

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

М. В. Насьян, И. А. Тер-Азарьев и А. А. Аюпов

К вопросу динамики резания естественных камней

Для конструирования станков, построения принципов рациональности совместной эксплуатации камнерезущих станков и режущего инструмента, для правильного выбора мощности привода к указанным станкам необходимо знать основные показатели динамики резания камня.

Основными факторами, влияющими на величину усилия резания, являются: физико-механические свойства камня, элементы стружки, скорость резания, геометрия режущего инструмента, степень изношенности режущих кромок инструмента и, наконец, наличие или отсутствие той или иной жидкости, содействующей процессу резания обрабатываемого камня. Перечисленные факторы связаны между собою таким образом, что изменение одного из них влияет на характер зависимости усилия резания от других, что приводит к сложности общей зависимости вообще.

Основной константой в различных процессах механической обработки хрупких тел, надо полагать, является твердость, между тем, как раз именно твердость естественных камней недостаточно изучена и даже нет четкого определения самого понятия твердости и его оценки.

Рассматривая твердость как местную прочность на выдавливание, нами были проведены предварительные опыты для того, чтобы иметь возможность увязать ее с показателями обрабатываемости, которая, в свою очередь, должна быть связана с разрушением.

Особенности разрушения хрупких тел сводятся к скачкообразности этого процесса. Одним из наиболее поздних трактовок понятия твердости является энергетическая трактовка [1]. При обработке хрупких тел образуется огромное количество мелких частиц со значительной поверхностью. По Ребиндеру [1], твердость можно характеризовать, как работу образования единицы новой поверхности твердого тела, т. е.

$$H = u \cdot \sigma,$$

где σ — поверхностная энергия, u — коэффициент пропорциональности, представляющий собой величину, обратную физическому коэффициенту полезного действия данного вида разрушения.

$$\frac{1}{u} = \frac{\sigma}{H} \ll 1$$

Необходимо отметить, что в условиях разрушения резанием величина H для одного и того же вида разрушения будет меняться, т. е. при одном и том же обрабатываемом материале значения u будут меняться в зависимости от величины подачи и скорости резания. Действительно, в зависимости от этих факторов, степень диспергирования различна, а, следовательно, различна и образуемая новая поверхность. Поэтому попытки отождествлять твердость с поверхностной энергией также недостаточно обоснованы.

Необходимо отметить, что для хрупких тел прочность на сдвиг может приблизиться к показателям прочности на растяжение. В этом, пожалуй, одно из существенных отличий обработки резанием камня от обработки резанием пластичных металлов, у которых прочность на сдвиг в сотни раз меньше прочности на разрыв.

Важно также отметить, что при растяжении разрушение наступает при достижении предельного состояния нормальными напряжениями, тогда как при сжатии хрупких тел разрушение связано с касательными напряжениями.

Учет этих особенностей разрушения хрупких тел чрезвычайно важен при изучении процесса резания, ибо соответствующим образом меняя геометрию режущего инструмента, можно создать условия, при которых касательные напряжения будут максимальными, что, в свою очередь, уменьшит потребляемую на резание работу и износ режущего инструмента.

В отличие от металлов, прочность хрупких тел непрерывно уменьшается с увеличением продолжительности и степени деформации и их сопротивление не зависит от скорости деформирования, оставаясь постоянным.

Однако, вопросы усилий и напряжений, возникающих в процессе разрушения горных пород, несмотря на свою важность, не получили своего решения. Ни методы Фишера, Шлезингера, Саломона, ни принципы, предложенные проф. В. Д. Кузнецовым и В. А. Кривоуховым, предложившими принять процесс резания металлов как процесс сжатия, не могут быть использованы при обработке камней резанием. Ни одна из реологических схем не может быть принята в основу для решения задачи. Поэтому мы встали перед необходимостью решения этого вопроса экспериментальным путем.

Ввиду многочисленности факторов, влияющих на усилие резания, мы ограничились исследованием влияния глубины резания, скорости и подачи на усилие резания, оставляя все остальные факторы постоянными. Это тем более правильно, что на первом этапе работы нам необходимы данные, которые позволили бы правильно рассчитать основные звенья камнерезущих станков.

Экспериментальное исследование усилий, возникающих в про-

цессе резания камней, можно решать двумя путями: косвенным методом и методом непосредственного измерения.

Одним из таких косвенных методов является определение потребляемой на резание мощности и, исходя из этого, возникающих усилий.

Для изучения возникающих при резании камней усилий косвенным методом мы воспользовались меккофером, включенным по схеме Арона.

Определяя мощность холостого хода N_{xx} , рабочего хода N_{px} при различных сочетаниях скорости резания V м/мин., подачи на зуб и глубины резания и считая, что мощность, затрачиваемая на преодоление вредных сил сопротивления, при рабочем ходе приблизительно равна той же мощности при холостом ходе, определяем мощность, затрачиваемую на процесс резания, как: $N_p = N_{px} - N_{xx}$.

Имея зависимость $N_p = \frac{P_p \cdot V}{4500}$, определяем $P_p = \frac{4500 N_p}{V}$ кг

или $M_{кр} = 716,2 \frac{N}{n}$ кг. м. и $P_p = \frac{M_{кр}}{R}$, где R — радиус фрезы.

Разделив P_p на сечение стружки, определяем удельное давление резания:

$$K_s = \frac{P_p}{f}$$

В табл. 1 — 6 приведены данные удельных давлений резания, определенные указанным выше методом.

Таблица 1

Туф арктический

№ п/п	Режим резания			K_s кг/мм ²
	V м/мин.	S_z мм/зуб	t мм	
1	94	0,5	6	1,81
2	94	1,0	6	1,32
3	94	1,0	2	1,2
4	94	1,0	4	1,
5	94	1,0	8	1,2
6	47	2,0	6	0,85
7	15	2,0	6	2,95
8	15	3,13	6	2,08
9	15	6,3	6	1,58

Таблица 2

Туф аванский, красный

№ п/п	Режим резания			K_s кг/мм ²
	V м/мин.	S_z мм/зуб.	t мм	
1	47	1,0	6	0,73
2	47	2,0	6	0,66
3	94	1,0	6	0,58
4	94	0,5	6	0,71
5	94	0,5	2	0,81
6	94	0,5	6	0,71
7	94	0,5	8	1,33

С целью проверки полученных данных и определения значения K_s более точным методом были поставлены специальные эксперименты по непосредственному определению усилий резания. С этой целью, сконструировав и собрав специальное приспособление, мы приступили к оценке K_s на различных сечениях стружки, в условиях малой скорости и несвободного резания, оставив геометрию инструмента той же.

Таблица 3

№№ п/п	Режим резания			K_s кг/мм ²
	V	S_z	t	
	м/мин.	мм/зуб.	мм	
1	94	1,0	6	0,725
2	94	1,0	8	0,715
3	94	1,0	2	0,86
4	94	1,0	4	0,71
5	94	0,5	4	0,815
6	47	1,0	4	0,88
7	47	2,0	4	0,65
8	23,5	1,0	4	0,17
9	23,5	4,0	4	0,82

Таблица 4

№№ п/п	Режим резания			K_s кг/мм
	V	S_z	t	
	м/мин.	мм/зуб.	мм	
1	94	1,0	6	0,96
2	94	1,0	2	0,96
3	94	1,0	8	1,0
4	47	2,0	4	0,8
5	47	1,0	2	1,17
6	47	1,0	6	1,2
7	23,5	1,0	6	1,5

Таблица 5

№№ п/п	Режим резания			K_s кг/мм ²
	V	S_z	t	
	м/мин.	мм/зуб.	мм	
1	12	1,0	4	27,0
2	12	2,0	4	18,0
3	12	4,0	4	12,5
4	7,5	4,0	4	14,5
5	15	4,0	4	20,5

Таблица 6

№№ п/п	Режим резания			K_s кг/мм ²
	V	S_z	t	
	м/мин.	мм/зуб.	мм	
1	47	2,0	4	3,3
2	47	2,0	6	3,36
3	47	2,0	2	3,28
4	47	1,0	2	4,9
5	23,5	2,0	4	5,7
6	7,5	2,0	4	10,4
7	7,5	4,0	4	7,6

Некоторые результаты этих исследований приведены в табл. 7.

Таблица 7

№№ п/п	Сечение стружки в мм ²	Усилие резания в кг	Значения K_s кг/мм ²	Обрабатываемый материал
1	13,7	11,75	0,86	Туф аванский, черный Расчетн. среднее $K_s = 0,76$ кг/мм ²
2	26,15	21,3	0,82	
3	61,75	34,55	0,565	
4	10,15	9,5	0,92	Туф аванский, красный Расчетн. среднее $K_s = 0,715$ кг/мм ²
5	46,45	34,45	0,76	
6	50,9	28,95	0,57	
7	13,4	16,75	1,24	Туф аргикский Расчетн. среднее $K_s = 1,02$ кг/мм ²
8	24,75	25,85	1,04	
9	45,4	34,5	0,76	

Изучение динамики износа режущего инструмента и сопоставление степени износа реза с величиной K_s показало, что с увеличением износа режущей кромки величина K_s растет.

Приведенные в таблицах данные позволяют сделать вполне определенные выводы:

1. Значение удельных давлений резания K_s почти не зависит от глубины резания. Такая зависимость вполне логична, поскольку из-

менение глубины резания меняет лишь длину находящейся в работе режущей кромки.

2. Значения K_s существенным образом зависят от величины подачи, а именно, с увеличением подачи значения K_s уменьшаются. Тут наблюдается оригинальная зависимость K от масштабного фактора, а именно, его одностороннее действие. Если масштабный фактор с изменением сечения стружки за счет глубины резания не оказывал влияния на величину K_s , то изменение сечения стружки за счет подачи оказывает существенное влияние. Логичность такой зависимости величины K_s от масштабного фактора становится ясной, если учесть, что стружкообразование происходит в направлении подачи.

Следует добавить, что кроме масштабного фактора имеют влияние и другие факторы, в частности, влияние концентрации напряжений, возникающих в условиях резания.

3. Скорость резания оказывает самое существенное влияние на величину K_s ; между ними существует обратная связь, т. е. с увеличением скорости уменьшаются значения K_s .

Противоречивость такой зависимости K_s от скорости резания зложеному ранее, где было сказано, что сопротивление хрупких тел не зависит от скорости деформирования, вытекает из тех физико-механических явлений, которые сопровождают процесс резания.

Действительно, если выразим усилие резания для данного сечения стружки через K_s , то можно написать: $P_z = K_s \cdot t \cdot s$. Тогда работа резания на пути l выразится так: $P_z \cdot l = K_s \cdot t \cdot s \cdot l$, откуда

$$K_s = \frac{P_z \cdot l}{t \cdot s \cdot l} = \frac{A}{t \cdot s \cdot l}$$

Переходя к удельной работе, определяем K_s как работу, необходимую для разрушения и отделения единицы объема камня из массы его. С другой стороны, эта работа при резании будет складываться, в основном, из работы трения инструмента и работы диспергирования стружки, т. е. $K_s = W_{тр} + W_{дисп.}$

Даже принимая $W_{дисп.} = \text{const.}$, работа трения $W_{тр}$ будет уменьшаться с увеличением скорости резания, чем можно частично объяснить уменьшение значения K_s с увеличением скорости резания.

4. Сравнение значений K_s с показателями прочности камней и показателями твердости, определенными методом вдавливания, показывает, что значения K_s растут с увеличением твердости и прочности.

5. Зависимость усилия резания от элементов сечения стружки, в общем виде, выражается известной из резания металлов закономерностью [2], причем показатель степени при подаче $S < 1$ является функцией обрабатываемого камня и скорости резания.

Լ Ի Ե Ր Ա Տ Ր Ա

1. *А. Н. Шрейнер*—Твердость хрупких тел. 1947.
2. *И. М. Беспрозванный*—Физические основы учения о резании металлов. 1941.
3. Отчет Лаборатории Обработки Камня Института Стройматериалов и Сооружений. 1949.

Մ. Վ. Կասյան, Ի. Ա. Տեր-Ազարյան, Ա. Ա. Ակոթով

ԲՆԱԿԱՆ ՔԱՐԵՐԸ ԿՏՐԵԼՈՒ ԴԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ՀԱՐՑԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Ուսումնասիրված են այն ճիգերը, որոնք առաջանում են բնական քարերը կտրելու պրոցեսում: Կատարված փորձերը թույլ են տվել գտնել, որ կտրման տեսակարար ճիգերը, որոնք անհրաժեշտ են տվյալ տեսակի քարը կտրելու միջոցով մշակելու ընթացքում նրանից անջատվող մասերի կտրվածքի մեկ միավորի համար, կախում ունեն առաջին հերթին կտրման արագությունից և անջատվող մասերի հաստությունից և կախում չունեն կտրման խորությունից: Պարզված է նաև, որ քարի ամբողջան աճման հետ միասին աճում են նաև նրա կտրման տեսակարար ճիգերը: