

А.В. СИМОНЯН, И.Г. ТЕР-АЗАРЯН

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЕДИНИЧНОГО АЛМАЗНОГО ЗЕРНА ПРИ ОБРАБОТКЕ ХРУПКО-ПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Приведены данные по работе единичного алмазного зерна с учетом условий трения. Дана математическая модель для расчета силы  $P_z$ . Полученные данные позволили рассчитать мощность при распиловке туфа прочностью 20 МПа.

**Ключевые слова:** сила трения, алмазное зерно, раздавливание, условный передний угол, тарировка, деформация.

Вопросы обработки различных материалов алмазным инструментом достаточно подробно изложены в ряде работ [1-5]. Однако основные закономерности сформулированы на основе экспериментальных данных. Практически аналитический анализ работы единичного алмазного зерна проведен в ограниченном количестве исследований [4-8]. Наиболее значительным является исследование, выполненное в [7], где, имея в виду большие скорости при работе алмазного инструмента (до 60 м/с и более), процесс рассмотрен с учетом скорости распространения упругих деформаций в упруго-пластичной среде.

Однако проведенные расчеты по работе единичного зерна вызывают сомнения – при резании мрамора с  $\delta = 60$  МПа инструментом с зернистостью 100/80 сила резания равна 0,005 Н.

Исходя из изложенного, предлагается другое решение с учетом фактора скорости при принятии алмазного зерна в шаровом виде.

Сила резания  $P_z$  при работе алмазного зерна формируется из двух составляющих – силы разрушения материала зерном  $P_p$  и силы трения  $P_{тр}$ , т.е.

$$P_z = P_p + P_{тр} . \quad (1)$$

Следует отметить, что ни в одном из известных исследований, в том числе и в [7], сила трения не учитывалась, несмотря на априорно существенное ее влияние.

Для решения поставленной задачи при резании хрупко-пластичных материалов исходили из следующего: сила  $P_p$  должна быть тем больше, чем больше прочность породы и сечение среза  $S_i$ . Следует иметь в виду, что процесс разрушения породы происходит не путем скалывания элементов, а путем раздавливания [6] вследствие больших значений условного переднего угла, доходящего при малых  $t$  до  $89^\circ$  (табл. 1). С другой стороны, известно, что с увеличением скорости

деформации необходимо учитывать рост прочности  $\sigma$ , т.е. принимать во внимание динамическую прочность  $\sigma_d$  [9].

Таким образом, можем принять, что

$$P_p = f(\sigma, V, S_1). \quad (2)$$

Как известно, при трении алмазного элемента с породой коэффициент трения  $\mu$  снижается с ростом скорости и растет с увеличением поверхности трения  $S_2$ , то есть

$$P_T = f_1(V, S_2, \mu). \quad (3)$$

Значения  $S_1$  и  $S_2$  подсчитываются обычным образом. При этом  $S_2$  - половина шаровой поверхности зерна, т.е. той ее части, которая контактируется с породой.

Исходя из вышеизложенного, при работе алмазного зерна в хрупко-пластичной среде принята модель следующего вида:

$$P_z = P_p + P_T = A\sigma V^x S_1 + BV^y S_2 \mu, \quad (4)$$

где  $\mu$  - коэффициент трения при скорости  $V=2,2$  м/с;  $x=0,15$ ;

$$B = \frac{230}{V^{0,5}} - 5V^{0,5}.$$

Таблица 1

Значения условного переднего угла от среднего размера зерен  $\gamma$ , мм

Глубина сре-заемого слоя, мм	Угол обхвата $\alpha$ при $r=0,08$ мм	Значения $\gamma$ при разной зернистости (средние значения)				
		0,08	0,18	0,28	0,45	0,56
0,01	58	-75	-87	-89,5	89,5	-89,5
0,02	82	-69	-83,0	-86,0	-89,0	-88
0,03	102	-64	-80,0	-83,0	-86	-87
0,04	120	-60	-77,0	-82,0	-85	-86
0,05	136	-58	-74,0	-79,5	-83	-85
0,06	150	-52	-71,0	-77,5	-82	-84
0,07	-	-48	-67,0	-77,0	-81	-83
0,08	180	-45	-64,0	-73,5	-80	-82

Для проверки правильности общей структуры зависимости (4) с установленными значениями  $x$  и  $y$  и коэффициентов  $A$  и  $B$  были использованы экспериментальные данные при резании алмазным зерном оптического стекла К-8 с  $\delta=80$  МПа, исходном значении  $\mu=0,2$  при  $V<2$  м/с [8] на установке, позволяющей производить динамическую тарировку [10].

Полученные результаты, позволившие сравнить расчетные значения с экспериментальными (рис.), приведены в табл.2.

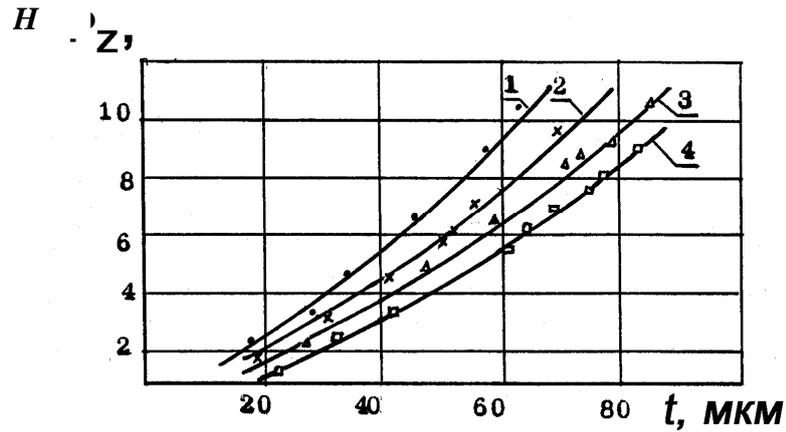


Рис. Зависимость силы  $P_z$  от глубины резания  $t$  при обработке (царапании стекла К8).  
 1 –  $V=2,2$  м/с; 2 – 6,5 м/с; 3 – 11,5 м/с; 4 – 16 м/с

Таблица 2

Расчетные и экспериментальные значения  $P_z$  при резании (царапании) оптического стекла с  $\sigma = 80$  МПа и радиусом округления алмазного индентора  $r = 0,08$  мм [8]

Режимы обработки		Расчетные значения $P_z$ , $H^*$	Экспериментальные значения $P_z$ , $H$	Разница, %
$V$ , м/с	$t$ , мм			
2,2	0,03	3,72	3,8	-2,0
2,2	0,06	8,5	9,5	-10
2,2	0,08	11,6	-	-
6,5	0,03	2,95	3,2	-7,8
6,5	0,06	7,8	7,5	4,0
6,5	0,08	9,6	11	-8,3
11,5	0,03	2,61	2,8	-4,0
11,5	0,06	6,35	6,6	-3,8
11,5	0,08	9,1	9,3	-2,1
16,0	0,03	2,56	2,5	2,4
16,0	0,06	6,3	5,8	8,6
16,0	0,08	9,1	8,4	8,3

\* - значения  $S_1$  рассчитывались по табличным данным, а  $S_2 = 2\pi r t / 2 = \pi r t$ .

Как видно из табл. 2, расчетные данные достаточно хорошо согласуются с экспериментальными. При этом при малых значениях скорости резания –  $P_t > P_p$ . С увеличением  $V$  начинают превалировать значения  $P_p$ .

Рассмотрим условия распиловки туфа прочностью 20 МПа пилой диаметром 1250 мм на глубину  $h=400$  мм с минутной подачей  $S_M=2$  м/мин и  $V=30$  м/с.

Имея данные табл. 3, сила, действующая на зерно, согласно (4), будет

$$P_z = 3,98 \text{ Н},$$

$$\Sigma P_z = P_z n_{pc} = 377 \text{ Н}.$$

Мощность процесса резания:

$$N_p = \frac{\Sigma P_z V}{102 \cdot \eta_1} = 12,32 \text{ кВт},$$

где  $\eta_1$  – коэффициент потерь от выноса продуктов разрушения и воды,  $\eta_1 = 0,9$ .

Мощность двигателя  $N_d$ :

$$N_d = \frac{N_p}{\eta_\eta} = 14,33 \text{ кВт},$$

где  $\eta_\eta$  – КПД привода.

Таблица 3

Принятые основные данные

Основные показатели	Значения	Принятые значения и расчеты
1. Средний размер зерна $\bar{X}$ , мм	0,535	Минутная подача $S_M=2$ м/мин, концентрация $K=100\%$ , зернистость алмазов 630/500, $\alpha=0,7$ ; $\varepsilon=0,7$ . Число сегментов на пиле – 90; длина сегмента – 24 мм. Число непосредственно находящихся в контакте с породой сегментов – 16.
2. Глубина резания единичным зерном $t$ , мм	0,1	
3. Условный передний угол $\gamma^\circ$	-80	
4. Производительность $W$ , мм/с	0,3	
5. Общая поверхность 16 работающих сегментов, мм <sup>2</sup>	2860	
6. Число работающих зерен в одном мм <sup>2</sup> алмазного слоя	0,0331	
7. Число работающих зерен всей пилы, шт	496	
8. Число работающих зерен на 16 сегментах прс, шт	94,7	
9. Уточненное значение, т мм	0,105	
10. Площадь сечения среза $S_1$ , мм <sup>2</sup> [11]	0,0116	
11. Площадь трения зерна $S_2$ с учетом пористости туфа ( $n=40\%$ ), мм <sup>2</sup> [12]	0,0529	

Как видно, приведенная расчетами мощность соответствует реальным практическим данным и данным [13], в котором показатели силы и мощности определены также с помощью опытных коэффициентов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Маслов Е.Н.** Теория шлифования материалов. – М.: Машиностроение, 1974. – 319 с.
2. **Резников А.Н.** Абразивная и алмазная обработка материалов: Справочник. – М.: Машиностроение, 1977. – 390 с.
3. **Ипполитов Г.М.** Абразивно-алмазная обработка. – М.: Машиностроение, 1969. – 336 с.
4. **Попов С.А.** и др. Абразивно-алмазная обработка металлов и твердых сплавов. – М.: Машиностроение, 1977. – 263 с.
5. **Чаповецкий И.Х.** Основы финишной алмазной обработки. – Киев: Наукова думка, 1980. – 467 с.
6. **Саркисян М.Г.** Разработка и создание алмазного фрезерного рабочего органа для измельчения туфов сухим способом: Дис. ... канд. техн. наук. – Киев, 1996.
7. **Баладинский В.Л., Баранников В.Ф.** Применение алмазного и твердосплавного инструмента в строительных машинах / МИСИ им. Куйбышева. - М., 1986. – 59 с.
8. **Симонян А.В.** Исследование процесса шлифования стеклокристаллических материалов с использованием У.З. колебаний: Дис. ... канд. техн. наук. – Ереван, 1976.
9. **Ветров Ю.А., Баладинский В.Л.** Машины для специальных земляных работ. – Киев: Вища школа, 1980. – 191 с.
10. **Симонян А.В., Тер-Азарян Г.И.** Установка для измерения усилий резания при работе единичным алмазным зерном с наложением на него ультразвуковых колебаний // Электрофизические и электрохимические методы обработки. – 1976. – Вып. 3. – С.
11. Общетеchnический справочник / Под ред. **А.Н. Малова.** – М.: Машиностроение, 1971. – С. 74-75.
12. **Ацагорцян Э.А.** Природные каменные материалы Армении. – М.: Стройиздат, 1967. – 235 с.
13. **Варданян К.С.** Техника и технология камнеобработки. – Ереван: Айастан, 1968. – 111 с.

ГИУА.           Материал поступил в редакцию 19.10.1999.

**Ա. Վ. ՄԻՄՈՆՅԱՆ, Ի. Գ. ՏԵՐ-ԱԶԱՐՅԱՆ**

**ՓԻՐՈՒՆ - ՊԼԱՍՏԻԿ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ ԱՌԱՆՁԻՆ**

**ԱԼՄԱՍՍՍՍՅԻՆ ՀԱՏԻԿԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

Բերված են առանձին ավաստային հատիկի աշխատանքի տվյալները՝ հաշվի առնելով շփման ուժերը: Կտրման ուժի հաշվարկման համար տրված է մաթեմատիկական մոդել: Ստացված տվյալները թույլ են տալիս հաշվել տուֆի սղոցակտրման հզորությունը:

**A.V. SIMONYAN, I. G. TER-AZARYAN**

**SINGLE DIAMOND GRAIN ACTING PROPERTIES IN MACHINING BRITTLE PLASTIC MATERIALS**

Single diamond grain acting data in friction conditions are presented. A mathematical model for  $P_z$  force calculation is given. The data obtained allowed to calculate the power when sawing the tuf, having strength 20 MPa.