

МАШИНОВЕДЕНИЕ

К. А. МНДЖОЯՆ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДАЧИ ПРИ ШТРИПСОВОЙ  
 РАСПИЛОВКЕ КАМНЯ

Величина подачи при штрипсовой распиловке является тем доминирующим фактором, который при прочих равных условиях определяет производительность процесса. Действительно, часовая производительность, выраженная в поверхностных единицах, будет иметь вид:

$$\Pi = \frac{l_b \cdot S_1 \cdot 2n \cdot 60}{1000} \frac{м^2}{час}$$

где:  $l_b$  — длина распиливаемого блока в м;  $S_1$  — подача на один ход штрипса в мм;  $n$  — число двойных ходов в минуту.

При постоянной длине блока, производительность прямо пропорциональна числу двойных ходов и величине подачи. Число двойных ходов предопределяется скоростью резания, оптимальная величина которой колеблется в весьма небольших пределах для каждой породы камня [2, 3]. Поэтому при обеспечении оптимальных скоростей резания величина подачи является основным фактором, диктующим производительность процесса. Однако чрезмерное увеличение подачи может оказаться нецелесообразным с точки зрения удельного износа штрипса, энергоемкости процесса и сохранности режущих способностей зерен абразива.

Цель настоящей работы заключалась в выявлении тех величин подач для каждой обрабатываемой породы, при которых удельная работа резания и удельный износ штрипса, соответственно характеризующие энергоемкость процесса и срок службы штрипса до его замены, имели приемлемые или минимальные значения, при сохранности режущих свойств абразива. Другими словами, следует найти те значения подач, при которых повышение производительности окажется экономически целесообразным.

Экспериментальное исследование проводилось в лабораторных условиях на установке, имеющей возможность с некоторым приближением моделировать работу маятниковых станков. Осуществлялась непрерывная подача воды (0,4 л/мин) и кварцевого песка (150 гр/мин) с предельными размерами зерен 0,2—0,3 мм. Штрипс был изготовлен из стали Ст.0, толщиной в 4,0 мм. Для большей точности измеряе-

мых величин эксперименты проводились на изношенном штрипсе, когда длина изношенной части штрипса была больше суммы длины камня  $l_2$  и длины хода качания  $l$ . Последние две величины имели постоянные значения, а именно:  $l_2 = 100$  мм,  $l = 15$  мм. Распиловке подвергались базальт, разные мраморы и фельзитовый туф.

Ниже в таблице 1 и на рис. 1 приведены некоторые данные, характеризующие изменение удельной работы резания  $W'$  в зависимости от величины подачи  $S$  при распиловке различных пород камней.

Таблица 1

Подача $S \frac{\text{мм}}{\text{час}}$	Удельная работа резания $W' \frac{\text{кВт} \cdot \text{мм}}{\text{мм}^3}$				
	Базальт (Ереван) $\rho_{\text{с.д.}} = 1400$ $\text{кг/см}^3$ при $V = 48,5$ $\frac{\text{м}}{\text{мин}}$	Мрамор (Хоразраб) $\rho_{\text{с.д.}} = 915$ $\text{кг/см}^3$ при $V = 42,0$ $\frac{\text{м}}{\text{мин}}$	Мрамор (Алгеран) $\rho_{\text{с.д.}} = 915$ $\text{кг/см}^3$ при $V = 42,0$ $\frac{\text{м}}{\text{мин}}$	Мрамор (Арзакан) $\rho_{\text{с.д.}} = 832$ $\text{кг/см}^3$ при $V = 42,0$ $\frac{\text{м}}{\text{мин}}$	Фельзит (Аврум) $\rho_{\text{с.д.}} = 400$ $\text{кг/см}^3$ при $V = 62,0$ $\frac{\text{м}}{\text{мин}}$
4,46	—	239	299	299	—
8,92	—	224	224	224	—
13,4	—	249	—	—	—
17,8	—	225	187	150	—
21,4	4160	228	—	—	47,3
26,8	—	249	174	150	—
35,8	—	—	410	317	—
46,6	6170	488	—	—	30,8
70,0	9550	878	755	506	—
93,5	14000	—	—	—	29,5
140,0	—	—	—	—	39,4
186,0	—	—	—	—	44,5
233,0	—	—	—	—	52,0

Анализ приведенных данных позволяет отметить, что зависимости  $W' = f(S)$  имеют два выраженные минимума, т. е. для каждой породы существует оптимальная зона подачи, где удельная работа резания минимальная. При этом с увеличением прочности породы зона оптимальных подач сужается и смещается в сторону меньших подач. Исключение составляет базальт, для которого, по всей вероятности, оптимальная зона лежит в области неисследованных подач  $S < 23,4$  мм/час.

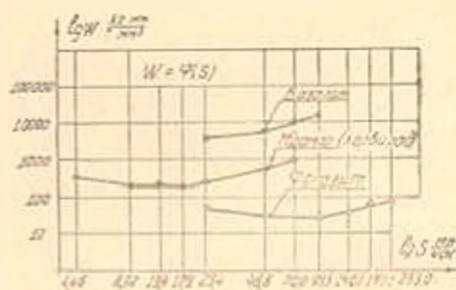


Рис. 1.

Влияние подачи на удельный износ штрипса при распиловке различных пород камней характеризуется приведенными на рис. 2 и кривыми, которые показывают, что до определенной подачи (назовем ее критической) удельный износ не зависит от величины последней, а затем резко возрастает [1, 4]. Возможно, что для фель-

зитового туфа критическая подача находится за пределами исследованных подач ( $S > 186 \frac{\text{мм}}{\text{час}}$ ). Характерно то, что с увеличением прочности породы, критическая величина подачи, после которой начинается резкое позрастание удельного износа, смещается в сторону меньших значений подач.

Абразива основной режущий элемент, и сохранность его режущих качеств в процессе штрипсования очень важна. С увеличением подачи, вследствие возрастания удельных давлений между штрипсом и обрабатываемой породой, зерна абразива все в больших количествах подвергаются дроблению, что приводит к сокращению количества рабочих зерен и абразиве, а следовательно и к ухудшению режущих свойств абразива целом.

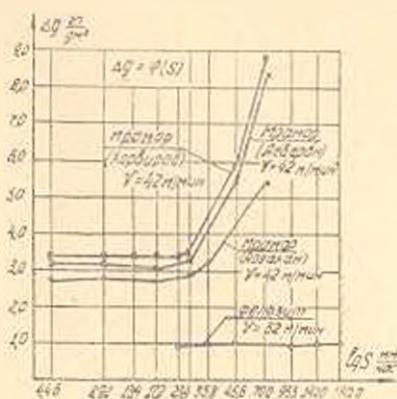


Рис. 2.

В качестве исходного материала для исследования был взят кварцевый песок определенного фракционного состава, которым производилась распиловка при различных подачах. Фракционный состав по весу как исходного, так и обработанного песка определялся комплектом сит, с последующим взвешиванием отдельных фракций на технических весах. Сравнительные данные, характеризующие изменение фракционного состава абразива в зависимости от величины подачи при распиловке Хорвирабского мрамора, сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Категория песка	Фракционный состав кварцевого песка в количестве 100 г						%
	0,5— 0,25 мм	0,25— 0,2 мм	0,2— 0,15 мм	0,15— 0,1 мм	0,1— 0,048 мм	< 0,068 мм	
Исходный . . . . .	13,5	65,0	16,0	3,0	2,0	0,5	100,0
Обработанный при S = 4,4 мм/час . . . . .	6,7	60,0	24,5	4,5	3,1	1,2	111,0
Тоже при S = 8,9 мм/час . . . . .	5,6	56,1	27,6	5,5	3,5	1,7	114,4
Тоже при S = 13,4 мм/час . . . . .	4,6	52,4	31,2	6,0	3,9	1,9	117,8
Тоже при S = 17,8 мм/час . . . . .	4,1	50,0	33,1	6,4	4,2	2,2	120,3
Тоже при S = 23,4 мм/час . . . . .	3,9	48,3	34,1	6,8	4,4	2,5	122,2
Тоже при S = 46,6 мм/час . . . . .	3,1	46,3	36,1	7,1	4,6	2,8	124,7
Тоже при S = 70,0 мм/час . . . . .	2,0	40,0	39,2	8,8	6,1	3,9	135,4

Из данных таблицы видно, что только количество двух фракций исходного песка с предельными размерами зерен  $0,5 : 0,25$  и  $0,25 : 0,2$  мм уменьшаются в процессе распиловки. При этом, основной рабочей фракцией следует считать  $0,25 : 0,2$  мм, процентное содержание которой в исходном песке составляет  $65\%$ . Проследим за количественным изменением этой фракции с увеличением подачи, для чего, принимая за  $100\%$  ее количество в исходном песке, подсчитаем процентное содержание этой фракции в отработанном при различных подачах песке и изобразим эту зависимость  $G_p = \varphi(S)$  графически (рис. 3).

Приведенная графическая зависимость показывает, что содержание рабочей фракции в песке с увеличением подачи резко уменьшается. В области малых подач, в интервале  $23,4 - 46,6$  мм/час содержание рабочей фракции несколько стабилизируется, а затем опять уменьшается. К аналогичному выводу приводит анализ процентного увеличения поверхностей зерен в процессе распиловки при разных подачах (таблица 2).

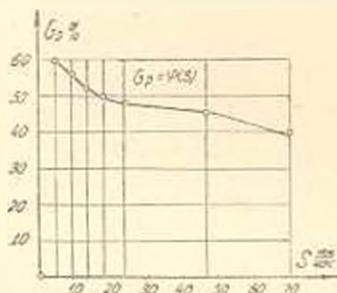


Рис. 3

Прежде чем перейти к окончательным выводам рассмотрим уравнение баланса удельной работы резания, которое напишем в следующем виде:

$$W = W_{тр} + W_{д.з.} + W_{д.к.}$$

В этом выражении первый член ( $W_{тр}$ ) включает в себя удельные работы, затрачиваемые на преодоление трения рабочего и боковых поверхностей штрипса, приводящие к износу последнего. Следовательно, о характере изменения  $W_{тр}$  можно судить по кривым износа  $\Delta g_{yz} = \varphi(S \cdot W_{д.з.} + W_{д.к.})$  соответственно характеризуют работы, затрачиваемые на диспергирование зерен абразива и камня при распиловке единицы объема. О  $W_{д.з.}$  можно судить по приращению общей поверхности зерен абразива, так как работа диспергирования прямо пропорциональна увеличению поверхности зерен в результате дробления и, частично, износа последних. Что касается  $W_{д.к.}$ , то о ней можно было получить представление путем определения поверхности продуктов разрушения, однако сбор последних представлял значительные технические трудности ввиду того, что разру-

\* Поверхность зерен каждой категории песка вычислялась по формуле, выведенной в предположении, что все зерна имеют форму шара:

$$B = \sum \frac{3G_i}{R_i \cdot \gamma}$$

где:  $i$  — число фракции в песке,  $G_i$  и  $R_i$  — соответственно вес и средний радиус зерна фракции и  $\gamma$  — удельный вес песка. При вычислении  $B\%$ , поверхность зерен исходного песка принята за  $100\%$ .

шенные частицы камня, обладая малыми размерами, уходили вместе с подаваемой водой. Достаточно сказать, что в изученном интервале подач толщина снимаемого слоя камня за один ход штрипса составляла от 0,08 до 1,28  $\mu$ . Следует отметить, что в уравнение баланса не включены работы упругих и пластических деформаций камня, штрипса и зерен абразива, величины которых должны быть малы по сравнению с другими составляющими. Для упрощения дальнейших рассуждений на рис. 4 графически изображены зависимости  $W = \varphi(S)$ ,  $\Delta g_{\text{д.к.}} = \varphi(S)$  и  $\Delta B = \varphi(S)$  для хорнирабского мрамора.

Сопоставляя экспериментальные кривые удельной работы резания и ее составляющих, и полагая, что они приблизительно выражаются вышеприведенным уравнением, можем отметить следующее: для того, чтобы удельная работа резания изменялась по приведенному закону (рис. 4), необходимо, чтобы ее  $W_{\text{д.к.}}$  составляющая с увеличением подачи до 26,8 мм/час непрерывно уменьшалась, так как в этом интервале подач удельная работа трения, характеризующая  $\Delta g_{\text{д.к.}}$ , остается постоянной, а удельная работа диспергирования абразива  $W_{\text{д.к.}}$ , характеризующая  $\Delta B\%$ , непрерывно увеличивается. Такое предположение логически не встречает возражений, так как с увеличением подачи возрастает толщина снимаемого слоя и продукты разрушения получаются более крупными, с меньшей общей поверхностью, что приводит к уменьшению удельной работы диспергирования камня. Очевидно, в области очень малых подач, ввиду незначительности глубины резания за один ход штрипса (0,08—0,24  $\mu$ ), разрушению подвергаются исходные частицы породы, прочность которых значительно превышает обычную прочность образца и в этой зоне с увеличением подачи  $W_{\text{д.к.}}$  уменьшается более интенсивно, чем при больших значениях подачи. Именно этим вызвано наличие спадающей ветви в начале кривой  $W = \varphi(S)$ . При увеличении подачи свыше 26,8 мм/час обе составляющие удельной работы резания, а именно:  $W_{\text{д.к.}}$  и  $W_{\text{д.к.}}$ , непрерывно возрастают, что приводит к резкому увеличению удельной работы резания. Возможно, что в этом интервале подач уменьшение удельной работы диспергирования камня несколько стабилизируется вследствие того, что разрушение породы происходит, в основном, по границам исходных частиц, и уменьшение  $W_{\text{д.к.}}$  с избытком перекрывается увеличением других составляющих. Кроме того, приведенные на рис. 4 экспериментальные кривые наглядно показывают, что резкое увеличение удельной работы резания, удельного износа штрипса и общей поверхности зерен абразива наступают примерно в этой же зоне подач.

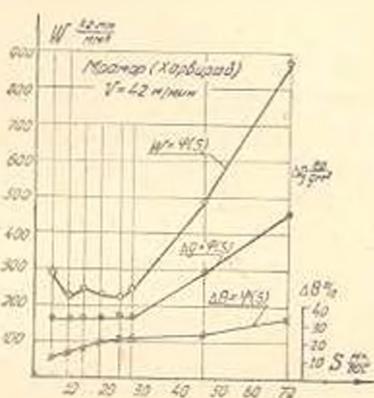


Рис. 4.

Резюмируя все сказанное, можно утверждать, что при распиловке каждой породы камня существует критическая зона подач. Работа с подачами, значения которых превышают критические, приводит к резкому сокращению срока службы штрипсов до их замены, к ухудшению режущих качеств абразива и к резкому увеличению энергоемкости процесса.

Исходя из экспериментальных данных, можно рекомендовать следующие зоны критических подач для исследованных мраморов при работе с кварцевым песком:

для Хорвирабского месторождения	23—30 мм/час,
• Агверанского	30—35 "
• Арзаканского	40—45 "

Достаточно отметить, что в настоящее время на наших предприятиях уломянутые мраморы, в зависимости от их прочности, обрабатываются с подачей от 16-ти до 25 мм/час. Если увеличение подач до их критических значений у эксплуатируемых станков связано в основном с вопросами жесткости и, частично, мощностью привода главного движения, то для вновь проектируемых станков обеспечение критических величин подач может быть легко осуществимо.

#### Կ Ա Մ Ա Յ Ա Ն

### ՄԱՏՈՒՅՄԱՆ ՈՒՍՈՒՄԵԱՍԻՐՈՒՄԸ ՔԱՐԻ ՇՏՐԻՊՍԱՅԻՆ ԱՂՈՅՄԱՆ ԳԵՊԻՔՈՒՄ

#### Ա մ փ ո փ ո յ մ

Մատուցումը ալն հիմնական դորժոնն է, որը մյուս հատասար պարմանների ղեպքում որոշում է շտրիպային սղոցման պրոցեսի արտադրողականությունը:

Կատարված հետազոտությունների հիման վրա քարի շարաքանչյուր սպարի համար սահմանվում են մատուցումների կրիտիկական մեծությունները, որոնց ղեպքում խիստ աճում են կարման տեսակարար աշխատանքն ու շտրիպի տեսակարար մաշվածքը և վատանում են արդյունի հատիկների կտրոց հատկությունները:

Ելնելով էքսպերիմենտայ սվլանների վերլուծումից հանձնարարվում է մատուցումների հետևյալ գոտիները տարբեր մարմարների շտրիպային սղոցման ղեպքում.

Խորվիրարի մարմարի համար	25—30 մմ/ժամ,
Աղվերանի	» 30—35 մմ/ժամ,
Արդաքանի	» 40—45 մմ/ժամ:

#### Լ Ի Տ Ե Ր Ա Տ Ր Ա

1. Касьян М. В., Миджоян К. А. Штрипсовая распиловка мрамора «Строительные конструкции, изделия и материалы», № 6, 1955.
2. Миджоян К. А. Виброрезание и штрипсовая распиловка (на армянском языке). Ереван, 1957.
3. Миджоян К. А. Ранношальные методы получения облицовочных плит из естественных камней (на армянском языке), Ереван, 1957.
4. Миджоян К. А. Износ штрипсов при распиловке естественных камней. «Известия АН АрмССР» (серия технических наук), том XI, № 3, 1955.