

расхода хладагента. В целом, по энергетическим показателям данная схема ТНУ может быть рекомендована к применению в геотермальных системах теплоснабжения с ПЦС для обеспечения высокотемпературного режима работы системы отопления.

Список литературы

1. Янговский Е.И. Парокомпрессионные теплонасосные установки / Янговский Е.И., Пустовалов Ю.В. – М.: Энергоиздат, 1982. – 144 с.
2. Соколов Е.Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения / Соколов Е.Я., Бродянский В.М. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.
3. Розенфельд Л.М. Холодильные машины и аппараты / Розенфельд Л.М., Ткачев А.Г. – М.: Госторгиздат, 1955. – 584 с.
4. Редько А.А. Ступенчатая система теплоснабжения с теплонасосной установкой / Редько А.А., Краснопольский В.А., Редько И.А., Харлампиди Д.Х. // Коммунальное хозяйство городов. – 2008. – Вып. 84. – С. 155-158.
5. Редько А.А. Анализ режимов работы геотермальных теплонасосных установок / Редько А.А., Харлампиди Д.Х. // Новая тема. – 2008. – № 4. – С. 21-25.
6. Редько А.А. Исследование термодинамических режимов геотермальных теплонасосных установок / Редько А.А., Харлампиди Д.Х. // Вісник Донбаської нац. академії будівництва та архітектури. – 2009. – Вип. 2 (76). – С. 86-98.
7. Разаков А. Т. Теплофізичні процеси при формуванні та використанні геотермальних ресурсів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.14.06 «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика» / Разаков А.Т. – К., 2007. – 40 с.

8. Харлампиди Д.Х. Выбор термодинамического цикла и технологической схемы теплонасосной установки на основе оценки критерия сложности / Харлампиди Д.Х. // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2006. – № 4. – С. 3-11.

9. Редько А.О. Методика розрахунку геотермальних теплонасосних установок / Редько А.О., Харлампиди Д.Х. // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – 2008. – Вип. 12. – С. 80-91.

Проведено аналіз можливостей використання двоступінчатих теплонасосних установок для геотермального теплопостачання з підземно-циркуляційною системою термоводозабору. Запропоновано методику вибору раціональної технологічної схеми двоступінчатої теплонасосної установки, проведено аналіз її ексергетичної ефективності для різних режимів експлуатації протягом усього опалювального періоду.

Ключові слова: теплові насоси, геотермальне теплопостачання, двоступінчаті установки, ексергія.

The possibility of application of two-stage heat-pump units for geothermal heat supply with underground circulating system of thermal water intake was analyzed. The procedure of choice of an efficient technological layout for the two-stage heat-pump unit was introduced, the analysis of its exergy effectiveness for different operation conditions during the whole heating period was fulfilled.

Key words: heat pumps, geothermal heat, two-stage installation, exergy.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком 17.02.10

УДК 622.24.051.64

© Р.К. Богданов, А.М. Исонкин, А.П. Загора, 2010

Р.К. Богданов, А.М. Исонкин, А.П. Загора

ОПТИМАЛЬНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ АЛМАЗОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПО СОСТАВУ МАТРИЦАХ БУРОВЫХ ИМПРЕГНИРОВАННЫХ КОРОНОК

OPTIMAL CONCENTRATION OF DIAMONDS IN DIFFERENT POE TO COMPOSITION MATRICES OF BORINGS IMPREGNATED CROWNS

Приведены результаты по определению оптимальной концентрации синтетических алмазов в вольфрамсодержащих и безвольфрамовых матрицах импрегнированных буровых коронок. Проведенные исследования позволяют рекомендовать коронки с наибольшей относительной концентрацией синтетических алмазов, при которой, однако, не возникает опасности выкрашивания матрицы. Максимальная величина относительной концентрации алмазов в матрицах определяется их прочностными свойствами и возможностью повышения удержания алмазов в матрице за счет возникновения между ними химической взаимосвязи. С целью увеличения износостойкости коронок необходимо в первую очередь повышать качество матрицы, что позволяет увеличить относительную концентрацию алмазов без выкрашивания матрицы в процессе бурения.

Ключевые слова: буровые коронки, выкрашивание матрицы, оптимальная концентрация алмазов.

Задача повышения износостойкости буровых импрегнированных коронок может быть решена путем изучения и дальнейшей детализации факторов, влияющих на этот показатель. С этой целью нами был проведен комплекс исследований по установлению влияния относительной концентрации алмазов в матрице на износ буровых коронок.

Исследования выполнялись на коронках, изготовленных с применением в качестве матриц вольфрамосодержащих и безвольфрамовых материалов. Коронки диаметром 59 мм оснащались синтетическими алмазами АС80 зернистостью 250/200 мкм с различной их относительной концентрацией в матрице в пределах от 25 до 200%.

Вольфрамосодержащая матрица была представлена холоднопрессованной шихтой ВК6 с последующей её инфильтрацией медью М1, а безвольфрамовая – связкой М3-21 на основе оловянистой бронзы. Твердость указанных матриц составляла по шкале HRC соответственно 24 и 15. Наряду с этим связка М3-21 является адгезионно-активной по отношению к алмазам.

Испытания проводились при бурении коростышевского гранита Х категории на буровом стенде, созданном на базе радиально-сверлильного станка модели 2А55, снабженном системой промывки, системой гидравлической подачи с пультом регулировки и комплектом измерительной аппаратуры.

Коронки испытывались при частоте вращения 800 мин^{-1} , подаче промывочной жидкости 20 – 25 л/мин и осевой нагрузке на инструмент от 300 до 1200 даН. Нагрузка изменялась в широком диапазоне с целью обеспечения стабильной механической скорости бурения.

Интенсивность изнашивания инструмента оценивалась как отношение величины износа алмазосносного слоя по высоте в мм к проходке 1 м скважины.

Принимая во внимание опыт работы правящих инструментов на связке М3-21, было решено оснащать коронки с матрицей на её основе алмазами с относительной концентрацией в пределах 125 – 200%, т.к. при более низких её значениях инструмент малоэффективен. Результаты исследований представлены на рис. 1.

Анализируя полученные результаты, видим, что изменение относительной концентрации алмазов оказывает весьма значительное влияние на интенсивность изнашивания коронок как с вольфрамосодержащей, так и с безвольфрамовой матрицей.

Так, коронки первого типа с относительной концентрацией алмазов 25 и 50% имеют очень высокую интенсивность изнашивания, составляющую $0,28 - 0,33 \times 10^{-5}$ мм/м. При отработке таких коронок наблюдалось полное разрушение алмазов и происходил сильный неравномерный износ импрегнированного слоя по высоте, который достигал более 3,0 мм/м проходки скважины. Поскольку осевую нагрузку нельзя было повысить вследствие быстрого разрушения алмазов, механическая скорость оставалась незначительной.

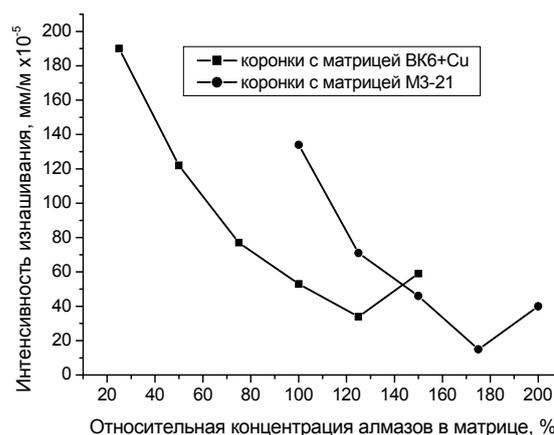


Рис. 1. Зависимость интенсивности изнашивания от концентрации алмазов в матрице

С увеличением относительной концентраций алмазов до 125% износостойкость этих коронок возросла в несколько раз. При этом буровые качества коронки заметно улучшились, что позволило увеличить осевую нагрузку и обеспечить высокую механическую скорость бурения.

Очевидно, что с увеличением относительной концентрации алмазы меньше подвергаются опасности разрушения, но при этом требуются более высокие осевые нагрузки, особенно при затуплении алмазов.

Максимальная износостойкость коронок с вольфрамосодержащей матрицей была получена при относительной концентрации в ней алмазов 125%.

При повышении относительной концентрации до 150% износостойкость понизилась, буровые качества коронки резко ухудшились. В процессе бурения коронкой со 150%-й относительной концентрацией алмазов наблюдалось выкрашивание секторов вследствие понижения прочности матрицы.

Для определения зависимости прочности вольфрамосодержащей матрицы от содержания в ней алмазов были изготовлены коронки с их относительной концентрацией 25, 50, 75, 100 и 150% и проведены испытания прочности секторов на машине КМ-50 путем определения критической нагрузки скручивания.

Результаты испытаний, приведенные в табл. 1, показали, что изменение относительной концентрации алмазов в пределах от 25 до 75% почти не влияет на прочность матрицы, обеспечивая ее максимальное значение, а увеличение относительной концентрации до 100 и 150% уменьшает прочность матрицы соответственно на 10 и 25%.

Опасность разрушения матрицы увеличивалась с повышением вибрации. Бурение коронками в условиях сильной вибрации показало, что существует опасность выкрашивания и при концентрации 125%. Это необходимо учитывать при изготовлении инструмента, предназначенного для эксплуатации в производственных условиях.

Таблиця 1
Зависимость прочности матрицы коронок от концентрации в ней алмазов

Относительная концентрация, %	Среднее значение показателей разрушения	
	крутящего момента, кгс×м	усилия, даН
25	64,3	1090
50	62,8	1065
75	60,2	1020
100	55,5	940
125	52,5	890
150	47,2	800

С учетом данных, приведенных на рис. 1, зависимость износостойкости коронок с вольфрамсодержащей матрицей от относительной концентрации алмазов в объемном слое позволяет выделить три диапазона её значений.

Первый диапазон – 0-75%, при котором коронки не обеспечивают эффективного разрушения породы и вследствие скалывания алмазов показывают крайне низкую износостойкость, постепенно возрастающую с увеличением относительной концентрации.

Второй диапазон – 75-125%. В нем наблюдается почти линейная зависимость износостойкости коронок от относительной концентрации алмазов. При этом обеспечиваются эффективные условия разрушения породы. В то же время с увеличением относительной концентрации уменьшается удельная нагрузка на алмазы, благодаря чему увеличивается срок работы отдельных зерен, уменьшается степень вероятности их скалывания, что способствует снижению удельного расхода алмазов.

Третий диапазон охватывает коронки с относительной концентрацией выше 125%. Износостойкость таких коронок уменьшается вследствие снижения удерживающей способности матрицы и выкрашивания алмазных зерен в процессе работы.

Характер изменения зависимости интенсивности изнашивания коронок с безвольфрамовой матрицей аналогичен зависимости для коронок с вольфрамсодержащей матрицей. Отличие заключается в том, что за счет химического взаимодействия связки МЗ-21 с алмазами повышается удержание алмазов в матрице и минимальная интенсивность изнашивания наступает не при 125% относительной концентрации, а при 175%. Дальнейшее повышение относительной концентрации приводит к росту интенсивности изнашивания инструмента.

С целью более детального изучения общей закономерности изменения интенсивности изнашивания и энергоёмкости разрушения горной породы в зависимости от относительной концентрации алмазов в матрице на основе связки МЗ-21 были проведены ис-

следования макрогеометрии рабочей поверхности отработанных коронок.

В качестве параметра, оценивающего макрогеометрию рабочей поверхности матрицы буровой коронки, была принята средняя и максимальная высота выступания алмазов. Результаты исследований влияния концентрации алмазов на высоту их выступания из матрицы представлены на рис. 2.

Они свидетельствуют о том, что при повышении концентрации с 125 до 175% рост максимальной и средней высоты выступания составляет 15%. При дальнейшем повышении концентрации происходит падение высоты выступания алмазов. Объясняется это тем, что с ростом относительной концентрации создается возможность перераспределения тангенциальной составляющей усилий разрушения горной породы на большее количество работающих алмазов и уменьшения при этом вероятности сколов и разрушений их вершин.

При увеличении концентрации алмазов и высоты их выступания из матрицы снижается величина соотношения тангенциального и осевого усилий P_t/P_{oc} на торце коронки и удельная объемная работа разрушения. Это подтверждает предположение, что при постоянстве для всех коронок объема разрушаемой за один оборот горной породы увеличение зазора между матрицей коронки и забоем скважины способствует снижению концентрации абразивных частиц шлама в призабойной зоне и степени их воздействия на материал матрицы. Как следствие, снижаются силы трения рабочего торца коронки о горную породу и продукты ее разрушения. При этом уменьшаются общие затраты энергии на разрушение горной породы и интенсивность изнашивания инструмента (рис. 3, 4)

Согласно приведенным на рис. 1 – 4 данным существует определенный рациональный предел повышению относительной концентрации алмазов в матрице коронок на связке МЗ-21. Доказательством этого является относительное увеличение интенсивности изнашивания матрицы и энергетических показателей, а также уменьшение высоты выступания алмазов у коронок с 200%-й относительной концентрацией.

С одной стороны, на наш взгляд, это объясняется тем, что за счет увеличения насыщенности алмазами связующего материала матрицы интенсивность его изнашивания абразивными частицами шлама становится меньше, чем изнашивание синтетических алмазов. Нарушение основополагающего принципа работы импрегнированной буровой коронки, основанного на опережающем по отношению к алмазам износе матричного материала, вызывает уменьшение высоты их выступания, а также зазора между забоем скважины и рабочим торцом коронки.

В соответствии с тем, что интенсивность изнашивания коронок с 150%-й относительной концентрацией алмазов в матрице существенно не отличается от этого показателя коронок с 200%-й относительной концентрацией (рис. 1); увеличение последней выше 175% по критерию износостойкости в данном случае

применительно к коронкам с матрицей на основе связки МЗ-21 следует считать нецелесообразным.

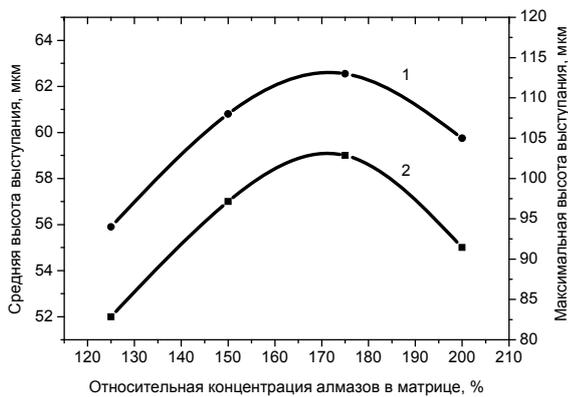


Рис. 2. Максимальная (1) и средняя (2) высота выступания алмазов АС-80 зернистостью 250/200 мкм в зависимости от их концентрации в матрице

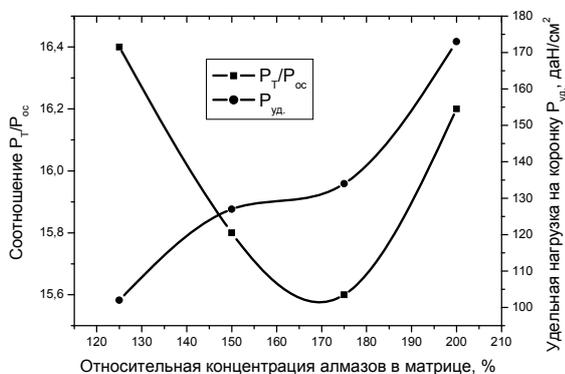


Рис. 3. Удельная нагрузка на торец коронки (1) и соотношение P_t/P_{oc} (2) в зависимости от концентрации алмазов в матрице

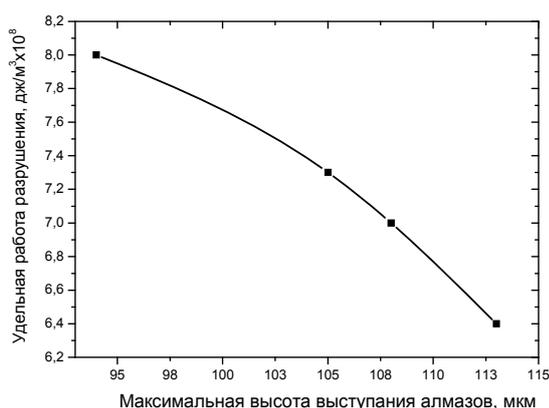


Рис. 4. Удельная объемная работа разрушения коростышевского гранита в зависимости от максимальной высоты выступания алмазов из матрицы

Таким образом, анализируя результаты выполненных исследований можно сделать вывод, что с повышением относительной концентрации алмазов в матрице до определенного предела интенсивность

изнашивания инструмента понижается. Дальнейшее повышение относительной концентрации алмазов приводит к повышению интенсивности изнашивания инструмента. Максимальная величина относительной концентрации алмазов в матрицах определяется их прочностными свойствами и возможностью повышения удержания алмазов в матрице за счет возникновения между ними химической взаимосвязи. Так, для коронок с вольфрамсодержащей матрицей (ВК6+Cu) она составляет 125%, а для коронок с безвольфрамовой адгезионно-активной матрицей на основе связки МЗ-21 – 175%.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать коронки с наибольшей относительной концентрацией синтетических алмазов, при которой, однако, не возникает опасности выкрашивания матрицы. Для увеличения износостойкости коронок необходимо в первую очередь повышать качество матрицы, что позволяет увеличить относительную концентрацию алмазов без выкрашивания матрицы в процессе бурения.

Наведено результати визначення оптимальної концентрації синтетичних алмазів у вольфрамвмісних та безвольфрамових матрицях імпрегнованих бурових коронок. Проведені дослідження дозволяють рекомендувати коронки з найбільшою відносною концентрацією синтетичних алмазів, при якій, проте, не виникає небезпеки викришування матриці. Максимальна величина відносної концентрації алмазів в матрицях визначається їх міцнісними властивостями і можливістю підвищення утримання алмазів в матриці за рахунок виникнення між ними хімічного зв'язку. З метою збільшення зносостійкості коронок необхідно в першу чергу підвищувати якість матриці, що дозволяє збільшити відносну концентрацію алмазів викришування матриці в процесі буріння.

Ключові слова: бурові коронки, викришування матриці, оптимальна концентрація алмазів.

The results to determine the optimal concentration of synthetic diamonds in tungsten and without tungsten matrix impregnated drill bits. The conducted researches allow to recommend crowns with the most relative concentration of synthetic diamonds, at which, however, there is not a danger of painting of matrix. The maximal size of relative concentration of diamonds in matrices is determined by their properties and possibility of increase of withholding of diamonds in a matrix due to an origin between them to chemical intercommunication. With the purpose of increase of wearproofness of crowns it is necessary first of all to promote quality of matrix, that allows to increase the relative concentration of diamonds without painting of matrix in the process of the boring drilling.

Key words: drilling bits, spalling of the matrix, the optimum concentration of diamonds.

Рекомендовано до публікації д.т.н. О.М. Давиденком 10.02.10