

При осаждении до pH 7-7,7 расход осадителя близкий к расчетному с учетом избытка в 1,2 и 1,3 раза. Использование в качестве осадителя аммиака или щелочи принципиально и повлияет на качество осадка и скорость осаждения.

При раздельном осаждении при различных pH (4 и 7) получены продукты, имеющие массовые доли $V_2O_5 = 30-35\%$ и $Fe = 5,5-10\%$, $V_2O_5 = 3-5\%$ и $Fe = 7-12\%$ соответственно. Для продуктов осаждения из раствора выщелачивания в присутствии железного порошка, значение pH не принципиально, т.к. количество Fe перешедшее в раствор, не значительно, по сравнению с предлагаемым способом. Для осаждения из растворов выщелачивание без измельчения, значения pH - 7, соответствует показателям испытаний на ВГГМК.

Выводы. 1. Выполненный расчет термодинамического параметра - величины изменения свободной энергии (энергии Гиббса, ΔG°) для реакций осаждения ванадия и железа из сернокислого раствора выщелачивания под действием щелочного агента показал, что для этих реакций ΔG° величина отрицательная и незначительная, что идет самопроизвольное превращение реагирующих веществ в продукты реакции в стандартных условиях. Сравнив произведение растворимости продуктов реакции ванадила $VO(OH)_2$ и гидроокиси $Fe(OH)_2$ сделали вывод о том, что гидрооксид ванадила выпадает из раствора первым.

2. Учитывая, что гидрооксид ванадила начинает выпадать из раствора при $pH \geq 2$ и активно выделяется до pH-4-4,5, а при $pH > 7$ начинается его растворение, оптимальный pH осаждения - 4-4,5.

3. Для снижения массовой доли железа в растворе, зная, что $Fe(OH)_2$ осаждается при $pH = 6-7$, необходимо поддерживать pH осаждения - 4-4,5. Выбран реагент осадитель - аммиак. Это объясняется тем, что водный аммиак имеет меньший pH по сравнению с водным раствором щелочи и позволяет удержать pH осаждения на уровне 4-4,5. Гидрооксид натрия при его стехиометрическом расходе на единицу ванадия не позволяет удержать pH в заданных пределах.

4. Выполненное аналитическое титрование раствора, содержащего V(IV) и Fe(II) полностью подтвердило теоретические термодинамические расчеты осаждения в системе ванадил-сульфат-железа ($VOSO_4-FeSO_4$) показывают, что при $pH = 4-4,5$ ванадий первым осаждается из раствора, а железо при этом только начинает осаждаться и еще находится в растворе.

5. По итогам анализа двух схем обогащения ОВК (традиционной с реакторным выщелачиванием и предложенной с совмещением операций) была выбрана наиболее эффективная, позволяющая оптимизировать процесс.

6. При осаждении из растворов измельчения – выщелачивания при раздельном осаждении при pH-4 и pH-7 возможно получение двух продуктов: богатый (30-35 % V_2O_5) и бедный (3-5 % V_2O_5) ванадием.

Оба продукта могут быть использованы при легировании стали.

Список литературы

1. Музгин В.Н., Химзина Л.Б., Золотавин В.Л., Безруков И.Я. Аналитическая химия ванадия. Серия: «Аналитическая химия элементов», М.: Наука, 1981. - 216 с.
2. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1971.
3. Лидин Р.А., Андреева Л.Л., Молочко В.Л. Справочник неорганической химии. - М: Химия, 1987. - 320 с.

Рукопись поступила в редакцию 23.06.12

УДК 622.272:624.191.5

А.Н. РОЕНКО, д-р. техн. наук., проф., Национальный горный университет

С.А. ХАРИН, канд. техн. наук., доц., ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ВЛИЯНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД НА ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОХОДЧЕСКОГО ЦИКЛА В ШАХТНЫХ СТВОЛАХ

Рассмотрено влияние прочностных свойств пород на соотношение времени операций проходческого цикла при строительстве стволов различного диаметра. Установлены зависимости скорости проходки стволов от коэффициента крепости пород.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Горнорудное производство является важнейшим поставщиком сырья для металлургии Украины и заметным фактором, обеспечивающим экспорт страны. Активная работа отрасли, имеющая место сегодня, должна подкрепляться, в частности, интенсивными усилиями в направлении научно-технического обеспечения, проектирова-

ния и строительства глубоких шахт в различных условиях.

Анализ исследований и публикаций. Анализ ранее опубликованных результатов исследований и современного состояния практики проектирования глубоких железорудных шахт указывает на необходимость более детального учета весьма разнообразного влияния на темпы проведения выработок различных свойств массива.

Постановка задачи. Исследовать особенности определения организационно-технических параметров строительства стволов под влиянием изменения прочности горных пород, в которых осуществляется строительство.

Изложение материала и результаты. Исследование выполнено при фиксированном времени проходческого цикла (42 ч), при следующих условиях: проходка осуществляется обычным способом с применением буровзрывных работ по совмещенной схеме. Стволы закреплены монолитным бетоном. В исследовании последовательно рассмотрены случаи изменения темпов строительства стволов диаметром в проходке $D=6$ м и $D=8$ м и структуры времени проходческого цикла при изменении коэффициента крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова от $f=8$ до $f=20$ при использовании средств погрузки породы эксплуатационной производительностью $P=2$ м³/ч, $P=4$ м³/ч и $P=10$ м³/ч.

Увеличение коэффициента крепости пород существенным образом снижает производительность (B) средств бурения шпуров в забое (рис. 1).

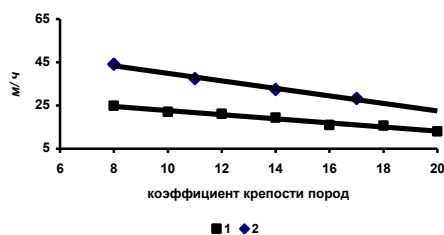


Рис. 1. Зависимость производительности средств бурения от крепости пород: 1 - для ствола $D = 6$ м; 2 - для ствола $D = 8$ м

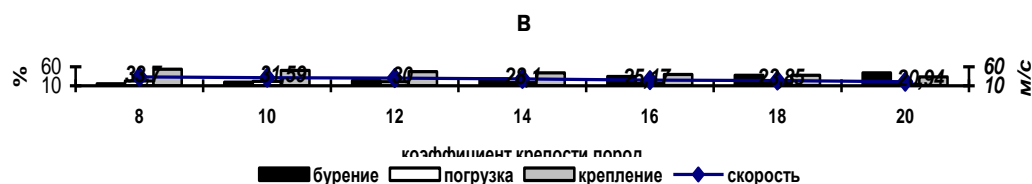
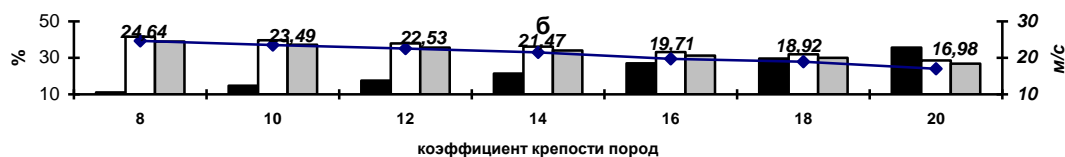
Для стволов $D=6$ м и $D=8$ м в общем виде она может быть описана выражениями соответственно как $B=-0,9482f+32,118$ и $B=-1,7504f+57,44$. На производительность других проходческих средств крепость пород, по крайней мере, в пределах рассматриваемого нами диапазона значений, не оказывает существенно-

го влияния (некоторое, но не слишком большое, снижение производительности средств погрузки породы может наблюдаться при ее очень высокой крепости).

Для ствола диаметром в проходке $D=6$ м, при низком значении эксплуатационной производительности средств погрузки породы, $P=2$ м³/ч, при всех значениях коэффициента крепости пород имеет место доминирование времени погрузки породы в структуре проходческого цикла (рис. 2).



Рис. 2. Удельный вес времени операций и скорость проходки ствола диаметром 6 м при различной крепости пород: а - при $P = 2$ м³/ч; б - при $P = 4$ м³/ч; в - при $P = 10$ м³/ч



Продолжение рис. 2.

При $f=8$ (примем этот случай за базовый), ввиду благоприятных условий для бурения шпу-

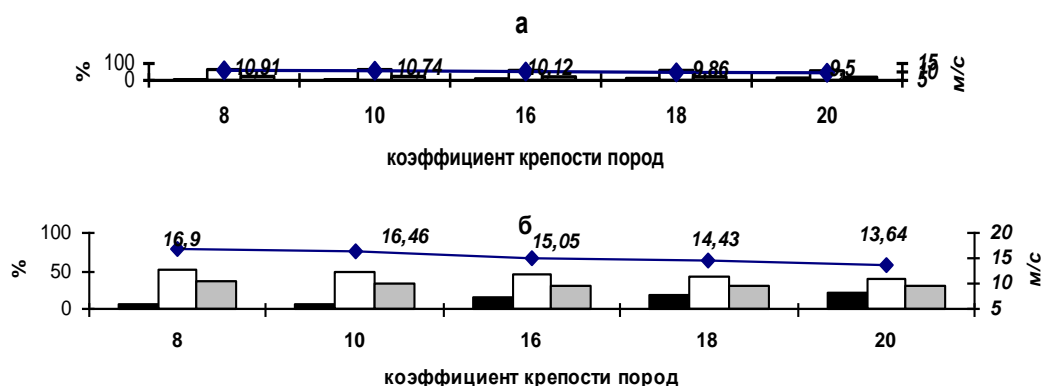
ров будет иметь место следующее: сравнительно небольшое число шпуров в забое ствола (41 шт.) при значительной их глубине (1,93 м) определит объем работ по бурению в 79,13 м, что, ввиду высокой при такой крепости пород эксплуатационной производительности перфораторов ($B=24,8$ м/ч), что позволит обеспечить низкую продолжительность бурения - 3,19 ч, при этом удельный вес бурения в структуре цикла составит всего 7,59 %. Объем работ по погрузке породы в этом случае будет $48,06 \text{ м}^3$, что из-за низких ее темпов вызовет значительную продолжительность этой операции (24 ч) при 57,22 % ее удельного веса во времени цикла. Уступая по продолжительности погрузке, крепление займет 11,3 ч или 26,89 % времени, при объеме бетонирования $13,9 \text{ м}^3$. При увеличении крепости пород в 2 раза до $f=16$, произойдет значительное возрастание числа шпуров в забое ствола (до 81 шт), но снизится их глубина (до 1,65 м), ввиду принятого нами в качестве условия фиксированного времени проходческого цикла, что в сочетании приведет к росту объема бурения до 133,65 м. В этом случае эксплуатационная производительность средств бурения снизится по сравнению с базовым уровнем до 16 м/ч (в 1,55 раза), продолжительность операции бурения возрастет до 8,35 ч, что составит уже 19,9 % проходческого цикла.

Объем работ по погрузке породы в этом случае будет несколько ниже, чем в базовом и составит $41,09 \text{ м}^3$, продолжительность этой операции также снизится (до 20 ч) при 48,92 % ее удельного веса во времени цикла. Крепление займет 9,65 ч или почти 23 % времени проходки, при объеме бетонирования $11,88 \text{ м}^3$.

При еще большем значении крепости пород, $f=20$, число шпуров достигнет 101 шт., их глубина снизится до 1,47 м, с учетом этого объем буровых работ возрастет до 148,47 м. Эксплуатационная производительность средств бурения снизится по сравнению с базовым уровнем до 13 м/ч (в 1,91 раза), продолжительность операции бурения возрастет до 11,42 ч., что составит 27,19 % проходческого цикла. Уже при $f=18$ в структуре проходческого цикла бурение сравнивается с креплением, а при $f=20$ удельный вес крепления будет наименьшим, 20,49 %. В тоже время уровень затрат времени погрузки будет оставаться весьма высоким – 43,58 %.

Анализ изменения структуры затрат времени проходческого цикла при переходе от ствола диаметром 6 м к стволу диаметром 8 м показал следующее (рис. 3). При высоком значении эксплуатационной производительности средств погрузки породы $P=10 \text{ м}^3/\text{ч}$ и коэффициенте крепости пород $f=8$ в стволе диаметром $D=6$ м структура времени цикла будет выглядеть следующим образом: бурение займет в нем 15 %, погрузка породы 22,7 %, крепление 53,38 %. В то же время, в соответствующем случае, в стволе диаметром $D=8$ м структура времени примет такой вид: бурение займет только 5,6 % (почти в 3 раза меньше), погрузка породы 30,1 % (в 1,33 больше), крепление 53,15 % (весьма близко к сравниваемому).

В рамках рассмотренных нами случаев, при росте эксплуатационной производительности средств погрузки породы, при прочих равных условиях, имеет место заметное увеличение скорости проведения стволов. В большей степени это относится к стволу диаметром $D=8$ м, т.е. стволу с большей площадью поперечного сечения. Так, если при возрастании эксплуатационной производительности средств погрузки с $P=2 \text{ м}^3/\text{ч}$ до $P=4 \text{ м}^3/\text{ч}$ и, например, значения коэффициента крепости пород $f=8$ в стволе $D=6$ м происходит увеличение темпов строительства в 1,45 раза, то в стволе $D=8$ м в 1,55 раза.



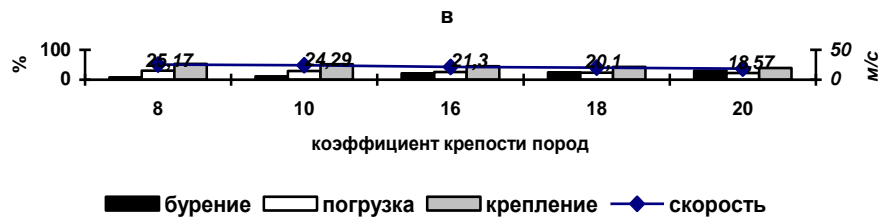


Рис. 3. Удельный вес времени операций и скорость проходки ствола диаметром 8 м при различной крепости пород: а - при $P = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$; б - при $P = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$; в - при $P = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$

При данном диаметре ствола и увеличении эксплуатационной производительности средств погрузки породы снижение темпов проходки выработки при возрастании коэффициента крепости пород будет проявляться интенсивнее при более высоких значениях P . Так, например, для ствола $D=8 \text{ м}$ и $P=2 \text{ м}^3/\text{ч}$, при переходе от $f=8$ к $f=20$ наблюдается уменьшение скорости проходки ствола в 1,148 раза, в то время как при $P=4 \text{ м}^3/\text{ч}$, и соответствующих условиях происходит уменьшение скорости проходки ствола в 1,239 раза. Можно утверждать, что в этом случае будет возрастать значимость такого фактора, как эксплуатационная производительность средств бурения.

Рассмотрим изменения структуры проходческого цикла в породах с очень высокой крепостью. При прочих равных условиях, но при коэффициенте крепости пород $f=20$ в стволе $D=6 \text{ м}$ структура времени цикла будет такова: бурение займет в нем 44 %, погрузка породы 14,11 %, крепление 33,17 %. В стволе $D=8 \text{ м}$ структура времени примет вид: бурение уже 30,14 % (в 1,46 раза меньше), погрузка породы 19 % (в 1,36 больше), крепление 39,21 % (в 1,3 раза больше). Таким образом, переход от ствола диаметром 6 м к стволу диаметром 8 м привел к следующим изменениям структуры времени проходки: при небольшой крепости пород - к сильному сокращению удельного веса операции бурения и некоторому увеличению погрузки. В породах высокой степени крепости можно отметить относительное возрастание в стволах большего сечения удельного веса времени крепления и снижение бурения.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, в результате исследований установлено, что при увеличении крепости пород с $f=8$ до $f=20$ скорость проходки стволов снижается в разных случаях в 1,148-1,61 раза, причем относительная интенсивность падения темпов строительства тем выше, чем на более высоком уровне находится производительность средств погрузки породы и больше диаметр ствола. С ростом крепости пород в структуре времени проходческого цикла будет возрастать удельный вес бурения, в особенности это проявляется при диаметре ствола $D=6 \text{ м}$ и больших значениях P . При стремлении обеспечить высокие скорости строительства ствола, особенно в весьма крепких породах, необходимо использовать сочетание производительного бурового и погрузочного оборудования, в меньшей степени это относится к средствам крепления.

Дальнейшие исследования целесообразно распространить на установление оптимальных параметров проходческого цикла для различных условий.

Рукопись поступила в редакцию 23.06.12

УДК 621.86.067:622.788

Н.Н. БЕРЕЖНОЙ, д-р техн. наук, проф., Я.А. СТОЙКОВА, аспирантка
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И СИСТЕМ ЗАГРУЗКИ АГЛОМЕРАЦИОННЫХ И ОБЖИГОВЫХ МАШИН КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА

Выполнен сравнительный анализ существующих способов и систем загрузки агломерационных и обжиговых машин конвейерного типа. Исследованы методы и способы загрузки позволяющие интенсифицировать процесс спекания шихты и обжига окатышей.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. На сегодня агрегаты конвейерного типа являются самыми распространенными при производстве окучкованного желе-