

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

А. А. Акопов

**Некоторые особенности износа режущего инструмента при механической обработке туфа**

(Представлено А. Г. Назаровым 27 XI 1948)

В процессе выявления оптимальных условий обработки естественных камней Армянской ССР резанием, Институт стройматериалов и сооружений Академии Наук Армянской ССР провел значительный объем экспериментальных работ, которые, наряду с изучением достоинств и недостатков существующих камнерезущих станков<sup>(1)</sup>, должны быть приняты в основу конструирования новых станков высокой производительности.

Экспериментальным путем изучена динамика износа геометрических элементов режущего инструмента в зависимости от скорости резания, параметров стружки, материала инструмента и свойств обрабатываемого камня<sup>(2)</sup>.

Резание осуществлялось на вертикально-фрезерном станке, фрезерной головкой диаметром 110 мм со вставными ножами. Она разрешала устанавливать ножи таким образом, чтобы можно было резать с передним углом  $\gamma = +10^\circ$  и  $-10^\circ$ . Изучены следующие материалы режущего инструмента: быстрорежущая сталь марки РФ—1, отбеленный хромомарганцевый чугун и металлокерамический твердый сплав марки ВК—8. Исходная геометрия режущего инструмента была принята следующей:  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\varphi = 50^\circ$ ,  $\varphi_1 = 10^\circ$  и  $\alpha = 10^\circ$ .

Заточка инструмента производилась на универсальном трехшпиндельном резцезаточном станке.

Поведение резца изучалось от острого состояния до полного затупления его.

Измерение износа (линейное) элементов резца производилось на инструментальном микроскопе. Наблюдение велось за девятью размерами площадок износа резца. Измерения и запись их производились после каждых 24 проходов фрезы, что соответствует 0,2 м<sup>2</sup> обработанной поверхности туфа.

Такая методика дала возможность изучения динамики износа резца по всем его основным элементам. Перерывы в работе резца,

осуществляемые для производства измерения размеров площадок износа, не могли оказать влияния на работоспособность резца, ввиду того, что температура резца даже при самых высоких скоростях резания оставалась в пределах 60—80° С.

*Характеристика процесса износа режущих элементов инструмента.* При принятых условиях экспериментирования и геометрии режущего инструмента, армированного пластинками из металло-керамического твердого сплава марки ВК—8 по ГОСТ 2209—45 № 0207, износом в основном затрагиваются следующие его режущие элементы:

- а. главная и вспомогательная режущие кромки;
- б. носик резца;
- в. главная и вспомогательная задние грани.

Особенностью износа является полный абразивный его характер. Нет ни пластического износа смятием, ни образования лунок. При графическом изображении картины „износ—время“ для различных сочетаний  $v$ ,  $s_z$  и  $t$ , нам не удалось обнаружить обычного хода этой кривой, состоящей из участков: приработка, нормальный износ и катастрофический износ, характерного для резания вязких металлов<sup>(2)</sup>.

Однако, как табличные данные, так и графики динамики износа говорят, что участок, напоминающий приработку, имеет и здесь место, после чего износ по всем элементам протекает сравнительно равномерно с различной интенсивностью износа различных элементов резца, участвующих в работе.

Из всех элементов резца износ главной режущей кромки является наиболее характерным.

Для получения наиболее яркой картины динамики износа, последовательность развития площадок износа прежде всего изучалась для случая  $\gamma = 0^\circ$ .

*Резец с передним углом  $\gamma = 0$ .* В течение сравнительно короткого промежутка времени (10—20 минут) от начала резания свежезаточенным, доведенным резцом, на пересечении передней и главной задней граней вместо ребра появляется плоская площадка, наклоненная к передней грани под некоторым углом.

В наших исследованиях горизонтальная проекция этой площадки обозначена через  $\Delta_1$ , а вертикальная ее проекция через  $\Delta_2$ . Длина площадки износа  $l$  является функцией глубины резания и величины главного угла в плане и равна ширине стружки, т. е.

$$l = b \frac{t}{\sin \varphi}$$

Ширина же площадки при известных значениях  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  определяется из уравнения

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}$$

Интенсивность изменения величин  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  сравнительно не по-

стоянная. Отношение  $\frac{\Delta_2}{\Delta_1} = \operatorname{tg} \omega$  характеризует угол наклона площадки

износа к передней грани резца. Образование этой площадки в процессе абразивного воздействия обрабатываемого материала приближает нормальные условия позитивного резания к условиям негативного резания, когда основную ударную нагрузку воспринимает не наиболее слабая часть резца, а более массивный участок. Учитывая, что при фрезеровании число контактов режущего инструмента с обрабатываемым материалом колеблется в наших условиях оптимальной скорости резания в пределах 500—900 в одну минуту, изменение очертаний инструмента требует определенного анализа. Поэтому проследим за динамикой изменения  $\operatorname{tg} \omega$  в функции от скорости резания. Эти данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

| п.п. | Значение величин  | Скорость резания |       |       |       |       |       |
|------|---|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |   | 27,5             | 64    | 145   | 187   | 255   | 424   |
| 1    | Значение $\Delta_1$ через 120 мин.                        | 0,125            | 0,175 | 0,215 | 0,240 | 0,305 | 0,495 |
| 2    | Значение $\Delta_2$ через тот же период                   | 0,2              | 0,29  | 0,5   | 0,46  | 0,62  | 1,19  |
| 3    | $\operatorname{tg} \omega = \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$    | 1,6              | 2,23  | 2,33  | 1,94  | 2,04  | 2,4   |
| 4    | $\omega = \operatorname{arctg} \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$ | 58°              | 65,5° | 66,5° | 63°   | 64°   | 67,3° |
| 5    | Число контактов в мин.                                    | 97               | 225   | 515   | 660   | 900   | 1500  |
|      |   | 3300             | 7700  | 17400 | 22500 | 27000 | 51000 |

Приведенная таблица показывает, что с увеличением скорости резания угол наклона площадки износа к номинальной передней грани на участке 27,5 ÷ 424 м/мин в начале растет, затем стабилизируется и в дальнейшем стремится к увеличению, то-есть кривая  $\omega - v$  при резании камня имеет такой же характер, как кривая „износ—время“ при резании вязких металлов. Таким образом в зоне малых скоростей меньшие значения угла наклона  $\omega$  показывают, что резание естественно осуществлять в условиях более близких к позитивному, чем в зоне высоких скоростей, где значения  $\omega$  растут. В зоне же скоростей резания 64—225 м/мин характерна стабильность значений  $\omega$ , и поэтому для дальнейшего выявления влияния величины и характера переднего угла на величину  $\omega$  мы провели дополнительную серию опытов со значениями  $\gamma = +10^\circ$  и  $\gamma = -10^\circ$ .

Резцы с передними углами  $\gamma = \pm 10^\circ$ . С указанной целью мы изучили изменения угла  $\omega$  при  $v = 187$  м/мин,  $s_z = 1$  мм/зуб и  $t = 6$  мм

в зависимости от времени работы резца. В табл. 2 приведены эти сведения для резца с  $\gamma = +10^\circ$ , а в табл. 3—для резца с  $\gamma = -10^\circ$ .

Таблица 2

| М. П. П. | Значения величин                                    | Значения величин углов наклона через минуту работы резца |      |      |      |      |      | Средние значения $\text{tg } \omega$ и $\omega$ | Постоянные факторы экспериментирования  |
|----------|---|--|------|------|------|------|------|---|---|
|          |   | 13,2   | 25,4 | 39,6 | 52,8 | 66,0 | 79,2 |   |   |
| 1        | Значения $\text{tg } \omega$ при $\gamma = 0^\circ$ | 2,0  | 1,68 | 1,73 | 1,85 | 2,1  | 1,95 | 1,9   | $v = 187 \text{ м/мин.}$<br>$s_2 = 1 \text{ мм/зуб.}$<br>$t = 6 \text{ мм.}$<br>$\varphi = 50$<br>$\varphi_1 = 10^\circ$<br>$\alpha = 10^\circ$ |
| 2        | Значения $\omega$ при $\gamma = 0$                  | 63,3   | 59,3 | 59,8 | 61,6 | 64,5 | 62,5 | 62,0  |   |
| 3        | Значения $\text{tg } \omega$ при $\gamma = +10$     | 1,32   | 1,26 | 1,45 | 1,41 | 1,43 | 1,47 | 1,42  |   |
| 4        | Значения $\omega$ при $\gamma = +10^\circ$          | 52   | 51,5 | 53,5 | 54,5 | 55,0 | 56,0 | 54,0  |   |

Таблица 3

| М. П. П. | Величины  | Значения величин углов наклона через минуту работы резца |      |       |      | Средние значения $\text{tg } \omega$ и $\omega$ |
|----------|---|--|------|-------|------|---|
|          |   | 13,2   | 39,6 | 52,8  | 79,2 |   |
| 1        | Значение $\Delta_1$                                   | 0,05   | 0,06 | 0,07  | 0,07 | —   |
| 2        | Значение $\Delta_2$                                   | 0,07   | 0,11 | 0,135 | 0,14 | —   |
| 3        | Значение $\text{tg } \omega$ при $\gamma = -10^\circ$ | 1,4  | 1,85 | 1,93  | 2,0  | 1,8   |
| 4        | Значение $\omega$ при $\gamma = -10^\circ$            | 54,5   | 61,6 | 62,6  | 63,5 | 60,6  |

Сопоставляя табличные данные между собой, мы видим, что при переходе от  $\gamma = 0^\circ$  к  $\gamma = +10^\circ$  значение  $\omega$  уменьшается с  $62^\circ$  до  $54,1^\circ$  и вновь повышается до  $60,5^\circ$  при резании с  $\gamma = -10^\circ$ . Следовательно, резание резцами с передними углами  $\gamma = 0^\circ$  и  $\gamma = -10^\circ$  выгоднее чем резание резцами с  $\gamma = +10$  в зоне указанных скоростей, ибо при малом значении  $\omega$  в силу расположенности площадки износа вдоль перемещения срезаемых частиц, износ площадки должен протекать интенсивнее.

Опыты полностью подтверждают эту мысль. Действительно, в таблице 4 приведены значения  $\Delta$  для различных  $\gamma$  при всех прочих равных условиях.

Таблица

| № п.п. | S<br>мм <sup>2</sup> | T мин. | Износ мм           |                      |                      | Постоянные условия экспериментирования                    |
|--------|----------------------|--------|--------------------|----------------------|----------------------|---|
|        |                      |        | $\gamma = 0^\circ$ | $\gamma = +10^\circ$ | $\gamma = -10^\circ$ |   |
| 1      | 0,8                  | 13,2   | 0,17               | 0,18                 | 0,08                 | v = 187 м/мин.<br>s <sub>z</sub> = 1 мм/зуб.<br>t = 6 мм. |
| 2      | 1,6                  | 26,4   | 0,215              | 0,28                 | —                    |   |
| 3      | 2,4                  | 39,6   | 0,25               | 0,335                | 0,125                |   |
| 4      | 3,2                  | 52,8   | 0,295              | 0,405                | 0,153                |   |
| 5      | 4,0                  | 66,0   | 0,35               | 0,409                | —                    |   |
| 6      | 4,8                  | 79,2   | 0,359              | 0,47                 | 0,156                |   |

Сравнивая значения  $\Delta$  при одном и том же периоде резания — 80 мин., мы видим, что при  $\gamma = +10^\circ$   $\Delta = 0,47$  мм  
 $\gamma = 0^\circ$   $\Delta = 0,35$  мм  
 $\gamma = -10^\circ$   $\Delta = 0,16$  мм.

Это говорит о том, что в зоне оптимальных скоростей резания, которая в наших исследованиях колеблется между 150 и 250 м/мин, необходимо применять негативное резание со значениями переднего угла около  $\gamma = -10^\circ$ , ибо из трех изученных значений этот вариант оказался наиболее выгодным.

Кроме скорости резания и переднего угла режущего инструмента на угол  $\omega$  площадки износа и ее величину может влиять подача  $s_z$ .

Для изучения характера этого влияния была выполнена дополнительная серия опытов, результаты которых приведены в таблице 5.

Таблица 5

| № п.п. | Значения величин после обработки 2,4 мм <sup>2</sup> площади туфа         | Подача на 1 зуб. |        |        | Постоянные факторы экспериментирования  |
|--------|---|------------------|--------|--------|---|
|        |   | 0,19             | 0,435  | 1,0    |   |
| 1      | $\Delta_1$ мм   | 0,22             | 0,2    | 0,125  | v = 187 м/мин.<br>t = 6 мм<br>$\lambda = 0^\circ$<br>$\gamma = 0^\circ$<br>$\varphi = 50^\circ$<br>$\alpha = 9^\circ$<br>$\varphi_1 = 11^\circ$ |
| 2      | $\Delta_2$ мм   | 0,6              | 0,395  | 0,215  |   |
| 3      | $\Delta$ мм   | 0,64             | 0,44   | 0,244  |   |
| 4      | $\operatorname{tg} \omega = \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$                    | 2,73             | 2,0    | 1,72   |   |
| 5      | $\omega = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$ | 69,7             | 63,5   | 60     |   |
| 6      | Число контактов   | 116000           | 59400  | 26400  |   |
| 7      | Износ отнесенный к 1000 конт. $\Delta: \frac{k}{100}$                     | 0,0055           | 0,0074 | 0,0092 |   |
| 8      | Tv  | 40500            | 16900  | 7380   |   |

Как видно из таблицы, на первый взгляд кажется, что с увеличением угла  $\omega$  увеличивается износ; но если учесть, что путь резца

$Tv$  и число контактов режущего инструмента с обрабатываемым материалом резко возрастают с уменьшением подачи, при одной и той же поверхности обработки, то картина изменится в противоположную сторону. Для ясности в табл. 5 введена строка 7-ая, представляющая собой отношение ширины площадки износа  $\Delta$  к числу тысяч контактов, и 8-ая строка, показывающая путь резца  $Tv$  при указанных режимах. Сопоставление результатов 7-ой строки с данными 5-ой строки показывает, что интенсивность износа растет с уменьшением угла.

Из этого можно сделать заключение, что изменение подачи вызывает изменение угла наклона площадки износа к передней грани, а это в свою очередь изменяет интенсивность износа.

Таким образом, изучение поведения площадки износа как по величине, так и по углу его наклона к основной передней грани показывает, что сочетание скоростей резания  $145 \text{ м/мин} \leq v \leq 225 \text{ м/мин}$  с отрицательным передним углом  $\gamma \cong -10^\circ$  в условиях проведенных экспериментов дают наиболее благоприятные результаты, как в смысле производительности, так и в смысле интенсивности износа режущего инструмента.

Институт строительных  
материалов и сооружений  
Академии Наук Армянской ССР  
Ереван, 1948, октябрь.

#### Ա. Ա. ԱԿՈՊՈՎ

#### Կորոզ գործիքի մասժան մի օտրմ քառանկանախալուրյուններ ուսում և արդյունավետ մեխանիկական մասժան ժամանակ

Տուժ քարի մշակման ժամանակ գործիքը մաշվում է ուղղակի, առանց տրորումների և լուսնիկների առաջացման:

Պարիչի բոլոր մաշվող էլեմենտներից առանձնակի հետաքրքրություն է ներկայացրել նրան գլխավոր կարող եզրը, որի փոխարեն, կարժան ժամանակ, առաջանում է թեք հարթակ. վերջինս առջևի նիստի հետ կազմում է  $\omega$  անկյուն: Այդ հարթակի առաջացումը պողիտիվ կարժան պայմանները փոխարինում է նեպատիվ կարժան պայմաններով:

Անհրաժեշտ է նշել, որ  $\omega$  անկյունը հիմնականում կախված է առջևի  $\gamma$  անկյունից և կարժան անժիմից, ըստ որում  $\omega$  անկյան մեծացման հետ մեկտեղ՝ մաշման ինտենսիվությունը փոքրանում է և ընդհանրապես:

Կարժան  $145 \leq V \leq 225$  մ/րոպ արագությամբ և առջևի բացասական  $\gamma \cong -10^\circ$  անկյան առկայության դեպքում, կատարված փորձերի ժամանակ ստացվել են ամենաօպտիմալ արդյունքները ինչպես արագորոգականության, այնպես էլ կարող գործիքի մաշման տեսակետից:

#### ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. А. А. Акопов. Изв. АН Армянской ССР, № 4, 1948, 2. М. В. Касьян, А. А. Акопов. Изв. АН Армянской ССР, 1, № 6, 1948.