

## Прогнозирование размера площадки затупления абразивного зерна для различных технологических условий

© Д.В. Ардашев

Южно-Уральский государственный университет  
(Национальный исследовательский университет), Челябинск, 454080, Россия

*Основные показатели, определяющие работоспособность абразивного инструмента, — интенсивность и степень его затупления. При рассмотрении дискретного контакта шлифовального круга с обрабатываемой заготовкой в качестве такого параметра можно использовать размер площадки затупления. Предложена математическая модель площадки затупления абразивного зерна, в которой впервые учтены основные механизмы износа — механический и физико-химический. Механический износ анализируется с позиции кинетической теории прочности твердого тела, а физико-химический — с позиции теории массопереноса. Поскольку исследуемый износ абразивного зерна зависит от начальной площадки затупления, то в данной модели впервые учтена нелинейная обратная связь по размеру площадки затупления. Таким образом, математическая модель является многофакторной и позволяет прогнозировать величину износа абразивного инструмента в различных технологических условиях.*

**Ключевые слова:** площадка затупления, износ абразивного зерна, кинетическая теория прочности, физико-химический износ.

В научной литературе достаточно подробно представлены различные виды износа абразивных зерен при шлифовании [1–9]. Во всех работах, освещающих эту проблему, описаны исследования того или иного механизма износа абразивного зерна в различных технологических условиях операции шлифования, выполненные теоретико-эмпирическими методами. Следует отметить, что в подавляющем большинстве научно-технической литературы механический и физико-химический износ абразивного зерна в процессах шлифования признаны основными, действующими при шлифовании большинства конструкционных легированных сталей и сплавов. Однако в настоящее время отсутствуют зависимости, позволяющие прогнозировать размер площадки затупления абразивного зерна в различных технологических условиях, в которых учтены разные механизмы изнашивания.

В общем виде модель износа абразивного зерна в процессах шлифования, учитывающая различные механизмы изнашивания, имеет вид

$$M_{a.3} = M_{a.3}^M + M_{a.3}^{\Phi-x}, \quad (1)$$

где  $M_{a.3}$  — объем части абразивного зерна, изношенной в результате взаимодействия с обрабатываемым материалом;  $M_{a.3}^M$  — масса изношенной части абразивного зерна в результате механического взаимодействия с обрабатываемым материалом;  $M_{a.3}^{\Phi-x}$  — масса изношенной части абразивного зерна в результате физико-химического взаимодействия с обрабатываемым материалом.

Механическая составляющая износа абразивного зерна определена автором исходя из основных положений кинетической теории твердых тел [10], а физико-химический износ — с помощью теоретических и эмпирических исследований [11–13]. Автором статьи получена формула для расчета массы изношенной части абразивного зерна в результате действия механического и физико-химического износа:

$$M_{a.3} = \frac{60V_k \rho_a w_{a.3}^M T_{\text{exp}} \frac{qM_m}{6\rho_a \cdot 10^{23}} \sigma}{2kT_t} + n_k \left( 1 + \frac{v_3}{60V_k} \right) \sqrt{\frac{D_k d_3 \frac{n_3}{v_{\text{спад}}}}{D_k + d_3}} I_0 \left( i, \frac{qM_m}{6\rho_a \cdot 10^{23}} \sigma \right) + 0,08\rho_m \frac{m_d}{m} C_0 l_3^{3/2} D^{1/2} L_k V_k^{1/2} \frac{T}{D_k}. \quad (2)$$

Для определения площадки затупления абразивного зерна представим его в виде конуса. В результате геометрических преобразований получим, что размер площадки затупления зерна  $l_{3i}$  в каждый момент времени может быть определена по формуле

$$l_{3i} = 2\sqrt[3]{l_{3i-1} + \frac{3V}{\pi}} = 2\sqrt[3]{l_{3i-1} + \frac{3M_{a.3}}{\pi\rho_a}}, \quad (3)$$

где  $V$  — объем абразивного материала, изношенного в результате взаимодействия с обрабатываемой заготовкой;  $l_{3i-1}$  — величина площадки затупления на абразивном зерне в каждый предыдущий момент времени.

Учитывая (2), получим математическую зависимость для определения величины площадки затупления абразивного зерна в любой момент времени его взаимодействия с обрабатываемым материалом:

$$l_{3i} = 2 \left[ l_{3i-1} + \frac{180V_k W_{a.3}^M T \exp \left[ \frac{qM_m \sigma}{12kT_t \rho_a \cdot 10^{23}} \right]}{n_k \left( 1 + \frac{v_3}{60V_k} \right) \sqrt{v_{\text{спрад}} \frac{D_k d_3 n_3}{(D_k + d_3)}} I_0 \left( i, \frac{qM_m \sigma}{12kT_t \rho_a \cdot 10^{23}} \right) \pi} + \frac{0,24C_0 l_{3i-1}^{3/2} D_{\text{ср}}^{1/2} L_k V_k^{1/2} \rho_m m_d T}{D_k m \pi \rho_a} \right] \quad (4)$$

Зависимости величины площадки затупления от времени работы круга, полученные по формуле (4), которые рассчитаны для начального периода работы инструмента, а также данные других исследователей приведены на рисунке.

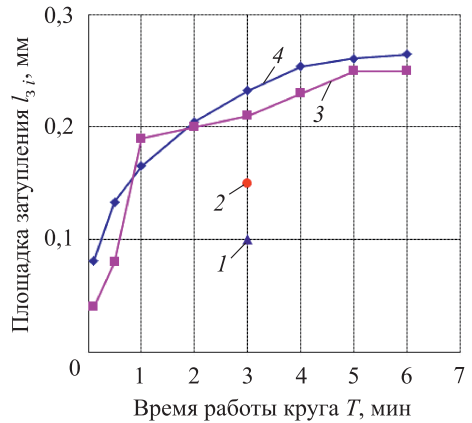
Разработанная математическая модель определения размера площадки затупления абразивного зерна в различных технологических условиях является рекурсивной (учитывает обратную нелинейную связь по величине площадки); многофакторной (учитывает технологические условия выполнения операции шлифования, время работы инструмента и другие параметры); комплексной (учитывает различные механизмы протекания износа абразивного зерна).

Полученные величины площадки затупления свидетельствуют об адекватности модели (4).

Расчет площадки затупления в зависимости от технологических условий, в которых эксплуатируется абразивный инструмент, позволяет прогнозировать значения его эксплуатационных показателей.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лоладзе Т.Н. *Прочность и износостойкость режущего инструмента*. Москва, Машиностроение, 1982, 320 с.
- [2] Филимонов Л.Н. *Стойкость шлифовальных кругов*. Ленинград, Машиностроение, 1973, 134 с.
- [3] Мишнаевский Л.Л. *Износ шлифовальных кругов*. Киев, Наукова думка, 1982, 192 с.
- [4] Маслов Е.Н. *Теория шлифования материалов*. Москва, Машиностроение, 1974, 320 с.



Зависимость величины площадки затупления от времени работы круга:  
 1 — по данным [11]; 2 — по данным [12];  
 3 — по данным [13]; 4 — полученные по формуле (4)

- [5] Носенко В.А., Даниленко М.В. Вероятности видов изнашивания вершин зерен круга и их зависимость от силы контактного взаимодействия и твердости абразивного инструмента. *Известия ВолгГТУ*, 2009, т. 8, № 5, с. 20–23.
- [6] Yossifon S., Rubenstein C. Wheel wear when grinding workpieces exhibiting high adhesion. *International Journal of Machine Tool Design and Research*, 1982, vol. 22, pp. 159–176.
- [7] Deutsch S.J. Analysis of mechanical wear during grinding by empirical-stochastic models. *Wear*, 1974, vol. 29, pp. 247–257.
- [8] Neugebauer R., Hess K.-U., Gleich S., Pop S. Reducing tool wear in abrasive cutting. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2005, vol. 45, pp. 1120–1123.
- [9] Hitchiner M.P., Wilks J. Some remarks on the chemical wear of diamond and cubic BN during turning and grinding. *Wear*, 1987, vol. 114, pp. 327–338.
- [10] Регель В.Р., Слущкер А.И., Томашевский Э.Е. *Кинетическая теория прочности твердых тел*. Москва, Наука, 1974, 560 с.
- [11] Корчак С.Н. *Производительность процесса шлифования стальных деталей*. Москва, Машиностроение, 1974, 280 с.
- [12] Маталин А.А. *Механизм работы абразивного зерна. Основные вопросы высокопроизводительного шлифования*. Москва, Машгиз, 1960, 56 с.
- [13] Dyakonov A.A. Simulated stochastic thermo-physical model of grinding process. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2014, vol. 2, pp. 914–917.

Статья поступила в редакцию 12.10.2015

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Ардашев Д.В. Прогнозирование размера площадки затупления абразивного зерна для различных технологических условий. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2015, вып. 10.

URL: <http://engjournal.ru/catalog/mesc/tempp/1417.html>

**Ардашев Дмитрий Валерьевич** — канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Южно-Уральского государственного университета. e-mail: dva79@inbox.ru

## Predicting the size of the area of abrasive grain bluntness for the various technological conditions

© D.V. Ardashev

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, 454080, Russia

*The main indicators that determine the performance of abrasive tools are the intensity and the degree of its bluntness. When considering the discrete contact of the grinding wheel with the workpiece one can use the size of the area of bluntness as such parameter. The suggested mathematical model of the area of abrasive grain bluntness for the first time takes into account the basic mechanisms of wear and tear — mechanical and physico-chemical. Mechanical wear is analyzed from the standpoint of the kinetic theory of strength of a solid body, and physico-chemical wear — from the standpoint of the theory of mass transfer. Since the analyzed wear of abrasive grains depends on the initial area of bluntness, this model for the first time takes into account nonlinear feedback on the size of the area of bluntness. Thus, the mathematical model is multifactorial and predicts the amount of wear of the abrasive tool in various process conditions.*

**Keywords:** area of bluntness, wear of abrasive grains, kinetic theory of strength, physico-chemical wear.

### REFERENCES

- [1] Loladze T.N. *Prochnost i iznosostoykost rezhushchego instrumenta* [The strength and wear resistance of the cutting tool]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1982, 320 p.
- [2] Filimonov L.N. *Stoykost shlifovalnykh krugov* [Resistance of grinding wheels]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1973, 134 p.
- [3] Mishnaevsky L.L. *Iznos shlifovalnykh krugov* [Wear of grinding wheels]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1982, 192 p.
- [4] Maslov E.N. *Teoriya shlifovaniya materialov* [Theory of material grinding]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1974, 320 p.
- [5] Nosenko V.A., Danilenko M.V. *Izvestiya VolgGTU — Izvestia VSTU*, 2009, vol. 8, no. 5, pp. 20–23.
- [6] Yossifon S., Rubenstein C. Wheel wear when grinding workpieces exhibiting high adhesion. *International Journal of Machine Tool Design and Research*, 1982, vol. 22, pp. 159–176.
- [7] Deutsch S.J. Analysis of mechanical wear during grinding by empirical-stochastic models. *Wear*, 1974, vol. 29, pp. 247–257.
- [8] Neugebauer R., Hess K.-U., Gleich S., Pop S. Reducing tool wear in abrasive cutting. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2005, vol. 45, pp. 1120–1123.
- [9] Hitchiner M.P., Wilks J. Some remarks on the chemical wear of diamond and cubic BN during turning and grinding. *Wear*, 1987, vol. 114, pp. 327–338.
- [10] Regel V.R., Slutsker A.I., Tomashevsky E.E. *Kineticheskaya teoriya prochnosti tverdykh tel* [The kinetic theory of strength of solids]. Moscow, Nauka Publ., 1974, 560 p.
- [11] Korchak S.N. *Proizvoditelnost protsessa shlifovaniya stalnykh detaley* [Productivity of the steel parts grinding process]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1974, 280 p.

- [12] Matalin A.A. *Mekhanizm raboty abrazivnogo zerna. Osnovnye voprosy vysokoproizvoditelnogo shlifovaniya* [Mechanism of abrasive grain work. The main issues of high-performance grinding]. Moscow, Mashgiz Publ., 1960, 56 p.
- [13] Dyakonov A.A. Simulated stochastic thermo-physical model of grinding process. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2014, vol. 2, pp. 914–917.

**Ardashev D.V.**, Cand. Sci. (Eng.), associate professor of the Department “Technology of Mechanical Engineering” at South Ural State University. e-mail: dva79@inbox.ru