КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОЛОМИТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДЕЮЩИХ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Носов А.В., Черных Т.Н., Крамар Л.Я.
ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)», г. Челябинск

Для разработки месторождений полезных ископаемых характерно уменьшение богатых и более доступных для эксплуатации месторождений. В связи с этим возникает потребность в применении систем разработки, обеспечивающих их максимальное извлечение. Непрерывно возрастающая потребность в полезных ископаемых вынуждает в ряде случаев вести одновременную разработку месторождений открытым и подземным способами. Все чаще добычу необходимо осуществлять под застроенными территориями, что предъявляет жесткие требования к сдвижению вмещающих пород и сохранению земной поверхности для исключения просадок грунтов [7]. При повышении эффективности подземной разработки необходимо обеспечивать безопасность работ, полноту использования недр и сохранение земной поверхности в пригодном для землепользования виде. В то же время остро стоит вопрос размещения отходов горнодобывающих предприятий и утилизация уже скопившихся в отвалах вскрышных пород. В г. Сатка в отвалах комбината «Магнезит» скопилось свыше 150 млн. тонн вскрышных доломитовых пород, занимающих огромные площади плодородных земель, что оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду, к тому же содержание отвалов связано с огромными затратами.

Всего в РФ насчитывается свыше 110 месторождений доломитов с суммарными запасами около 9 млрд. тонн породы, расположенных в 30 регионах страны. В связи с таким широким распространением доломитов по всей стране, необходимостью в ликвидации выработанных шахт, а также накапливанием невостребованной породы в отвалах, перспективным является комплексное использование доломитов при разработке составов закладочных смесей с максимальным их использованием в качестве основных компонентов – не только заполнителей, но и вяжущего из доломитов.

Размещение закладочных материалов осуществляется гидравлическим или сухим способами, путем перепуска породы по восстающим. Сухая породная закладка применяется в основном для быстрого заполнения больших подземных пустот, где потребность в закладочном материале достигает больших объемов. Повышение несущей способности сухого породного закладочного массива достигается заполнением пустот между кусками породы гидравлически размещаемыми хвостами обогащения и вскрышными породами. Широкое применение хвостов обогащения и вскрышных пород объясняется наименьшими затратами, необходимыми для их приготовления, доставки и размещения в выработанных пространствах по сравнению с другими материалами. Однако гидравлическая и сухая закладки являются недостаточно эффективным способом управления горным давлением, требуют сооружения специальных ограждений

и не обеспечивают полное извлечение руды при отработке целиков. Эти недостатки в значительной мере устраняются при применении затвердевающих закладочных смесей.

Анализом составов твердеющих закладочных смесей, используемых на отечественных и зарубежных рудниках, установлено, что практически все они основаны на цементных, малоцементных или известковых вяжущих [5, 6]. При этом известно, что рудничные воды нередко содержат значительное количество растворимых в них кислот или солей, агрессивных к бетону. Наличие вредных примесей в воде отрицательно воздействует на бетон – происходит выщелачивание портландцемента.

Доломиты нашли применение в составах твердеющей закладки только в качестве заполнителя. Однако экономически выгодным представляется разработка закладочных смесей на основе доломитового вяжущего и доломитовых заполнителей. При этом одновременно будут достигнуты мощные экономический и экологический эффекты: за счет снижения транспортных затрат при использовании местного сырья и использования невостребованных доломитов из отвалов как в качестве заполнителей, так и в качестве сырья при производстве вяжущего для твердеющих закладочных смесей.

Из многочисленных исследований можно сделать вывод, что основной проблемой при получении вяжущего из доломитов является то, что не существует резкой границы между процессами разложения $MgCO_3$ и $CaCO_3$. Выделение CO_2 из карбоната магния неизбежно сопровождается частичным разложением карбоната кальция [1, 2, 3, 4]. Все авторы сходятся во мнении о негативном действии оксида кальция, приводящего к снижению прочности и стойкости к воздействию воды формирующегося при твердении камня. Для получения вяжущего из доломитов обжиг следует вести так, чтобы продукт содержал возможно больше MgO и исключалось образование CaO, что весьма затруднительно, особенно в промышленных масштабах.

Считается, что прочность магнезиального вяжущего на основе доломита ниже прочности вяжущего на основе магнезита, хотя установлено, что при условии строгого соблюдения режима частичного обжига доломита, соотношения «доломит:раствор $MgCl_2$» и концентрации раствора $MgCl_2$ прочность таких вяжущих может превосходить прочности вяжущих из высокомагнезиального сырья. Это можно объяснить тем, что при оптимальном режиме обжига неразложившийся карбонат кальция играет роль микронаполнителя, который контактно взаимодействует с продуктами гидратации MgO и активно участвует в создании механически прочного конгломерата. $CaCO_3$ при этом образует в твердеющем тесте мельчайшие центры кристаллизации. Благодаря этому предотвращаются усадочные явления и образование трещин при твердении, что значительно повышает качество готовых изделий [1, 2, 4].

Проведенные нами исследования показали, что эффективным является использование добавок-интенсификаторов обжига [8], позволяющих, во-первых, снизить температуру обжига породы, а, следовательно, и связанные с этим энергозатраты и экологическую нагрузку, а во-вторых – разделить процес-

сы декарбонизации $MgCO_3$ и $CaCO_3$ породы и создать существенный температурный интервал между ними (табл. 1).

Табл. 1

Зависимость температур основных максимумов эндотермических эффектов разложения составляющих доломита от вида добавки

Добавки	Температуры основных максимумов эндотермических эффектов, °С		Интервал между максимумами эндоэффектов $MgCO_3$ и $CaCO_3$, °С
	$MgCO_3$	$CaCO_3$	
Без добавки	835,4	904,7	69,3
$FeSO_4 \cdot 7(H_2O)$	844	905,7	61,7
$Cu(CH_3COO)_2$	833,1	897,1	64
$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	811,2	898	86,8
$Zn(CH_3COO)_2$	825,6	917,4	91,8
NaCl	736,7	884	147,3
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	685,8	874,8	189
$NaHCO_3$	671,9	871,9	200
ШКХ	628,2	866,1	237,9

Из представленных результатов видно, что все добавки оказывают разное влияние на температуры разложения магниевой и кальциевой составляющих доломита, при этом температура разложения карбоната магния в присутствии добавок снижается значительнее, что способствует увеличению температурного интервала, в котором есть возможность получения оксида магния без разложения $CaCO_3$. Наиболее эффективной является добавка ШКХ (шлам карналлитовых хлораторов), в состав которой входят карналлит $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$, хлорид натрия NaCl, а также оксид магния MgO, который может выступать в качестве центров кристаллизации при твердении магнезиального компонента. ШКХ является отходом производства, что делает его применение перспективным с экономической и экологической точки зрения.

Применение интенсификаторов обжига позволит получать качественное вяжущее из доломитов в промышленных масштабах и избавит от проблем, связанных с необходимостью точного регулирования температуры, времени обжига, размера кусков, химического состава и наличия примесей в породе.

В лабораторных условиях было получено вяжущее из доломитовых пород, содержащихся в отвалах комбината «Магнезит», с применением ШКХ в качестве интенсификатора обжига. Марочная прочность в 28 суток твердения составляет свыше 70 МПа. Была разработана закладочная смесь с использованием доломитового вяжущего и доломитовых заполнителей. Подвижность смеси оценивалась по расплыву кольца МХТИ. Характеристики полученной смеси представлены в табл. 2.

Табл. 2 Зависимость температур основных максимумов эндотермических эффектов разложения составляющих доломита от вида добавки

	Зерновой состав, проход через сито №008	Угол растекания	Подвижность (растекаемость), по диаметру расплыва	Расслаиваемость по высоте горки в центре	Сохраняемость подвижности	Коэффициент размягчения (водостойкость), 90 суток	Деформации	Прочность при сжатии, МПа		
								7 сут.	28 сут.	90 сут.
Фактическое значение	54	1,5	180-200 мм	Однородная смесь, горки нет	Не менее 1 часа	0,76	7,3 мм/м (0,73%)	0,3	2,01	3,6
Требования по методическим рекомендациям	не менее 50%	не более 4°	200±20 мм	не более 3 мм	–	–	5-10%	–	Не менее 1	Не менее 2

Таким образом, невостребованные доломитовые породы, скопившиеся в многотоннажных отвалах, могут быть использованы как в качестве заполнителей, так и при производстве вяжущего. Комплексное использование доломитов при производстве закладочных смесей является актуальной проблемой и позволит значительно снизить экологическую нагрузку за счет утилизации отвального хозяйства и ликвидации выработанных шахт. Также будет достигнут экономический эффект за счет снижения транспортных затрат и использования дешевого местного сырья.

Список литературы

1. ***Бутт, Ю.М.*** *Высокопрочный магнезиально-доломитовый цемент / Ю.М.Бутт, Б.Н. Богомолов, Л.И. Дворкин // Вяжущие материалы Сибири и Дальнего востока. – Новосибирск: Академия наук СССР, Сибирское отделение, изд-во Наука. - 1970. – 179 с.*
2. ***Вайвад, А.Я.*** *Магнезиальные вяжущие вещества / А.Я. Вайвад. – Рига, Наука, 1971. – 315 с.*
3. ***Крамар, Л.Я.*** *Теоретические основы и технология магнезиальных вяжущих и материалов. Автореферат дисс. на соискание степени доктора технических наук. – Челябинск, 2007. – 42 с.*
4. ***Шелихов Н.С.*** *Состав и структурные особенности минералов каустического доломита и механизмы его твердения / Н.С. Шелихов, Р.З. Рахимов // Известия вузов. Строительство. – 1997. – Вып. 7. – С. 54-57.*
5. ***Бронникова, Д.М.*** *Закладочные работы в шахтах: справочник / Д.М.Бронникова, М.Н.Цыгалова. – Москва: Недра, 1989. – 400 с.*
6. ***Цыгалов М.Н.*** *Подземная разработка с высокой полнотой извлечения руд / М.Н. Цыгалов. – М.: Недра. 1985. – 272 с.*
7. ***Хомяков В.И.*** *Зарубежный опыт закладки на рудниках / В.И. Хомяков. – М.: Недра, 1984. -224 с.*

8. **Носов А.В.** *Высокопрочное доломитовое вяжущее / А.В. Носов, Т.Н. Черных, Л.Я. Крамар, Е.А. Гамалий // Вестник ЮУрГУ Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – Том 13. – №1. – С. 30-37.*