PolotskSU

УДК 621.90.01/02

СКОРОСТНАЯ ОБРАБОТКА СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ВРАЩАЮЩИМСЯ ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Н. Н. ПОПОК, Р. С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ, В. С. АНИСИМОВ
Полоцкий государственный университет, Беларусь

Детали со сферическими поверхностями наиболее часто используются в узлах трения машин. Для повышения качества и точности этих поверхностей, как правило, применяются абразивные виды обработки, в частности шлифование. Однако шлифование не обеспечивает требуемой производительности и может приводить к шаржированию обработанной поверхности частицами износа абразивного круга и насыщению ее химическими элементами из смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), что снижает качество детали.

Большой резерв в решении этой проблемы заложен в использовании для обработки сферических поверхностей лезвийных режущих инструментов, работающих по схеме скоростного охватывающего фрезерования. В предлагаемом способе обработки в отличии от известных наряду с вращательными движениями заготовки и охватывающего лезвийного инструмента оси вращения которых пересекаются, заготовке сообщается циклическое поступательное движение вдоль оси вращения инструмента (рис. 1). При этом окружные скорости инструмента в 3-4 раза выше традиционных для лезвийной обработки и сопоставима со скоростью шлифования. Соотношение окружных скоростей заготовки и инструмента находится в пределах 0,001÷0,1, т.е. практически обеспечивается режим фрезерования. Но наличие вращения заготовки приводит к движению лезвия инструмента по касательной к поверхности сферы, что снижает коэффициент трения скольжения. Это позволяет произво-

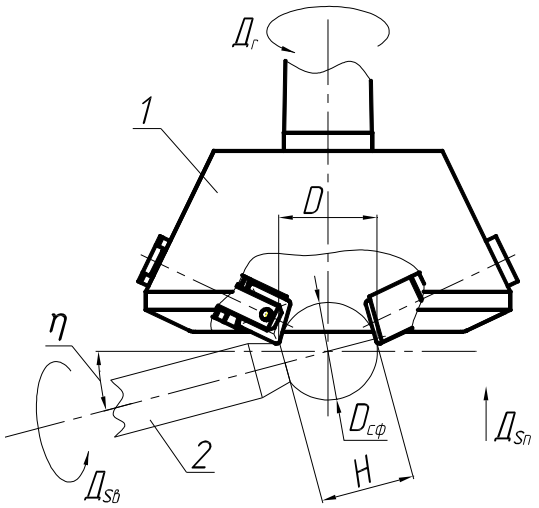

Рис. 1. Схема скоростная обработка сферических поверхностей деталей вращающимся лезвийным инструментом

PolotskSU

дить обработку без СОЖ и использовать режущий инструмент из твердого сплава типа ТК.

Для подтверждения эффективности использования предлагаемого способа лезвийной обработки сферических поверхностей деталей был проведен комплекс теоретических и экспериментальных исследований кинематических и физических характеристик процесса резания. Получены формулы [1, 2], устанавливающие связь окружных скоростей инструмента v_1 и заготовки v_2, параметров инструмента r и заготовки $D_{сф}$, H, угла установки оси вращения заготовки η и времени τ с параметром Rz шероховатости поверхности в следующем виде:

$$v_1 = \pi \cdot n_1 \cdot \sqrt{D_{сф} \cdot H}\,, \tag{1}$$

$$v_2 = n_1 \cdot S_O \cdot \sin(2 \cdot \eta + 2(\pi - 2 \cdot \eta) \cdot n_1 \cdot \tau), \tag{2}$$

где $S_o = \sqrt{\dfrac{-1+\sqrt{1+64r^2a^2}}{2a^2}}$ – подача инструмента; $a = \dfrac{4r + D_{сф}}{2D_{сф} \cdot Rz}$;

$\eta = \arccos\left(\sqrt{\dfrac{H}{D_{сф}}}\right)$ – угол наклона оси заготовки.

Эти формулы позволяют рассчитать значения v_1, v_2, S_o, обеспечивающие заданный параметр R_z шероховатости поверхности.

Изменение углов лезвия инструмента в процессе резания учитывается формулами : для переднего и заднего углов – $\gamma_к = \gamma_c + \sigma$, $\alpha_к = \alpha_c - \sigma$, для углов в плане $\varphi_к = \varphi_c + \eta$, $\varphi_{к1} = \eta - \varphi_{c1}$, где σ и η – углы, учитывающие изменение положение вектора результирующей скорости резания [3].

Проведенные расчеты по формулам показывают, что при заданном соотношении частот окружных скоростей инструмента и заготовки значения переднего и заднего углов лезвия изменяются незначительно (в пределах 0,25 град), а изменение углов в плане зависит от угла установки η (от 17 до 26 град), при обработке сферической поверхности шаровая опора автомобиля.

Экспериментальные исследования скоростной обработки сферических поверхностей деталей были направлены на установление закономерностей изменения частоты вращения заготовки и инструмента, мощности резания и температуры детали от времени обработки и их влияния на качество полученной поверхности [4]. Эксперименты проводились на модерни-

PolotskSU

зированном шлифовально-заточном станке модели 3М642 с использованием необходимой измерительной аппаратуры.

В результате экспериментов установлено, что за счет циклического изменения поступательной подачи частота вращения инструмента и заготовки снижается на этапе врезания и увеличивается на этапе выхаживания в пределах 3÷7%. Соответствующим образом изменяется мощность привода – возрастает на этапе врезания и уменьшается на этапе выхаживания, при этом мощность в процессе резания возрастает на 45÷85% по сравнению с холостым ходом. Расчетным путем установлено снижение силы резания при увеличении частоты вращения инструмента и ее значение не превышает 25÷50 Н. Это свидетельствует о преимуществах скоростной обработки с точки зрения снижения нагрузки на шпиндельные узлы станка и приспособления. Пример графиков изменения частот вращения и мощности представлены на рисунке 2.

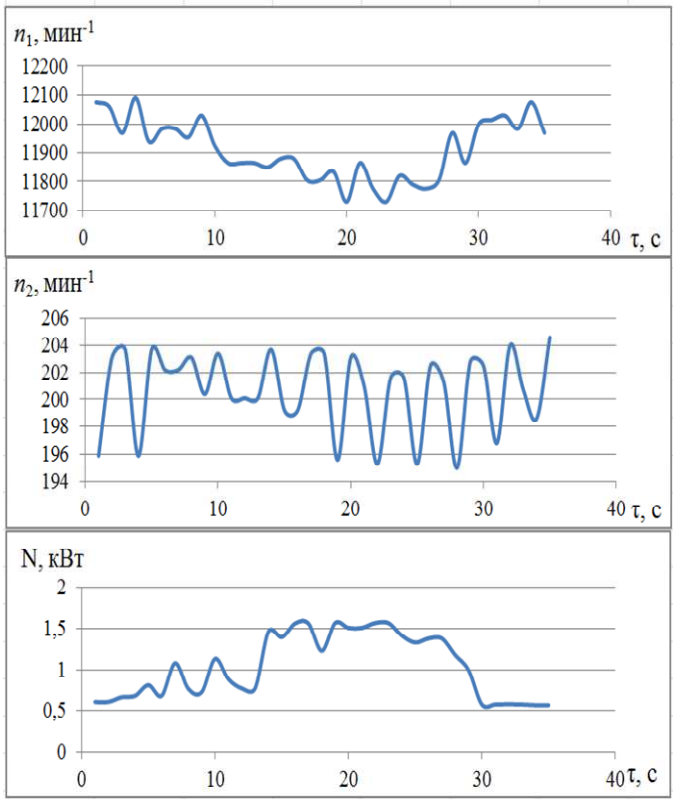

Рис. 2. Изменение частоты вращения инструмента (*а*)
и заготовки (*б*) и мощности (*в*)
в процессе обработки

Температура детали изменяется от 30 до 120 °С в зависимости от частоты вращения инструмента и заготовки – чем выше частота вращения, тем выше значение температуры. Сравнительно невысокие значения температуры нагрева детали свидетельствуют о том, что в ее поверхностных слоях

PolotskSU

не должно происходить каких-либо существенных структурных и фазовых превращений.

Исследование полученной поверхности сферы на атомно-силовом микроскопе показывает, что параметр *Ra* шероховатости поверхности находится в пределах 0,4÷1,2 мкм, субмикронеровности не превышают значений *Ra* 0,021÷0,064 мкм [5]. При этом установлено повышение микротвердости обработанной поверхности до значений 515÷850 HV 0,025, что объясняется циклическим силовым воздействием на поверхность сферы при врезании лезвия [5].

В результате теоретических и экспериментальных исследований установлен рациональный диапазон частот вращений инструмента 6000÷9000 мин$^{-1}$ и заготовки 20÷200 мин$^{-1}$, поперечной подачи 0,5÷6 мм/мин, переднего 0÷15 град и заднего 5÷8 град углов лезвия, угла при вершине – 105÷110 градусов и угла в плане 67÷74 град лезвия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование влияния шероховатости сферической поверхности детали на выбор скорости подачи вращающегося режущего инструмента / Н.Н. Попок [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Прикладные науки. Промышленность. – 2016. – № 3. – С. 28–38.
2. Взаимосвязь скоростей вращения инструмента и заготовки при механической обработке сферических поверхностей деталей / Н.Н. Попок [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Прикладные науки. Промышленность. – 2016. – № 11. – С. 12–18.
3. Изменение передних и задних углов лезвия фрезы при обработке сферических поверхностей детали / Н.Н. Попок [и др.] // Вестн. Баранов. гос. ун-та. Серия «Технические науки». – 2017. – № 5. – С. 71–77.
4. Комплексные исследования физических и технологических характеристик процесса обработки сферических поверхностей деталей / Н.Н. Попок [и др.] // Вестн. Белорусско-Российского ун-та. – 2017. – № 2(55). – С. 87–97.
5. Кинематическое и технологическое обеспечение формирования регулярного микрорельефа сферических поверхностей деталей комбинированной обработкой резанием / Н.Н. Попок [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Прикладные науки. Промышленность. – 2017. – № 11. – С. 16–25.