УДК 622.243.3

Л.К.ГОРШКОВ, *д-р техн. наук, профессор, spmi@mail.wplus.net*
А.А.ЯКОВЛЕВ, *д-р техн. наук, профессор, spmi@mail.wplus.net*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

L.K.GORSHKOV, *Dr. in eng. sc., professor, spmi@mail.wplus.net*
A.A.YAKOVLEV, *Dr. in eng. sc., professor, spmi@mail.wplus.net*
National Mineral Resources University (University of Mines), Saint Petersburg

АНОМАЛЬНЫЙ ИЗНОС АЛМАЗНЫХ БУРОВЫХ КОРОНОК

При разнообразии факторов и видов напряжений, имеющих место в буровых алмазах, определяющее значение имеют температурные и механические напряжения, характеризующие напряженно-деформационное состояние и, в конечном счете, работоспособность алмазного инструмента. Показаны пути совершенствования конструкций коронок и способы предупреждения их аномального износа.

***Ключевые слова*:** температурные и механические напряжения, аномальный износ, алмазные буровые коронки, работоспособность.

ANORMAL WEAR OF DIAMOND DRILL BITS

The diversity factors and types of stresses occurring in drilling diamonds crucial thermal and mechanical stresses on stress-deformation condition and, ultimately, the efficiency of diamond tools. Showing ways to improve designs and ways to prevent their crowns abnormal wear.

***Key words*:** thermal and mechanical stress, abnormal wear and tear, diamond drill bits, working capacity.

Механизм образования аномальных форм износа алмазов и матриц буровых коронок обусловливается действием ряда взаимосвязанных причинных факторов: геологических, технологических, технических, а также факторов, определяемых технологией изготовления алмазного инструмента.

Аномальный износ алмазных буровых коронок является одной из основных причин преждевременного снятия их с работы при неиспользованном полностью ресурсе. Исследованиями причин образования этого негативного явления и разработке рекомендаций по борьбе с ним занимались и занимаются в настоящее время многие ученые. В их многочисленных исследованиях отражены главные проблемы исследуемого вопроса и рассмотрены основные направления в разработке рекомендаций по снижению частоты и интенсивности его образования с целью повышения работоспособности коронок. Анализ выполненных исследований свидетельствует о неоднозначности, а в отдельных случаях и о противоречивости рекомендаций, направленных на борьбу с аномальным износом. В основном это относится к определению наиболее распространенных видов аномального износа, механизму износа алмазов и матрицы коронок, характеру изменения формы профиля, оценке влияния структурных и текстурных особенностей горных пород, параметров режима бурения и взаимосвязанности многих причинных факторов аномального износа.

Проведенные исследования позволили определить объект изучения в следующей форме: аномальный износ – это остаточное, локальное изменение формы породоразрушающей поверхности алмазных коронок, являющееся причиной снижения их работоспособности.

Главным направлением развития аномального износа являются радиальное и перпендикулярное к нему (тангенциальное), основными же зонами локализации – периферийные и центральные участки матриц коронок, а также набегающие кромки секторов [2, 3]. Наиболее типичными формами аномального износа являются кольцевые канавки по торцу, которые образуются вследствие различной интенсивности износа в радиальном направлении. Различная интенсивность износа объясняется наличием участков с различиями в износостойкости породоразрушающей поверхности и механизме ее износа в рассматриваемых направлениях, которые обусловлены, главным образом, качеством изготовления коронок и неоднородностью условий изнашивания.

К числу основных причинных факторов, определяющих неравномерную износостойкость, относятся недостатки входного контроля качества алмазного сырья (стабильность прочностных характеристик, формы, размеры, морфологии, структуры, температурной стойкости) и порошковых материалов; недостатки в обеспечении заданных схемы раскладки алмазов, величины их выпуска из матрицы, значения концентрации и недостаточно обоснованный выбор формы пуансонов при прессовании, формы замкового соединения матрица-корпус, способы прессования и их параметров; ненадежный контроль равномерности прогрева матрицы при спекании и отбраковки коронок с недопустимым торцевым и радиальным биением.

Неоднородность условий изнашивания на породоразрушающей поверхности обусловлена несколькими группами причинных факторов:

– технических: неравномерное распределение температуры, нормальных и тангенциальных напряжений по резцу; различия в линейных скоростях перемещения участков режущей поверхности коронок; различия в величинах пути перемещения (трения) и объема разрушаемой на забое породы;

– эксплуатационных: изменение кинематики движения коронок; уровня нормальных и касательных напряжений, зависящих от величины отношения осевой нагрузки к угловой частоте вращения коронки; колебательные процессы в призабойной зоне, в буровом снаряде, в том числе и в колонне бурильных труб; нарушение технологии бурения и т.п.;

– геологических и физико-механических: неоднородности структур и текстур буримых горных пород забоя скважины; их трещиноватость; перемежаемость по твердости; различия по теплофизическим характеристикам.

В результате комбинированного и практически одновременного действия рассмотренных факторов образуются формы аномального износа; причем одинаковые внешне формы аномального износа могут быть образованы различными взаимозависимыми факторами. В этом заключается сложность диагностирования механизма образования морфологических видов аномального износа. Особый практический интерес представляют те формы аномального износа, которые связаны с производством коронок (проектирование, изготовление), то есть по существу генетические формы аномального износа. Существующие способы диагностики аномального износа основаны либо на изучении и систематизации предельных форм износа коронок, либо на изучении раздельно качественных и количественных факторов, что не всегда позволяет достоверно выявить причины аномального износа.

Исследование продольных и поперечных динамических профилограмм износа алмазных коронок позволило провести типизацию форм аномального износа на основе введения понятия о приращении величины износа как функции радиуса матрицы – $h(\rho)$, где $r \le \rho \le R$; r, R – соответственно внутренний и наружный радиусы матрицы. Эта функция имеет параболический характер и включает в себя основные комбинации h и ρ:

$$1.\ h_r = h_R; \qquad 2.\ h_r < h_R; \qquad 3.\ h_r > h_R;$$

$$\rho_r = \rho_R; \qquad \rho_r < \rho_R; \qquad \rho_r > \rho_R,$$

где ρ_r и ρ_R – соответственно значения расстояний от окружностей внутреннего и на-

ружного радиусов матрицы до точки пересечения линии минимального износа $h_{\min}$ с осью ρ; h_r и h_R – значения износа в зонах, соответствующих значениям r и R, при этом $\rho_r + \rho_R = R - r$.

При проведении указанного выше исследования [1] установлено, что кольцевые канавки образуются постепенно практически с первых метров бурения. Их фазовые изменения, эволюция могут быть условно разделены на три этапа, отличающиеся друг от друга величиной интенсивности износа и мощностью (протяженность в направлении углубки), причем отмечена зависимость между забойной мощностью и стадиями образования аномального износа. Интенсивность развития аномального износа пропорциональна размеру сектора в радиальном и перпендикулярном к ним направлениям, а его тип во многом зависит от формы профиля коронок, ширины матрицы и соотношения параметров режима бурения.

В однослойных коронках фазовые изменения в основном количественные, а в импрегнированных коронках наблюдается изменение формы и периодичности функций $\Delta h(\rho)$, что обусловлено чередованием впадин и выступов при износе матрицы в радиальном направлении.

Генетически форма аномального износа алмазных коронок зависит от характера распределения контактных давлений в призабойной зоне, обусловленного действием технологических и конструктивных факторов.

На основании изучения, обобщения и анализа поверхностных нарушений на алмазах и матрице, а также эволюции топографии микро- и макрорельефа на всех стадиях их развития были установлены основные типы механизма наноса матрицы и алмазов, составлены соответствующие классификации. Результаты исследований позволяют констатировать, что износ алмазов и матрицы являются органически взаимозависимыми процессами и должны рассматриваться только с позиции единства системы алмаз – матрица, именуемой породоразрушающей поверхностью, которая является источником информации о процессах, протекающих в контактной зоне. Установлено, что имеются качественные различия в механизме износа алмазов, разноудаленных от оси вращения коронки, отмечено существенное влияние на аномальный износ неравномерности распределения температур в зоне контакта [2]. Образованию кольцевых канавок предшествуют или способствуют скол, выпадение, выкрашивание алмазов, т.е. факторы, обусловленные прочностью алмазов и качеством удержания их в матрице. При этом буровые алмазы испытывают периодические перегрузки, и характер распределения контактных давлений является неравномерным и зависящим от геологических, эксплуатационных и технических факторов.

Результаты исследований [1, 3] подтверждают, что многие серийные коронки, начиная с коронок типов 02И3, 02И4, у которых теоретически износостойкость матриц одинакова для всех зон породоразрушающей поверхности, при изменении контактных давлений и скоростей перемещения испытывают, тем не менее, неравномерный износ при работе на забое. Из этого следует, что аномальный износ должен рассматриваться не с позиций исключительного явления (аномального), а с позиции объективных закономерностей износа.

Диагностика и анализ характера аномального износа алмазов и матриц буровых коронок обеспечивают основу для разработки путей совершенствования проектирования и эксплуатации алмазного инструмента в конкретных геолого-технических условиях: изменение геометрии режущей части коронок, разработка композиций матриц с заданными свойствами, изменение схемы армирования коронок алмазами, выбор оптимальных режимов отработки коронок, создание методики и технических средств для контроля износа алмазных коронок.

Общая методология практической реализации установленных зависимостей заключается в следующем. С помощью динамического профилометрирования выявляются локализация, форма и фазы развития тех или иных типов аномального износа, одновременно на основе разработанных методов качественного исследования опреде-

ляется доминирующий механизм образования аномального износа. Стратегия совершенствования конструкций коронок при этом следующая: изнашиваемость породоразрушающей поверхности должна быть спроектирована в соответствии с формой, степенью и локализацией аномального износа, а способы управления скоростью износа выбираются в зависимости от вида механизма износа.

Тактических решений этого вопроса может быть много, но из числа главных можно выделить два направления. Во-первых, это традиционный и распространенный принцип разработки коронок с равноизнашиваемой породоразрушающей поверхностью. С использованием этого принципа были введены коррективы в способ изготовления коронок типа А4ДП, И4ДН, КИТ: в матрицах выполнено усиление периферийных участков путем изменения формы профиля, замкового соединения, схемы раскладки алмазов. Снижение частоты появления аномального износа по этим коронкам, в сравнении с базовыми, составило 16, 13, 18 % соответственно.

С целью улучшения условий разрушения горных пород в угловых участках забоя и тем самым улучшения условий работы периферийных участков матрицы был разработан класс коронок типа КРК, отличающийся ступенчатой формой профиля и уменьшенной контактной поверхностью с забоем, а также смещением скважинообразующих и кернообразующих участков относительно центральных. Это позволило резко снизить частоту образования кольцевых канавок (на 25 %).

В качестве второго тактического направления по совершенствованию алмазных коронок может быть предложено альтернативное к рассмотренному решение, предусматривающее разработку коронок, закон изнашивания породоразрушающей поверхности которых принят неравномерным, но заданным в процессах проектирования и изготовления по определенной, основанной на учете закономерностей аномального износа, схеме.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Быченков Е.И.* Особенности износа алмазов в коронках при бурении скважин // Методика и техника разведки. Л., 1977. № 102.

2. *Горшков Л.К.* Температурные напряжения в буровых алмазах // Изв. вузов. Горный журнал. 1984. № 11.

3. *Горшков Л.К.* Температурные режимы алмазного бурения / Л.К.Горшков, В.Г.Гореликов. М.: Недра, 1992.

REFERENCES

1. *Bychenkov E.I.* Especially wear diamond crowns during drilling // Technique and technology prospecting. Leningrad, 1977. № 102.

2. *Gorschkov L.K.* Temperature stress in pots diamond drilling // Notes of higher education. Mining Journal. 1984. № 11.

3. *Gorshkov L.K.* Temperature of diamond drilling / L.K.Gorshkov, V.G.Gorelikov. Moscow, 1992.