

ВЛИЯНИЕ ТОНКОИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ФРАКЦИЙ ШЛАКА НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКИ

Наведені результати експериментальних досліджень впливу подрібнення часток доменного гранульованого шлаку на властивості твердіючої закладки.

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния тонкого помола доменного гранулированного шлака на прочностные свойства твердеющей закладки.

The results of experimental researches of influence of thin milling granulated blast – furnace slag on strength characteristics of consolidating stowing are presented.

Проблема и ее связь с практическими задачами

ЗАО «Запорожский железорудный комбинат» (ЗАО «ЗЖРК») разрабатывает Южно-Белозерское месторождение богатых железных руд камерной системой разработки с твердеющей закладкой. При этом достигнуты высокие показатели работы: годовая производственная мощность составляет 4,5 млн. т богатой руды, разубоживание менее 8%, потери практически отсутствуют. Однако с понижением уровня ведения горных работ требования по прочности к закладочному массиву возрастают, связанные с неблагоприятным проявлением горного давления. При этом наблюдается постоянное удорожание материалов, необходимых для приготовления твердеющей закладки. Снижение стоимости закладки по материалу особенно актуально, при больших годовых объемах закладочных работ. Обеспечение нормативной прочности искусственного массива при минимальных затратах на его формирование является важной производственной и научно – практической задачей. Одним из направлений решения задачи является увеличение удельной поверхности частиц вяжущего, путем тонкости помола материала.

Анализ исследований и публикаций

Опыт использования вяжущего тонкого помола имеет строительная промышленность, а именно производство цемента. Исследования показывают [1], что совместный дезинтеграторный помол товарного цемента с известняковым порошком и пластифицирующей добавкой повышает прочность образцов в начальные сроки твердения не менее чем на 46%. В работе [2] приводятся результаты экспериментальных исследований по увеличению удельной поверхности клинкера и шлака при

производстве портландцемента. С увеличением удельной поверхности частиц на 300% прочность монолитного массива увеличивается в 4 раза. При сравнении заводского цемента с домолотым цементом на 33% большей удельной поверхностью частиц прочность цементного камня возрастает на 10 МПа [3]. Приведенные данные о положительном влиянии тонкомолотых фракций цемента на прочность монолитного массива позволяют сделать вывод о возможности его использовании при производстве закладочных работ на комбинате.

Постановка цели и задач исследований

Цель работы заключается в исследовании степени влияния тонкости помола вяжущего на свойства твердеющей закладки путем постепенного увеличения его расхода. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- измельчение шлака до необходимой тонкости помола;
- приготовление составов твердеющей закладки на основе вяжущего тонкого помола и определение ее прочностных свойств;

Основная часть

Твердеющая закладка, предназначенная для заполнения выработанного пространства, состоит из трех компонентов – вяжущий материал, инертный наполнитель и вода. Для производства закладочных работ ЗАО «ЗЖРК» использует в качестве вяжущего доменный гранулированный шлак предприятия «Запорожсталь, отсев доломита флюсового Докучаевского флюсо-доломитного комбината и дробленную отвальную породу как инертный наполнитель.

В настоящее время на Запорожском железорудном комбинате применяется твердеющая закладка, состав которой приведен в табл. 1.

Таблица 1

**КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКИ,
ПРИМЕНЯЕМЫЙ НА ЗАО «ЗЖРК»**

Наименование компонентов	Содержание компонентов в 1 м ³ закладочной смеси, %	Прочность закладки, МПа	
		30 дней	90 дней
Вода, л	18,1	4	5,5-6
Доменный гранулированный шлак, тонк. пом. не менее 55% част. 0,074 мм	18,1		
Доломит (флюс)	47,5		
Измельченные горные породы крупностью до 20 мм	16,3		

Исследованиями [4] установлено, что на глубине 450 м необходимая прочность закладки для условий Южно-Белозерского месторождения должна составлять

5-6 МПа. В настоящее время горно-подготовительные работы ведутся на горизонте 940 м, а очистные работы в этажах 640-740 и 740-840 м. Разработка месторождения планируется до отметки 1500 м. При этом состав твердеющей закладки по фактору прочности кардинально не менялся с начала производства закладочных работ на комбинате. Вывалы пород, заколообразование в кровле выработок горизонтов 740, 840 м свидетельствуют о высоконапряженном состоянии горного массива. При нисходящем порядке ведения горных работ искусственные целики испытывают давление призмы сползания, доходящей до поверхности, которая увеличивается с понижением горных работ. Поэтому необходимо увеличивать размеры искусственных целиков и их прочность [5]. Стоимость материалов для приготовления твердеющей закладки стремительно возрастает. Так, за период 2008-2009 гг. стоимость 1 т доменного гранулированного шлака увеличилась на 22%. При годовом объеме закладочных работ 1,5 млн. м³ снижение расхода вяжущего закладки позволит достичь значительного экономического эффекта. В сложившейся ситуации состав закладки не удовлетворяет технологическим и экономическим требованиям.

Нашими исследованиями [6] установлено, что при добавлении в состав твердеющей закладки молотого доломита, как части вяжущего компонента, прочность закладки возрастает. Зависимость прочности закладки от доли молотого доломита флюсового в составе вяжущего закладки представлена на рис. 1.

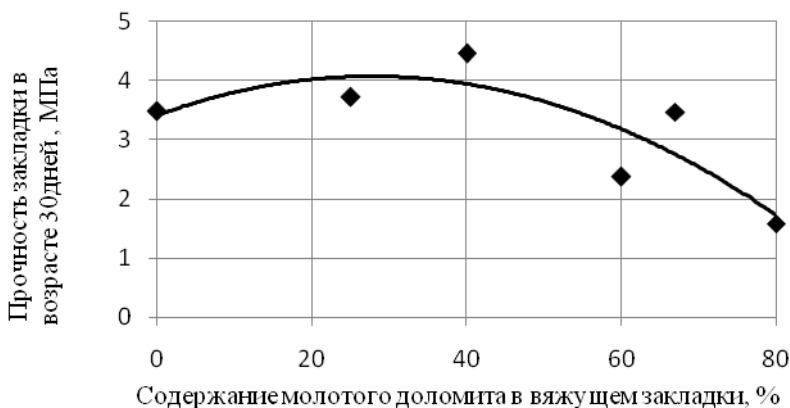


Рис. 1. Зависимость прочности закладки от доли молотого доломита флюсового в составе вяжущего закладки

Так, при долевого соотношении 25% молотого флюсового доломита и 75% доменного гранулированного шлака прочность закладки возрастает на 20%, стоимость 1 м³ закладки снижается на 13,4%. Это дает основания для дальнейшего совершенствования состава закладки.

В настоящее время на комбинате ведутся научно-исследовательские работы по совершенствованию состава твердеющей закладки. Направлением исследований

является увеличение тонкости помола доменного гранулированного шлака. Тонкость помола шлака для эксперимента была выбрана согласно [7] и она должна быть такой, чтобы при просеивании его сквозь сито №008 по ГОСТ 6613 проходило не менее 85% массы просеиваемой пробы. Доменный гранулированный шлак для эксперимента измельчался в лабораторной шаровой мельнице. Загрузка мельницы составляет 1 кг. Для достижения необходимой тонкости помола доменного гранулированного шлака время работы мельницы составило 11 ч. После просеивания готовой массы через сито №008 прошло 92% частиц. Разумеется, что процесс измельчения шлака в шаровых мельницах до требуемой тонкости характеризуется низкой производительностью и высокими энергозатратами. Поэтому целесообразно измельчать шлак в струйных или центробежно-ударных мельницах, предназначенных для получения фракций сверхтонкого помола до 10 мкм.

Следующим этапом являлось приготовление составов твердеющей закладки с тонкоизмельченным вяжущим 92% частиц крупностью 0,074 мм. За основу был взят состав твердеющей закладки, рекомендованный в 2001 г. НИГРИ (г. Кривой Рог), который применяется в настоящее время на ЗЖРК. Расход шлака в экспериментальных закладочных смесях менялся от 100 до 400 кг. Подвижность экспериментальных закладочных смесей и предельное напряжение сдвига составляют 11,1-11,3 см и 5,3-5,9 кг/см². Согласно [8], подвижность закладочной смеси должна составлять 10-12 см, предельное напряжение сдвига – не более 20 кг/см². Следовательно, экспериментальные закладочные смеси обладают нормативными транспортабельными свойствами. После затворения в формах 10 x 10 см образцы закладки схватываются, после чего помещаются во влажные опилки, для имитации шахтной среды, до сроков испытания на прочность. В лаборатории закладочного комплекса комбината образцы закладки испытывают на прочность через 30 и 90 дней. По истечению 30 и 90 дней образцы были продавлены. Влияние тонкоизмельченных фракций 92% част. крупностью 0,074 мм шлака на прочность твердеющей закладки данного компонентного состава приведено на рис. 2.

Анализируя график (рис. 2) можно сделать вывод, что изменение дисперсности частиц шлака с 55 до 92% частиц крупностью 0,074 мм повышает прочность закладки возрасте 30 дней в 2 раза при количестве вяжущего 400 кг/м³. В возрасте 90 дней прочность твердеющей закладки увеличилась в 2,3 раза. Для отработки глубоких горизонтов ниже 940 м прочность закладки должна составлять не менее 10 МПа. Следовательно, расход шлака можно снизить согласно зависимости, приведенной на рис. 2. Так, для достижения прочности закладки 90 дневного возраста 10 МПа достаточно добавлять в 1 м³ закладки 250 кг шлака. Это связано, прежде всего, с тем, что мелкие частицы размолотого шлака стремятся заполнить все поры и пустоты между крупными частицами компонентов закладки, придавая закладочной смеси однородную структуру. Вследствие этого более качественно протекает процесс гидратации вяжущего и кристаллизации частиц, при этом возрастает прочность искусственного массива. С увеличением тонкости помола наблюдается более полное использование ценных вяжущих свойств доменного гранулированного шлака. В составе твердеющей закладки наблюдается нерациональное использование флюсового доломита как инертного заполнителя. Это объясняется тем, что доломит содержит в составе практически 52%

оксида кальція CaO , граючого найбільш важливу роль в процесі гідратації вяжущого. Флюсовий доломит додається в склад закладки крупністю до 5 мм і його зерна практично не раскрыты. Фактично основна доля окиси кальція інертна. Следователно, цінний компонент гідратації CaO , що міститься в доломіті, практично не використовуються. Дані хімічного складу флюсового доломіта представлені на рис. 3

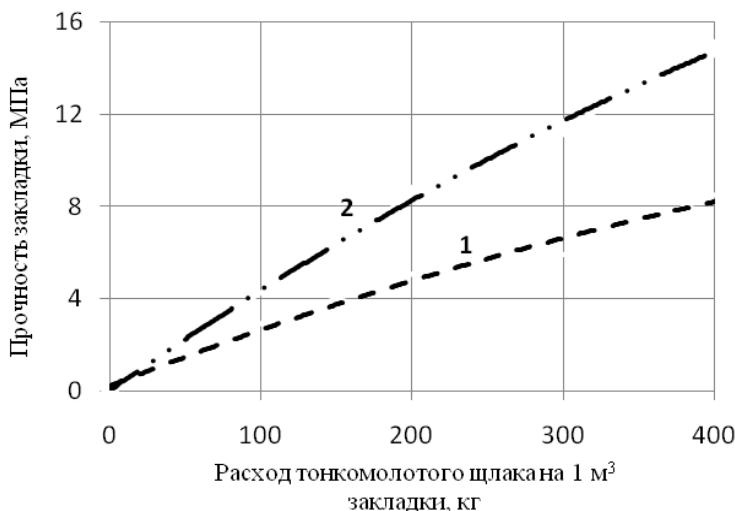


Рис. 2. Влияние тонкомолотых фракций шлака 92% част. крупностью 0,074 мм на прочность твердеющей закладки: 1 – возраст закладки 30 дней, 2 – возраст закладки 90 дней

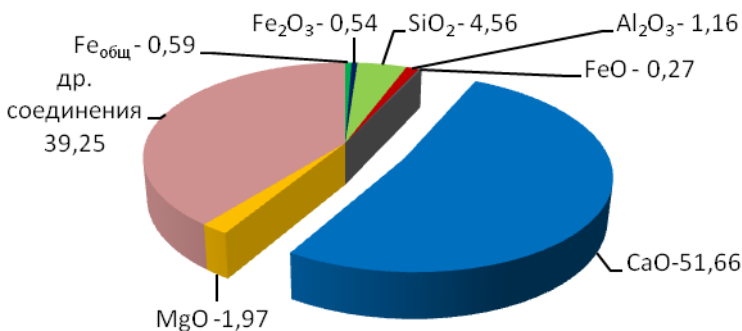


Рис 3. Химический состав флюсового доломита (%)

Поэтому целесообразно производить совместный помол фракций известняка и шлака для улучшения связываемости компонентов твердеющей закладки и повышения прочностных характеристик закладочного массива.

Направления дальнейших исследований

Дальнейшее совершенствование состава твердеющей закладки предполагается развивать в направлении исследования сверхтонкого помола комбинированного вяжущего из доменного гранулированного шлака и доломита флюсового. Тонкость помола самих частиц шлака и доломита будет изменяться в пределах 0,074-0,01 мм.

Выводы

1. Увеличение тонкости измельчения шлака с 55 до 92 % частиц крупностью 0,074 мм повышает прочность закладки возрасте 30 дней в 2 раза и в возрасте 90 дней в 2,3 раза, что позволяет снизить расход дорогостоящего вяжущего.

2. При проектировании состава твердеющей закладки необходимо полноценно использовать вяжущие свойства материалов для закладки, что позволит обеспечить требуемую нормативную прочность и снизить затраты на закладочные работы.

Список литературы

1. Повышение экономичности цементных композиций, введение минеральных наполнителей. /Материалы интернет-конференции RUCEM.RU: Цемент-2008 (Итоги лета).

2. Дедешко Ю.И., Креймер М.Б., Крыхтин Г.С. Измельчение материалов в цементной промышленности / М.: Изд-во литературы по строительству, 1966. – 271 с.

3. Липилин А.Б., Векслер М.В., Кореногина Н.В. Портландцемент – ударная активация/ Популярное бетоноведение, 2007. – С. 75-81.

4. Применение твердеющей закладки при подземной добыче руд / Требуков А.Л. – М.: Недра, 1981. – 172 с.

5. Современные проблемы геомеханики, геотехнологии, маркшейдерского дела и геодезии /СПб.: Изд-во СПбГГИ, 2004. – С. 123-126.

6. Кузьменко А.М., Петлеваний М.В., Чистяков Е.П., Кулиш С.А. и др. К вопросу подбора состава твердеющей закладки повышенной прочности / Сб. науч. труд. НАН Украины, ИГТМ. – Вып. 82. – Том 1. – 2009. – С. 50-57.

7. ДСТУ Б В.2.7-46-96. Цементи загальнобудівельного призначення / К.: Держкоммістобудування України. – 1996. – 40 с.

8. Типовая технологическая инструкция производства закладочных работ на горнорудных предприятиях Украины. – Кривой Рог, 1994. – 62 с.