

УДК 622. 23. 054. 72

Б.М. Габбасов

ОСНОВНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КАНАТНО-АЛМАЗНЫХ ПИЛ НА МРАМОРНЫХ КАРЬЕРАХ

Процесс распиловки природного камня канатно-алмазным инструментом, всегда сопровождается охлаждением его водой, что в зимних условиях, при ведении добычных работ, влечет за собой оледенение всей рабочей площадки, режущего гибкого инструмента, шкива и других исполнительных органов канатной пилы. В итоге, повышается вероятность возникновения незапланированных простоев, остановок, аварий и травм в карьере, что в целом, серьезно ухудшает условия труда и уровень безопасности ведения добычных работ.

В качестве показателя, объединяющего всех технологических критериев эффективности процесса обработки, используется экономическое условие минимальных удельных затрат, связанных непосредственно с конкретной операцией обработки камня [1]:

$$C_s = \frac{C_o}{K_{ио} V_p h} + b(C_э A_{уд} + C_{и} \gamma_A R_{уд}) = ,$$

$$= C_{АО+ЗП} + C_{ИА}$$

где C_s – удельные затраты на алмазно-абразивную обработку, руб/м²; C_o – стоимость одного часа работы оборудования без учета стоимости инструмента и электроэнергии, руб./ч; $C_э$ – стоимость электроэнергии в единицу времени, руб./кВт·ч; $C_{и}$ – стоимость одного карата алмазов в инструменте, руб./кар; $K_{ио}$ – коэффициент использования камнедобывающего оборудования во времени;

γ_A – масса алмазов в каратах, содержащихся в единице объема алмазосодержащего слоя инструмента, кар/м³; $C_{АО+ЗП}$ – удельные затраты на амортизационные отчисления станка и заработную плату оператору станка, руб/м²; $C_{ИА}$ – удельные затраты, связанные с износом алмазного инструмента и потреблением электроэнергии, руб/м².

В формуле большое значение имеет $K_{ио}$ – коэффициент использования камнедобывающего оборудования во времени. В условиях низких температур он очень низкий, вследствие, больших простоев, связанных с оледенением рабочего пространства.

Коэффициент использования камнедобывающего оборудования во времени в летних условиях с применением воды составляет – 0,75, в зимних – 0,3. А в зимних условиях, без применения воды он будет примерно равен 0,65.

Скоростной режим распиловки, а именно величина скорости резания V_p , существенно влияет на температуру контактного взаимодействия системы «порода - инструмент». В свою очередь температурный режим определяет удельную стойкость алмазного инструмента. С понижением скорости резания снижается температура в контактной зоне и таким образом снижается удельный расход алмазного инструмента.

Влияние скоростного режима распиловки, канатно-алмазными пилами, на

себестоимость пиления имеет сложный характер.

Составляющие эксплуатационных затрат, по различным зависимостям, существенно меняются с изменением V_p .

Таким образом, необходимо достигнуть условия примерного равенства:

$$C_s^{ЗИМН} \approx C_s^{ЛЕТН}$$

Вследствие этого будет решена технико – экономическая задача: повышение эффективности работы канатно – алмазных пил при добыче природного камня в зимних условиях.

А также решен вопрос улучшения условий труда, повышения эффективности и безопасности горного производства, снижение травматизма, аварий и несчастных случаев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Першин Г.Д. Техничко-экономическое обоснование технологических параметров процесса резания камня канатно-алмазными пилами // Строительные материалы. – 1994. - № 8. – С. 4-6.

Коротко об авторах

Габбасов Б.М. – ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет».



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН			
ЛИСТОПАД Геннадий Геннадьевич	Повышение эффективности скважинной отбойки на карьерах при использовании смесевых ВВ местного изготовления и систем неэлектрического инициирования зарядов	25.00.20	к.т.н.

© Г.Д. Першин Б.М. Габбасов,

УДК 622. 23. 054. 72

Г.Д. Першин, Б.М. Габбасов

**ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗАНИЯ
ПРИРОДНОГО КАМНЯ КАНАТНО-АЛМАЗНЫМ
ИНСТРУМЕНТОМ**

Теплофизический анализ позволяет установить область режимов, при которых целесообразно использовать материалы с той или иной степенью температурной устойчивости, но в связи с высокой твердостью, хрупкостью и диэлектрическими свойствами алмазов, а также ввиду весьма малых сечений среза при работе алмазными инструментами, использование экспериментальных методов определения температур на поверхностях инструмента весьма затруднительно.

Поэтому большое значение для анализа процесса алмазной обработки приобретают теоретические методы расчета температур и тепловых потоков в зоне резания.

Средняя температура поверхности трения является важным фактором, определяющим теплофизические и механические свойства фрикционного контакта, а также адгезионное взаимодействие и сопротивление сдвигу тонких поверхностных слоев. Для кратковременных процессов высокоскоростного трения при определении температуры поверхности трения можно воспользоваться линейным дифференциальным уравнением теплопроводности для одномерного (изменяется лишь по оси z_1) и постоянного ($q_1 = \text{const}$) теплового потока, направленного в изнашиваемый, скользящий элемент:

$$\frac{\partial \vartheta_1}{\partial t} = a_1 \frac{\partial^2 \vartheta_1}{\partial z_1^2}. \quad (1)$$

Решение уравнения (1) для случая полуограниченного тела при крайних условиях:

$$\vartheta_1(z_1, 0) = \vartheta_0; \quad -\lambda_1 \frac{\partial \vartheta_1(0, t)}{\partial z_1} = q_1(0, t);$$

$$\frac{\partial \vartheta_1(\infty, t)}{\partial z_1} = 0; \quad \vartheta_1(\infty, t) = \vartheta_0$$

дает выражение для температурного поля, из которого, если выполняется условие по критерию Фурье, при $F_1 \leq 0,2$ температура поверхности трения определяется как, [1]:

$$\vartheta_1(0, t) = \vartheta_0 + \frac{2 q_1 \sqrt{a_1 t_k}}{\lambda_1 \sqrt{\pi}}, \quad (2)$$

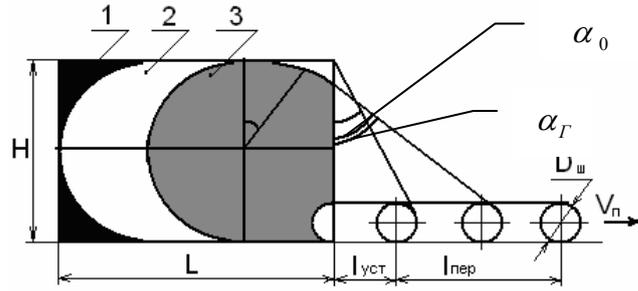
где ϑ_0 - температура окружающей среды; λ_1 - коэффициент теплопроводности связки, $Bm/m^2 \cdot ^\circ C$; a_1 - коэффициент температуропроводности связки, m^2/c ; t_k - время контактирования инструмента с породой, c ; q_1 - удельная интенсивность тепловыделения, Bm/m^2 ;

Удельная интенсивность теплового потока [1]:

$$q_1 = \mu_{mp} \cdot \sigma_n \cdot V_p, \quad (3)$$

где μ_{mp} - коэффициент взаимного трения инструмента и породы; σ_n - контактное давление инструмента на породу, $MПа$; V_p - скорость линейного

Рис. 1. Схема производства вертикального реза



перемещения инструмента относительно разрушаемой породы m/c .

Время контакта алмазно-режущих элементов, канатных пил, в процессе пиления определим по следующей методике согласно результатов работы [2]:

Исходные кинематические зависимости:

- время контакта - $t_k = \frac{l_k}{V_p}$ с;

- длина контакта - $l_k = k_k \cdot l_{пер}$ м;

- время пиления - $t_{пил} = \frac{l_{пер}}{V_{п}}$ с;

- число циклов контакта -

$$N_{ц} = \frac{t_{пил}}{t_u} = \frac{t_{пил} \cdot V_p}{L_{конт}}$$

$$l_{пер} = H \left[K_{\phi} + 0,5 \left(1 + \frac{1 - \sin \alpha_0}{\cos \alpha_0} \right) - 0,5 \frac{D}{H} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{1 - \sin \alpha_0}{\cos \alpha_0} \right) \right]$$

где $L_{конт}$ - длина контура гибкого органа, м; $l_{пер}$ - перемещение канатной пилы по направляющим, от места первоначальной установки, м; $K_{\phi} = L/H$ - коэффициент формы; L - длина выпиливаемого блока м; H - высота выпиливаемого блока, м; D - диаметр шкива м; $V_{п}$ - скорость перемещения тележки по направляющим, м/с; t_u - время одного оборота режущего контура в процессе отделения монолита, длина линии реза l_k не постоянна и принимает значение от $l_k=0$ (момент запилки) до размера, например, полуокружности приводного шкива $l_{к.дон} \approx \pi \cdot D_{ш}/4$ (момент окончания реза). На схеме (рис. 1) можно выделить три ста-

дии проведения вертикального пропила при отделении монолита от массива породы: 1 - участок запилки; 2 - участок стационарного пиления; 3 - участок допиливания.

Первый участок. Время контакта в пределах одного цикла, (рис. 2):

$$t_{ki}^l = \frac{l_{ki}}{V_p} = \frac{k_k^l \cdot l_{пер.i}}{V_p} = \frac{k_k^l \cdot V_{п}}{V_p} t_{пил.i} = \frac{k_k^l \cdot V_{п}}{V_p} \cdot \frac{L_{конт}}{V_p} N_{ц.i}$$

Суммарное время контакта при пиление первого участка:

$$t_k = \int_0^{N_{ц}} \frac{k_k^l \cdot V_{п} \cdot L_{конт}}{V_p^2} \cdot N_{ц} \cdot dN = \frac{1}{2} \cdot \frac{k_k^l \cdot V_{п} \cdot L_{конт}}{V_p^2} \cdot N_{ц}^2,$$

или через время пиления:

$$t_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_{п} \cdot L_{конт} \cdot k_k^l}{V_p^2} \cdot \left(\frac{t_{пил.г} \cdot V_p}{L_{конт}} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{k_k^l \cdot V_{п}}{L_{конт}} \cdot t_{пил.г}^2 \quad (4)$$

где $k_k^l = l_{к.г}/l_{пер.г}$ - коэффициент пропорциональности; $t_{пил.г} = l_{пер.г}/V_{п}$ - время пиления на первом участке, с.

Параметры $l_{пер.г}$; $l_{к.г}$ входящие в формулу (4), определяется согласно методики [2].

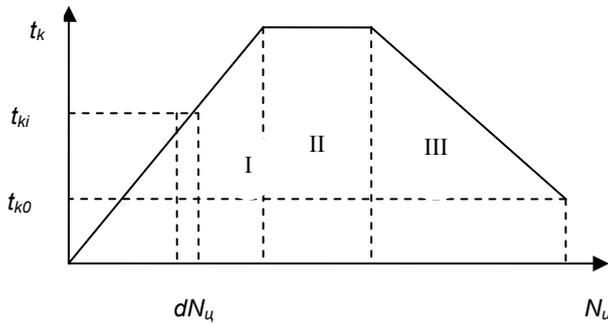


Рис. 2. График зависимости времени контактирования от количества циклов на различных стадиях распиловки:

I, II, III – стадии распиловки

Второй участок, (рис. 2): Время контакта на одном цикле:

$$t_{k,i}^{II} = \frac{l_{k,\Gamma}}{V_p} = \frac{k_k^I \cdot l_{пер.\Gamma}}{V_p}$$

Суммарное время контактирования:

$$t_k^{II} = t_{k,i}^{II} \cdot N_{ц} = \frac{k_k^I \cdot l_{пер.\Gamma}}{V_p} \cdot \frac{t_{пил}^{II} \cdot V_p}{L_{конт}} = \frac{k_k^I \cdot l_{пер.\Gamma}}{L_{конт} \cdot V_{\Pi}} \cdot l_{см} \quad (5)$$

где $t_{пил.См} = l_{пер.См} / V_{\Pi}$ - время пиления на втором участке, с; $l_{пер.См}$ - перемещение канатной пилы по направляющим, на второй стадии пиления по отношению к распиливаемому монолиту камня:

$$l_{пер.См} = 0,5(L - H)$$

Третий участок, (рис. 2): Время контакта на одном цикле:

$$t_{k,i}^{III} = \frac{l_{k,i}}{V_p} = \frac{l_{k,\Gamma} - k_k^{III} [l_{пер.i} - (l_{пер.\Gamma} + l_{см})]}{V_p},$$

или после некоторых преобразований

$$t_{k,i}^{III} = \frac{l_{k,\Gamma} + k_k^{III} \cdot (l_{пер.\Gamma} + l_{см})}{V_p} - \frac{k_k^{III} \cdot V_{\Pi} \cdot L_{конт}}{V_p^2} \cdot N_{ц,i}$$

Суммарное время пиления на третьем участке:

$$t_k^{III} = \int_{N_0}^{N_{ц}} t_{k,i}^{III} \cdot dN = \frac{l_{k,\Gamma} + k_k^{III} \cdot (l_{пер.\Gamma} + l_{см})}{V_p} \times \times N_{ц} \Big|_{N_0}^{N_{ц}} - \frac{k_k^{III} \cdot V_{\Pi} \cdot L_{конт}}{V_p} \cdot \frac{1}{2} \cdot N_{ц}^2 \Big|_{N_0}^{N_{ц}}$$

где $N_{ц} = \frac{V_p}{L_{конт}} \cdot t_{пил}$;

$$N_0 = \frac{V_p}{L_{конт}} \cdot (t_{пил.\Gamma} + t_{пил.См})$$

Решив интеграл получим:

$$t_k^{III} = \frac{l_{k,\Gamma} + k_k^{III} \cdot (l_{пер.\Gamma} + l_{пер.См})}{L_{конт}} \cdot (t_{пил.дон}) + + \frac{k_k^{III} \cdot V_{\Pi}}{2L_{конт}} [(t_{пил.\Gamma} + t_{пил.См})^2 - t_{пил}^2], \quad (6)$$

$k_k^{III} = \frac{l_{k,\Gamma} - l_{к.Дон}}{l_{пер} - (l_{пер.\Gamma} + l_{пер.См})}$ - коэффициент пропорциональности;

$t_{пил.дон} = \frac{l_{пер} - (l_{пер.\Gamma} + l_{пер.См})}{V_{\Pi}}$ - время пиления на третьем участке, с;

$l_{к.дон} = \frac{\pi \cdot D_{ш}}{4}$ - конечная длина линии реза во время допиливания, м.

Ниже представлены зависимости расчетной температуры нагрева инструмента от времени его контактирования-

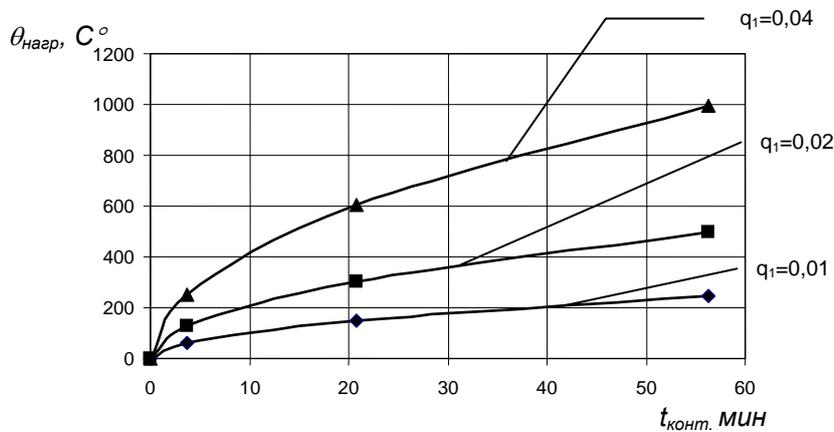


Рис. 3. График зависимости температуры нагрева инструмента от времени его контактирования с распиливаемой породой

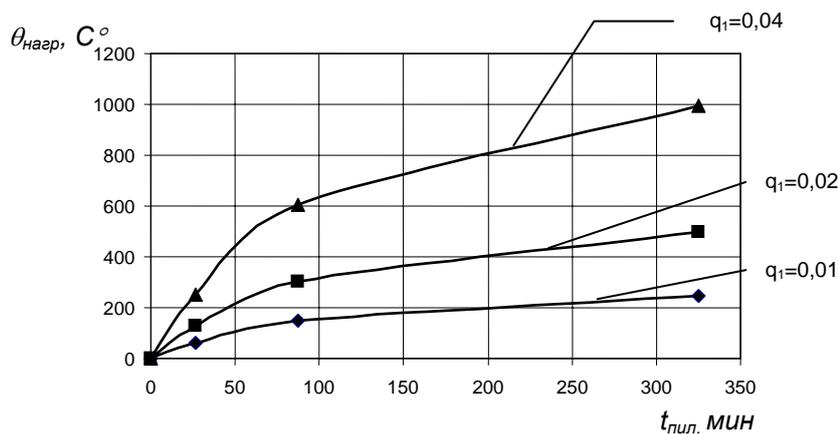


Рис. 4. График зависимости температуры нагрева инструмента от времени пиления

вания, при отделении от массива породы монолита, с размерами $H \times L \times B = 6 \times 12 \times 1,75 \text{ м}$ (B – ширина монолита). Расчеты выполнены при: скорости подачи $V_{\text{п}} = 0,049 \text{ м/мин}$; линейной скорости резания $V_{\text{р}} = 40 \text{ м/мин}$; контактного давления инструмента на породу $\sigma_n = 0,2 \text{ МПа}$; диаметре шкива канатной пилы $D_{\text{ш}} = 1 \text{ м}$; удельной интенсивности тепловыделения, для различных $q_1 \text{ МВт/м}^2$; коэффициенте теплопроводности связи $\lambda_1 = 125 \text{ Вт/(м} \cdot \text{C}^\circ)$, [3]; коэффициенте

температуропроводности связи $\alpha_1 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, [3]. Результаты расчетов приведены на рис. 3 и 4.

Установлено (см. рис. 3 и 4), что температура в контактной зоне в зависимости от времени непрерывного резания имеет явно выраженную тенденцию к росту, особенно интенсивному в начальный период отделения монолита от массива породы.

Особенностью расчетов температуры нагрева гибкого режущего инстру-

мента по разработанной методике, является, условие непрерывного контакта инструмента с породой, в результате чего температура также непрерывно повышается с увеличением времени контактирования. В реальных условиях алмазно-режущая втулка в пределах одного цикла работы, как нагревается, так и охлаждается, проходя внеконтактную зону, по воздуху, с высокой скоростью. Поэтому, в данном

случае, суммирование температуры на циклах работы будет существенно отличаться от непрерывного режима контактирования.

Способы и интенсивность охлаждения инструмента, обязательно, должны учитываться в расчетных моделях, и это неременное условие адекватности результатов моделирования с данными практики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакин В.А. Трение и износ при высоких скоростях скольжения. – М.: Машиностроение, 1980. С. 44 – 81.
2. Першин Г.Д., Гуров М.Ю. Математическое моделирование процесса распиловки природного камня канатно – алмазными пилами // Добыча, обработка и применение природного камня: Сб. науч. тр. – Магнитогорск, 2002. – С. 39-50.
3. Александров В.А., Мечник В.А., Верхоярный А.В. Изучение нестационарного температурного поля алмазного круга при резании с охлаждением. // Сверхтвердые материалы – 1989. №1. С. 40 – 45.

Коротко об авторах

Першин Г.Д. – профессор, доктор технических наук,
Габбасов Б.М. – инженер, ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет».



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. КАНЬША САТПАЕВА			
НИЯЗОВА Шамиснур Валиевна	Закономерности движения частиц грунтов под воздействием сейсмозрывных волн	25.00.21	к.т.н.