

УДК 621.923

А.А. ГОРБАЧЕВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПЛАНЕТАРНОГО ГЛУБИННОГО ШЛИФОВАНИЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Описан алгоритм расчета кинематических параметров процесса плоского шлифования при помощи планетарной шлифовальной головки (ПШГ), обеспечивающих благоприятные условия стружкообразования за счет возможности проявления адсорбционного эффекта Ребиндера.

кинематические параметры, глубинное шлифование, адсорбционный слой, припуск, глубина, абразивные зерна, планетарно-шлифовальная головка

Введение

Исследованию процесса возникновения шлифовочного брака (микротрещины, прижоги, разупрочнение поверхностного слоя и т.п.) посвящены многие работы. Однако до настоящего времени эта проблема не имеет фундаментальной базы. Это обусловлено тем, что механизм влияния различного рода смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) на физические процессы, протекающие в зоне контакта абразивного инструмента с обрабатываемым материалом, очень сложен, многообразен и трудно поддается прямому изучению. Поэтому очень важно установление взаимосвязи кинематических и геометрических параметров процесса шлифования, обеспечивающей благоприятные условия стружкообразования.

1. Формулирование проблемы

Целью данной статьи является определение взаимосвязи между кинематическими и геометрическими параметрами процесса шлифования с помощью ПШГ из условия обеспечения возможности наиболее полного проявления адсорбционно-пластифицирующего эффекта Ребиндера.

На основе анализа кинетики механико-химических процессов, протекающих в контактной зоне при шлифовании [1, 2], были разработаны критерии оценки “необходимых” и “достаточных” усло-

вий для наиболее полного протекания адсорбционного взаимодействия поверхностно-активных веществ СОТС с ювенильными участками обрабатываемой поверхности в контактной зоне (эффект Ребиндера) [3]. Эти критерии перечислены ниже.

1. *Критерий необходимости:* количество Ω_K молекул среды, подводимой (или поступающей) в контактную зону k (вскрываемым режущими абразивными зернами) ювенильным участкам поверхности, не должно быть меньше количества $\Omega_{ад}$ молекул, необходимых для образования адсорбционного слоя. Аналитически этот критерий можно выразить соотношением

$$\frac{\Omega_K}{\Omega_{ад}} \geq \rho, \quad (1)$$

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); 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), так как, с одной стороны, его применение возможно на серийном станочном оборудовании, а с другой – он может стать основой для разработки более прогрессивного, принципиально нового оборудования.

Принципиальная схема шлифования плоских поверхностей с помощью планетарной шлифовальной головки представлена на рис. 1.

ПШГ состоит из шпинделя 1, на котором жестко закреплено водило 2, несущее на валах 3 абразивные круги 4 и сателлиты 5 с возможностью обкатки солнечного колеса 6.

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.

2. Решение проблемы

Рассмотрим схему обработки ПШГ плоских поверхностей на рис. 2. Абразивные круги радиуса $r_{кр}$ вращаются относительно оси O_z , а за счет планетарного перемещения образуют обработанную поверхность в виде дуги DF. Используя принцип суперпозиции, заменим перемещение детали с подачей $S_{дет}$ на линейное перемещение головки с абразивным кругом величиной $\Delta = OO' = O_z O_z' = FF'$. Линия пересечения дуг окружностей шлифовального

круга радиуса $r_{кр}$ и окружности планетарной головки радиуса R_z определит длину контакта l_k абразивного круга с обрабатываемой поверхностью $l_k = AB$.

Величина перемещения Δ (а значит и величина подачи детали $S_{дет}$) выбирается из таких условий работы режущих зерен, при которых толщина стружки, снимаемая каждым режущим зерном за проход, не должна превышать допустимую величину $a_z = AC$, при которой обеспечиваются наиболее благоприятные условия работы абразивного инструмента с точки зрения его размерной стойкости, износостойкости и прочности.

Чтобы улучшить условия стружкообразования при шлифовании, необходимо увеличить время взаимодействия поверхностно-активных веществ, содержащихся в смазочно-охлаждающих жидкостях (СОЖ), с ювенильными участками обрабатываемой поверхности, вскрываемыми режущими зёрнами, расположенными друг за другом в одной плоскости до максимально возможной величины. Это достигается при условии, что скорость перемещения обрабатываемой поверхности (или ПШГ) относительно абразивного круга будет такой, что за промежуток времени между выходом из зоны резания i -го режущего зерна и входом в зону резания $(i + 1)$ -го режущего зерна, стоящего в затылок i -му зерну, обрабатываемая поверхность изделия переместится и станет в положение, при котором точка выхода из контакта i -го режущего зерна станет точкой входа в зону контакта (резания) $(i + 1)$ -го режущего зерна. В этом случае исключается контакт $(i + 1)$ -го режущего зерна с ювенильной поверхностью, вскрытой i -м режущим зерном. Тем самым время взаимодействия этой поверхности с поверхностно-активными веществами (ПАВ) СОЖ увеличивается почти на порядок по сравнению с традиционными методами шлифования, а значит, и степень проявления эффекта Ребиндера тоже значительно возрастет. Для этого необходимо, чтобы выполнялось условие (2), т.е.

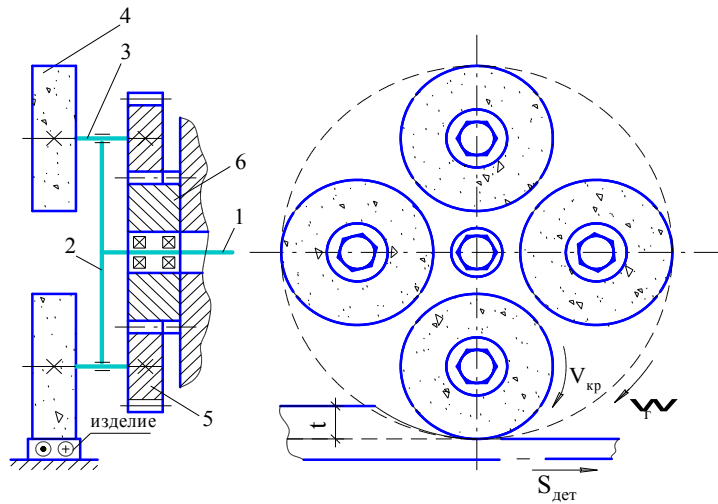


Рис. 1. Принципиальная схема шлифования плоских поверхностей с помощью ПШГ

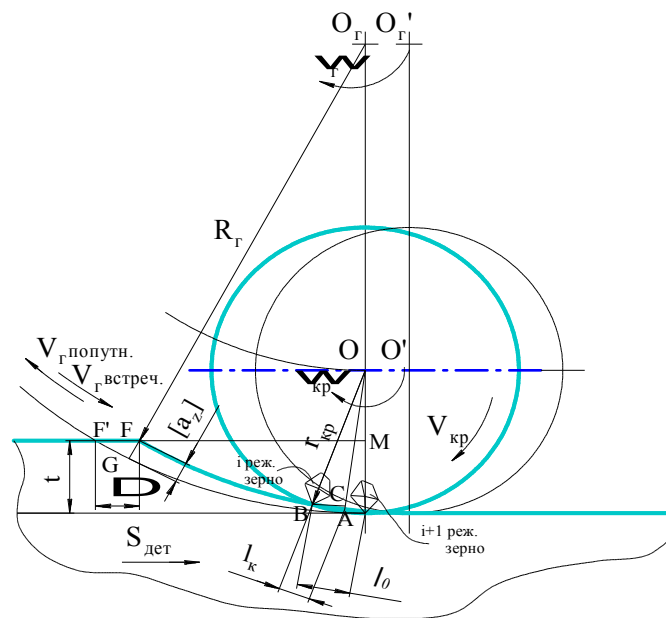


Рис. 2. Условная схема расположения и взаимодействия режущих абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью

$$\Delta\tau_p \geq \Delta\tau_x \text{ или } \frac{l_k}{V_2} \geq \frac{l_o - l_k}{V_{кр}}, \quad (3)$$

откуда

$$V_2 \geq V_{кр} \frac{l_k}{l_o - l_k},$$

где V_2 – скорость поступательного перемещения обрабатываемой поверхности изделия, т.е. перемещения зоны резания с поступательной скоростью

перемещения планетарной головки относительно обрабатываемой поверхности;

$V_{кр}$ – скорость поступательного перемещения

режущей поверхности абразивного инструмента;

l_k – длина дуги непосредственного контакта абразивного инструмента с изделием;

l_o – среднее расстояние между режущими абразивными зёрнами, расположенными друг за другом в одной плоскости (величина l_o зависит от зер-

нистости круга, ее среднестатистические значения лежат в пределах $l_o = 1 \dots 6$ мм).

Когда направление поступательного перемещения ПШГ в зоне контакта обрабатываемой поверхности с инструментом совпадает с направлением поступательного перемещения режущей поверхности инструмента, т.е. при попутном вращении ПШГ и шлифовального круга, промежуток времени, за который режущее зерно покрывает расстояние l_o , должен быть равным промежутку времени, за которое точка A (точка входа режущего зерна в контакт) переместится в положение точки B (точка выхода режущего зерна из контакта), т.е.

$$\frac{l_k}{V_2} \geq \frac{l_o}{V_{кр}} \quad \text{или} \quad V_2 \geq V_{кр} \frac{l_k}{l_o}. \quad (4)$$

Для определения длины контакта l_k шлифовального круга и обрабатываемой поверхности рассмотрим треугольники ΔBOC и ΔABC :

– из треугольника BOC

$$\begin{aligned} BC &= \sqrt{OB^2 - OC^2} = \\ &= \sqrt{r_{кр}^2 - (r_{кр}^2 - a_z^2)} = \sqrt{2r_{кр}a_z - a_z^2}; \end{aligned} \quad (5)$$

– из треугольника ABC

$$BC = \sqrt{AB^2 - AC^2} = \sqrt{l_k^2 - a_z^2}. \quad (6)$$

Приравняв выражения (5) и (6) и учитывая, что $2r_{кр}$ – это диаметр шлифовального круга $d_{кр}$, получим:

$$BC = \sqrt{AB^2 - AC^2} = \sqrt{l_k^2 - a_z^2}; \quad (7)$$

$$l_k = \sqrt{d_{кр}a_z}. \quad (8)$$

Из рис. 2 видно, что при перемещении абразивного круга вдоль обрабатываемой поверхности по дуге AF' величина a_z непрерывно увеличивается и достигает максимального значения $[a_z]$ в момент выхода круга из зоны обработки. Тогда выражение для определения длины контакта шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью примет вид

$$l_k = \sqrt{d_{кр}[a_z]}.$$

Подставляем (8) в формулы (3) и (4), получим соотношения скоростей шлифовального круга и планетарной головки:

– при встречном вращении шлифовального круга и головки

$$V_2 \geq V_{кр} \frac{\sqrt{d_{кр}[a_z]}}{l_o - \sqrt{d_{кр}[a_z]}}; \quad (9)$$

– при попутном вращении шлифовального круга и головки

$$V_2 \geq V_{кр} \frac{\sqrt{d_{кр}[a_z]}}{l_o}. \quad (10)$$

Заключение

Таким образом, формулы (9) и (10) устанавливают взаимосвязь кинематических и геометрических параметров ПШГ, обеспечивающих благоприятные условия стружкообразования за счет создания возможностей для проявления адсорбционного эффекта Ребиндера.

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. Понижение 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 // Вопросы проектирования и производства конструирования летательных аппаратов. – Х.: ХАИ. – 2000. – Вып. 5 (22). – С. 118 – 125.

Поступила в редакцию 07.03.2005

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