

¹ В. А. Андилахай, асп.

² Ф. В. Новиков, д-р техн. наук, проф.

ЗАТРАТЫ НА ТРЕНИЕ СВЯЗКИ АБРАЗИВНОГО КРУГА С ОБРАБАТЫВАЕМЫМ МАТЕРИАЛОМ В ПРОЦЕССЕ ШЛИФОВАНИЯ

¹ Приазовский государственный технический университет
andilahay@mail.ru

² Харьковский национальный экономический университет

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований доли энергетических затрат на трение связки круга с поверхностью обрабатываемого материала в процессе шлифования.

Введение. Общеизвестно, что процесс шлифования сопровождается значительным выделением тепла в зоне резания, в связи с чем при установлении высокопроизводительного режима резания на обработанной поверхности возникают прижоги. При этом, как правило, ухудшается качество поверхностного слоя: изменяется внешний вид, химический состав и физико-механические свойства материала обрабатываемой заготовки.

Публикации по рассматриваемой проблеме. В ряде работ [1–3] изучался процесс шлифования с целью его оптимизации, повышения эффективности, снижения энергоемкости. Определенные результаты получены в результате практических поисков производственниками, однако положительные результаты носят случайный характер.

Цель работы – изучение зависимости энергоемкости процесса шлифования от интенсивности трения между рабочей поверхностью абразивного круга и обрабатываемым материалом.

Изложение основного материала. Для анализа закономерностей изменения энергоемкости обработки рассмотрим процесс плоского многопроходного шлифования по жесткой схеме с номинальной глубиной шлифования t (рис. 1).

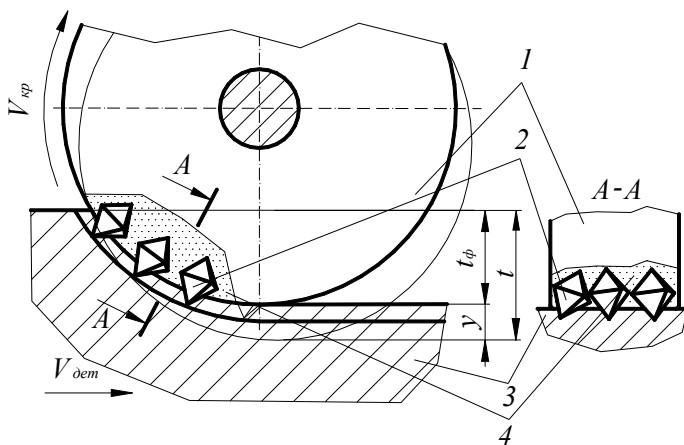


Рис. 1. Расчетная схема параметров плоского шлифования:

1 – абразивный круг; 2 – абразивное зерно;

3 – обрабатываемая деталь; 4 – связка

Предположим, что режущей способности круга недостаточно для удаления слоя материала толщиной t , т. е. круг за один рабочий ход может срезать лишь фактический слой материала толщиной $t_\phi < t$. Тогда уравнение баланса перемещений в технологической системе опишется следующим образом:

$$n \cdot t = n \cdot t_\phi + y, \quad (1)$$

где n – количества рабочих ходов; y – величина упругого перемещения, возникающего в технологической системе.

Из уравнения (1) следует:

$$y = n \cdot (t - t_\phi).$$

Величина $(t - t_\phi)$ постоянна для конкретных условий шлифования, так как общеизвестен характер изменения величины упругого перемещения y , в зависимости от количества рабочих ходов круга n [3]. В случае увеличения количества ходов круга n происходит пропорциональный рост величины y , и, следовательно, график его изменения представляет собой прямую линию. Это свидетельствует о необходимости ограничения

количества ходов круга n (в связи с высокой силовой и тепловой напряженностью процесса шлифования) или уменьшения величины $(t - t_\phi)$, что предполагает уменьшение производительности обработки и не всегда эффективно. Из этого следует, что наличие контакта связки круга с обрабатываемым материалом принципиально изменяет характер зависимости $y - n$ (рис. 2). Это хорошо согласуется с экспериментальными данными, полученными при исследовании процесса круглого наружного продольного шлифования многолезвийных инструментов из быстрорежущей стали Р18 эльборовыми кругами на разных связках [4] (рис. 3). Как видно, с течением времени шлифования фактическая глубина t_ϕ первоначально уменьшается, затем практически стабилизируется и в дальнейшем остаются неизменными. Причем для каждой характеристики круга существует своя фактическая производительность обработки, а соответственно, и фактическая глубина шлифования t_ϕ .

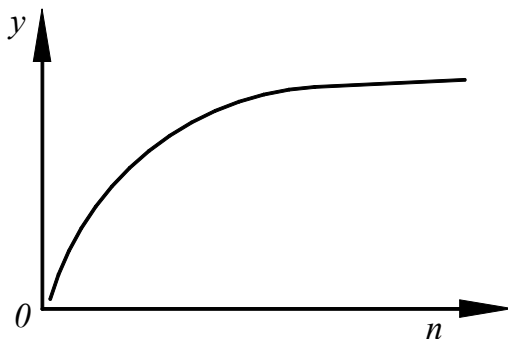


Рис. 2. Зависимость величины упругого перемещения y от количества проходов круга n без учета контакта связки с деталью [3]

Таким образом, показано, что характер изменения фактической производительности обработки, а следовательно и величины y , подчиняется закономерностям, вытекающим из заключения о прямопропорциональном увеличении y , а не соответствующим рис. 2. Из этого можно заключить, что при шлифовании преобладает процесс трения связки круга с обрабатываемым материалом, поскольку в противном случае

характер изменения фактической производительности обработки во времени подчинялся бы графику, показанному на рис. 2.

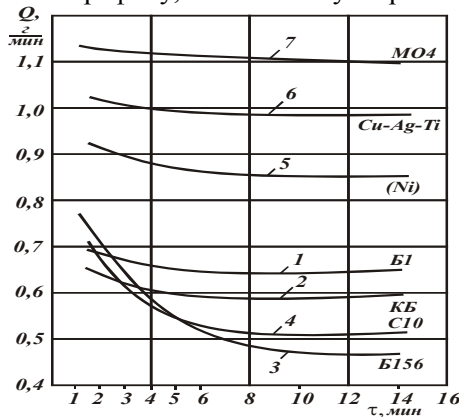


Рис. 3. Изменение фактической производительности обработки Q с течением времени шлифования τ эльборовыми кругами на связках: 1 – Б1; 2 – КБ; 3 – Б156; 4 – С10; 5 – Б1 (с металлизированными эльборовыми зёрнами расплавом Ni); 6 – Б1 (с металлизированными эльборовыми зёрнами расплавом Cu-Ag-Ti); 7 – MO4 [3]

Исходя из изложенного, определим условное напряжение резания σ при плоском многопроходном шлифовании по жесткой схеме с номинальной глубиной шлифования t (рис. 1). Будем считать, что энергоёмкость обработки обусловлена лишь процессом трения связки круга с обрабатываемым материалом и поэтому режущей способности круга недостаточно для удаления слоя материала толщиной t , т. е. круг может срезать лишь слой материала толщиной $t_\phi < t$. Тогда напряжение резания, отражающее энергоёмкость обработки σ , при первом продольном ходе круга может быть выражено следующим образом:

$$\sigma = \frac{P_z}{S_{\text{сум}}} = P_y \cdot K_{\text{ш}} \cdot \frac{V_{\text{кр}}}{Q_\phi}, \quad (2)$$

где $S_{\text{сум}} = Q_\phi / V_{\text{кр}}$ – мгновенная суммарная площадь поперечного сечения среза всеми одновременно работающими зёрнами круга, м^2 ; $Q_\phi = B \cdot V_{\text{дет}} \cdot t_\phi$ – фактическая производительность обработки,

$\text{м}^3/\text{с}$; B – ширина шлифования, м; t_ϕ – фактическая глубина шлифования, м; $K_{ш} = P_z / P_y$ – коэффициент шлифования.

Жесткость технологической системы c при шлифовании определяется известным отношением:

$$c = \frac{P_y}{y}.$$

Выразим радиальную составляющую силы резания как $P_y = c \cdot y$. Тогда зависимость (2) примет вид

$$\sigma = \frac{c \cdot y \cdot K_{ш} \cdot V_{кр}}{B \cdot V_{дем} \cdot t_\phi}.$$

с учетом $y = t - t_\phi$ (рис. 1) имеем

$$\sigma = \frac{c \cdot K_{ш} \cdot V_{кр}}{B \cdot V_{дем}} \cdot \left(\frac{t}{t_\phi} - 1 \right). \quad (3)$$

Как видно, с уменьшением параметра t_ϕ , т. е. с увеличением величины упругого перемещения y , энергоемкость обработки σ увеличивается. При условии $t_\phi = t$ энергоемкость обработки σ равна нулю. Это возможно в случае отсутствия трения обрабатываемого материала со связкой круга, т. е. когда в общем энергетическом балансе процесса шлифования преобладает доля энергии резания зернами круга. Однако в таком расчете рассматривается лишь доля энергии трения связки с обрабатываемым материалом, которая преобладает в общем энергетическом балансе процесса шлифования.

При втором ходе круга зависимость (3) остается прежней с тем отличием, что вместо величины y надо рассматривать $2y$. Соответственно при третьем ходе круга вместо величины y надо рассматривать $3y$ и т.д. В конечном итоге при n -м ходе круга зависимость (3) примет вид:

$$\sigma = \frac{c \cdot K_{ш} \cdot V_{кр}}{B \cdot V_{дем}} \cdot n \cdot \left(\frac{t}{t_\phi} - 1 \right). \quad (4)$$

Наличие множителя n в зависимости (4) указывает на весьма интенсивное увеличение энергоемкости обработки с увеличением количества проходов круга. Этим, собственно, можно объяснить то, что энергоемкость обработки при шлифовании многократно превышает энергоемкость процесса резания отдельным зерном. С физической точки зрения это обусловлено наличием значительных упругих перемещений в технологической системе и интенсивным трением обрабатываемого материала со связкой круга. Причем, как следует из зависимости (4), увеличение энергоемкости обработки не связано с затуплением зерен круга, хотя, несомненно, появление на зернах круга площадок износа приведет к еще более интенсивному увеличению энергоемкости обработки.

Произведем количественную оценку величины σ по зависимости (4) для исходных данных: $t/t_{\phi}=2$; $c=10^4$ Н/мм; $n=20$; $K_{ш}=0,5$; $V_{кр}=30$ м/с; $B=20$ мм; $V_{оem}=30$ м/мин. В итоге получено $\sigma=30 \cdot 10^4$ Н/мм². Как видно, это значение больше аналогичного значения условного напряжения резания $\sigma=8 \cdot 10^4$ Н/мм², полученного в работе [3] расчетным путем без учета трения связки круга с обрабатываемым материалом, т. е. когда в процессе шлифования участвуют лишь режущие зерна.

Этим показано, что основной причиной увеличения энергоемкости обработки при шлифовании является трение связки круга с обрабатываемым материалом вследствие образования на обрабатываемой поверхности после каждого прохода круга недошлифованного слоя величиной $t-t_{\phi}$. Суммирование недошлифованных слоев приводит к росту величины упругого перемещения в технологической системе и соответственно энергоемкости обработки.

Выводы

1. Получены теоретические зависимости для определения действительной глубины резания при плоском многопроходном шлифовании, а также для определения энергоемкости с учетом количества проходов круга.

2. Предложены способы увеличения производительности шлифования за счет уменьшения затрат энергии на трение между связкой круга и обрабатываемым материалом.

Список литературы

1. *Якимов А. В.* Оптимизация процесса шлифования / А. В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1975. – 175 с.

2. *Новиков Ф. В.* Повышение эффективности технологии финишной обработки деталей пар трения поршневых насосов / Ф. В. Новиков, С. М. Яценко // Физические и компьютерные технологии: междун. научн.-техн. конф., 19-20 апреля 2007 г.: труды – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2007. – С. 8-20.

3. *Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения* / Под общ. ред. Ф. В. Новикова и А. В. Якимова. В десяти томах. – Т. 1. “Механика резания материалов.” - Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с.

4. *Малыхин В. В.* Повышение эффективности шлифования вольфрамсодержащих твердых сплавов совместно со сталью алмазными кругами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Малыхин Виталий Викторович. – Харьков, 1985. – 26 с.

УДК 621.923

Анділахай В. О., Новіков Ф. В. **Витрати на тертя зв'язки абразивного кола з оброблюваним матеріалом в процесі шліфування** // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2010. – Вип. 53. – С. 92–98.

Наведено результати теоретичних і експериментальних досліджень частки енергетичних витрат на тертя зв'язки кола з поверхнею оброблюваного матеріалу в процесі шліфування.

Рис. 3, список літ.: 4 найм.

The cost of the friction circle with cords abrasive material being treated in the grinding process. The results of theoretical and experimental studies of the proportion of energy costs on friction ligament circle and the surface treated material in the grinding process.