

МАШИНОСТРОЕНИЕ

И. А. ТЕР-АЗАРЬЕВ, С. С. ЕГИЯН

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ СЕЧЕНИЯ СРЕЗА НА СИЛУ
ПРИ НЕСВОБОДНОМ РЕЗАНИИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Основной объем добычи многих разновидностей природного камня (туфы, известняки, мраморы и др.) производится с помощью камнерезных машин, режущий орган которых выполнен в виде пил.

Имеющимися исследованиями процесса взаимодействия режущей части рабочего органа с обрабатываемым материалом достаточно полно охвачены вопросы износа и энергосиловых показателей [1, 2]. Однако вопросы энергосиловых показателей при несвободном резании в зависимости от режимов и состояния инструмента недостаточно изучены.

В настоящей статье рассмотрены вопросы влияния подачи, ширины среза и износа инструмента на силовые показатели процесса в условиях несвободного резания, наиболее характерного для работы дисковых пил, зубки которых установлены в одну линию. Именно такие пилы нашли наибольшее распространение при добыче туфов и известняков.

Анализ процесса взаимодействия инструмента с обрабатываемым материалом, обладающим хрупкими свойствами, к которым относятся и природные каменные материалы, показывает, что силу в условиях несвободного резания можно выразить как сумму: силы потребной на разрушение (диспергирование) материала передней гранью P_p , силы срезания материала с боковых сторон P_s и силы трения режущей части по всему периметру контакта с обрабатываемым материалом $P_{тр}$:

$$P = P_p + P_s + P_{тр} \quad (1)$$

Составим математическую модель каждой из этих составляющих, используя имеющуюся информацию из литературных источников.

На основании [2] можем написать

$$P_s = \frac{C_s}{a^2} F, \quad (2)$$

где a , F — толщина и сечение среза; C_s — коэффициент.

Сила, потребная на сревание материала с боковых сторон, очевидно, должна быть тем больше, чем больше α , т. е.

$$P_s = C_s \alpha^2. \quad (3)$$

Сила же трения будет тем больше, чем больше периметр контакта инструмента с обрабатываемым материалом, а также износ по задней грани Δ :

$$P_{тр} = C_2 \Delta (b + 2a), \quad (4)$$

где $b = \frac{F}{a}$ — ширина среза.

В (2), (3) и (4) коэффициенты C_1 и C_2 зависят от геометрии инструмента, физико-механических свойств породы и износа инструмента, а коэффициент C_3 кроме того, и от скорости резания.

В общем виде математическая модель силы резания имеет вид:

$$P = \frac{C_1}{a^x} F + C_3 a^y + C_2 \Delta (b + 2a). \quad (5)$$

В представленном уравнении неизвестными являются коэффициенты C_1 , C_2 , C_3 и показатели степеней x и y . Для их определения проведена серия экспериментов на различных хрупких материалах прочностью

от 300 до 540 кгс/см² практически острым инструментом ($\Delta = 0,1$ мм, $\gamma = 0$). Одна из серий экспериментов, осуществленных на специальной установке с измерением сил резания с помощью тензометрической установки, обеспечивающей точность фиксации сил в пределах до 5%, представлена на рис.

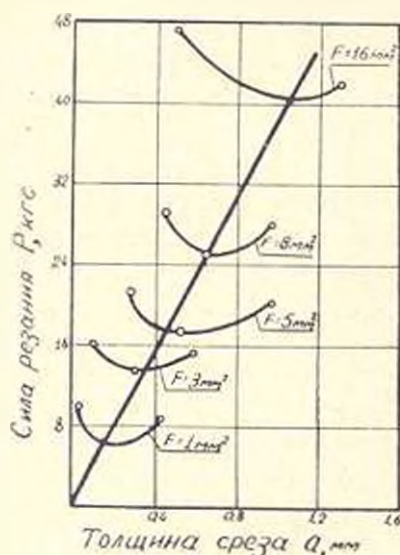


Рис. Зависимость силы резания от толщины и сечения среза для гуфа Азизбековского месторождения.

Из представленных данных прослеживается характерное обстоятельство, установленное еще ранее [3], заключающееся в том, что для каждого сечения среза F наблюдается зона минимума силы, названная критической $P_{кр}$, соответствующая определенной толщине среза $a_{кр}$. значение которой с уменьшением F также уменьшается.

Наличие критической силы $P_{кр}$ и толщины среза $a_{кр}$ при анализе уравнения (1) свидетельствует о том, что составляющие силы резания с изменением толщины среза ведут себя по-разному. Если P_p с увеличением a уменьшается, то $P_{кр}$ и $P_{тр}$ должны увеличиваться.

Прежде чем перейти к установлению связи $a_{кр}$ с шириной среза b , необходимо выявить, какое влияние может оказать прочность породы и износ инструмента. В табл. 1 и 2 приведены некоторые экспериментальные данные.

Таблица 1

$\sigma_{сж} = 33 \text{ кгс/см}^2$			$\sigma_{сж} = 75 \text{ кгс/см}^2$			$\sigma_{сж} = 540 \text{ кгс/см}^2$		
$b, \text{ мм}$	$a_{кр}, \text{ мм}$	$\frac{b}{a_{кр}}$	$b, \text{ мм}$	$a_{кр}, \text{ мм}$	$\frac{b}{a_{кр}}$	$b, \text{ мм}$	$a_{кр}, \text{ мм}$	$\frac{b}{a_{кр}}$
6	0,128	47	6	0,132	45	6	0,125	48
10	0,36	28	10	0,37	27	10	0,36	28
14	0,75	18,7	14	0,7	20	14	0,72	19,5
16	0,9	17,8	16	0,91	17,6	16	0,89	18
18	1,15	15,6	18	1,1	16,3	18	1,18	15,2

Как видно из табл. 1, прочность породы не оказывает влияние на значение $a_{кр}$, повышая лишь абсолютные значения силы $P_{кр}$. Несколько иная картина наблюдается с изменением износа инструмента Δ : оно приводит к смещению критических толщин среза в сторону больших значений.

Таблица 2

Прочность $\sigma_{сж}, \text{ кгс/см}^2$	$\Delta = 0$		$\Delta = 0,1$		$\Delta = 0,3$		$\Delta = 0,6$		$\Delta = 1$	
	$a_{кр}, \text{ мм}$	$b, \text{ мм}$	$a_{кр}, \text{ мм}$	$b, \text{ мм}$	$a_{кр}, \text{ мм}$	$b, \text{ мм}$	$a_{кр}, \text{ мм}$	$b, \text{ мм}$	$a_{кр}, \text{ мм}$	$b, \text{ мм}$
1	0,154	6,5	0,175	5,7	0,215	4,65	0,25	4	0,28	3,6
3	0,317	9,5	0,35	8,6	0,405	7,4	0,47	6,4	0,53	5,67
5	0,447	11,2	0,475	10,5	0,55	9,1	0,63	8	0,705	7,1
8	0,61	13,1	0,69	11,6	0,74	10,8	0,825	9,7	0,915	8,75
10	0,97	16,5	1,07	15	1,15	14	1,25	12,8	1,37	11,7

Имея экспериментальные данные для разных условий резания в широком диапазоне изменения a и F и зная значение критических толщин среза $a_{кр}$ для разных F , на ЭВМ ЕС1022 определены значения неизвестных в уравнении (5) для фельзитового туфа Азизбековского месторождения: $C_1 = 1,55$; $C_2 = 13$; $C_3 = 0,8$; $x = 0,5$; $y = 1$. При этом установлено, что с изменением прочности породы показатели степеней x и y остаются неизменными, а изменяются лишь коэффициенты C_1 , C_2 и C_3 . Зависимость этих коэффициентов от прочности имеют линейный вид: $C_1, C_2, C_3 = K\sigma_{сж}$, где K даны в кгс/см^2 .

Значения коэффициента k следующие: для $C_1 - k_1 = 2,88 \cdot 10^{-4}$; $C_2 - k_2 = 26 \cdot 10^{-3}$; $C_3 - k_3 = 1,48 \cdot 10^{-3}$.

Дифференцированием уравнения (5) можно определить зависимость $a_{кр}$ от b и Δ . Однако выражение имеет громоздкий вид, след-

ствие чего оно ниже приводится в упрощенном виде, обеспечивающем точность в пределах $\pm 5\%$:

$$a_{\text{ср}} = 3,55 \cdot 10^{-3} b (b + 22,5\Delta), \text{ мм.} \quad (6)$$

Выводы

1. Представленная для несвободного резания математическая модель силы резания природного камня хорошо описывает экспериментальные данные процесса взаимодействия инструмента с породой в зависимости от прочности, сечения среза и износа инструмента.

2. Критическая толщина среза, при которой сила резания имеет наименьшее значение, не зависит от прочности породы и является функцией ширины среза (сечения среза) и износа инструмента по задней грани.

НИИКС

Поступило 25.11.1980

Ի. Ա. ՏԵՐ-ԱԶԱՐՅԷ. Ս. Ս. ԵՂԵՅԱՆ

ԿՏՐՎԱԾՔԻ ԱԶԳԵՅՈՒԹՅԱՆ ԱԻՄԱՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԿՏՐՄԱՆ ՈՒՅԻ ՎՐԱ ՐՆԱԿԱՆ ՔԱՐՆԵՐԻ ՈՉ ԱԶՍՏ ԿՏՐՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Կտրման ուժի համար կազմած մաթեմատիկական մոդելի ուսումնասիրությունը պարզեց, որ ոչ ազատ կտրման ժամանակ, մինևույն կտրվածքի ղեպքում դոյություն ունի կտրվածքի խորության և լայնության այնպիսի հարաբերություն, որի ժամանակ կտրման ուժը նվազագույնն է, որը ապացուցված է փորձերով: Այդ խորությունը անվանում ենք կրիտիկական:

Կրիտիկական խորությունը կտրման լայնության և հետևի նիստի մաշվածքի ավելացման հետ աճում է, բայց նրա արժեքը քարերի տնթության փոփոխումից մնում է հաստատուն:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Касьян М. В., Тер-Азарьев И. А. Оценка обрабатываемости природного камня. Тр. НИИКС, вып. 3, М., Стройиздат, 1966, с. 169—173.
2. Тер-Азарьев И. А. Динамика процесса резания камня. Ереван, изд. Госстрой АрмССР, 1959, 106 с.
3. Тер-Азарьев И. А. Влияние формы контакта кромки на усилия при резании камня. «Известия АН АрмССР (серия Т. II)», т. X, № 2, 1957, с. 43—50.