Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т.105

УДК 622.243.3

НАСЫЩЕННОСТЬ БУРОВЫХ КОРОНОК ОБЪЕМНЫМИ АЛМАЗАМИ РАЗЛИЧНОЙ ЗЕРНИСТОСТИ

Л.К.ГОРШКОВ

Эффективность работы алмазного бурового инструмента обусловлена массой заложенных в него объемных алмазов. Отклонение от оптимума в ту или иную сторону ведет к снижению показателей бурения. Если в однослойных коронках вся масса объемных алмазов располагается в одном торцевом слое, то в импрегнированных коронках объемные алмазы занимают некоторый объем матрицы, в котором выделяют некоторое число условных слоев, равное отношению высоты импрегнируемой части матрицы к среднему размеру зерен объемных алмазов. За насыщенность принимают массу объемных алмазов, отнесенную к площади поперечного сечения матрицы (однослойные коронки) или к объему импрегнированной ее части (импрегнированные коронки). Насыщенность объемными алмазами импрегнированных инструментов измеряют и в процентах, принимая за 100 % насыщенность, равную 4,4 карат/см^3 (по ГОСТ 9770-61).

Существующие рекомендации по определению оптимальной массы объемных алмазов (или насыщенности ими) не отличаются комплексностью, не имеют теоретической базы и во многом являются противоречивыми. Например, фирма Diamant Beart (Бельгия) рекомендует увеличивать массу объемных алмазов в коронках практически на 50 % при изменении зернистости алмазов от 1000 до 250-100 шт./карат. В то же время в исследованиях Института сверхтвердых материалов АН УССР [7] показана целесообразность применения повышенной насыщенности объемными алмазами зернистостью 1200-2000 шт./карат.

Из применяемых способов определения массы (насыщенности) объемных алмазов в буровом инструменте следует отметить расчетно-эмпирический способ [4], в котором общее количество объемных алмазов определяется по формуле

$$N = \pi h D_{ср} b / 6 d^2 a \gamma, \qquad (1)$$

где h – высота импрегнируемой части матрицы, м; $D_{ср}$ – средний диаметр коронки, м; b – ширина матрицы, м; d – средний размер алмаза, м; a – ширина бороздки разрушения горной породы алмазом, м; γ – коэффициент перекрытия бороздки разрушения, $\gamma = 0 \div 1$.

Расчет по формуле (1) контролируется эмпирически, исходя из анализа технических показателей бурения по графикам зависимостей механической скорости бурения и проходки за рейс от количества объемных алмазов в коронке.

Ряд недостатков препятствует широкому применению этого способа; следует также отметить низкую его точность из-за сложности определения кон-

121085

кретных значений a и γ; кроме того, в нем не учтены температурный и технологический факторы, природа и характеристики очистного агента, тип коронки, глубина внедрения алмазов и механическая скорость бурения. К тому же расчеты по формуле (I) и результаты, полученные графически, нередко существенно расходятся, что снижает достоверность определений массы объемных алмазов.

Пренебрежение действием температурного фактора является при этом наиболее существенным недостатком, так как с ростом температуры снижаются абразивные качества алмазов: при 600 °С микротвердость алмазов падает на I5 %, при I000 °С – на 60 % [5]. Необходимость учета этого обстоятельства определяется тем, что при бурении пород IX-XII категорий по буримости контактные температуры достигают 600-800 °С и более.

Учесть действие температурного фактора можно, определив допустимое значение коэффициента интенсивности теплообмена коронки с очистным агентом по методике [I]. Коэффициент интенсивности теплообмена K_0 пропорционален забойной мощности и отражает действие ряда факторов, определяющих тепловой режим работы бурового инструмента (массы объемных алмазов, их зернистости, геометрии коронки, теплофизических свойств материалов коронки, вида и расхода очистного агента).

Упрощенная формула для расчета K_0, полученная при исследовании теплового режима работы коронки, имеет вид [I]

$$K_0 = f_м \sqrt{\alpha \Pi_a \lambda_a f_a} \,/\, (f_м - f_a), \qquad (2)$$

где $f_м$ – площадь поперечного сечения матрицы, м^2; f_a и Π_a – суммарные площадь контактов и периметр объемных алмазов, участвующих в разрушении породы на забое скважины, м^2 и м; α – коэффициент теплоотдачи при конвективном теплообмене коронки с очистным агентом, определяемый по методике [3], Вт/(м^2·°С); λ_a – теплопроводность буровых алмазов, Вт/(м·°С).

В то же время из исследований по прогнозированию механической скорости алмазного бурения с учетом действия температурного фактора [I] следует

$$K_0 = v_м b D_{ср} p / A (t_a - t_0), \qquad (3)$$

где $v_м$ – механическая скорость бурения, м/с; b – ширина матрицы, м; $D_{ср}$ – средний диаметр коронки, м; p – твердость по штампу буримой породы, Па; t_a – эффективная теплостойкость алмазов, °С; t_0 – температура очистного агента, °С; A – безразмерный коэффициент пропорциональности, зависящий от распределения тепловых потоков в призабойной зоне, природы очистного агента и теплофизических свойств буримых пород, $A = 0{,}177 \gamma_г \eta / k_н$ (табл.I); $\gamma_г$ – коэффициент, гарантирующий, что предельно допустимая температура нагрева алмазов при внезапном прекращении циркуляции очистного агента не будет превышена; η – коэффициент, учитывающий изменение механической скорости бурения при изменении условий очистки, связанных с природой очистного агента, режимом его течения и буримостью горной породы; $k_н$ – коэффициент нагрева коронки, характеризующий распределение тепло-

вого потока, генерируемого на забое, по буримой породе и телу коронки, $\chi_н$ = 0,87÷0,93, в среднем $\chi_н$ = 0,9.

Таблица 1

Значение коэффициента A при $\chi_н$ = 0,9

Очистной агент	Коэффициент η при категории пород по буримости				$\gamma_г$	A
	VI–VII	VIII–IX	IX–XI	XI–XII		
Сжатый воздух („сухой" разрез)	7	6	3	1	1	1,38–0,20
Вода	1	1	1	1	0,8	0,16
Пена	2	1,7	1,3	1,0	1	0,39–0,20
Глинистый раствор	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,08–0,13

Так как в формуле (2) $П_а = 2\pi\sqrt{D_а \Delta}\, z$ и $f_а = \pi D_а \Delta z$ (здесь $D_а$ – средний размер зерен объемных алмазов, м; Δ – глубина внедрения объемных алмазов в породу на забое скважины, м; z – число зерен объемных алмазов, контактирующих с породой в слое, примыкающем к забою скважины), то, решив уравнение (2) относительно z, получим

$$z = K_0 f_м / \pi\left(K_0 D_а \Delta + f_м \sqrt{2\lambda_а \alpha D_а \Delta \sqrt{D_а \Delta}}\right). \qquad (4)$$

Масса объемных алмазов в зависимости от их зернистости $M = z n / 3_а$ (здесь n – число условных слоев объемных алмазов в матрице коронки; $3_а$ – средняя зернистость объемных алмазов, шт./карат), следовательно, с учетом формул (3) и (4) оптимальная масса объемных алмазов в коронках

$$M = \frac{v_м b D_{ср} p f_м n}{\pi 3_а A (t_а - t_0)} \left[\frac{v_м b D_{ср} p D_а \Delta}{A (t_а - t_0)} + f_м \sqrt{2\lambda_а \alpha D_а \Delta \sqrt{D_а \Delta}}\right]^{-1}.$$

Разделив значение M на площадь поперечного сечения матрицы $f_м$ или на объем ее импрегнированной части $f_м h_и$ (здесь $h_и$ – высота импрегнируемой части матрицы, м), можно рассчитать оптимальную насыщенность объемными алмазами однослойных и импрегнированных коронок.

Для проверки предложенной методики была определена насыщенность коронок объемными алмазами при бурении в следующих условиях:

Коронка	Однослойная	Импрегнированная
b, 10^{-3} м	9,0	8,5
$D_{ср}$, 10^{-3} м	67	50,5
$f_м$, 10^{-4} м^2	15,7	11,0
Геолого-технические условия бурения		
Категория пород по буримости	VII	IX
p, МПа	2500	4500
$v_м$, 10^{-4} м/с	3,89	3,89

Очистной агент	Вода	Вода
t_0, °С	10	10
Расход, л/мин	40	30
α, Вт/(м^2·°С)	18100	18300
Алмазы		
Марка	А200, А160, А125	А100, А80, А63, А50, А40
λ_a, Вт/(м·°С)	146,5	146,5
Δ	0,033 D_a	0,02 D_a

Указанные марки алмазов имеют следующие средние размеры зерен и зернистость:

Марка	А200	А160	А125	А100	А80	А63	А50	А40
D_a, 10^{-3} м	1,63	1,46	1,30	0,97	0,73	0,57	0,48	0,41
β_a, шт./карат	30–20	40–30	60–40	120	275	600	1000	1600

Анализ полученных данных (табл.2 и 3) показывает, что насыщенность объемными алмазами, определенная с использованием предлагаемой методики, соответствует значениям насыщенности коронок зарубежных фирм. При этом расчетное значение насыщенности однослойных коронок в 1,6–1,8 раза выше, чем серийных отечественных коронок. Насыщенность серийных импрегнированных коронок, армируемых относительно крупными алмазами (120–275 шт./карат), ниже расчетной более чем в 2 раза. Насыщенность коронок с алмазами крупностью 600 шт./карат соответствует расчетной, а коронки, армированные более мелкими алмазами, имеют насыщенность выше расчетной.

Таблица 2

Насыщенность объемными алмазами различной зернистости однослойных коронок диаметром 76 мм

β_a, шт./карат	Δ, 10^5 м	Насыщенность, карат/см^2		
		расчетная	серийных коронок СССР [6]	коронок NX „Кристенсен" (США)
30–20	5,4	0,91	0,53	0,87
40–30	4,8	0,78	0,47	0,79
60–40	4,3	0,65	0,34	0,67

Примечание. NX – коронка диаметром 74,8/54,7 мм.

Расчеты с применением предлагаемой методики подтвердили мнение ряда специалистов об уменьшении насыщенности с уменьшением крупности алмазов до 1000 шт./карат и увеличении насыщенности при использовании алмазов зернистостью более 1000 шт./карат, например, 1600 шт./карат.

Таблица 3

Насыщенность объемными алмазами различной зернистости импрегнированных коронок диаметром 59 мм

$3q$, шт./карат	Δ, 10^{-5} м	Насыщенность		
		карат	карат/см^3	% (ГОСТ 9770-60)
120	1,94	21,8/8,8	4,96/2,0	112,6/45,5
275	1,46	18,4/8,8	4,18/2,0	95,0/45,5
600	1,14	17,2/16,0	3,90/3,64	88,6/82,6
1000	0,96	15,3/24,0	3,47/5,45	78,9/124,0
1600	0,80	17,3/24,0	3,94/5,45	89,5/124,0

Примечания. 1. В числителе – расчетная, в знаменателе – серийных отечественных коронок.

2. Для сравнения укажем содержание алмазов в коронках ВХ (диаметр 59,2/42,0 мм), карат: „Christensen" (США) 16,0–35,0; „Diamant Boart" (Бельгия) 11,6–28,1; „Tone-Boring" (Япония) 27,0–33,0; „Craelius" (Швеция) 12,0–20,0.

Таким образом, предлагаемая методика создает теоретическую базу для определения насыщенности объемными алмазами в коронках, предназначенных для конкретных геолого-технических условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков Л.К. Современная технология бурения геолого-разведочных скважин. Л., изд. ЛГИ, 1983.

2. Горшков Л.К., Будюков Ю.Е., Яковлев А.М. Рациональные насыщенность и крупность объемных алмазов импрегнированных коронок для бурения с продувкой. – Изв. вузов, „Горный журнал", 1971, № 9.

3. Горшков Л.К., Медведев О.П. Рекомендации по технологии алмазного бурения с учетом действия температурного фактора М., изд. Геолфонда РСФСР, 1983.

4. Иванов О.В., Пономарев П.П. О рациональной насыщенности импрегнированных коронок объемными алмазами. – В кн.: Методика и техника разведки. Сб. научн. трудов / ВИТР, 1972, № 78.

5. Лоладзе Т.Н., Бокучава Г.В. Износ алмазов и алмазных кругов. М., Машиностроение, 1967.

6. Породоразрушающий инструмент для геолого-разведочных скважин. Справочник / Под ред. Н.И.Корнилова. М., Недра, 1979.

7. Синтетические алмазы в геолого-разведочном бурении / Под ред. В.Н.Бакуля. Киев, Наукова Думка, 1978.