

УДК 621.9.079.014.4.079

Д.В. АРИНИН

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ ПРИ КРУГЛОМ НАРУЖНОМ ВРЕЗНОМ ШЛИФОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИИ ПО НИЗКОЧАСТОТНОМУ АКУСТИЧЕСКОМУ СИГНАЛУ

Приведены результаты экспериментальных исследований взаимосвязи параметров низкочастотного акустического сигнала, возникающего в процессе шлифования, с технологическими и выходными параметрами процесса. Разработана методика управления циклом круглого наружного врезного шлифования по акустическому сигналу.

Для обеспечения надежности выполнения шлифовальных операций в автоматическом режиме необходимо проектировать рабочие циклы, учитывающие все многообразие изменений условий и факторов процесса шлифования, влияющих на режущую способность шлифовальных кругов. Многочисленные исследования износа и затупления шлифовальных кругов пока не привели к установлению единого критерия оценки их режущей способности. В связи с этим автором предпринято экспериментальное исследование с целью выявления зависимостей между режимами шлифования, величиной звукового давления и показателями процесса шлифования, необходимых для последующей разработки критерия оценки работоспособности круга и методики управления циклом круглого наружного врезного шлифования с использованием информации по низкочастотному акустическому сигналу.

Эксперименты проводили на круглошлифовальном станке 3М152МВФ2 при предварительном шлифовании заготовок (образцов) из стали Р6М5 кругом 1 600×40×305 95А25ПСМ27К5 с окружной скоростью круга $V_k = 50$ м/с. Частотой вращения заготовки n_i варьировали от 150 до 300 мин⁻¹, а врезной подачей S_t – от 0,2 до 1 мм/мин. Величина припуска z изменялась в диапазоне (0,2 – 0,5) мм. В качестве основных характеристик акустического сигнала использовали частоту f акустических колебаний, звуковое давление p_z и амплитуду звукового давления A_z , определяемую амплитудным значением эффективного напряжения. Прием и обработку акустических сигналов осуществляли по методике, изложенной в работе [1].

В ходе экспериментальных исследований контролировали радиальную P_y и касательную P_z составляющие силы шлифования P , приведенную режущую способность шлифовального круга по звуковому давлению K_p , приведенную режущую способность шлифовального круга по объему снятого материала K_{Op} , размерный износ круга ΔR , среднее арифметическое отклонение профиля R_a шлифованной поверхности, наличие прижогов и следов дробления. На первом этапе экспериментальных исследований был выявлен диапазон информативных частот (900 – 1000) Гц. Дальнейшие исследования на информативной частоте 950 Гц проводили однофакторным и многофакторным планами.

Для реализации задачи управления процессом шлифования исследовали закономерности изменения величин p_z , A_z , P , K_p , ΔR и R_a в зависимости от режимов шлифования. Установлено (рис. 1), что изменение технологических параметров процесса шлифования – врезной подачи S_t , снимаемого припуска z и частоты вращения заготовки n_i приводит к изменению амплитуды звукового давления и выходных показателей процесса шлифования.

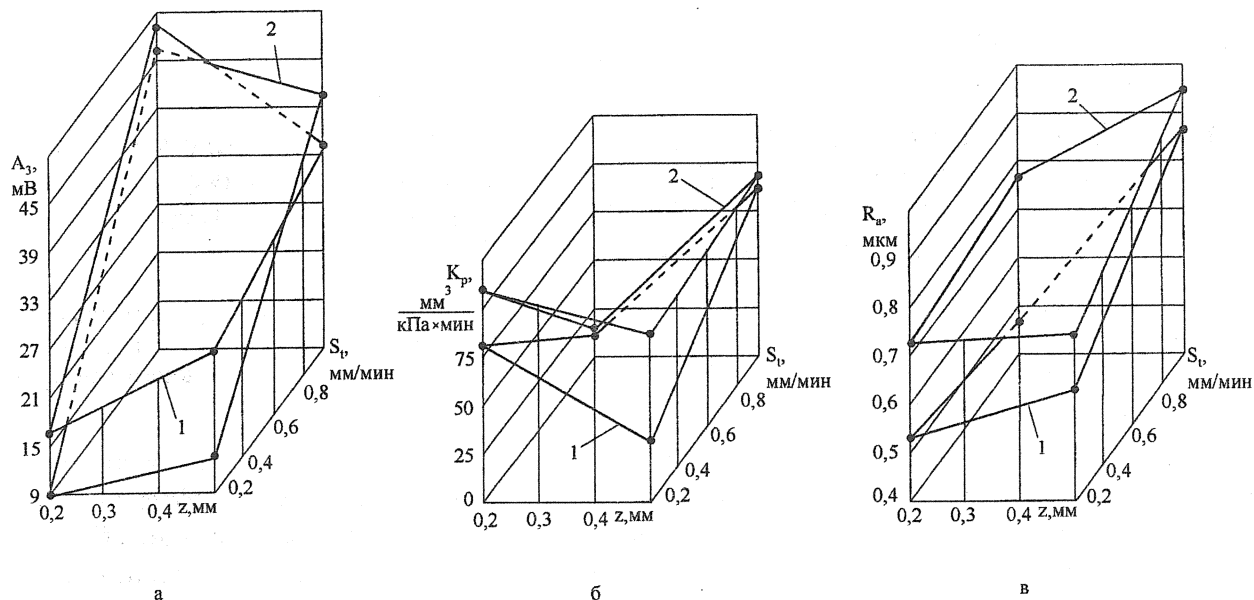


Рис. 1. Зависимость амплитуды звукового давления A_3 , силы резания P , шероховатости шлифованной поверхности заготовки (R_a) от скорости врезной подачи S_f и величины снимаемого припуска z : 1, 2 – соответственно $n_n = 300; 150$ об/мин

При увеличении припуска z от 0,2 до 0,5 мм (см. рис. 1) при шлифовании с поперечной подачей $S_f=0,2$ мм/мин и частотой вращения заготовки $n_n=300$ мин⁻¹ амплитуда A_3 звукового давления увеличивается на 46 %, шероховатость R_a шлифованной поверхности заготовки на 4 %, а коэффициент K_p режущей способности круга уменьшается на 60 %. При частоте вращения заготовки $n_n=150$ мин⁻¹ увеличение припуска z в тех же пределах влечет за собой повышение A_3 на 9 %, R_a на 1 % и снижение K_p на 34 %. При работе с подачей $S_f=1,0$ мм/мин увеличение припуска z от 0,2 до 0,5 мм вызывает снижение амплитуды A_3 звукового давления на 30 и 17 % (для $n_n=300$ мин⁻¹ и $n_n=150$ мин⁻¹ соответственно) и увеличение шероховатости R_a шлифованной поверхности заготовки на 55 и 15 %, а приведенной режущей способности круга K_p на 85 % (в обоих случаях). Различный характер изменения данных параметров при увеличении снимаемого припуска объясняется тем, что круг при подаче $S_f=0,2$ мм/мин работает в режиме затупления, а при $S_f=1,0$ мм/мин – в режиме самозатачивания.

В ходе экспериментальных исследований была также выявлена связь амплитуды A_3 звукового давления с шероховатостью шлифованной поверхности заготовки R_a , приведенной режущей способностью круга по объему снятого материала K_{Qp} , износом круга ΔR и интенсивностью съема материала заготовки W (рис. 2). При увеличении шероховатости шлифованной поверхности заготовки R_a и режущей способности круга K_{Qp} амплитуда A_3 изменяется по гиперболическому закону. Увеличение шероховатости R_a на 21 % вызывает снижение амплитуды A_3 звукового давления в среднем на 26 %. Различие в величине шероховатости для различных частот вращения заготовки (рис.2, а) объясняется значительным влиянием величины n_d на качество шлифованной поверхности заготовки. Однако, потеря режущей способности шлифовального круга в обоих случаях наступает при одинаковом уровне амплитуды звукового давления. При увеличении коэффициента режущей способности K_{Qp} на 57 % амплитуда уменьшается на 26 %. Увеличение износа круга ΔR на 46% увеличивает величину A_3 на (3 – 7) % (для $n_d=300$ об/мин и $n_d=150$ об/мин соответ-

венно), а увеличение скорости съема припуска W на 33 % вызывает снижение амплитуды A_3 в среднем на 25 %.

Таким образом, эксперименты показали, что амплитуда звукового давления A_3 имеет корреляционную связь со скоростью съема припуска W , высотными параметрами шероховатости R_a шлифуемой поверхности заготовки, коэффициентом режущей способности K_{Qp} и износом ΔR шлифовального круга, что позволяет использовать звуковое давление в качестве надежного информационного параметра, характеризующего протекание процесса шлифования.

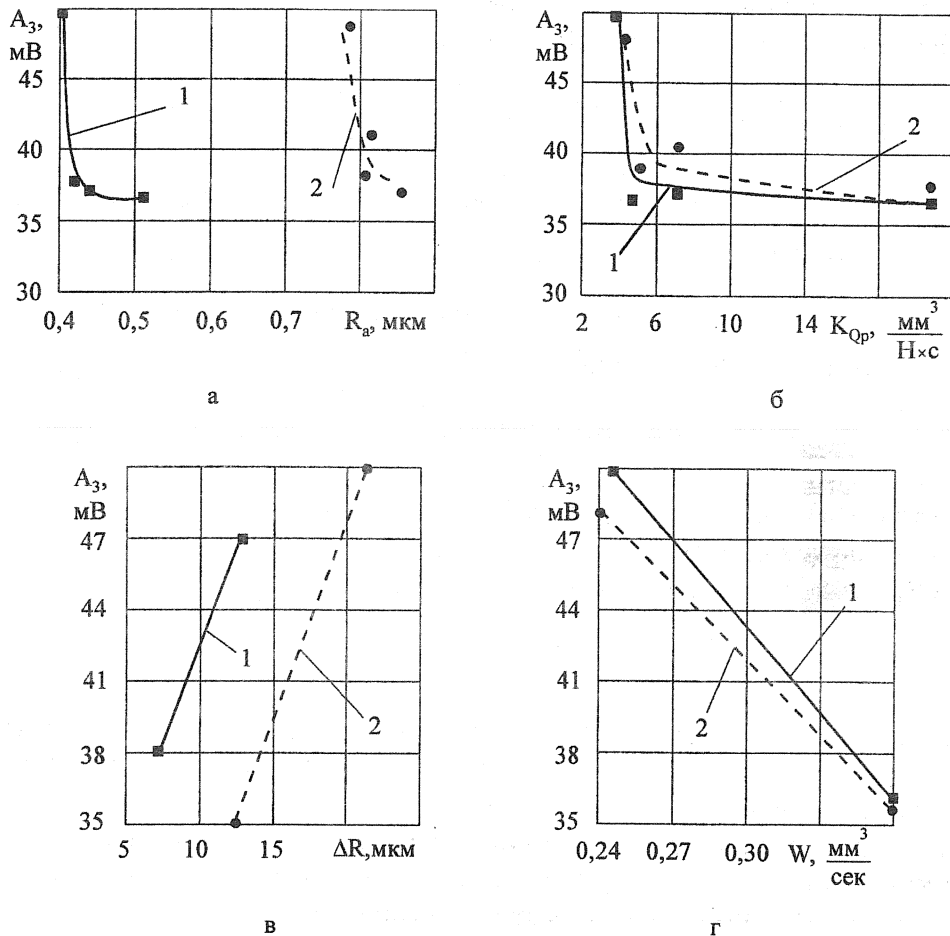


Рис. 2. Зависимость амплитуды A_3 звукового давления от шероховатости шлифованной поверхности заготовки R_a (а), коэффициента режущей способности круга K_{Qp} (б), износа круга ΔR (в) и интенсивности съема материала заготовки W (г): $S_t=1,0$ мм/мин; $z=0,5$ мм; 1 - $n_d=300$ об/мин; 2 - $n_d=150$ об/мин

Для реализации схемы управления процессом круглого наружного врезного шлифования на основе использования низкочастотного акустического сигнала удобнее использовать легко контролируемый в процессе шлифования критерий режущей способности круга $K_p = W/p_3$, связывающий производительность шлифования W со звуковым давлением p_3 . Величина W контролируется прибором активного контроля (ПАК), а звуковое давление задается в виде «уставки» на приборе контроля режущей способности круга по низкочастотному акустическому сигналу из условия обеспечения заданного качества шлифованной поверхности.

Для реализации методики управления циклом круглого наружного врезного шлифования с использованием информации по низкочастотному акустическому сигналу необходимо:

определить число ступеней цикла и порядка их следования исходя из величины снимаемого припуска, погрешности формы и условной ширины заготовки;

распределить припуск по ступеням цикла и назначить режимы обработки на каждой ступени;

рассчитать радиальную P_y и касательную P_z составляющие силы шлифования для каждой ступени цикла по методике, приведенной в работе [2];

рассчитать величину звукового давления по формуле (1)

$$p = \frac{2\pi \cdot \rho \cdot c \cdot F(\mu) \cdot f \cdot P}{G} \cdot \left(\frac{k}{2\pi \cdot H} \right)^{1/2} \cdot K_n, \quad (3)$$

где ρ – плотность материала, кг/м^3 ; c – скорость распространения звука в воздухе, м/с ;

$F(\mu)$ – функция коэффициента Пуассона; $P = \sqrt{P_y^2 + P_z^2}$ – сила резания, Н ; $k = 2\pi/\lambda_n$ –

волновое число, м^{-1} ; G – модуль упругости при сдвиге материала шлифовального круга, Мпа ;

H – высота круга, м ; K_n – поправочный коэффициент

$$K_n = \lg\left(\frac{D}{H}\right)^4 \cdot \lg\left(\frac{D}{d}\right)^{0,2}, \quad (4)$$

где D – диаметр круга, м ; d – диаметр посадочного отверстия круга, м .

задать величину звукового давления в качестве уставки $p_{з\text{уст}}$;

рассчитать коэффициент режущей способности K_p по акустическому критерию

$$K_p = \frac{W}{P_z}; \quad (5)$$

сравнить рассчитанный коэффициент режущей способности K_p с допустимым $[K_p]$.

Значение уставки $[K_p]$ при окончательном шлифовании определяют исходя из обеспечения заданного качества шлифованной поверхности.

Лабораторная апробация предложенной методики подтвердила возможность использования акустического критерия (5) режущей способности шлифовального круга для управления циклом шлифования в автоматическом цикле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Худобин Л.В., Гурьянихин В.Ф., Юганов В.С. Использование низкочастотного акустического сигнала для текущего контроля процесса шлифования // СТИН. 2000. №8. С. 25–29.
2. Переверзев П.П. Теория и расчет оптимальных циклов обработки деталей на круглошлифовальных станках с программным управлением: Дис. ... докт. техн.наук: 05.02.08. Челябинск, 1999. 294 с.

Ульяновский государственный технический университет