

УДК 622.244

**Янь Тайнин**, проф., иностранный член РАЕН; **Дуан Лунчэн**, д-р техн. наук, проф.;  
**Яо Чжоу**, проф.; **Фан Цзюнь**, магистр. техн. наук

*Китайский геологический университет, г. Ухань*

## **АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА АЛМАЗНЫХ КОРОНОК С ДВУХСЛОЙНЫМИ ПРОМЫВОЧНЫМИ КАНАЛАМИ И ВЫСОКОЙ МАТРИЦЕЙ НА ЗАБОЕ И ИХ КОНСТРУКТИВНОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ**

*In the 2000 m deep drilling process of hard rock by wire-line coring drilling, the diamond bit with double-layer waterways and ultra-high matrix can not only maintain a relatively high penetration rate, but also achieve a lifespan of 80 to 100 meters, saving the auxiliary operation time significantly. With the measured data, the paper analyzes the down-hole drilling process of this kind of diamond bit and its merits and drawbacks. The improvement suggestions of structure optimization are also given at the same time.*

### **Введение**

В целях выполнения планового задания глубинных поисков Шаньдунской геологоразведочной компании необходимо было пробурить скважину ZK43-1 глубиной 2000 м. Как показали результаты технико-экономического анализа для решения этой задачи наиболее целесообразно было применение технологии глубинного бурения скважин снарядом со съемным керноприемником (ССК). Данная технология позволяет значительно сократить вспомогательное время на спускоподъемные операции, снизить себестоимость бурения и повысить производственный КПД [1; 2]. Как известно, при бурении скважин глубиной более 800 м главным показателем эффективности бурения снарядами ССК является проходка на алмазную коронку. Производственная практика свидетельствует, что при бурении скважин в твердых горных породах VIII–IX категории по буримости (например, гранит) проходка на серийную коронку составляет 40–60 м. Серийные коронки не полностью удовлетворяют потребности бурения глубинной скважины. В этой связи возникла необходимость разработать конструкцию алмазной импрегнированной коронки нового типа, которая позволит повысить проходку на коронку и механической скорости бурения.



*Рис. 1. Общий вид алмазной импрегнированной коронки с высокой матрицей и двухслойными промывочными каналами для бурения снарядом ССК*

В Пекинском институте техники и технологии бурения скважин была разработана алмазная импрегнированная коронка нового типа диаметром 77 мм с высокой матрицей и двухслойными промывочными каналами, оснащенная синтетическими алмазами (рис. 1).

Испытания таких коронок проводили в провинции Шаньдун при бурении скважины ZK43-1 глубиной более 1000 м снарядом ССК диаметром 75 мм в породах VIII–IX категории по буримости (гранит, кварцевый альбитофир). Согласно результатам испытаний проходка на данную коронку составила 80–100 м, что по сравнению с серийными коронками выше в 1,3–2,5 раза. При этом механическая скорость бурения несколько превышала скорость бурения серийными коронками. При использовании коронки нового типа не только повысилась эффективность бурения, но и облегчился физический труд бурильщиков.

### Анализ рационального расхода промывочной жидкости для коронки нового типа

Расход промывочной жидкости существенно влияет на эффективность алмазного бурения. Скорость очистки забоя от шлама при алмазном бурении способствует повышению механической скорости бурения. Однако с увеличением расхода промывочной жидкости при алмазном бурении снарядами ССК вызывает резко увеличиваются потери напора в скважине вследствие малых зазоров между керном и коронкой, а также коронкой и стенками скважины. Увеличение давления промывочной жидкости приводит к отрыву коронки от забоя и, кроме этого, может вызвать эрозию матрицы, а также размыв керна [3].

В обычном случае без учета утечки жидкости в скважине рациональный расход промывочной жидкости (л/мин) определяют по формуле [4]:

$$Q=6 S_f V_f \quad (1)$$

$$S_f=\pi(D_1^2-D^2) \quad (2)$$

где:  $V_f$  – восходящая скорость жидкости между коронкой и стенкой скважины, которая определена скоростью осаждения шламов в жидкости, для алмазной коронки со снарядами ССК рекомендуют  $V_f=0,5\div 0,8$  м/с;  $S_f$  – кольцевая площадь скважины, см<sup>2</sup>;  $D_1, D$  – диаметр скважины и наружный диаметр буровой трубы, см.

Наружный диаметр коронки нового типа используемой при бурении скважины ZK43-1 составляет 77 мм, а наружный диаметр буровой трубы –71 мм. Подставив значения этих параметров в формулу (2) получим  $S_f=6,97$  см<sup>2</sup>. Подставив полученное значение в уравнение (1), получим  $Q=21\text{--}33,6$  л/мин. Однако такого расхода промывочной жидкости недостаточно для бурения снарядом ССК и коронкой нового типа. Недостаточный расход промывочной жидкости может быть причиной ряда осложнений: зашламования забоя, преждевременной подклинки и прижога коронки [3], так как коронка нового типа имеет двухслойные промывочные каналы, площадь которых многократно превышает кольцевую площадь скважины во много раз.

По нашему мнению рациональный расход промывочной жидкости для коронки нового типа должен определяться по площади двухслойных промывочных каналов:

$$Q=6 S_s V_f \quad (3)$$

$$S_s=n (h_1l_1+ h_2l_2) \quad (4)$$

где:  $S_s$  – общая площадь промывочных каналов в коронке;  $n$  – число каналов каждого слоя;  $h_1, l_1, h_2, l_2$  – соответственно, высота и ширина каналов первого и второго слоя.

Параметры промывочных каналов коронки нового типа следующие: высота –12,5 мм, ширина –5,5 мм, в каждом слое 10 каналов.

Подставив числовые значения в формулу (4) получим  $S_s=13,75$  см<sup>2</sup> и подставляя в уравнение (3), получим  $Q=44\text{--}66$  л/мин. Такой расход превышает расчетный по формуле (1) для серийных коронок в 2 раза.

В процессе бурения двухслойные каналы открыты. В каналах второго слоя сопротивление потоку относительно меньше, поэтому большая часть жидкости будет проходить через каналы второго слоя. В этой связи забой скважины не полностью очищается от шлама и могут возникать осложнения. В практическом процессе бурения выбранный расход был больше расчетного расхода по формуле (3). В условии практического расхода  $Q=60\text{--}80$  л/мин коронки нового типа диаметром 77 мм показали хороший результат бурения.

### Анализ рабочего процесса на забое алмазной коронки нового типа

Процесс изнашивания серийных алмазных коронок делится на три этапа: начальный период – скорость низкая, износ матрицы большой; средний период – скорость однородная и высокая, износ матрицы нормальный; конечный период – скорость низкая, возрастающий износ, вплоть до отбраковки коронки [5].

Поскольку коронки нового типа имеют двухслойные каналы количество этапов процесса изнашивания по сравнению с серийными коронками увеличивается на 2 этапа. Этапы процесса изнашивания коронки нового типа следующие:

– начальный период;

- нормальный период эксплуатации первых каналов;
- период перехода двухслойных каналов;
- нормальный период эксплуатации вторых каналов; конечный период.

Особенность коронок нового типа состоит в наличии третьего этапа износа (перехода двухслойных каналов). При этом каналы первого слоя эксплуатируются близко к полному износу, большая часть потока жидкости проходит через каналы второго слоя, что приводит к недостаточной очистке забоя от шлама. Результаты контроля процесса бурения скважины глубиной 1000–1100 м с помощью разработанного в Китайском геологическом университете контрольно-измерительного прибора CUG-2, показаны на рис. 2 и 3.

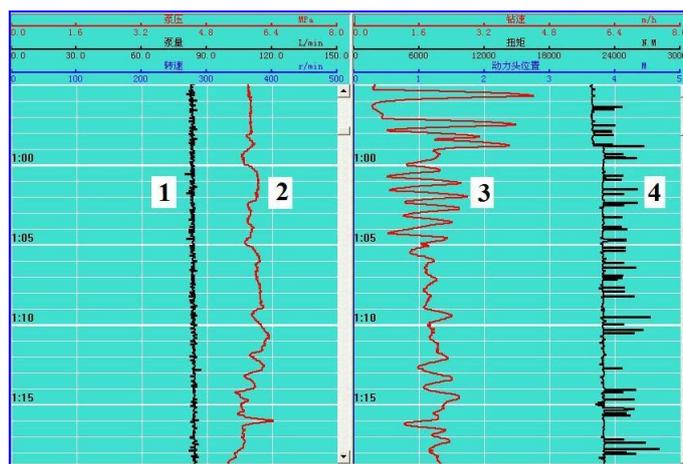


Рис. 2. График до полного износа первых каналов коронки нового типа: 1 – расход промывочной жидкости; 2 – давление насоса; 3 – механическая скорость; 4 – частота вращения

Как видно из рис. 2, с повышением давления насоса, скорость бурения постепенно снижается до 1,6 м/ч.

При изнашивании матрицы до полного контакта каналов второго слоя с забоем, осевая нагрузка, частота вращения и расход промывочной жидкости не изменяются. При этом давление насоса начинается снижаться и постепенно стабилизируется, а средняя механическая скорость бурения повышается до 2,4 м/ч (рис. 3), так как на забое рабочая поверхность коронки тщательно очищается от шлама. Затем забойный процесс работы коронки вступает в устойчивый четвертый период: давление насоса нормальное, скорость однородная и высокая, износ матрицы нормальный.

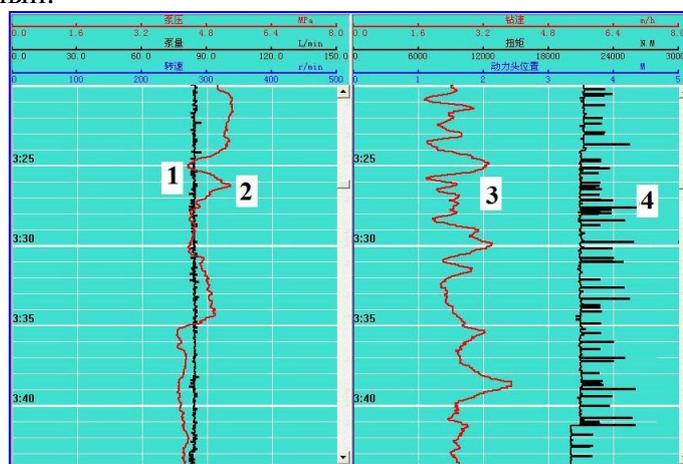


Рис. 3. График после полного контакта вторых каналов коронки нового типа с забоем: 1 – расход промывочной жидкости; 2 – давление насоса; 3 – механическая скорость; 4 – момент вращения

Как видим из анализа рис. 2 и 3, овладеть технологией бурения коронкой нового типа сложно.

В целях повышения эффективности бурения скважин и предотвращения возможности осложнений в глубинной скважине необходимо как можно больше сокращать продолжительность третьего изнашивающего периода коронки нового типа и быстро входить в устойчивое состояние четвертого изнашивающего периода, так как в третьем периоде у коронки большая вероятность появления ненормального износа и аварий.

Общий вид одной из отработанных коронок нового типа в скважине в третьем периоде показан на рис. 4. Изучая эту коронку, отметим следующее. Перед четвертым изнашивающим периодом шлам забивает конечную часть канала первого слоя коронки. Условия очистки от шлама и охлаждения на забое в дальнейшем ухудшались и образовывали «злокачественную» циркуляцию. Одновременно вследствие недостаточного охлаждения на месте двухслойных каналов возникали температурные напряжения, при этом очаги концентрации напряжений располагались в шахматном порядке. В результате этого образовывались трещины не только посередине секторов матрицы коронки (на месте, соответствующем каналам второго слоя), но иногда и весь сектор откалывался от матрицы коронки. В случае, если бы коронка дальше продолжала работать в скважине, это грозило бы возникновением преждевременной подклинки и прижога коронки.

#### **Предложения по конструктивному совершенствованию алмазной коронки нового типа**

1. Установка перегородок в каналах второго слоя коронки нового типа.

При спекании матрицы алмазной коронки нового типа нижняя часть перегородок из мягкой стали закрепляется в матрице, а другие три края перегородок остаются свободными (рис. 5). Таким образом, в первом и втором периодах процесса изнашивания коронки нового типа благодаря наличию перегородок каналы второго слоя закрыты, и коронка может работать как серийная, так как не требуется большого расхода. Когда каналы первого слоя полностью изнашиваются, перегородки выпадают из матрицы, а каналы второго

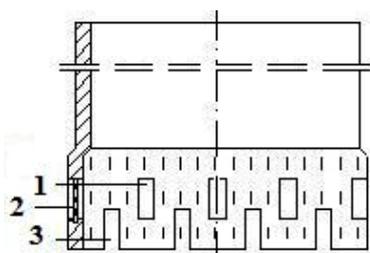


Рис. 5. Схема установки перегородок в каналах второго слоя коронки: 1 – каналы второго слоя; 2 – перегородки; 3 – каналы первого слоя

эксплуатации вторых каналов, обеспечивая снижение вероятности возникновения го выхода коронки из эксплуатации.



Рис. 4. Общий вид состояния изнашивания и разрушения матрицы коронки нового типа перед обнажением каналов второго слоя

слоя полностью открываются. В свою очередь, перегородки разрушаются режущей частью коронки и выносятся промывочной жидкостью вместе со шламом на поверхность.

2. В зоне перехода двухслойных каналов необходимо применять более мягкую матрицу.

Рекомендуется разработать такую конструкцию коронки, которая обеспечит в зоне перехода двухслойных каналов зоны с пониженной твердостью относительно твердости всей матрицы и соответственно позволит удлинить перекрывающую высоту двухслойных каналов (рис. 6).

Таким образом, перед полным изнашиванием лов первого слоя темпы износа матрицы ускоряются, что позволяет коронке быстро входить в нормальный период

3. Нижнюю часть каналов второго слоя ходимо выполнять в виде полукруга.

Во избежание образования трещин в секторах коронки и выпадания секторов из матрицы на третьем этапе процесса изнашивания из-за наличия концентрации напряжения в каналах второго слоя, при разработке конструкции коронки нижнюю часть каналов второго слоя необходимо выполнять в виде полукруга (рис. 6).

### Выводы

1. Результаты производственных испытаний свидетельствуют, что средняя проходка на алмазную коронку с двухслойными промывочными каналами и высокой матрицей при бурении скважины в горных породах VIII–IX категории по буримости увеличивается по сравнению со средней проходкой серийных коронок в 1,3–2,5 раза. При бурении скважин глубиной 1000–2000 м снарядами ССК, перспективно использовать предлагаемую коронку нового типа.

2. Рациональный расход жидкости для коронки нового типа должен определять по площади всех каналов, так как их площадь многократно превышает кольцевую площадь скважины. С учетом основного потока промывочной жидкости, пропускаемого через каналы второго слоя, практический расход должен превышать расчетный в 1,2–1,5 раза.

3. Результаты анализа изнашивания матрицы коронки нового типа на забое свидетельствуют, что ее рабочий процесс значительно сложнее, чем серийной коронки. Для полного выявления преимуществ коронок нового типа перед серийными алмазными коронками в условиях бурения снарядами ССК необходимо провести следующие конструктивные усовершенствования:

- установить перегородки в каналах второго слоя;
- в зоне перехода двухслойных каналов применить более мягкую матрицу;
- при разработке конструкции коронки нижнюю часть каналов второго слоя необходимо выполнять в виде полукруга.

### Литература

1. Wei ZHANG, Da WANG. Design for the Method of Core Drilling Based on the Technical and Economic Evaluation // Geological Sc. and Technol. Inform. – 2007. – №26(5). – P 95–99.
2. YAN Taining. Rock&Soil Drilling and Tunneling // China University of Geosciences Production Company 2001.
3. Разведочное бурение // А. Г. Калинин, О. В. Ошкордин, В. М. Питерский и др. Учеб. Для вузов. – М.:Недра. – 2000. – 742 с.
4. Chunbo ZHANG. Technology of Diamond Wire-fine Drilling// Geological Production Company, 1985.
5. Haoran ZHANG, Jihuan LI, Jinsu QUAN, Influences of matrix structure of impregnated diamond on drill bit lifespan // Ji Lin geological. – 1984. – 3(2)

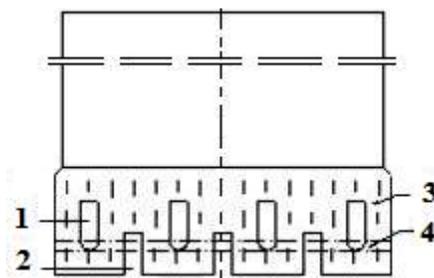


Рис. 6. Схема изменения твердости матрицы на переходе двухслойных каналов и форм каналов второго слоя: 1-каналы второго слоя; 2-каналы первого слоя; 3-нормальная матрица; 4-более мягкая матрица

Поступила 11.06.10