

М. В. КАСЬЯН, И. А. ТЕР-АЗАРЬЕВ

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ КАМНЯ

1. Тепловые явления при резании камня мало изучены, несмотря на то, что в определенных условиях температура инструмента достаточно высокая. Известно, что с увеличением температуры твердость вольфрамо-кобальтовых твердых сплавов понижается [1, 2], следовательно, при достаточно высоких значениях температуры его режущие свойства ухудшаются, что приводит к резкому возрастанию износа инструмента, особенно при резании прочных и абразивных пород. В существующей литературе имеется лишь несколько работ, освещающих вопросы температуры инструмента при резании природного камня или горных пород [3, 4]. Однако, во всех случаях рассмотрены лишь отдельные стороны вопроса.

В экспериментальной части проведенной авторами работы учтены имеющиеся недостатки. Замер температуры осуществлялся медно-константановыми термопарами, схема закрепления которых представлена на рис. 1. Опыты проводились на различных породах, основные физико-механические свойства которых приведены в табл. 1.

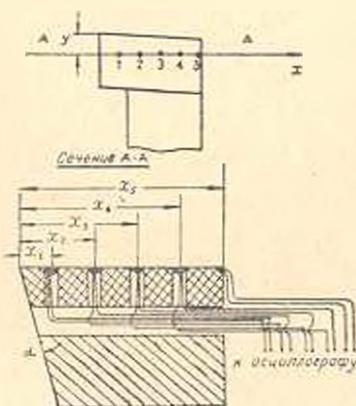


Рис. 1.

Таблица 1

Наименование породы	Физико-механические свойства	
	прочность $\sigma$ кг/см <sup>2</sup>	объемный вес $\gamma$ т/м <sup>3</sup>
Гуф арктического типа . . . . .	115	1,67
Гуф ереванского типа . . . . .	165	1,64
то-же . . . . .	190	1,66
Гуф андийского типа . . . . .	180	1,31
Гуф фельзитовый . . . . .	180	1,88
Базальт . . . . .	1200	2,64

Прежде чем перейти к выполнению основной части работы по выявлению влияния режимов резания на температуру режущей зоны реза и особенно температуры режущей кромки, необходимо было решить вопрос стабильности состояния инструмента в работе и его влияние на температурные данные, а также вопрос влияния времени работы на температуру и период, после которого имеет место установившийся тепловой поток.

Известно, что состояние инструмента в работе не остается стабильным вследствие абразивного действия породы на его режущую зону. Указанное обстоятельство определенным образом отражается на температуре, что наглядно видно из данных рис. 2 при точении базальта.

Характерным является то, что с ростом износа линейно растет температура каждой точки, а с приближением точки к режущей кромке интенсивность влияния износа на температуру повышается. Такая же картина воздействия износа на температуру наблюдается при резании всех других пород (табл. 1).

На рис. 3 приведена одна серия кривых влияния времени работы инструмента на температуру его режущей зоны, из которых вид-

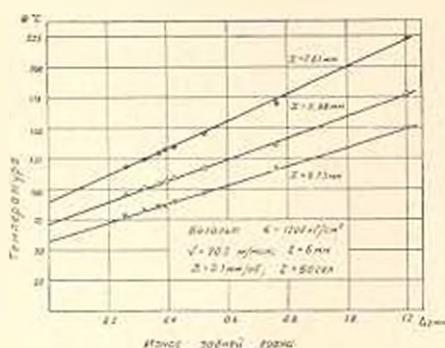


Рис. 2.

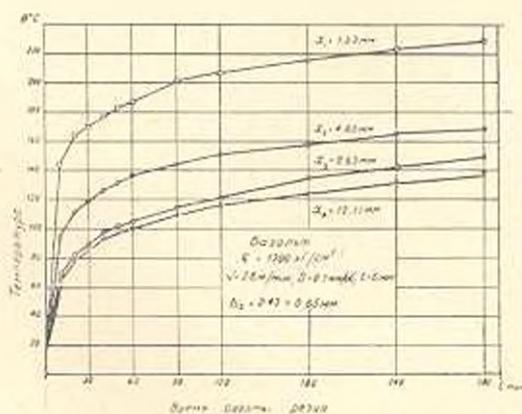


Рис. 3.

но, что интенсивный рост температуры наблюдается в первые 20–30 секунд его работы, хотя, вследствие нарастания износа инструмента, температура и в дальнейшем продолжает расти, но уже с меньшей интенсивностью. Указанное дает основание при выявлении влия-

ния режимов резания на температуру, ограничиться временем каждого опыта в 30—60 секунд.

2. Наибольший интерес представляет влияние скорости резания на температуру потому, что скорость является важным технологическим фактором повышения производительности процесса, а также и потому, что из теории резания металлов известно о наиболее интенсивном влиянии скорости на температуру [5, 6, 7].

На рис. 4 в логарифмической сетке приведены данные по влиянию скорости резания на температуру различных удаленных от режущей кромки точек резца при обработке базальта. Из приведенного видно, что зависимость может быть представлена в виде:

$$t = C_1 v^k,$$

В табл. 2 приведены величины  $C_1$  и  $K$ .

Таблица 2

Наименование породы	Расстояние (точка от режущей кромки) $\lambda$ , мм	Режимы работы			Питание $S$ , мм	$C_1$	$K$
		$S$ , мм об	$f$ , мм	$v$ , сек			
Туф арктического типа . . . . .	1,51	0,1	6	60	0,65	12,6	0,54
	5,27					10,3	
Туф ерванского типа . . . . .	1,7	0,1	6	60	0,78	15,8	0,51
	5,45					13,2	
Туф ерванского типа . . . . .	2,31	0,1	6	30	0,7	14,0	0,53
	5,7					11,25	
Туф фельзитный . . . . .	2,47	0,2	6	60	0,72	20,2	0,54
	5,84					16,25	
Базальт . . . . .	2,5	0,1	6	60	0,58	26,6	0,56
	5,87					21,7	
	8,62					17,6	

Данные представленные в табл. 2 показывают, что интенсивность влияния скорости на температуру не зависит от свойств обрабатываемой породы.

Влияние подачи на температуру характеризуется относительно малой интенсивностью и имеет вид:

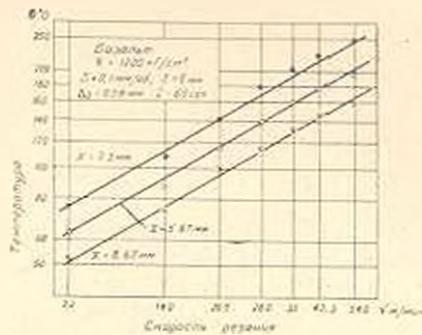


Рис. 4.

$$b = C_2 s^m.$$

Значения  $m$  для разных пород приведены ниже в табл. 3.

Наименование пород	Значение $m$
Туф ерванского типа . . . . .	0,12 0,13
Туф аниского типа . . . . .	0,15
Туф фельзитовый . . . . .	0,14
Базальт . . . . .	0,14

Аналогичной зависимостью выражается влияние глубины резания на температуру:

$$b = C_3 l^n,$$

где среднее значение показателя степени  $n \approx 0,5$ .

Таким образом, зависимость температуры любой точки режущей зоны реза, отстоящей от режущей кромки на расстоянии  $x$ , от режима резания имеет вид:

$$t_x = C V^k S^m l^n,$$

где величиной коэффициента  $C$  определяется влияние всех остальных факторов на температуру.

В приведенной зависимости важно, то что значения  $m$  и  $n$ , так же как и  $k$  не зависят от свойства обрабатываемой породы.

Второе обстоятельство, обращающее на себя внимание — это соотношение значений показателей степеней  $k$ ,  $m$  и  $n$ , резко отличающиеся от таковых при резании металла. Если влияние скорости резания на температуру, примерно, такое же как для металла, то влияние  $S$  и  $l$  прямо противоположные. При этом необходимо отметить, что малое влияние  $S$  на температуру вполне закономерно, так как известно, что с изменением подачи сила, действующая на заднюю грань инструмента не изменяется [8], а следовательно не изменяется и интенсивность теплового источника, действующего по задней грани. Некоторый рост температуры с увеличением подачи происходит вследствие увеличения работы разрушения передней гранью. Для суждения о режущих свойствах инструмента, необходимо знать не температуру произвольно взятой точки, а температуру режущей кромки. Имея температуру нескольких точек, различно удаленных от режущей кромки, методом экстраполяции можно получить температуру на режущей кромке. Однако, такой подход является формальным.

Проанализировав полученные данные и сопоставив их с существующими представлениями по распределению температуры вдоль стержня конечной длины, один из концов которого имеет температуру  $t_0 \geq t_b$  [9], по температуре в точке контакта движущихся пар на основе теории движущихся источников тепла [10, 11], можно прийти к выводу, что расчетные данные отличаются от экспериментальных.

Наилучшие показатели получаются при расчете температуры по методу Ф. Боудена и Д. Тейбора [12], уточненный для случая работы резцом М. Тененбаумом [4].

Уравнение теплового баланса при контакте пластинки твердого сплава с породой будет:

$$S_0 \lambda_2 \frac{d^2 \theta}{dx^2} = (2\Delta_2 \tau_1 + t \tau_1 + \tau_2)(\theta - \theta_0),$$

где  $S_0$  — площадь сечения твердого сплава в  $m^2$ ;

$\lambda_2$  — коэффициент теплопроводности твердого сплава в  $ккал./м. час, град.$ ;

$\theta_0$  — начальная температура;

$\theta$  — температура;

$\tau_1$  — интенсивность излучения тепла пластинкой твердого сплава в  $ккал./м^2 час град.$ ;

$\tau_2$  — интенсивность теплоотдачи от твердого сплава к державке в  $ккал./м^2 час, град.$ ;

$\Delta_2$  — износ задней грани в  $м.м.$ ;

$t$  — глубина резания  $м.м.$

Решением приведенного выше уравнения теплового баланса при  $\theta_1 = 0$  и заданных граничных условиях будет:

$$\theta = \frac{\theta_0 \tau_2}{2} [e^{x(\lambda_2 - \tau_2)} + e^{x(\lambda_2 - \tau_1)}].$$

Это уравнение разрешает по замеренной температуре двух точек определить  $\tau_1$  и следовательно и  $\theta$ .

Данные табл. 2 показывают, что абсолютное значение температуры изменяется с изменением свойств обрабатываемой породы. Однако, для строгого подхода к этому необходимо сделать значения  $C_1$  сопоставимыми, т. е. привести их к одинаковым значениям  $x$  и  $\Delta_2$ . Сопоставимые значения  $C_1$  приведены в табл. 4.

Таблица 4

№№ пород	Прочность : $кг/см^2$	Значения $C_1$	№№ пород	Прочность $кг/см^2$	$C_1$
1	115	10	5	480	16,05
2	105	11,5	6	1200	25,9
3	190	11,5			

Анализ полученных данных показывает, что между  $C_1$  и  $x$  существует зависимость:

$$C_1 = 0,266 x^{0,1}.$$

Таким образом, зависимость температуры от скорости резания и прочности породы может быть описана формулой:

$$\theta = C_1' V^k s^{0,4}.$$

Условие равенства температур при обработке различных пород будет:

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^k = \left(\frac{\tau_2}{\tau_1}\right)^{0,4}.$$

Приняв  $k = 0,54$  (табл. 2) получим:

$$v_2 = v_1 \left(\frac{\tau_1}{\tau_2}\right)^{0,75}.$$



В этом случае в кривой „износ—время“ может наблюдаться зона катастрофического нарастания износа.

7. При принятии в основу определения оптимальных скоростей резания различных пород условие равенства температуры режущей кромки, полученный относительный ряд дает хорошее совпадение с рядом, полученным при изучении износа инструмента.

НИИКС

Поступило 1.IV 1965.

Մ. Վ. ԿԱՍԻԱՆ, Ի. Ա. ՏԵՐ-ԱԶԱՐՅԵՎ

## ԶԵՐՐԱՅԻՆ ԵՐԵՎՈՒՅՑՆԵՐԸ ՔԱՐԻ ԿՏՐՄԱՆ ԺԱՐՄԱՆԱԿ

### Ո Վ Փ Ո Փ Ա Ւ Մ

Տարբեր պայմաններում քարերի կտրման պրոցեսի ուժային ցուցանիշները և գործիքի մաշման ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ աչք երևույթները պարզարանելու համար նշանակալից ռեժիմի կտրիչի կտրույ դնելու ջերմաստիճանը:

Ճիշտ մեծադնների կտրման ժամանակ կտրիչի ջերմաստիճանի վերաբերյալ կան շատ աշխատանքներ, ապա քարերի կտրման ժամանակ կտրիչի ջերմաստիճանի հարցը դրեթև գրականության մեջ չի լուսարանված:

Քերված աշխատանքում տրված են տարբեր ֆուկտորների ազդեցության ֆորմուլան տվյալները կտրիչի կտրույ դնելու ջերմաստիճանի վրա, արագության, խորության, մատուցման, գործիքի մաշման, աշխատաժամանակի, քարի ամրության և այլն:

Առհի անկյան ջերմաստիճանային բաշխման ուսումնասիրությունը հետադարձություն է տալիս որոշելու անմիջական կտրույ եզրի ջերմաստիճանը:

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бетанели А. П. Твердость сталей и твердых сплавов при повышенных температурах, М., 1958.
2. Казаков Н. Ф. Радиоактивные изотопы в исследовании износа режущего инструмента, М., 1960.
3. Смородинов М. И. Износостойкие инструменты для стронтовых машин, М., 1963.
4. Теневбаум М. М. Износостойкость деталей и долговечность горных машин, 1950.
5. Беспрозванный И. М. Физические основы учения о резании металлов, М., 1941.
6. Данильян А. М. Теплота и износ инструмента и процесс резания металлов, Машгиз, 1954.
7. Тер-Азарьян И. А. Некоторые особенности оценки температуры режущей кромки при точении, Известия АН Армянской ССР, т. III, № 1, 1950.
8. Тер-Азарьян И. А. Динамика процесса резания камня, Ереван, 1959.
9. Лыков А. В. Теория теплопроводности, М., 1952.

10. *Негер Д. К.* Движущиеся источники тепла и температура трения. Прикладная механика и машиностроение, № 6, 1952.
11. *Блок Г.* Исследования теплового режима при трении. Сб. „Машиностроение“, № 3 (33), 1955.
12. *Бойден Ф., Тейбор Л.* Температура поверхности трущихся тел. Сб. „Трение и граничная смазка“, М., 1953.