справедливы при равенстве для сравниваемых вариантов значений коэффициента цикловой непрерывности. В иных случаях направление движения формообразования должно выбираться с

учетом приведенного выше обобщенного критерия. Если номинальная поверхность изделия представляет сочетание различных типов поверхностей, то отдельные её участки могут обрабатываться по соответствующим рациональным схемам, что обеспечивается управляющей программой. При этом возможность реализации множества необходимых схем обработки этих участков поверхности должна быть обеспечена при проектировании формообразующей системы станка или при выборе существующего станка.

Таким образом, рациональное направление движения формообразования при синтезе схемы обработки криволинейной поверхности определяется по установленным критериям на основе исследования геометрии номинальной поверхности изделия и возможных форм контакта с ее образующей характеристического образа инструмента с учетом компоновки и технологических возможностей станка.

**УДК 621.91.04**

## **РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПАЗОВ НА ТОРЦАХ КОЛЬЦЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

**Данилов В.А.<sup>1</sup>, Наранович В.Ф.<sup>2</sup>**

- 1) Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь
- 2) ООО «Станкрим», Минск, Республика Беларусь

В различных изделиях машиностроения широко применяются кольцевые детали с равномерно расположенными на торце пазами (кулачковые и храповые муфты, делительные устройства, индукторы АБС и т.п.) Последовательная обработка пазов обеспечивается за счет движения деления – поворота заготовки вокруг ее оси. Применяемые технологии обработки пазов разными методами и инструментами основаны обычно на прерывистом движении деления, что отрицательно влияет на производительность и точность расположения пазов по окружности. Улучшение этих характеристик обеспечивают схемы обработки пазов с непрерывным движением деления, совмещенным с процессом резания [1]. В этой связи совершенствование технологии обработки пазов на торцах деталей связано с разработкой, анализом и реализацией таких схем обработки.

Совмещение процессов формообразования и деления обеспечивают схемы обработки пазов резцовыми головками, когда профиль паза формируется методом копирования за счет формы режущих лезвий резцовой головки, а боковые поверхности пазов – методом следа при перемещении режущего лезвия относительно заготовки по соответствующей траектории. При согласованных вращательных движениях заготовки и резцовой головки в зависимости от параметров схемы обработки траектория движения формообразования может быть дугой окружности, эллипса или иной кривой,