

ВЛИЯНИЕ ТОНИНЫ ПОМОЛА ШЛАКА НА ПРОЧНОСТЬ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Гарифулина И.Ю., Зассеев И.А., Майстров Ю.А., Габараев Г.О.
*Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный
технологический университет), г. Владикавказ*

Ключевые слова: закладочная смесь, параметры дисперсности, тонина помола, расход компонентов, нормативная прочность.

Аннотация. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на совершенствование технологии закладочных работ. По результатам анализа установлено, что при слеживании хвосты образуют пористую плотную кластерную систему с различным числом частиц в кластере. Домол шлака до класса $-0,08+0,045$ мм увеличивает прочность закладочных смесей на 53-60%. Результаты работы могут использоваться на горнорудных предприятиях при проектировании технологии отработки месторождений системами разработки с закладкой выработанного пространства.

THE INFLUENCE OF THE FINENESS OF THE SLAG GRINDING ON THE STRENGTH OF THE HARDENING MIXTURES

Garifulina I.Yu., Zasseev I.A., Majstrov Yu.A., Gabaraev G.O.
*North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological
University), Vladikavkaz*

Keywords: filling mix, dispersity parameters, grinding fineness, consumption of components, standard strength.

Abstract. The results of theoretical and experimental research aimed at improving the technology of stowing operations are presented. The results of the analysis show that during caking the tailings form a porous dense cluster system with different numbers of particles in the cluster. The slag grinding to $-0.08+0.045$ mm class increases the strength of the filling mixtures by 53-60%. The results of the work can be used at mining enterprises when designing deposit development technology with stowing of mined-out space.

В связи с увеличением объемов добычи руды на рудниках Заполярного Филиала ПАО «ГМК «Норильский никель» растут объемы производства закладочных смесей. Для обеспечения производственных мощностей ПЗК потребуется увеличивать объем производства вяжущего материала, ангидрита и инертных заполнителей, что повлечет дополнительные затраты. Возникает необходимость разработки новой рецептуры твердеющих закладочных смесей на основе шлаков металлургического производства, используемого в качестве частичного или полного заменителя цемента для традиционных и перспективных на основе хвостов обогащения составов для всего диапазона марочности.

Для увеличения объемов производства твердеющих закладочных смесей и утилизации отходов производства разрабатывается проект «Использование породных обесшламленных хвостов ТОФ для закладки выработанного пространства рудников Талнаха». К внедрению по проектной технологии планируются составы на основе гранулированного шлака, породных хвостов и цемента (ШХЦ).

Снижение затрат на закладку выработанного пространства за счет сокращения расхода цемента и использования активированного гранулированного шлака в качестве частичного или полного заменителя вяжущего при приготовлении закладочных смесей по действующей и проектной технологиям важная и актуальная задача.

Для исследований рекомендованы твердеющие шлако-хвостовые составы закладочных смесей: шлак, хвосты обогащения, цемент.

Химический состав шлака металлургического производства и хвостов обогащения представлены в таблицах 1, 2.

Табл. 1. Химический состав металлургического шлака

Наименование пробы	Содержание компонентов, %								
	Cu	Fe	SiO ₂	Soб	Co	Ni	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
Металлург. шлаки	0,21	33,46	42,2	0,98	0,054	0,099	3,2	1,6	4,2

Табл. 2. Химический состав хвостов обогащения

Наименование пробы	Содержание компонентов, %					
	Cu	Fe	SiO ₂	S _{об}	Co	Ni
Хвосты обогащения	0,074	27,4	48,0	3,29	0,0135	0,385

Применяемая методика является общей и монолитных объектов, она не зависит от способа регистрации изображения с соответствующими ограничениями, налагаемыми типом объекта и методом регистрации.

Для анализа дисперсных свойств шлака металлургического производства и хвостов обогащения проведены исследования. В результате исследований устанавливались:

- площадь и периметр используются при расчете контактных параметров «фаза – матрикс»;
- диаметр эквивалентной окружности используется при вычислении дифференциального распределения частиц по размерам.

Фактор формы имеет большое значение при оценке плотности упаковки зерен закладочной смеси, а также при выборе смесевых композиций при формировании вяжущего в закладочной смеси. Форма зёрен заполнителя влияет на подвижность растворяемых смесей и на прочность растворов. Предпочтительными являются зёрна округлой или кубовидной формы. Поверхность зёрен должна быть шероховатой, что обеспечивает более высокую прочность сцепления частиц заполнителя с цементным камнем и тем самым повышает прочность раствора. Прямые определения прочности сцепления химически инертных минералов с цементным камнем дают

значения в пределах от 0.6 до 1.0 МПа, когезия же цементного камня составляет 3.0-4.5 МПа [1]. Таким образом, при максимально развитом рельефе поверхности зёрен заполнителя прочность сцепления его с цементным камнем, за счет сцепления цементного камня с неровностями поверхности может, возрасти примерно в 4 раза. Форма зерен заполнителя особенно заметно влияет на такие свойства растворных смесей, как подвижность, реологические свойства, расслаиваемость, воздухововлечение, когезионная прочность растворов, усадочные деформации, прочность сцепления с основаниями, водонепроницаемость, устойчивость к агрессивным воздействиям и так далее.

Параметр текстуры является основополагающим при оценке качества закладочной смеси. Этот параметр используется на стадии разработки рецептуры закладочных смесей. Резкое его возрастание свидетельствует о склонности смеси к расслоению.

Интегральные параметры являются описательными для анализа полученной закладочной смеси. Общий статистический анализ позволяет в процессе разработки составов ЗС установить взаимное влияние параметров разрабатываемой системы.

Морфологический анализ шлама проводился методом растровой микроскопии на приборе JSM-25 [1]. Пробы размером 5-10мм выделялись методом отрыва. Топология поверхности регистрировалась во вторичных электронах.

По результатам морфологического анализа установлено, что максимальный размер цементных частиц равен 46 мкм, этот показатель удовлетворяет требованиям нормативных документов к общестроительным цементам [2]. Фактор формы определялся для частиц размером от 25 до 50 мкм. Установлено, что средний фактор формы для представленного на испытаниях цемента равен 0,5. Это свидетельствует о том, что частицы цемента имеют в основном сферическую или близкую к ней форму. Частицы, сильно отличающиеся по форме от сферических, относятся в основном к минеральным добавкам.

Частицы шлама неравномерно распределены в области размеров от 5 до 80 мкм, по фактору формы эти частицы близки к сферическим. Отмечается наличие частиц размером от 16 до 30 мкм, имеющих пластинчатое строение. В оценку фактора формы оптическим методом эти частицы не входят.

Морфологическому анализу подвергались частицы шлака размером от 0.57мм до 0.1мм. Для частиц шлака этого размера характерна в основном округлая форма. Кроме того, наблюдается большое количество остеклованных частиц.

Параметры пористости кластерной системы шлака металлургического производства приведены на рисунке 1.

По результатам электронно-микроскопического анализа установлено, что при слеживании хвосты образуют пористую плотную кластерную систему с различным числом частиц в кластере, при этом наблюдается образование как

слоистых кластеров, образовавшихся из плоских частиц, так и кластеров, образующихся из частиц, близких к сферическим [3-5]. Связь между частицами кластера осуществляется, как правило, через тонкие гидратные слои.

Параметры дисперсности
Образец:

шлак фракции $-0.16+0.05$ мм

Максимальный размер, мм	0,57
Минимальный размер, мм	0,10
Средний размер частиц, мм	0,27
Средний фактор формы	0,76

Границы инт., мм		Распреде- ние, масс. %
нижний	верхний	
0	0,1	0,00
0,1	0,2	10,83
0,2	0,3	57,50
0,3	0,4	25,00
0,4	0,5	5,00
0,5	0,6	1,67

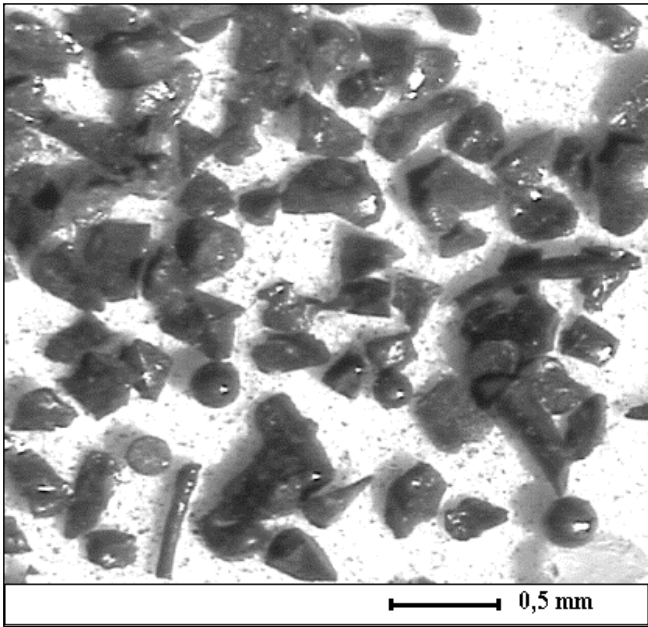
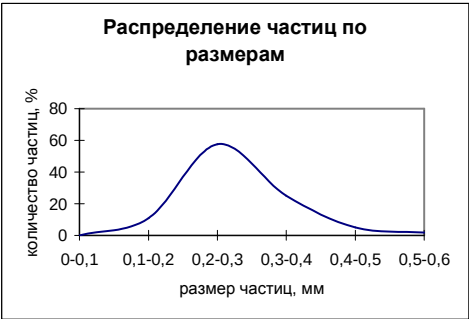
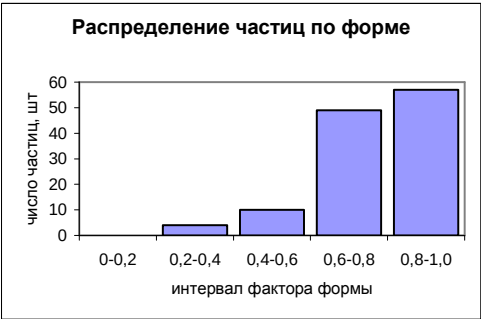


Рис. 1. Параметры дисперсности шлаков металлургического производства

Исследования показали, что при добавлении в породные хвосты малых количеств цемента кластерные системы в исследуемых образцах не образуются. Поэтому прочность таких образцов будет минимальна.

При исследовании влияния тонины помола шлака на свойства закладочных смесей измельчение материалов производили измельчительной установке на базе шаровых мельниц объемом 0,4 м³, при этом гранулированный шлак измельчался отдельно [6]. С помощью ситового анализатора шлак делился по классам крупности: -0,08+0,045мм; -0,315+0,08мм; -0,63+0,315мм; -0,8+0,63мм. Определение предела прочности закладки на сжатие осуществляли в соответствии с ГОСТ 10180-90, испытаниями образцов кубической формы в возрасте 3, 7, 28, 90 и 180 суток, в количестве 3 на каждый срок испытаний.

Результаты исследований представлены на рисунках 2-3.

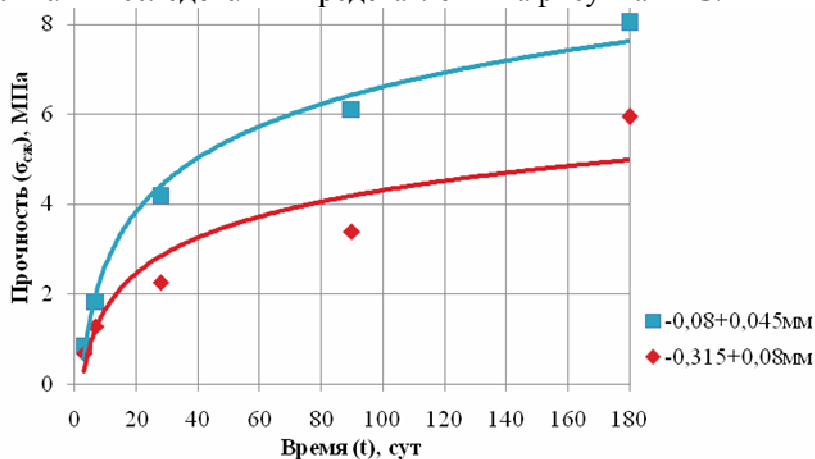


Рис. 2. Влияние тонины помола шлака на прочность закладочных смесей: при тонине помола шлака -0,08+0,045мм и -0,315+0,08мм

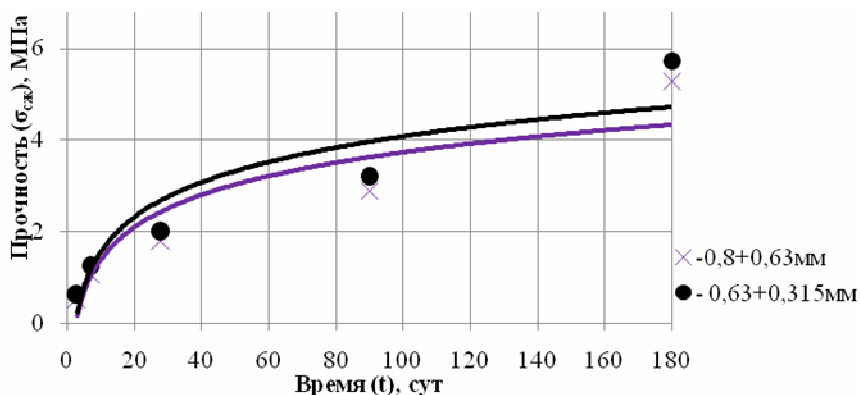


Рис. 3. Влияние тонины помола шлака на прочность закладочных смесей: при тонине помола шлака -0,63+0,315мм и -0,8+0,63мм

Результаты исследований показали, что домол шлака до класса -0,08+0,045мм по сравнению с классом крупности -0,8+0,63мм увеличивает прочность закладочных смесей в зависимости от сроков твердения на 53-60%.

Список литературы

1. Айнбиндер И.И., Родионов Ю.И., Аршавский В.В., Хуцишвили В.И. Изучение причин разрушения образцов закладочного камня сформированного из смесей на основе

сульфидных хвостов обогащения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №1. – С. 7-16.

2. Габараев О.З., Дмитрак Ю.В., Дребенштедт К., Савелков В.И. Закономерности взаимодействия разрушенных геоматериалов и рудовмещающего массива при отработке подработанных вкрапленных руд // Устойчивое развитие горных территорий. – 2017. – №4. – С. 406-413.
3. Габараев О.З., Кожиев Х.Х., Битаров В.Н., Гашимова З.А. Технологии разработки сильнонарушенных руд // Устойчивое развитие горных территорий. – 2013. – №3. – С.35-39.
4. Голик В.И. Концептуальные подходы к созданию мало- и безотходного горнорудного производства на основе комбинирования физико-технических и физико-химических геотехнологий // Горный журнал. 2013. – № 5. – С. 93-97.
5. Габараев: О.З. Исследование геомеханических свойств породной закладки в условиях объемного сжатия // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2001. – №8. – С. 211-214.
6. Габараев О.З., Валиев Н.Г., Майстров Ю.А., Зассеев И.А. Обоснование параметров технологии отработки подработанных вкрапленных руд // Устойчивое развитие горных территорий. – 2017. – № 1. – С. 109-115.

References

1. Ainbinder I.I., Rodionov Yu.I., Arshavsky V.V., Khutsishvili V.I. Study of causes of destruction of stowing stone samples formed from mixtures based on sulfide tailings of enrichment // Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2010. – №1. – P. 7-16.
2. Gabaraev O.Z., Dmitrak Yu.V., Drebenshtedt K., Savelkov V.I. Regularities of interaction of destroyed geo-materials and ore-bearing massif in the processing of processed deposited ore // Sustainable Development of Mountain Territories. – 2017. – No. 4, Vol. 4. – P. 406-413.
3. Gabaraev O.Z., Kozhiev H.H., Bitarov V.N., Gashimova Z.A. Development technologies of severely disturbed ores // Sustainable Development of Mountain Territories. – 2013. – №. 3, Vol. 5. – P. 35-39.
4. Golik V. I. Conceptual approaches to the creation of low-and waste-free mining production based on the combination of physical-technical and physical-chemical geotechnologies // Mining Journal. – 2013. – № 5. – P. 93-97.
5. Gabaraev: O.Z. Investigation of geomechanical properties of rock fill under volumetric compression // Mining Information and Analytical Bulletin" MGSU. – 2001. – №8. – P. 211-214.
6. Gabaraev O.Z., Valiev N.G., Maistrov Y.A., Zasseev I.A. Substantiation of parameters for the technology of mining undermined disseminated ores // Sustainable Development of Mountain Territories. – 2017. – № 1. – P. 109-115.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Гарифулина Ирина Юрьевна – аспирант кафедры горного дела	Garifulina Irina Yurevna – post-graduate student of the Mining Department
Зассеев Игорь Анатольевич – аспирант кафедры горного дела	Zasseev Igor Anatoltvich – post-graduate student of the Mining Department
Майстров Юрий Александрович – аспирант кафедры горного дела	Majstrov Yuri Alexandrovich – postgraduate student of the Mining Department
Габараев Георгий Олегович – студент горно-металлургического факультета	Gabaraev Georgy Olegovich – student of mining and metallurgical faculty
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия	North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz, Russia

Получена 27.09.2021