

для модернизированной накатной головки и специальной планетарной накатной головки, которые позволяют повысить производительность обработки и качество получаемых поверхностей.

#### Список литературы

1. Люшкин, В. С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов. – М. : Машиностроение, 1968. – 372 с.
2. Кирсанов, Г. Н. Плоскостной способ отображения цилиндрида Болла // Известия вузов. – 1977. – № 9. – С. 29–33.
3. Костяев, В. И. Оптимизация геометро-кинематических условий формообразования поверхностей трехмерного рельефа // Сб. науч. тр. ИжГТУ. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2003. – С. 20–23.

УДК 621.921

В. А. Глазырин, кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление качеством»  
В. И. Костяев, кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Автомобили и металлообрабатывающее оборудование»  
Ижевский государственный технический университет

#### ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ ПРИ ДИСКРЕТНОЙ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКЕ

*Финишная обработка заготовок прерывистым абразивным инструментом изменяет процесс формирования обрабатываемой поверхности. Для анализа формообразования цилиндрических гладких поверхностей при дискретной финишной обработке рассмотрено круглое шлифование. Исследования заданного процесса показали, что погрешность обработки зависит от технологических параметров, характеризующихся режимами резания, и от конструктивных параметров абразивного инструмента с прерывистой поверхностью.*

Финишная обработка заготовок прерывистым абразивным инструментом создает условия для дискретного резания, но вместе с этим изменяет процесс формирования обрабатываемой поверхности.

В процессе образования поверхностей вращения формообразующие движения исполнительных органов станка неизменны во времени, но наличие прерывистой поверхности у инструмента для финишной обработки приводит к прерыванию процесса резания. В результате этого на поверхности заготовки остаются необработанные участки материала, что приводит к дополнительным погрешностям готовых деталей в форме повышенной шероховатости и волнистости, тем самым понижая качественные характеристики поверхностного слоя деталей.

Формообразование поверхности при внутреннем прерывистом шлифовании подробно рассмотрено Гусевым В. Г. в статье «Формирование поверхностей вращения в процессе дискретного шлифования сборными абразивными кругами», опубликованной в журнале «Вестник машиностроения» в 1993 г.

Для анализа формообразования наружных цилиндрических гладких поверхностей при обработке прерывистым абразивным инструментом рассмотрим схему (см. рис.), где на расстоянии  $OO_1$  круг касается заготовки, и за один оборот заго-

товки шлифовальный круг, врезаясь в заготовку с подачей  $S$ , перемещается на расстояние  $O_1O_2$ . Координаты  $X, Y$  совместим с центром заготовки, применим метод обкатывания, то есть, застопорив вращение заготовки, придадим кажущееся вращение шлифовального круга с частотой  $\omega_3$  вокруг заготовки и подачи  $S$ . Мгновенный радиус, на котором находится центр шлифовального круга в обратном движении, будет изменяться как радиус архимедовой спирали:

$$\rho_i = R_3 + R - \frac{P}{2\pi} \varphi_i, \quad (1)$$

где  $R_3$  – исходный радиус заготовки;

$R$  – радиус шлифовального круга с абразивной лентой;

$P$  – шаг спирали;

$\varphi_i$  – угловая координата центра шлифовального круга.

Погрешность поперечного сечения, вызванная дискретностью резания, определяется следующим образом (см. рис.):

$$\Delta AB = R_B - R_A,$$

где  $\Delta AB$  – погрешность обработки за первый оборот заготовки;

$$R_A = f(R_i).$$

Для расчета величины погрешности определяем координаты точки А:

$$R_A = R_3 - \frac{S\varphi_H}{60\omega_3}, \quad (2)$$

где  $\varphi_H$  – угол наклона прямой  $OH$  к оси  $X$  (см. рис.).

Координаты точки  $B (X_B, Y_B)$  определим по зависимости

$$R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = \sqrt{X_B^2 + (X_B \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_B)} = X_B \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_B} = \rho_H \left( \cos \frac{\beta_B}{2} - \sqrt{\frac{R^2}{\rho_H^2} - \sin^2 \left( \frac{\beta_B}{2} \right)} \right). \quad (3)$$

Полученное значение  $R_B$  позволяет определить погрешность поперечного сечения, вызванную погрешностью резания за первый оборот заготовки, и соответствует следующей зависимости:

$$\Delta AB = R_B - R_A = \rho_H \left[ \cos \frac{\beta_B}{2} - \sqrt{\frac{R^2}{\rho_H^2} - \sin^2 \left( \frac{\beta_B}{2} \right)} \right] - R_3 + \frac{S\varphi_H}{60\omega_3}. \quad (4)$$

Из расчетов следует, что увеличение радиуса заготовки  $R_3$  оказывает существенное влияние на погрешность поверхностного слоя детали.

Качественные показатели поверхностного слоя детали главным образом формируются в зависимости от числа режущих сегментов  $n$  прерывистого абразивного инструмента. С увеличением числа режущих сегментов до 8 и выше погрешность обработки существенно уменьшается.

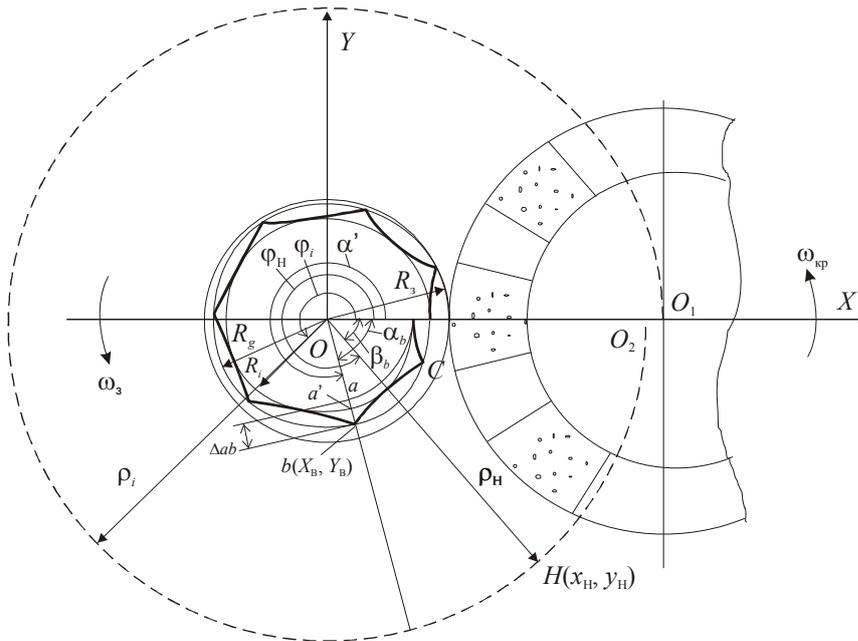


Схема формообразования обрабатываемой поверхности при прерывистой абразивной обработке

Увеличение частоты вращения заготовки  $n_{\text{заг}}$  до 200 об/мин и выше приводит к резкому увеличению погрешности обработки, т. к. угол  $\beta_B$  значительно возрастает, в результате точка  $B$  значительно смещается от центра круга.

При увеличении частоты вращения инструмента погрешность обработки уменьшается, т. к. происходит более частое нанесение резов на обрабатываемую поверхность, угол  $\beta_B$  уменьшается.

Из расчетов можно определить величину воздушного промежутка  $c$  между сегментами прерывистого абразивного инструмента исходя из условия ограничения предельной погрешности при обработке заготовки. Так, для ограничения погрешности величиной 15 мкм величина  $c$  не должна превышать 150 мм, а при ограничении погрешности величиной 3 мкм величина  $c$  должна составлять не более 60 мм.

Погрешности обработки за второй и последующие обороты заготовки определяется в зависимости от отношения погрешности  $\Delta_1$ , полученной в конце предыдущего оборота, к глубине врезания абразивного инструмента в заготовку, при этом глубина врезания зависит от подачи  $S$ :

$$t_1 = \frac{S}{n_{\text{заг}}},$$

где  $t_1$  – глубина врезания инструмента в заготовку.

Возможны следующие граничные условия.

1. Глубина резания  $t_1$  больше или равна высоте микронеровностей между соседними резами за предшествующий оборот заготовки  $\Delta_1$ :  $t_1 \geq \Delta_1$ .

В этом случае прерывистый абразивный инструмент за один оборот заготовки перемещается в радиальном направлении на величину  $O_1O_2$ , большую, чем сформированная предыдущим оборотом заготовки величина погрешности  $\Delta$ .

Величина  $O_1O_2$  определяется следующим образом:

$$O_1O_2 = \frac{S}{n_3} = t_1,$$

т. е. глубина резания больше максимальной высоты микронеровностей погрешности.

В результате все погрешности, сформировавшиеся в течение первого оборота заготовки, срежутся выступами прерывистого инструмента в течение второго оборота заготовки, и погрешность поперечного сечения заготовки определится по зависимости (4). Процесс образования погрешности поперечного сечения и их расчет аналогичен для третьего и последующего оборотов заготовки.

2. Глубина резания  $t_1$  меньше высоты микронеровностей между соседними резами за предшествующий оборот заготовки  $\Delta_1$ :  $t_1 < \Delta_1$ .

В этом случае величина погрешности на втором и последующих оборотах будет зависеть от отношения

$$I = \frac{2\pi}{\beta_B},$$

где  $I$  – фазовый сдвиг между текущим и предыдущим оборотами заготовки;  $\beta_B$  определится следующим образом:

$$\beta_B = \frac{2\pi n_{\text{заг}}}{n n_k}.$$

С учетом зависимости (4) получим:

$$I = \frac{2\pi n n_k}{2\pi n_{\text{заг}}} = \frac{n n_{\text{кр}}}{n_{\text{заг}}}. \quad (5)$$

При целом  $I$  фазового сдвига нет, и обработка осуществляется по ранее сформированной поверхности. Величина погрешности поперечного сечения будет определяться по зависимости (4). Погрешность после первого оборота заготовки на последующих оборотах не исправляется.

Для снижения погрешностей поперечного сечения детали за предыдущий оборот необходимо назначать такие технологические режимы, которые приведут к фазовому сдвигу.

В этом случае  $I$  будет состоять из целой части  $L$  и дробной части  $i$ . Дробная часть определится как  $\frac{i}{\beta_B}$ , причем  $i$  будет изменяться в интервале  $0 < i < \beta_B$ . Следовательно:

$$I = L + \frac{i}{\beta_B}.$$

Смещение для 2-го оборота заготовки составит  $\varphi_2 = \beta_B - \frac{L}{I}$ , где  $\varphi_2$  – угол между 1-м и 2-м оборотом заготовки.

Сдвиг следов резов приведет к частичному срезанию погрешности  $\Delta_1$  первого оборота заготовки. Аналогично для третьего и последующих оборотов заготовки.

Выходная погрешность после шлифования прерывистым абразивным инструментом определится при  $t_j < \Delta_{j-1}$  при целом  $I$  по зависимости (3), при дробном  $I$  как

$$\Delta_j = \rho_H \left[ \cos \frac{\beta_B - (j-1)\varphi_2}{2} - \sqrt{\frac{R^2}{\rho_H^2} - \sin^2 \left( \frac{\beta_B - (j-1)\varphi_2}{2} \right)} \right] - R_3 + \frac{S \varphi_H}{60\omega_3}, \quad (6)$$

где  $j$  – число оборотов заготовки в процессе обработки.

После окончания финишной обработки в поперечном сечении останется погрешность, заключенная между окружностью радиуса детали и обработанной поверхностью.

Анализ процесса образования погрешностей поперечного сечения в процессе финишной обработки инструментом с прерывистой рабочей поверхностью на этапах предварительной и окончательной обработки показал, что погрешность обработки существенно зависит от технологических параметров, характеризующихся режимами резания, и от конструктивных параметров абразивного инструмента с прерывистой поверхностью. Погрешность поперечного сечения детали возрастает при увеличении числа оборотов заготовки, при уменьшении числа оборотов абразивного инструмента, при увеличении радиуса заготовки, уменьшении числа сегментов инструмента.

УДК: 504.3.054

*А. А. Чечина*, научный сотрудник

*В. Г. Петров*, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник

Институт прикладной механики УрО РАН

## ВЫБОР РЕАГЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ И ОХЛАЖДЕНИЯ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ УСТАНОВОК ПО СЖИГАНИЮ ОТХОДОВ

*На основании термодинамических исследований реакций взаимодействия щелочного раствора и воды со свободным хлором, который является причиной образования полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов (ПХДД/Ф) в отходящих газах установок по сжиганию отходов, содержащих хлорорганические материалы, установлено, что в случае использования щелочных растворов для очистки и охлаждения отходящих газов вероятность образования ПХДД/Ф снижается.*

### Введение

Ранее нами на основании термодинамических и кинетических исследований было установлено, что в установках по сжиганию отходов время пребывания отходящих газов в интервале температур 500–800 К с целью минимизации образования полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов (ПХДД/Ф) должно