

УДК 621.923

А.А. ГОРБАЧЕВ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ГЛУБИННОМ ШЛИФОВАНИИ С ПОМОЩЬЮ ПЛАНЕТАРНО-ШЛИФОВАЛЬНОЙ ГОЛОВКИ

Определена функциональная связь шероховатости от глубины резания и других параметров шлифования при помощи планетарной шлифовальной головки, обеспечивающих благоприятные условия стружкообразования за счет возможности проявления адсорбционного эффекта Ребиндера.

технологические параметры, глубинное шлифование, шероховатость, адсорбционный слой, припуск, глубина, абразивные зерна, планетарно-шлифовальная головка, смазочно-охлаждающие технологические среды

Введение

Совершенствование технологии изготовления деталей аэрокосмической техники из труднообрабатываемых материалов (ТОМ) (например, замка лопатки турбины) во многом определяется выбором схем обработки, оптимизацией параметров процесса, характеристикой абразивных инструментов, применением эффективных смазывающих и охлаждающих жидкостей (СОЖ) и способов их подвода.

Рациональный выбор режимов резания, инструмента и СОЖ при планетарном глубинном шлифовании дает значительное повышение производительности без снижения качества обработанной поверхности по сравнению с традиционными видами обработки (фрезерование, протягивание, шлифование с малыми глубинами).

Формулировка проблемы. Целью данной статьи является определение зависимости шероховатости поверхностного слоя от режимов резания.

На основе анализа [1, 2] кинетики механохимических процессов, протекающих в контактной зоне при шлифовании, были разработаны [3] критерии оценки “необходимых” и “достаточных” условий для наиболее полного протекания адсорбционного взаимодействия поверхностно-активных веществ, смазывающие и охлаждающие технологические

среды (СОТС) с ювенильными участками обрабатываемой поверхности в контактной зоне (эффект Ребиндера).

Таковыми критериями являются:

1. Критерий необходимости: количество Ω_k молекул среды подводимой (или поступающей) в контактную зону к (вскрываемым режущими абразивными зернами) ювенильным участкам поверхности, не должно быть меньше количества Ω_{ad} молекул, необходимых для образования адсорбционного слоя. Аналитически этот критерий выражается соотношением:

$$\frac{\Omega_k}{\Omega_{ad}} \geq \rho, \quad (1)$$

где $\rho \in (10 \dots 100)$ – константа, величина которой зависит от физико-химических свойств СОТС и обрабатываемого материала, а также от температурных условий контактной зоны.

2. Критерий достаточности: промежуток времени Δt_p между двумя последовательными актами съема стружки с одного и того же участка обрабатываемой поверхности должен быть не меньше, чем латентный период Δt_x времени развития эффекта Ребиндера, который в первом приближении можно считать равным времени образования хемосорбционного слоя, т.е.:

$$\frac{\Delta\tau_p}{\Delta\tau_x} = S_r \geq 1. \quad (2)$$

Выполнение критериальных условий (1) и (2) в общем случае может быть обеспечено тремя путями: увеличением $\Delta\tau_p$ (кинематический способ), уменьшением $\Delta\tau_x$ (физико-химические методы) и увеличением $\Delta\tau_p$ при одновременном уменьшении $\Delta\tau_x$ (комбинированные методы).

С практической точки зрения наиболее интересным представляется кинематический метод обеспечения критериальных условий (1) и (2), ибо, с одной стороны, его применение возможно на серийном станочном оборудовании, а с другой – он может стать основой для разработки более прогрессивного, принципиально нового оборудования.

Одним из параметров реализации кинематического метода обеспечения критериальных условий может стать метод шлифования плоских поверхностей с помощью планетарной шлифовальной головки (ПШГ), принципиальная схема которой представлена на рис. 1 [4]. ПШГ состоит из шпинделя 1, на котором жестко закреплено водило 2, несущее на

валах 3 абразивные круги 4, сателлиты 5 с возможностью обкатки солнечного колеса 6 и червяк 7.

При вращении шпинделя 1 с водилом 2 сателлиты 5, обкатывая солнечное колесо 6, сообщают абразивным кругам 4 вращательное движение, состоящее из вращения вокруг оси шпинделя 1 и собственной.

Решение проблемы

На формирование качества поверхностного слоя детали наиболее значительное влияние оказывает температурно-силовой фактор, зависящий от режимов резания, схем и методов шлифования [1 – 7].

Для определения оптимальных режимов резания может быть предложена следующая методика.

Из справочной литературы выбираем значения теплофизических характеристик обрабатываемого материала [8]. По имеющимся рекомендациям выбираем характеристику шлифовальных кругов [9], обеспечивающую наибольшую производительность процесса обработки. Геометрические параметры абразивных кругов принимаем в соответствии с тре-

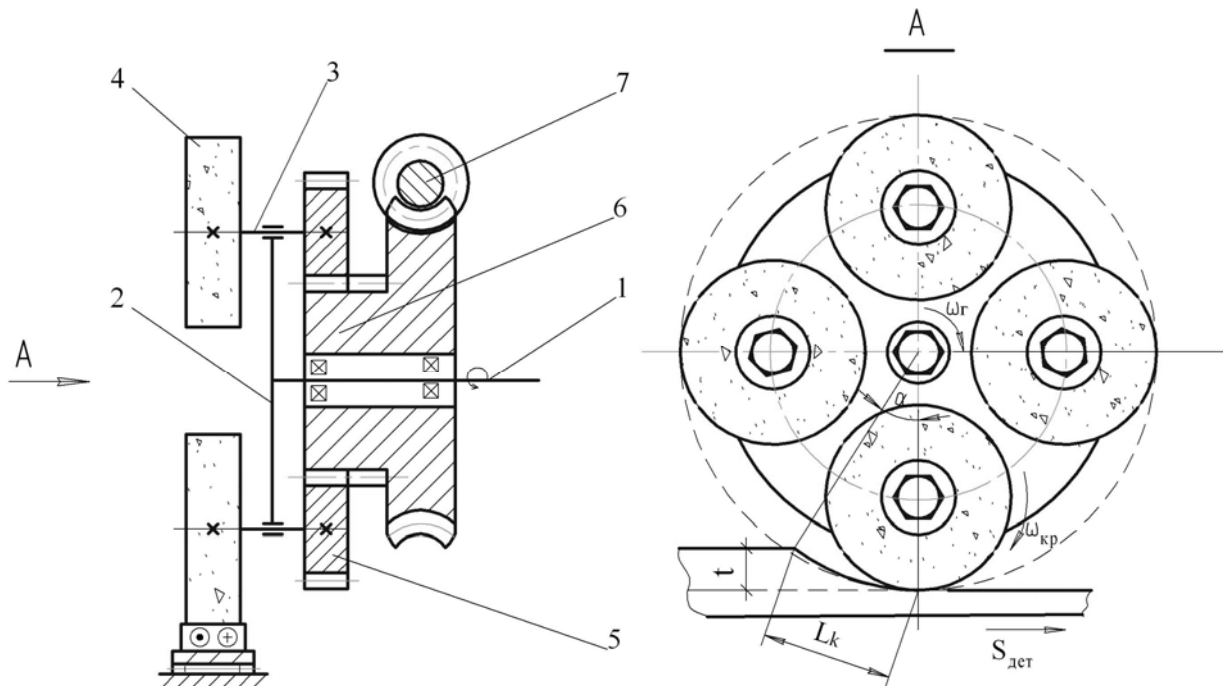


Рис. 1. Принципиальная схема шлифования плоских поверхностей с помощью ПШГ

бованиями [9]. В качестве СОЖ используем 5%-ный водный раствор Na_2CO_3 , подаваемый в контактную зону поливом, поскольку температуры шлифования не превышают 350°C .

Весь припуск удаляем за один проход, поэтому за глубину резания t принимаем весь припуск на обработку. Задаем частоту оборотов n_2 планетарной шлифовальной головки, исходя из паспортных данных выбранного станка. По данным работ [7, 9] выбираем предельно допустимую толщину стружки a_z , при которой обеспечиваются наиболее благоприятные условия работы абразивных зерен. Продольную подачу детали определяем из соотношения [6]:

$$S_{\text{дем}} = 0,455 \cdot m \cdot \omega_2 \cdot [a_z] \cdot \sqrt{D_2/t}, \quad (3)$$

где m – количество абразивных кругов на планетарной шлифовальной головке;

ω_2 – частота вращения планетарной головки.

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30}. \quad (4)$$

Выбранные режимы резания должны обеспечивать требуемую шероховатость обработанной поверхности. Определим наибольшую высоту неров-

ностей R_{max} профиля обработанной поверхности [10] (рис. 2).

Согласно расчетной схеме (рис. 2) максимальная высота неровностей соответствует отрезку BC. Определим величину этого отрезка из уравнения:

$$(OA - BC)^2 = OC^2 - AB^2, \quad (5)$$

где $OA = OC = \frac{D_2}{2}$ – радиус планетарной шлифовальной головки с кругами;

$$AB = \frac{S_{\text{дем}} \cdot \tau}{2} \text{ – половина расстояния, на которое}$$

переместится деталь за время τ .

Тогда

$$\frac{D_2^2}{4} - D_2 \cdot R_{\text{max}} + R_{\text{max}}^2 = \frac{D_2^2}{4} - \frac{(S_{\text{дем}} \cdot \tau)^2}{4}, \quad (6)$$

а учитывая, что величиной R_{max} по сравнению с произведением $D_2 \cdot R_{\text{max}}$ можно пренебречь, то получим:

$$R_{\text{max}} = \frac{(S_{\text{дем}} \cdot \tau)^2}{4 \cdot D_2}, \quad (7)$$

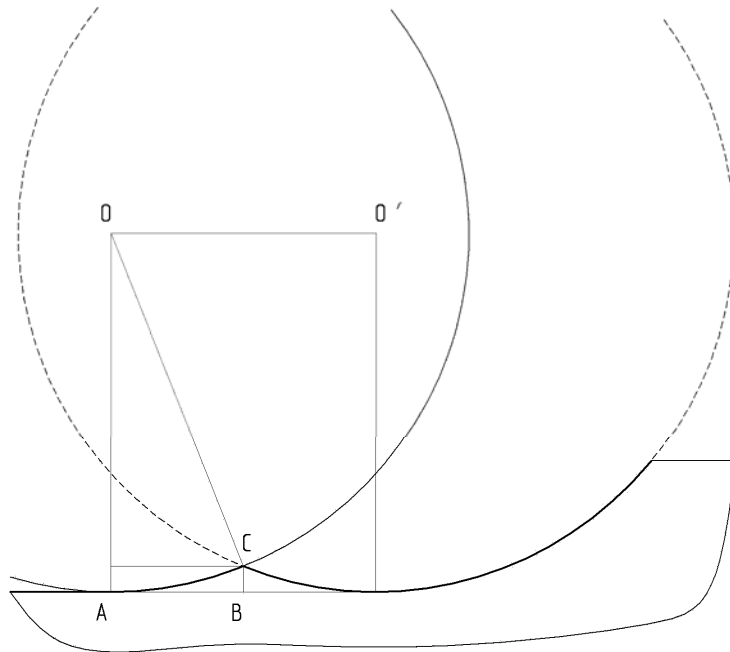


Рис. 2. Расчетная схема для определения наибольшей высоты неровностей профиля обработанной поверхности при плоском планетарном глубинном шлифовании

где $\tau = \frac{1}{m \cdot \omega_2}$ – интервал времени между двумя последовательными актами съема стружки с одного и того же участка обрабатываемой детали [6].

Таким образом, с учетом зависимостей $V_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n_2}{60}$ [6] и $\omega_2 = \frac{2 \cdot V_2}{D_2}$ [5] наибольшая высота неровностей профиля R_{\max} , мкм выразится:

$$R_{\max} = \frac{225 \cdot 10^3}{D_2} \cdot \left(\frac{S_{dem}}{m \cdot \pi \cdot n_2} \right)^2. \quad (8)$$

Сравниваем полученное значение R_{\max} с требуемой шероховатостью обработанной поверхности. Если получаемая шероховатость превышает заданную, следует уменьшить величину подачи обрабатываемой детали до ближайшего по паспорту станка значения и повторить расчет шероховатости по формуле (8).

Заключение

Выражение (8) устанавливает взаимосвязь шероховатости от режимов обработки при помощи планетарной шлифовальной головки, которые обеспечивают благоприятные условия стружкообразования.

Литература

1. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах // Избранные труды по физико-химической механике. – М.: Наука, 1979. – 381 с.
2. Ребиндер П.А., Калиновская Н.А. Понижения прочности поверхностного слоя твердых тел при адсорбции поверхностно-активных веществ // Техническая физика. – 1932. – №2. – С. 726-755.
3. Сурду Н.В., Долматов А.И., Горбачев А.Ф., Горбачев А.А. Повышение эффективности шлифования путем совершенствования кинематики процесса // Сб. научн. тр. Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – Х.: НАКУ “ХАИ”, 2000. – Вып. 22 (5). – С.118-125.
4. Патент Украины №78872. Способ планетарного шлифования; Заявл. 04.05.2005; Опубл. 25.04.2007.
5. Горбачев А.А. Определение кинематических параметров планетарного глубинного шлифования плоских поверхностей // Авиационно-космическая техника и технология. – 2005. – № 2 (18). – С. 19-22.
6. Горбачев А.А. Определение технологических параметров планетарного глубинного шлифования плоских поверхностей // Авиационно-космическая техника и технология. – 2005. – № 5 (21). – С. 9-11.
7. Горбачев А.А. Определение толщины стружки при глубинном шлифовании с помощью планетарно-шлифовальной головки // Авиационно-космическая техника и технология. – 2007. – № 5 (41). – С. 37-42.
8. Агеев В.Н., Бекман И.Н. и др. Взаимодействие водорода с металлами. – М.: Наука, 1987. – 296 с.
9. Саютин Г.И. Выбор шлифовальных кругов. – М.: Машиностроение, 1976. – 64 с.
10. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1, 2, 3. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979.

Поступила в редакцию 1.02.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Я. Мовшович, Харьковский НИИ технологий машиностроения, Харьков.