

УДК 622.245.124.

В. П. Оницин; В. А. Падуков, доктора техн. наук;
Д. Г. Егоров, инж.

Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г. В. Плеханова
(технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия

ОТДЕЛЕНИЕ ОТ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ВЫБУРЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

It's very difficult to separate cylindrical products witch drilling out from the massif. How to do it by special diamond cutters rock show in this article.

Одним из обстоятельств, существенно сдерживающих внедрение на каменных карьерах способа отработки месторождений путем выбуривания монолитных валов и полых цилиндрических оболочек, является трудность их отделения от массива горных пород. Получение таких изделий возможно только из предварительно отколотых блоков камня, что приводит к большим отходам производства, повышенным издержкам на транспортировку блоков к месту их обработки, дополнительным затратам труда на монтажные и демонтажные работы, предусмотренные технологическими операциями по выбуриванию и т.п. [1, 2].

За последнее время появился ряд патентов РФ, посвященных способам отделения выбуренных изделий от массива. Так, например, отделение выбуренной оболочки предполагается осуществлять путем воздействия на ее нижнюю часть струями аэросмеси тангенциально ориентированными в горизонтальной плоскости и содержащими абразивные фракции, (рис.1, а) [3]. Рабочий орган такого устройства выполнен в виде трубы 4, опущенной внутрь выбуренной оболочки 3, на нижней части которой закреплена сменная насадка 5 с каналами 7, а верхняя снабжена герметичным кожухом 1 с патрубком 2 для отсоса аэросмеси 6.

Другим способом отделения выбуренной цилиндрической заготовки от массива является способ ее подрезки через внутреннее отверстие алмазными кругами, (см. рис. 1, б) [4].

Алмазные круги широко распространены в камнеобрабатывающей промышленности. Номенклатура и типоразмеры кругов отечественного и зарубежного производства известны специалистам и с их использованием можно обеспечить отделение выбуренной части от массива без механического повреждения как массива горной породы, так и отделяемой части с максимальным выходом готовой продукции.

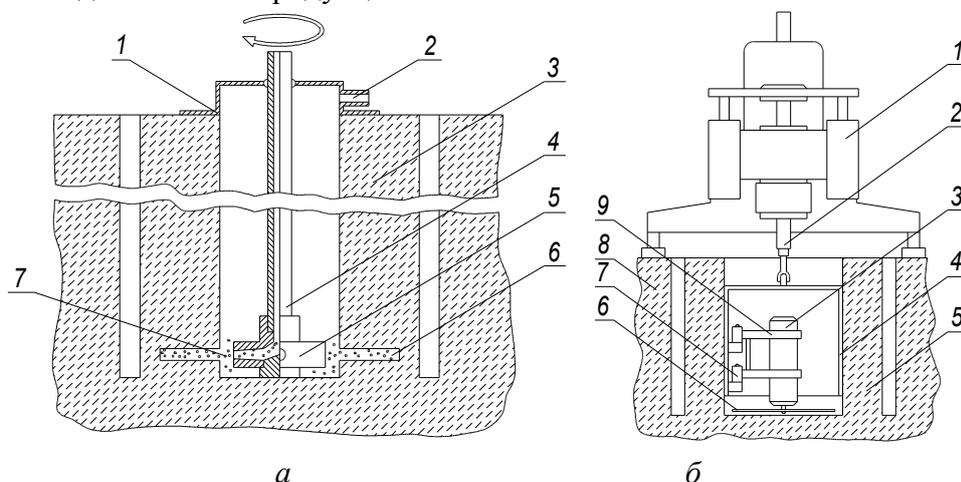


Рис.1. Устройство с использованием: аэросмеси (а); алмазных кругов (б).

Устройство содержит трубчатый корпус 4, опускаемый внутрь выбуренной оболочки 5. К внутренней поверхности трубчатого корпуса на шарнирах 7 крепится поворотная рама 9, к которой присоединяется электродвигатель 3, несущий на своем валу отрезной инструмент в виде алмазного круга 6. После спуска трубчатого корпуса до забоя включается гидроцилиндр (на рис.1, б не показан), также шарнирно закрепленный на внутренней поверхности трубчатого корпуса, который выдвигает шток, соединенный с поворотной рамой, и прижимает отрезной инструмент к внутренней поверхности оболочки.

Вращая трубчатый корпус с помощью бурового станка 1 и штанги 2, соединенной с крышкой корпуса, отделяют каменную оболочку от массива горной породы 8.

Однако, подрезку выбуренных оболочек можно осуществлять не только алмазными кругами, но и плоскими резцами, насаженными на вращающийся металлический диск, подаваемый в плоскость резания через внутреннюю поверхность оболочки. Это особенно эффективно, когда речь идет об отделении тонкостенных оболочек, имеющих недостаточно высокую прочность, а наличие массивного оборудования внутри оболочки при других способах подрезки может привести к преждевременному разрушению выбуренной части.

Схема устройства, позволяющего осуществлять отделение оболочек от массива горных пород с помощью плоских резцов, приведена на рис. 2.

Во внутреннюю поверхность оболочки 1 на бурильной трубе (на схеме не показана) спускается металлический диск 5 и устанавливается против предполагаемой плоскости реза. На верхней поверхности диска на осях 3 установлены плоские резцы 2, режущая часть которых содержит импрегнированную алмазосодержащую матрицу 4. Прижатие резцов к внутренней поверхности оболочки осуществляется за счет пружин кручения 6. При вращении диска осуществляются подрезка оболочки и ее отделение от массива горной породы 7.

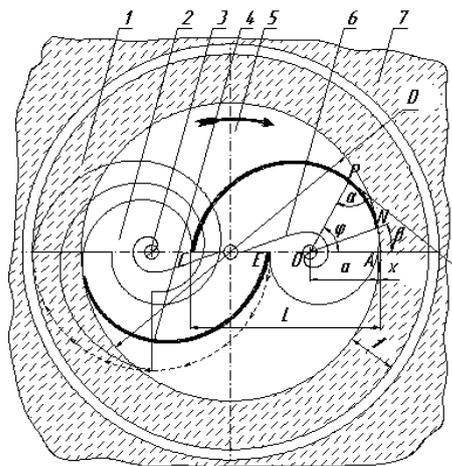


Рис. 2. Устройство для отделения оболочек от массива горных пород.

В целях оптимизации технологических операций по подрезке каменных оболочек через их внутреннюю поверхность необходимо обеспечить изготовление резцов с формой режущей поверхности, позволяющей не только обеспечить минимальную энергоемкость процесса подрезки, но и избежать неравномерного износа поверхности режущей кромки вследствие того, что касательные напряжения по поверхности логарифмической спирали являются постоянными [5]. В этой связи возникающие напряжения сил трения являются инвариантными, обеспечивающими равномерный износ режущей кромки резца. В этом случае угол встречи радиусов вращения резца в точке касания его с породой и касательной в этой же точке к форме режущей поверхности должен быть постоянным. Величина определяется физико-механическими свойствами пород и геометрическими параметрами расположения точек резания относительно подрезаемой поверхности. При этом траектория касательных напря-

жений в разрушаемой породе должна совпадать с траекторией точек резания, находящихся на поверхности резца.

Наружная поверхность такого резца (рис. 3), можно описать логарифмической спиралью вида:

$$r = a \cdot e^{ctg\alpha \cdot \varphi},$$

где r – текущий радиус-вектор; α – угол между текущим радиусом и касательной в точке на поверхности резца, ($\alpha = const$); a – расстояние от оси вращения резца до точки касания с породой перед началом резания; φ – угол между текущим радиусом-вектором и горизонтальной осью координат. Оси обоих резцов должны совпадать с одной из осей координат и располагаться так, как показано на рис. 2.

Так как при $\varphi = -\infty$, $r = 0$, то полюс O представляет собой асимптотическую точку спирали, к которой при отрицательных значениях φ неограниченно приближается, никогда ее не достигая.

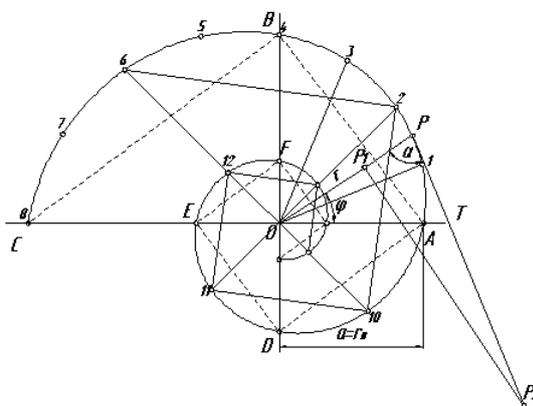


Рис. 3. Форма алмазного резца с поверхностью, выполненной по логарифмической спирали.

Построим резец, наружная поверхность которого будет описана логарифмической спиралью, например, с углом $\alpha \approx 80^\circ$ ($ctg\alpha \approx 0,2$). Найдем восемь точек ($n = 8$), лежащих на дуге кривой, соответствующих изменению φ от 0 до π , предположив $\varphi = \frac{n}{8}\pi$, и имея

$$r = a \cdot e^{0,2 \frac{n}{8}\pi} = a \cdot 1,08^n$$

Значения r этого уравнения определим графически, если примем $OA = a$. Нанеся на радиусах-векторах, соответствующих значениям $\varphi_0 = 0$, $\varphi_1 = \frac{1}{8}\pi$; $\varphi_2 = \frac{2}{8}\pi$; ...

$\varphi_8 = \frac{8}{8}\pi$, величины $r_0 = a \cdot 1,08^0$; $r_1 = a \cdot 1,08^1$; $r_2 = a \cdot 1,08^2$; ... $r_8 = a \cdot 1,08^8$, получим 8 точек дуги ABC логарифмической спирали. Проводя прямые $DA \perp BA$, $ED \perp DA$, $EF \perp DE$, получим новые точки спирали, лежащие на осях координат. Промежуточные точки получим путем построения ломаной линии 6,2,10,11,12, если проведем $6010 \perp 1102$, причем $2,10 \perp 6,2$ и $11,10 \perp 2,10$.

Касательная T в любой точке P спирали образует с соответствующим радиусом-вектором угол $\alpha = const$ и $ctg\alpha = \frac{PP_1}{P_1P_2} = \frac{0,4a}{2a}$.

Зная принцип построения резцов с поверхностью, выполненной по логарифмической спирали, можно определить толщину подрезаемой оболочки t и диаметр ее внутренней полости D , если задан угол α и величина a .

Следует иметь в виду, что резец, имеющий форму логарифмической спирали, в транспортном положении касается оболочки не в точке A , а в точке N , удаленной от точки A по оси абсцисс на расстояние x (см. рис. 3).

Угол β между текущим радиусом-вектором ON и осью OX необходим для определения дуги AN , армирование которой алмазами нецелесообразно ввиду того, что эта часть резца в работе резания не участвует.

Таким образом, диаметр внутренней полости оболочки определим как диаметр диска, на котором закреплены резцы, с учетом значения x из выражения (см. рис. 2):

$$D = 2OA + 2OE + CE + 2x = 2a + 2OE + CE + 2x = 2(OE + a + x) + CE.$$

Длина резца

$$L = CA + x,$$

а толщина подрезаемой оболочки при развороте резца на 180° :

$$t = CO - (a + x)$$

Расчет длин радиусов-векторов логарифмической спирали для различных углов α был проведен в программном приложении Microsoft Excel для заданного значения $a = 10$ мм. Определение допустимых значений толщины подрезаемой оболочки $t_{a=10}$, ее внутреннего диаметра $D_{a=10}$, величины ON , $x_{a=10}$ и угла β было осуществлено при помощи чертежной программы КОМПАС 3D-5.11. Рассчитанные значения приведены в табл.1.

Используя данные табл. 1 путем масштабирования с коэффициентом пропорциональности $K = \frac{D}{D_{a=10}}$, можно определить реальные геометрические параметры резцов и оболочек, с помощью которых последние могут быть отделены от массива горных пород: $a = a_{a=10} \cdot K$; $x = x_{a=10} \cdot K$; $t = t_{a=10} \cdot K$; $ON = ON_{a=10} \cdot K$ и т. д.

Таблица 1. Допустимые значения толщин оболочек при $a = 10$ мм

$\alpha, ^\circ$	$\beta, ^\circ$	$ON_{a=10}, \text{мм}$	$D_{a=10}, \text{мм}$	$t_{a=10}, \text{мм}$	$x_{a=10}, \text{мм}$
75	26,56	11,34	48,83	12,55	0,66
76	25,36	11,18	47,61	11,31	0,58
77	24,18	11,03	46,5	10,15	0,5
78	23,01	10,87	45,48	9,07	0,43
79	21,31	10,76	44,56	8,06	0,36
80	19,45	10,62	43,74	7,11	0,3
81	17,52	10,5	43	6,21	0,24
82	15,52	10,46	42,35	5,36	0,19
83	13,49	10,29	41,79	4,57	0,14
84	11,41	10,21	41,31	3,81	0,1
85	9,34	10,14	40,09	3,09	0,07

По данным табл. 1 построены зависимости толщины подрезаемой оболочки t от угла α (рис. 4).

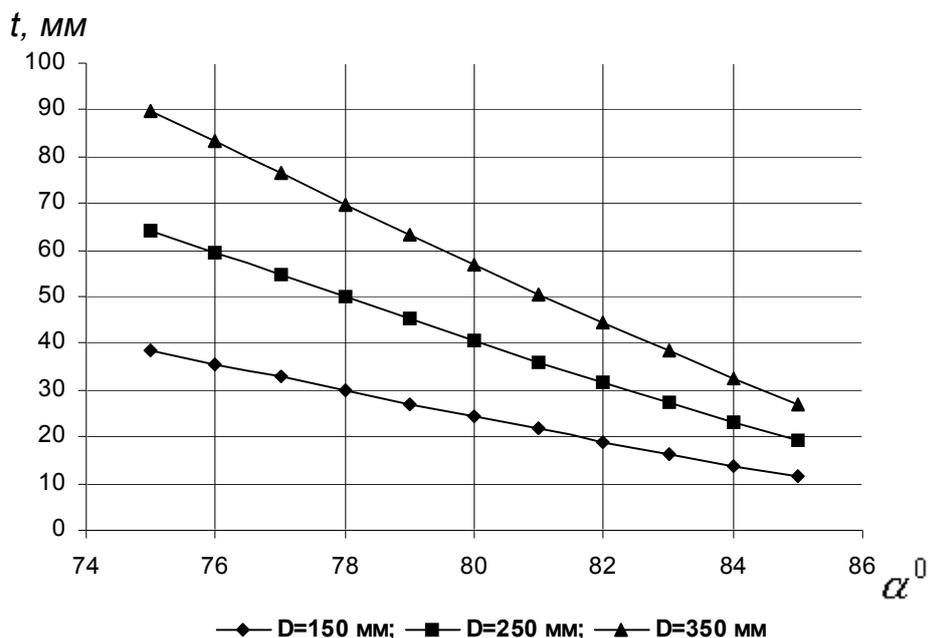


Рис. 4. Зависимость толщины подрезаемой оболочки t от угла α .

Выводы

В настоящее время отделение выбуренных каменных оболочек от массива горных пород затруднено ввиду отсутствия апробированных технических средств.

Возможны подрезка и отделение выбуренных оболочек через их внутреннюю поверхность вращающимися алмазосодержащимися резцами.

Использование алмазных резцов с формой поверхности резания, выполненной по логарифмической спирали, позволяет избежать аномального износа в связи с тем, что напряжения по поверхности логарифмической спирали являются инвариантными.

Литература

1. Оницин В. П. Выбуривание – новое направление в экономном расходе природного камня // Совершенствование техники и технологии бурения скважин на твердые полезные ископаемые. – Екатеринбург: УГГА, 1988. – С. 17–21.
2. Оницин В. П., Егоров Д. Г. Получение высококачественных оболочек из камня методом коаксиального алмазного выбуривания // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент, техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – Вып 7. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля, НАН Украины, – 2004. – С. 84 – 86.
3. Патент РФ 2211135 С1.
4. Патент РФ 2209919 С1.
5. Падуков В.А. Горная геомеханика. – Санкт-Петербург, СПГГИ(ТУ), 1997. – 253 с.

Поступила 30.05.2006 г.