

УДК 621.923

В.А. Федорович, канд. техн. наук, Харьков, Украина

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛМАЗНЫХ ЗЕРЕН ПРИ ШЛИФОВАНИИ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

In this paper the new concept – specific wear of diamond grains – is entered. It is determined as the relation of volume of destroyed grains to volume of destroyed superhard polycrystalline material. The technique of definition of specific wear is offered. The comparative analysis of the specific charge and specific wear is realized.

Важнейшим показателем эффективности процесса алмазного шлифования сверхтвердых материалов является степень использования потенциально высокими режущими свойствами алмазных зерен. Широко применяющаяся ее оценка по коэффициенту шлифования и удельному расходу алмазных зерен не несет практически никакой информации о сущности механизма изнашивания.

Удельный расход алмазов (q) учитывает общий объем алмазных зерен, затраченных на сьем определенного объема обрабатываемого материала, т.е. он учитывает суммарный объем и изношенных зерен, и выпавших из связки. Такой показатель не дает ответа на вопрос, насколько эффективно используются потенциальные режущие свойства алмазных зерен, т.е. какая их часть изнашивается, т.е. работает, а какая просто выпадает из связки. Отношение этих величин принято называть коэффициентом использования потенциальных режущих свойств алмазных зерен $K_{и}$.

$$K_{и} = \frac{V_{д}}{V_{з}}$$

где $V_{д}$ - объем диспергированных зерен,

$V_{з}$ – объем всех израсходованных зерен.

Коэффициент $K_{и}$ является одним из главных показателей эффективности процесса алмазного шлифования. По данным Т.Н. Лоладзе и Г.В. Бокучавы [1] при традиционных способах шлифования $K_{и}$ не превышает 5-10%. Если учесть, что средняя стоимость алмазных зерен около 30 центов за карат, а, например, в круге 12A2 150x10x3x32 AC6 находится 58 карат алмазных зерен, т.е. стоимость алмазных зерен в нем составляет \$17,4. Таким образом, даже если коэффициент использования равен 10%, получается, что \$1,74 эффективно используются, а \$15,66 просто «выбрасываем»

в шлам. Исходя из вышесказанного, определение коэффициента использования потенциальных режущих свойств алмазных зерен и поиск путей его увеличения является чрезвычайно важной задачей. Особенно это важно для процессов алмазного шлифования сверхтвердых поликристаллических материалов (СТПМ). При обработке этих материалов твердости алмазных зерен и СТПМ практически одинаковы и удельный расход достигает значительной величины. Например, при шлифовании АСПК зернами марки АС6 кругами на различных органических и металлических связках q может достигать соответственно 50-30 кар/карат, т.е. чтобы снять 1 карат АСПК надо затратить 50-30 карат алмазных зерен. Очевидно, что себестоимость обработки здесь будет очень высока. Этим зачастую и сдерживается широкое применение процесса алмазного шлифования.

Поэтому проблема повышения коэффициента использования свойств алмазных зерен остается одной из самых актуальных в механической обработке.

На основании глубокого анализа работ отечественных и зарубежных авторов В.С. Пташников [2,3,4,5] предложил вести оценку влияния марки алмазных зерен, их зернистости и концентрации, связки круга на износ q , основанную на разделении его на составляющие доли - за счет диспергирования зерен q_d и разрушения связки q_v — пропорционально соответствующим вероятностям P_d и P_v , что позволяет установить новые закономерности в механизме изнашивания круга, открывая возможности для управления им, и наметить пути повышения эффективности использования алмазных зерен.

Исходя из абразивно-механической природы изнашивание алмазного круга при шлифовании постулируется как непрерывный процесс происходящих с различной вероятностью двух равновероятных, несовместимых и независимых случайных событий — диспергирование активных зерен т. е. их микровыкрашивания и выкрашивания, и вырывание зерен из связки в результате ее когезионного и/или адгезионного разрушения границы контакта зерно—связка. Вероятность разрушения связки, т.е. вырывания из нее зерен:

$$P_v = V_v / V_z = 1/e \quad (1)$$

где V_v — объем выпавших из связки зерен, V_z — объем зерен в алмазоносном слое.

Тогда вероятность другого несовместимого случайного события — диспергирования активных зерен основной фракции — $P_d = 1 - e^{-1}$

Соотношение вероятностей P_d и P_v количественно характеризует механизм изнашивания рабочего слоя круга как многокомпонентной системы. Это соотношение в

большой степени определяется рабочей высотой зерен над уровнем связки h_p (рис.1).

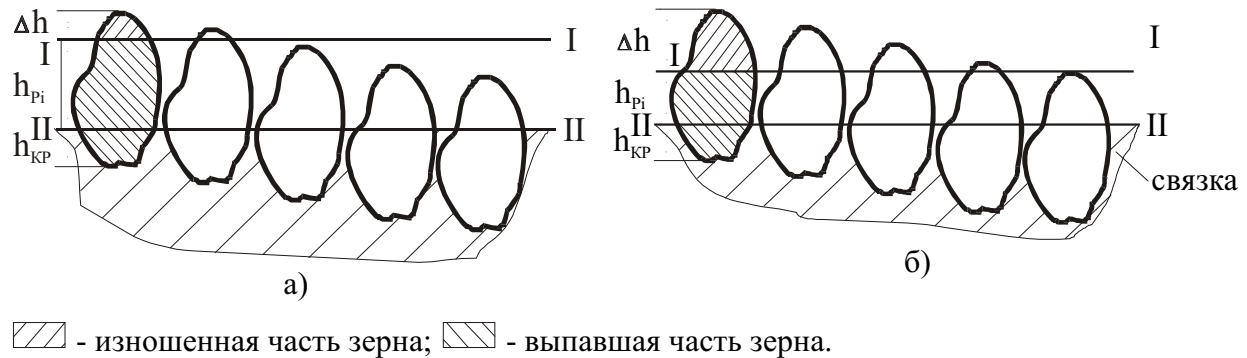


Рис. 1 Модель РПК.

Для оценки влияния физико-механических свойств алмазных зерен (марка зерна) введем новое понятие – удельный износ $q_{и}$. Поскольку процесс шлифования СТПМ это в основном процесс взаимного хрупкого микроразрушения элементов системы «СТПМ - зерно», то в нашем случае $q_{и}$ это отношение объемов разрушенных алмазных зерен к объему снятого обрабатываемого материала

$$q_{и} = \frac{V_3}{V_{СТПМ}} = (d_3 - h_{кр} - h_{св})^3 / d_3^3$$

где V_3 – объем разрушенных зерен, $V_{СТПМ}$ – объем разрушенного СТПМ, d_3 – средний размер зерен, $h_{кр}$ – критическая величина заделки зерна в связку, $h_{св}$ – величина микронеровностей связки (рис.2).

Методика определения $q_{и}$ основана на особенностях шлифования СТПМ кругами на металлических связках [7]. Способ оценки влияния материала связки на износ основан на его разделении на составляющие доли—за счет диспергирования активных зерен q_d и за счет разрушения связки q_b пропорционально соответствующим вероятностям P_d и P_b :

$$\frac{q_d}{q_b} = \frac{P_d}{P_b} = \varepsilon - 1 \quad (2)$$

Следовательно, по экспериментальным значениям ε и q , зная, что $q = q_d + q_b$, и используя уравнение (2), можно количественно оценить в первом приближении вклад материала связки в износ круга, что позволяет управлять или прогнозировать его.

Существенным достоинством управляемого процесса шлифования [9] является то, что в нем при работе с $h_p = h_{св}$ исключается выпадение из связки неработающих

зерен.

Если осуществлять управляемый процесс шлифования с оптимальной рабочей высотой зерен h_p , равной величине микронеровностей связки $h_{св}$, что обеспечивает максимальное использование свойств алмазных зерен и практически исключает контакт связки с обрабатываемым СТПМ, то согласно схеме, рассмотренной в [7], процесс износа РПК адекватен перемещению плоскостей I-I и II-II синхронно вниз, что соответствует износу зерен (I-I) и принудительному удалению связки (II-II) (рис.1).

Тогда объем диспергированной части зерен будет пропорциональным величине h_d (рис.2),

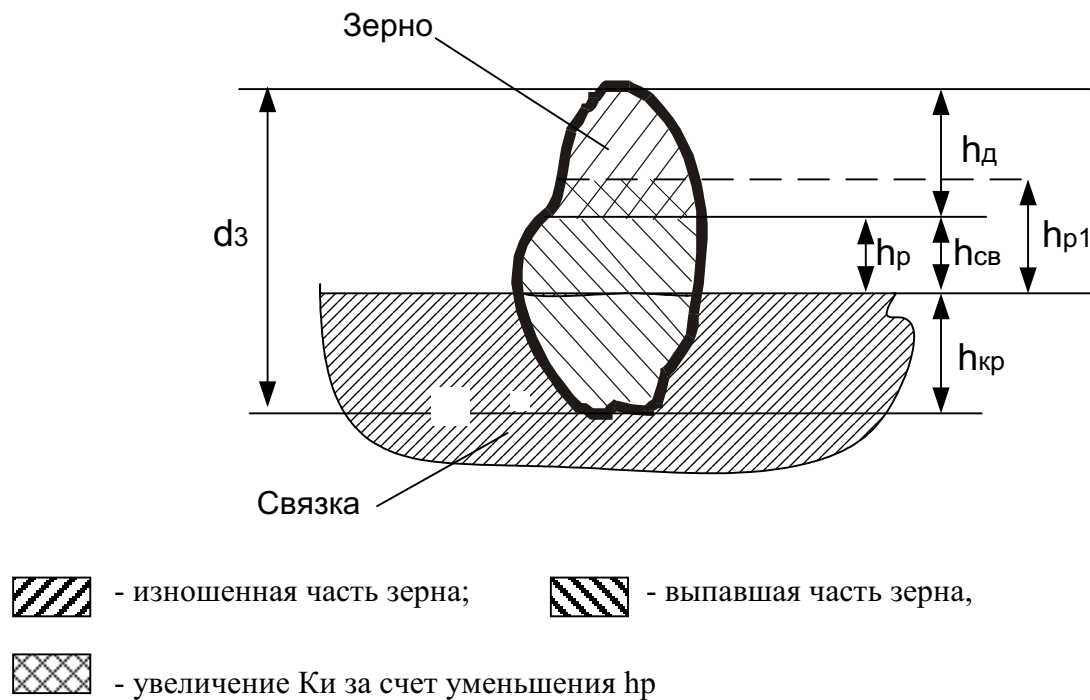


Рис.2 Схема износа алмазного зерна

$$h_d = d_3 - (h_{св} + h_{кр});$$

$$q_d = f (d_3 - (h_d + h_{кр}))^3;$$

а объем выпавшей части зерен будет пропорционален величине h_v

$$h_v = h_{св} + h_{кр},$$

$$q_v = f (h_{св} + h_{кр})^3;$$

$$q = q_v + q_d;$$

Коэффициент неэффективности K_n и относительный коэффициент использования алмазных зерен K приблизительно можно определить:

$$K_n = \frac{(h_{кр} + h_{св})^3}{d_3^3} \cdot 100\%$$

$$K = \frac{V_1}{V_2} = \frac{(d_3 - h_{кр} - h_{св})^3}{(h_{кр} + h_{св})^3}$$

Удельный износ алмазных зерен пропорционален величине линейного износа круга $\Delta h = h_d$.

$$d_3 = h_d + h_{св} + h_{кр};$$

Величину микронеровностей связки $h_{св}$ определяем по методике [8]. Критическую величину заделки зерен в связку $h_{кр}$ определяли методом 3D – моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) системы "СТПМ-зерно-связка" с использованием пакета прикладных программ типа "Cosmos" по методу конечных элементов. Исследовалось влияние нагрузки на единичное зерно Рз, физико-механические свойства связки. Пример расчетной схемы и НДС системы приведен на рис.3.

Экспериментальное исследование возможностей повышения коэффициента использования алмазных зерен за счет их физико-механических свойств, зернистости и концентрации, свойств связки приведены на рис. 4 и 5.

На основании анализа расчетной схемы определяются способы сокращения различных частей износа круга за счет диспергирования активных зерен q_d и выпадения зерен из связки q_v , которые оцениваются по их эффективности величиной коэффициента K_d и K_v (рис.4).

Эффективность способа оцениваем по относительному изменению безразмерных параметров $K_d^{отн}$ и $K_v^{отн}$ с учетом значения интервала изменения параметра D .

Экспериментально изучено влияние марки алмазных зерен и связки круга, физико-механических свойств обрабатываемого СТПМ, в том числе и свойств анизотропии.

Увеличение рабочей высоты зерен даже h_p при неизменной величине $h_{кр}$ (она должна увеличиваться вследствие уменьшения числа зерен в контакте N_k и возрастания нагрузки на них) приводит к уменьшению эффективно диспергированной части зерен h_d . Таким образом, управляемый процесс следует осуществлять с минимальной рабочей высотой h_p , ограниченной только высотой микронеровностей связки $h_{св}$, т.е. $h_p = h_{св}$.

Анализ полученных результатов показывает, что наиболее эффективный путь повышения Ки зерен – это повышение свойств алмазоудержания связки вплоть до твердосплавных, применение которых возможно только в разработанных нами способах шлифования с комбинированным управлением параметрами РПК [9].

Список литературы: 1. Лоладзе Т.Н., Бокучава Г.В. Износ алмазов и алмазных кругов. М.: Машиностроение, 1967. – 111с. 2. Пташников В. С. Относительное диспергирование активных зерен эльбора при шлифовании как характеристика механизма износа круга // Абразивы.—1976.— Вып. 12—С. 1—7. 3. Пташников В. С. Исследование изнашивания шлифовальных кругов по гранулометрическому составу шлифматериала в шламе (обзор). Часть 1. // Сверхтвердые материалы.— 1992.— .№ 3.— С. 38—44. 4. Пташников В. С. Исследование изнашивания шлифовальных кругов по гранулометрическому составу шлифматериала в шламе (обзор). Часть 2. //Сверхтвердые материалы.— 1992.— .№ 4.—С. 44—49. 5. Пташников В. С. Влияние механизма износа круга на удельный расход эльбора при шлифовании //Абразивы. - 1978.— Вып. 9.— С. 6—10. 6. Федорович В.А. Удельный расход и удельный износ алмазных зерен при шлифовании СТПМ.// Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков:ХГПУ, 1999. – Вып 54. – С.230-233. 7. Федорович В.А., Гринько С.А. Динамика изменения параметров рабочей поверхности круга при шлифовании СТПМ. // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков:ХГПУ, 2000. – Вып. 56. – С.154-163. 8. Молчанов А.Д. Формирование поверхностного слоя изделий из оксидной керамики при алмазном шлифовании. Дисс. канд. техн. наук. – Донецк, 2001. – 256с. 9. Федорович В.А. Способы шлифования с комбинированным управлением режущим рельефом кругов // Вестник ХГПУ. – Харьков, 1995.– Вып.45. – С.26-28.

Поступила в редколлегию 25.06.01
Представлена докт. техн. наук Грабченко А.И.

$$g = g_p + g_e$$

$$K_d = \frac{g_{\delta_1}}{g_{\delta_2}}$$

$$K_e = \frac{g_{e_1}}{g_{e_2}}$$

$g_{\delta_1}, g_{\delta_2}$ — удельный износ за счет диспергирования зерен

g_{e_1}, g_{e_2} — удельный износ за счет выпадения зерен из связки

$$K_e^{отн} = \frac{K_e}{D}$$

$$K_d^{отн} = \frac{K_p}{D}$$

$$D = \frac{A_2}{A_1}$$

D - изменение входного показателя

A1, A2 - показатель процесса

Повышение эффективности

за счет алмазоудержания

Параметр	Алмазоудержание (прочность связки) D=2	Зернистость D=4	Концентрация D=1/8	h _{св} D=2
K_e	3	6	2	1,2
$K_e^{отн}$	2,6	4,4	1,7	1,13

за счет разрушения зерен

Параметр	Повышение динамической прочности зерен D=5	K_{IC} зерна D=2,5	Ориентация {100} {111} D=10	$V_{кр}$ D=3
K_d	6	3	12	3,4
$K_d^{отн}$	5,3	2,0	7	3,0

Коэффициент использования зерен $K_u = \frac{g_u}{g} * 100\%$

Критическая величина заделки зерен $h_{кр} = a \times l_3$, где $a =$					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
K_u %	60	50	40	30	20

Концентрация K%										
	5	10	15	20	25	50	100	150	200	250
K_u %	80	75	70	60	50	45	20	18	10	5

Связка										
	МВ 1	ПМ 12	МО 13	М 1	МК	М 15	МС 1	М 3	МЖ	МО 3
K_u %	6	10	15	20	25	30	45	75	80	85

Марка зерна								
	AC 2	AC 6	AC 15	AC 32	AC 50	AC 82	AC 100	AC 170 T
K_u %	8	15	18	22	25	30	35	50

Зернистость										
	50 / 40	63 / 50	80 / 63	100 / 80	125 / 100	160 / 125	200 / 160	250 / 200	315 / 250	400 / 315
K_u %	80	78	68	55	43	38	25	20	15	5

Рис.4 Пути повышения эффективности использования алмазных зерен

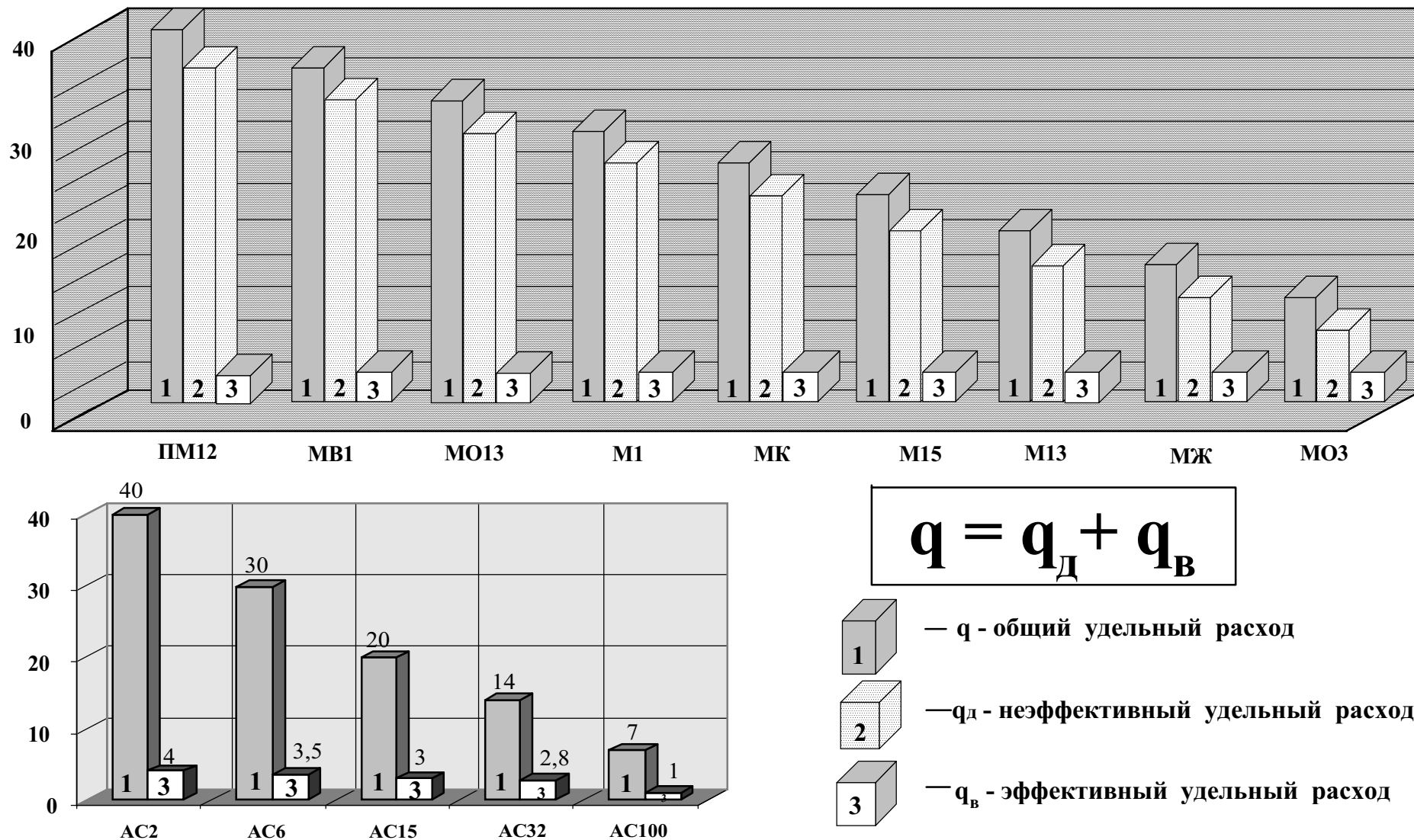


Рис. 5 Роль связки и марки зерен в эффективности их использования