

## ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ОБРАБОТКА СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Н. Н. Попок, Р. С. Хмельницкий

*Полоцкий государственный университет, Новополоцк*

*Проанализированы способы механической обработки сферических поверхностей деталей, рассмотрены преимущества высокоскоростного охватывающего фрезерования, приведены основные зависимости и формулы кинематических и геометрических параметров и характеристик процесса резания.*

В машиностроении широко используются детали со сферическими поверхностями, к которым предъявляются повышенные требования по точности и качеству. Проведенный анализ показывает [1], что при обработке сферических поверхностей деталей в машиностроении в основном используются способы обработки либо на специальных станках, либо при помощи специального инструмента, причем обработка при помощи копировальных устройств имеет недостаточную точность.

Для получения сферической поверхности с определенными геометрическими характеристиками необходим инструмент с такими же жестко заданными характеристиками, что сложно и трудоемко в изготовлении. Поэтому при обработке точных сферических поверхностей целесообразнее использовать способы обработки, в которых точность формообразования сферической поверхности определяется не профилем инструмента и точностью поворотного или копировального приспособления, а точностью траектории движения заготовки и инструмента, то есть кинематикой процесса, что позволит получить сферические поверхности высокого качества и точности.

К таким способам обработки относится способ охватывающего фрезерования сферических поверхностей. К недостаткам этого способа можно отнести не очень высокую производительность. Учитывая, что все чаще в современном машиностроительном производстве применяется высокоскоростная обработка, большой научный интерес представляет процесс обработки сферических поверхностей деталей способом охватывающего фрезерования с высокими скоростями резания.

К достоинствам высокоскоростной обработки относятся высокая производительность, высокое качество и точность обработанной поверхности, малые силы резания, практически полный отвод теплоты в стружку [2], что позволяет в значительной степени повысить качество и точность обработки сферических поверхностей без применения окончательной абразивной обработки.

Однако использование преимуществ высокоскоростной обработки применительно к сферическим поверхностям деталей требует изучения ки-

нематических и геометрических параметров и физических характеристик процесса резания.

Направление скорости резания определяется углом

$$\sigma_N = \arcsin \left( \frac{|V_2| \cos \beta}{\sqrt{(|\bar{V}_1| + |\bar{V}_2| \cos \beta)^2 + (|\bar{V}_2| \sin \beta)^2}} \right), \quad (1)$$

где  $\bar{V}_1$  – вектор скорости вращения инструмента;  $\bar{V}_2$  – вектор скорости обрабатываемой заготовки;  $\beta$  – угол установки оси вращения обрабатываемой заготовки относительно оси инструмента.

Используя известные соотношения изменения главных переднего и заднего углов в кинематической и статической системах координат

$$\gamma_k = \gamma_{cm} + \sigma_N; \quad (2)$$

$$\alpha_k = \alpha_{cm} - \sigma_N, \quad (3)$$

получили, что при увеличении скорости резания от нуля до 2000 м/мин изменение углов в процессе обработки не превышает 0,25 градуса. Отсюда можно сделать вывод, что при высоких скоростях резания изменение углов незначительное. Но и эти незначительные отклонения значений углов могут оказать существенное влияние на процесс обработки сферической поверхности с высокими скоростями резания. При этом следует отметить, что большое влияние на углы лезвия оказывает угол установки инструмента относительно обрабатываемой заготовки. В вышерассмотренном примере угол установки оси инструмента относительно оси обрабатываемой заготовки определяли условием обработки заданной сферической поверхности.

Мгновенное сечение срезаемого каждым зубом фрезы слоя определяется по формуле

$$f = \frac{Q}{l} = \frac{\pi d_3 t S_o}{\pi D n_\phi} = \frac{d_3 n_3}{D_\phi n_\phi} t S_o, \quad (4)$$

где  $d_3$  – диаметр заготовки;  $D_\phi$  – диаметр фрезы;  $n_3$  – частота вращения заготовки;  $n_\phi$  – частота вращения фрезы,  $t$  – глубина резания,  $S_o$  – подача на оборот.

При высокоскоростном фрезеровании сферических поверхностей большое значение имеет величина температуры в обрабатываемой заготовке, т. к. температурные деформации оказывают существенное влияние на точность и качество детали. Расчетные и экспериментальные данные зависимости температуры от угла контакта зуба фрезы с заготовкой представлены на рис. 1.

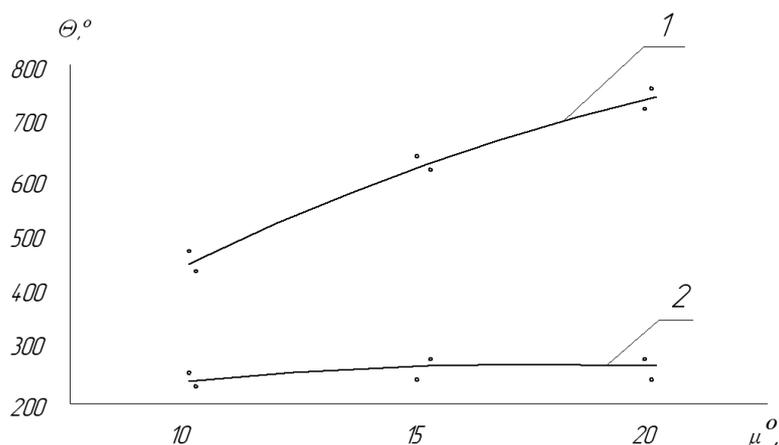


Рис. 1. Зависимость температуры от угла контакта:  
1 – расчетная; 2 – экспериментальная

Из графиков (см. рис. 1) видно, что с увеличением угла контакта температура в заготовке повышается, причем расчетные значения температуры выше, чем экспериментальные. Это объясняется тем, что измеряемая температура является «среднеинтегральной», и она значительно меньше «мгновенной» температуры, создаваемой при срезании слоя зубом фрезы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ способов обработки сферических поверхностей деталей / Н.Н. Попок [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. «Прикладные науки». – Новополоцк: ПГУ. – 2006. – № 12. – С. 42 – 45.
2. Ящерицин, П.И. Теория резания: учебник / П.И. Ящерицин, Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Минск: Новое издание, 2005. – 512 с.: ил.

УДК 621.91.04

## ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ЛИНЕЙЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ЛУЧОМ

**В.А. Данилов, Р.А. Киселев**

*Полоцкий государственный университет, Новополоцк*

*Показаны особенности формообразования поверхностей высококонцентрированным потоком энергии в виде луча. Применительно к станкам для раскрытия материала рассмотрены кинематика формообразования линейчатых поверхностей, в том числе элементов сопряжения обрабатываемых фасок, пути ее реализации для расширения технологических возможностей оборудования.*