

УДК 621.923

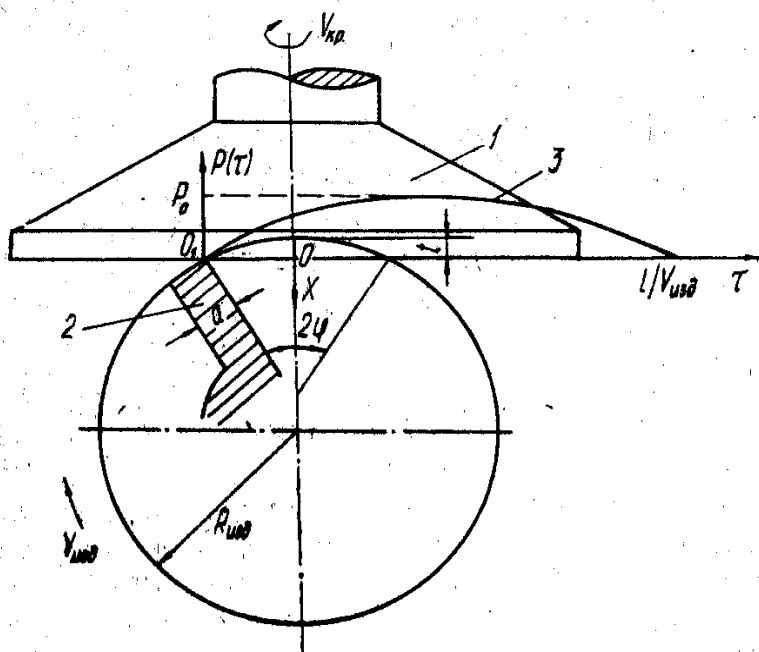
*Б. С. СЕРОВ, Ф. В. НОВИКОВ, канд. техн. наук*

**ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА  
ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ С УЧЕТОМ  
ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ШЛИФОВАНИИ  
КРУГАМИ ИЗ СТМ**

---

Многолетняя практика широкого внедрения в производство кругов из СТМ показала перспективность их применения на операциях заточки и доводки твердосплавных и быстрорежущих инструментов. Переход на полную безабразивную обработку позволил существенно повысить производительность и качество изготовления инструментов. В то же время существует ряд операций шлифования, применение на которых кругов из СТМ нерационально в связи с относительно высоким износом и, как следствие, повы-

ценными затратами на дорогостоящий шлифовальный инструмент. К числу таких операций следует отнести круглое наружное шлифование многолезвийных инструментов, характеризующееся периодическим ударным взаимодействием круга с обрабатываемыми ножами инструмента и его интенсивным износом, особенно при «ужесточении» режимов шлифования. Попытки снижения расхода СТМ путем подбора режимов шлифования, характеристик круга и т. д. до настоящего времени не позволили полностью решить указанную проблему. В связи с этим важное значение приобрета-



ют вопросы раскрытия физической сущности ударного взаимодействия круга с обрабатываемыми ножами инструмента и выработки принципов автоматизированного расчета оптимальных режимов резания с учетом динамических явлений, обеспечивающих снижение интенсивности износа круга из СТМ до экономически приемлемого уровня.

Технологическая система представлена одномассовой динамической моделью, на которую действует единичный импульс силы  $P(\tau)$ , возникающий в момент обработки ножа инструмента. Его значение определяется траекторией движения обрабатываемого ножа в рабочей поверхности круга  $t \sin \omega \tau$  (рисунок) и взаимными перемещениями систем «круг» и «инструмент»  $X$  (в расчетах будет рассматриваться только система «инструмент», так как ее собственная частота значительно ниже собственной частоты системы «круг»)  $P(\tau) = C_1(\sin \omega \tau - X)$  (1), где  $t$  — глубина шлифования, м;  $C_1$  — контактная жесткость рабочей поверхности круга, Н/м;  $\omega = \pi V_{изд}/l$  — частота нагружения, 1/с;  $V_{изд}$  — окружная скорость обрабатываемого инструмента, м/с;  $l$  — длина пути контакта круга с инструментом, м,

$$l = R_{изд} 2\varphi + a, \quad \varphi = \sqrt{\frac{2t}{R_{изд}}}$$

Тогда

$$\omega = \pi V_{\text{изд}} \frac{1}{[a + \sqrt{8tR_{\text{изд}}}]}$$

Здесь  $2\varphi$  — угол контакта круга с обрабатываемым инструментом;  $R_{\text{изд}}$  — радиус изделия, м;  $a$  — ширина ножа инструмента, м.

Под действием импульса силы  $P(\tau)$  система «инструмент» будет совершать колебания, описываемые дифференциальным уравнением:

$$m\ddot{x} + cx = P(\tau), \quad (2)$$

где  $m, c$  — приведенные масса и жесткость системы «инструмент».

Решая (2) с учетом нулевых начальных условий, получаем:

$$X = \frac{t}{\left(1 + \frac{c}{c_1}\right)\left(1 - \frac{\omega^2}{K_1^2}\right)} \left[ \sin \omega\tau - \frac{\omega}{K_1} \sin K_1\tau \right], \quad (3)$$

где  $K_1$  — собственная частота колебаний,  $1/c$ ,  $K = \sqrt{\frac{c + c_1}{m}}$

Анализ зависимости (3) показал, что система «инструмент» в момент контакта совершает гармонические колебания относительно положения статического равновесия, обусловленного траекторией движения ножа инструмента в рабочей поверхности круга. Амплитуда и форма колебаний определяются соотношением частот  $\omega$  и  $K_1$ .

Согласно приведенным зависимостям независимо от сочетания частот  $\omega/K_1$  в первоначальный момент контакта имеет место запаздывание перемещения  $X$  от действия импульса силы. При этом чем выше частота  $\omega$ , тем значительнее проявляется запаздывание и обработка ножа инструмента происходит практически без перемещения, что увеличивает фактическую глубину шлифования. Такое явление может положительно отразиться на интенсивности съема материала и точности обработки, так как увеличивается глубина внедрения зерен круга в обрабатываемый материал. В то же время отсутствие перемещений в момент контакта может привести к значительному износу круга, особенно в условиях, когда траектория движения ножа инструмента пересекает уровень связки круга. В этом случае нож круга должен срезать верхний слой связки по траектории своего движения, т. е. как бы произвести правку круга. Такая закономерность будет прослеживаться при относительно «жестких» режимах шлифования, например, когда глубина шлифования будет превышать высоту выступания зерен над связкой, а зерна круга не обеспечат полный съем подводящего в зону резания материала на уровне ниже уровня связки. Поэтому динамическое явление запаздывания перемещений от действия импульса силы следует рассматривать как положительное

явление при обработке с относительно небольшой глубиной шлифования, не превышающей высоты выступа зерен над связкой. В противном случае шлифование будет сопровождаться повышенным износом круга. Для его снижения процесс необходимо осуществлять таким образом, чтобы запаздывание перемещений системы «инструмент» было соизмеримо со временем перемещения режущей кромки ножа инструмента на величину, равную высоте выступа зерен над связкой. Это достигается согласно зависимости (3) уменьшением второго слагаемого  $\omega/K_1 \sin Kt$  путем повышения  $K_1$  или уменьшением  $\omega$ .

Для выполнения второго не менее важного условия полного съема материала на заданном уровне высоты рельефа круга параметры режима шлифования должны находиться в строгом соответствии. Один из них, например скорость изделия, может быть выражен через остальные, включая характеристики круга и обрабатываемого материала:

$$V_{изд} = \frac{mV_{кр}H_{макс}^3}{630\pi\bar{X}^3\sqrt{t\rho}} \quad (4)$$

где  $m$  — объемная концентрация зерен, %,  $\bar{X}$  — зернистость круга, м;  $V_{кр}$  — скорость круга, м/с;  $H_{макс}$  — предельная толщина среза, м;  $t$  — глубина шлифования, м;  $\rho = 1/R_{кр} + 1/R_{изд}$ ;  $R_{кр}$ ,  $R_{изд}$  — радиусы круга и изделия, м.

Согласно зависимости с увеличением глубины шлифования скорость изделия  $V_{изд}$  уменьшается, а с увеличением параметра  $H_{макс}$  возрастает, причем весьма интенсивно, что свидетельствует о возможности существенного повышения эффективности шлифования путем применения кругов из высокопрочных СТМ на металлических связках.

На основании полученных зависимостей можно провести аналитическую оптимизацию процесса с учетом основных технологических параметров шлифования.

Поступила в редколлегию 11.03.88