

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{kUI}{\rho c \Delta t},$$

где k — коэффициент пропорциональности, учитывающий теплообмен электролита с внешней средой; k может принимать значения от 0 до 1.

УДК 621.91-621.92

Р.П. ВИШУМИРСКИЙ, И.А. КИРПИЧЕНКО,
Г.В. ТИЛИГУЗОВ, Е.С. ЯЦУРА

ОБОСНОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕРЫВИСТОГО ИНСТРУМЕНТА

Существенным недостатком обработки деталей машин инструментами с прерывистой режущей поверхностью (фрезерование, шлифование прерывистыми кругами и др.) является невысокая стойкость инструментов. Один из путей повышения стойкости инструментов заключается в обеспечении оптимальной нагрузки на режущие элементы при изменении условий обработки [1]. Однако в настоящее время отсутствуют расчетные зависимости, по которым можно определять параметры срезаемого слоя и соответствующие силы резания с учетом погрешностей расположения режущих кромок, что необходимо для анализа нагрузки на режущие элементы и обоснования допустимых погрешностей изготовления инструмента.

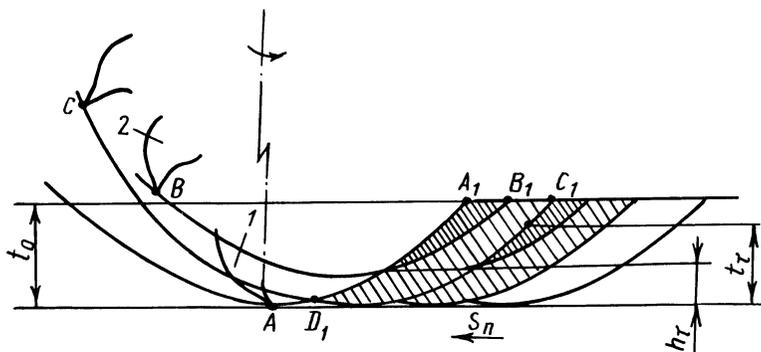


Рис. 1. Схема образования срезов при наличии разновысотности режущих элементов инструмента

Для обоснования точности расположения режущих элементов необходим кинематический анализ схемы образования среза материала. Сечение среза в этом случае (рис. 1) представляет фигуру $A_1 C_1 D_1$, ограниченную с одной стороны участком обрабатываемой поверхности, длина которого соответствует подаче на один режущий элемент S_z :

$$S_z = S_{\text{пр}} / (v\delta), \quad (1)$$

где $S_{\text{пр}}$ – продольная подача; v – окружная скорость инструмента; δ – окружной шаг режущих элементов.

С двух других сторон поперечное сечение срезаемого слоя ограничивается отрезками трохоидальных траекторий движения двух смежных режущих элементов. Толщина слоя, срезаемого режущим элементом 2, определяется следующей зависимостью [2]:

$$a_2 = \frac{S_{\text{пр}} \delta}{v + S_{\text{пр}}} \left(\frac{2\sqrt{t_0}}{\sqrt{D}} - \frac{S_{\text{пр}} \delta}{D(v + S_{\text{пр}})} \right) - H, \quad (2)$$

где t_0 – глубина резания; D – диаметр инструмента; H – радиальное биение смежных режущих элементов.

Необходимым условием образования среза является пересечение траекторий двух смежных режущих элементов в объеме металла: $a_2 > 0$. Следовательно, допустимое радиальное биение двух смежных режущих элементов можно определить из выражения (2)

$$H = \frac{S_{\text{пр}} \delta}{v + S_{\text{пр}}} \left(\frac{2\sqrt{t_0}}{\sqrt{D}} - \frac{S_{\text{пр}} \delta}{D(v + S_{\text{пр}})} \right). \quad (3)$$

Отсюда следует, что с увеличением подачи на элемент S_z и глубины резания t_0 допустимое радиальное биение увеличивается. По зависимости (3) можно нормировать допуск на радиальное биение смежных режущих элементов прерывистых инструментов в зависимости от типовых условий обработки.

Прочностные расчеты используемых прерывистых инструментов, а также расчет их износостойкости в этом случае должны производиться на основании фактической толщины среза, определяемой с учетом погрешностей расположения режущих элементов. Как видно из приведенной схемы, в случае, когда ордината t_τ точки контакта режущей кромки с заготовкой не превышает ординату h_τ точки пересечения траекторий двух смежных режущих элементов A и B , толщина a_1 слоя, срезаемого режущим элементом 1, определяется расстоянием по нормали между траекториями AA_1 и CC_1 . Режущие элементы A и C расположены с окружным шагом 2δ . Тогда из выражения (2) при радиальном биении $H = 0$ следует

$$a_1 = \frac{2S_{\text{пр}} \delta}{v + S_{\text{пр}}} \left(\frac{2\sqrt{t_0}}{\sqrt{D}} - \frac{2S_{\text{пр}} \delta}{D(v + S_{\text{пр}})} \right). \quad (4)$$

Ордината h_τ определяется из выражения (2) при условии $a_2(t_\tau = h_\tau) = 0$ (момент врезания элемента 2):

$$h_\tau = \left(\frac{(v + S_{\text{пр}})H\sqrt{D}}{2S_{\text{пр}}\delta} - \frac{S_{\text{пр}}\delta}{2(v + S_{\text{пр}})\sqrt{D}} \right)^2.$$

Параметр	Толщина снимаемого слоя, мкм							
	Процесс шлифования ($H = 12,4$ мкм, $a_1(t_0) = 21,6$ мкм)				Процесс фрезерования ($H = 53$ мкм, $a_1(t_0) = 105,3$ мкм)			
	Радиальное биение смежных режущих элементов, мкм							
	2,5	5	7,5	10	10	20	30	40
$a_1(h_T)$	1,67	6,7	11,7	17	19,27	39,23	59,44	79,18
$a_2(t_0)$	10	7,4	4,9	2,4	43	33	23	13
$a_{1,2}(t_0)$	11,6	14,2	16,7	19,2	62,3	72,3	82,3	92,3

В процессе образования стружки, т. е. при $t_T > h_T$, толщина удаляемого с поверхности слоя металла

$$a_{1,2}(t_T > h_T) = a_1(t_T) - a_2(t_T).$$

С учетом выражений (2), (4) получим зависимость для расчета толщины слоя, срезаемого режущим элементом l с учетом подрезания смежным элементом 2:

$$a_{1,2}(t_T > h_T) = \frac{2S_{\text{пр}} \delta \sqrt{t_T}}{(v + S_{\text{пр}})D} - \frac{3\delta^2}{D} \left(\frac{S_{\text{пр}}}{v + S_{\text{пр}}} \right)^2 + H.$$

В табл. 1 приведены значения $a_1(h_T)$, $a_2(t_0)$, $a_{1,2}(t_0)$ при прерывистом шлифовании деталей из закаленной углеродистой стали У10 (при $t_0 = 0,03$ мм, $S_{\text{пр}} = 20$ м/мин, $v = 35$ м/с, $D = 250$ мм, $\delta = 65$ мм) и фрезеровании образцов из улучшенной стали 45 цилиндрической фрезой с зубьями из стали ВК6 (при $t_0 = 2$ мм, $S_z = 0,2$ мм, $D = 110$ мм, $\delta = 20$ мм) для различных значений допусков на радиальное биение H . Как видно из приведенных результатов расчета, снижение допусков на радиальное биение смежных режущих элементов прерывистого шлифовального круга с 10 до 2,5 мкм и фрезы с 40 до 10 мкм обеспечивает уменьшение разброса толщины срезаемого слоя соответственно в 7 и 4 раза.

Экспериментальной проверкой установлено, что в результате повышения стабильности процесса съема металла в этом случае обеспечивается повышение стойкости используемых инструментов до 1,5 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоренко Л.С. Расчет параметров слоя, срезаемого кромками червячной фрезы // Станки и инструмент. — 1986. — № 9. — С. 24–26.
2. Островский В.И. Теоретические основы процесса шлифования. — Л.: ЛГУ, 1981. — 144 с.