

Исследование эффективности применения пастовой закладки

В настоящее время на основе хвостов обогащения в основном готовятся литые твердеющие закладочные смеси, имеющие угол растекания 4-6° и способные транспортироваться по трубам в самотечном режиме. Водоотдача таких смесей находится в пределах 5-6%.

Совершенствование технологии обогащения влечет существенное извлечение дисперсности хвостов обогащения. Использование таких хвостов обогащения для приготовления литых твердеющих смесей ведет к увеличению расхода вяжущего для достижения заданной прочности, уменьшению скорости набора прочности.

В мировой практике на основе дисперсных хвостов готовят пастовые закладочные смеси, характеризующиеся полным отсутствием водоотделения и повышенной вязкостью. Преимущества пастовой закладки перед литой: увеличение скорости твердения смеси; увеличение прочности закладки при меньшем количестве цемента; практически не имеет усадки; снижает давление на переемычку. Недостатки: закладка пастообразной консистенции обычно требует применение насосов для транспортирования по горизонтальным трубопроводам; пастообразная закладка в выработанном пространстве растекается под достаточно крутым углом, что требует специальных мер по обеспечению полноты закладки.

Нами были выполнены исследования по определению эффективности и целесообразности использования дисперсных хвостов ЗИФ Агинского ГОКа ЗАО «Камголд» (таблица 1) и ОФ Учалинского ГОКа (таблица 4). Исследования включали приготовление литых и пастовых закладочных смесей и сравнение свойств полученной закладки.

Таблица 1 – Характеристика хвостов ЗИФ Агинского ГОКа

Остатки на ситах, мм, %			Плотность, т/м ³	Водоудерживающая способность, доли ед.
0,074	0,044	-0,044		
3	14	83	2,6	0,72

Основной отличительной особенностью хвостов является их дисперсность (таблица 1), что влечет высокую водоудерживающую способность. Как правило, дисперсные хвосты в закладочных работах не применяются, т.к. они требуют высокого расхода цемента для достижения заданной прочности.

В связи с этим были исследованы 3 варианта использования хвостов:

- использование в качестве заполнителя только хвосты ЗИФ с различным расходом цемента (литая закладка);
- использование хвостов ЗИФ совместно с дробленой породой (литая закладка);
- использование хвостов ЗИФ при пониженном расходе воды в составе смеси (пастовая закладка).

Составы определялись расчетным путем, а затем корректировались и уточнялись экспериментально. Составы и результаты представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Составы литых закладочных смесей на основе хвостов ЗИФ и результаты их испытаний

Расход компонентов смеси, кг/м ³				Угол растекания, град.	Прочность, МПа, в возрасте 28 суток	
цемент	заполнитель		вода		одного кубика	средняя
	хвосты	Новопетровский щебень				
150	797	-	643	5	1,2	1,13
					1,1	
					1,1	
200	770	-	639	5,5	1,3	1,37
					1,3	
					1,5	
200	770	-	640	5,5	1,5	1,47
					1,5	
					1,4	
200	538	538	550	5,5	1,5	1,5
					1,5	
					1,5	

Примечание: на каждый состав закладочной смеси было приготовлено и испытано по три кубика.

Таблица 3 – Состав пастовой закладки на основе хвостов ЗИФ и результаты ее испытаний

Расход компонентов смеси, кг/м ³			Прочность, МПа, в возрасте 28 суток	
цемент	хвосты	вода	одного кубика	средняя
195	950	560	2,8	2,63
			2,5	
			2,6	

Оценивая результаты таблиц 2 и 3 можно сказать, что прочностные свойства пастовой закладки значительно выше, чем у литой закладочной смеси. Это говорит о том, что пастовая закладка является оптимальным вариантом для утилизации дисперсных хвостов обогатительных фабрик, при этом показывает удовлетворительные прочности и дает возможность снижать расход цемента, что является существенным фактором при высокой стоимости вяжущего.

Аналогичные исследования были проведены на хвостах ОФ Учалинского ГОКа.

Таблица 4 – Характеристика хвостов ОФ Учалинского ГОКа

Остатки на ситах, мм, %			Плотность, т/м ³	Водоудерживающая способность, доли ед.
0,074	0,044	-0,044		
25	12	63	3,56	0,42

Составы и результаты представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Составы литых закладочных смесей на основе хвостов ОФ
Учалинского ГОКа и результаты их испытаний

Расход компонентов смеси, кг/м ³				Плотность, т/м ³	Прочность, МПа, в возрасте 28 суток
вяжущее		заполнитель	вода		
цемент	шлак	хвосты			
170	-	1248	600	2,02	0,6
100	200	1128	582	2,01	2,1

Таблица 6 – Составы пастовых закладочных смесей на основе хвостов ОФ
Учалинского ГОКа и результаты их испытаний

Расход компонентов смеси, кг/м ³				Плотность, т/м ³	Прочность, МПа, в возрасте 28 суток
вяжущее		заполнитель	вода		
цемент	шлак	хвосты			
170	-	1423	545	2,13	0,9
100	200	1340	512	2,15	2,9

Анализируя таблицы 5 и 6 отметим, что прочностные свойства пастовой закладки выше в 1,5 раза на цементном вяжущем и в 1,4 раза выше на сложном вяжущем (цемент+шлак).

Для более подробного исследования мы решили оценить влияние крупного заполнителя на пастовую закладку, с сохранением основных реологических свойств закладочной смеси. В роли крупного заполнителя

использовали известняковый отсев фракции 0-8 мм и фракции 0-20 мм. Соотношение известняка к хвостам не превышает 50%. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты испытания пастовых закладочных смесей

Расход компонентов смеси, кг/м ³						Плотность, т/м ³	Прочность, МПа, в возрасте 28 суток
вяжущее		заполнитель			вода		
цемент	шлак	хвосты	Известня- -ковый отсев фр. 0-8 мм	Известня- -ковый отсев фр. 0-20 мм			
170	-	1044	447	-	482	2,14	0,8
170	-	780	780	-	442	2,17	0,8
170	-	1081	-	463	479	2,20	0,8
170	-	829	-	829	424	2,25	1,2
100	200	1008	432	-	458	2,195	3,5
100	200	744	744	-	416	2,20	3,5
100	200	1022	-	438	464	2,22	3,3
100	200	787	-	787	400	2,28	3,9

По данной таблице можно сказать, что добавление в пастовый состав крупного заполнителя оказывает положительное влияние на прочность закладочной смеси. Это замечено на цементном вяжущем, при соотношении

хвосты:известняк (фр. 0-20 мм) 50:50, где прочность увеличилась на 30% и на сложном вяжущем, где прочность увеличилась на 14-34%.

Пастовые закладочные смеси, вследствие большой вязкости, требуют использования насосов для транспортирования их по трубам до выработанного пространства, что в определенной степени усложняет и удорожает процесс закладочных работ.

Известно, что в строительстве, для повышения пластичности и удобоукладываемости бетонных смесей, широко применяются различные пластифицирующие добавки. В связи с этим мы исследовали возможность ввода в состав пастовой закладки различных добавок, с целью получения реологических свойств, позволяющих транспортировать их в режиме самотека. Реологические свойства оценивали по расплыву смеси, выпущенной из цилиндра высотой 10 см и диаметром 55 мм. Качественная литая смесь при расплыве имеет следующие параметры: диаметр круга (d) – 19-22 см; высота (h) – 0,8-1,5 см; угол растекания $4-6^{\circ}$.

В данном случае эксперимент проводился на хвостах Учалинского ГОКа.

В качестве базового был принят следующий состав пастовой закладки:

цемент – 170 кг/м³;

хвосты – 1493 кг/м³;

вода - 560 кг/м³.

Прочность в возрасте 14 суток – 0,55 МПа.

Прочность в возрасте 28 суток – 0,8 МПа.

Добавки, которые мы применили, в основном используются для бетонных смесей. При добавлении пластификаторов в пастовый состав их количество значительно превысило те рамки, которые применяются в бетонах. Полученные результаты представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты испытаний

Название добавки	Количество добавки, %	Количество добавки, кг/м ³	Примечание	Прочность, МПа	
				14 дней	28 дней
Актипласт-ТК	6	10,2	Смесь стала чуть более пластичной, легче перемешивается, d=10 см	0,65	0,9
Ergomix-6000	1	1,7	Смесь более пластичная, легче перемеш., не растекается.	0,6	0,95
	2	3,4	Диаметр 20 см, h=1 см	0,3	0,65
MP-22	1,5	2,55	Смесь более пластичная.	0,55	1,1
Актипласт-ТК (воздухововлекающий)	9	15,3	Смесь хорошо размешивается, при перемешивании выделялось немного воды, d=10,5 см h=3 см.	0,55	0,95
Актипласт-ПМ	9	15,3	Смесь хорошо размешивается, хорошо выгрузилась из кружки, при перемешивании выделялось немного воды.	0,5	0,9
Ergomix-190	1,6	2,72	Эффекта не достигнуто, вода выделилась на поверхности.	0,5	0,95
Monolit	2,5	4,25	Пластифицирующий эффект есть, но не течет, после поднятия цилиндра держало форму	0,5	0,95
Concretan L/SP	2	3,4	Пластифицирующий эффект есть, но не растекается	0,6	1

При данных экспериментах, требуемая подвижность смеси не наблюдалась, прочностные свойства были увеличены в пределах погрешности эксперимента. Исключение составил Ergomix-6000 в количестве 2%, обладал хорошей подвижностью, но значительной потерей прочности.

Для более полной оценки свойств добавок, мы решили добавить в состав смеси крупный заполнитель, дробленую породу фракции -5 мм, в пропорции с хвостами 50 : 50.

Базовый состав пастовой закладки: цемент – 170 кг/м³;
 хвосты – 775 кг/м³;
 порода – 775 кг/м³;
 вода – 425 кг/м³.

Прочность в возрасте 14 суток – 0,75 МПа.

Прочность в возрасте 28 суток – 1,8 МПа.

Полученные результаты представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты испытаний

Название добавки	Количество добавки, %	Количество добавки, кг/м ³	Примечание	Прочность, МПа	
				14 дней	28 дней
Ergomix-6000	1,5	2,55	Растекалась хорошо, d=20 см, h=1.1 см	0,95	1,5
Актипласт-ПМ	10,2	17,34	d=18 см, h=1.4 см	1	1,55
Актипласт-ТК	10,2	17,34	Связная, d=14 см, h=1.8 см	0,8	1,45
MP-22	3	5,1	Связная, пышная хорошо перемешивается d=13 см, h=2,5 см	0,7	1,8

Отметим, что образцы закладки, спустя двое суток распалубочной прочности не набрали, в свою очередь базовый пастовый состав набрал ее за сутки.

При добавлении крупного заполнителя требуемая подвижность смеси была достигнута, это видно по добавкам Ergomix-6000 и Актипласт-ПМ, прочностные свойства незначительно упали, но дозировка добавки достаточно большая и экономически нецелесообразна.

В результате исследований по использованию добавок можно сказать следующее, что ожидаемого эффекта в определенных экономических рамках достигнуто не было.

Выводы: 1. Эффективно использовать дисперсные хвосты обогатительных фабрик возможно путем применения пастовой закладки.

2. Ввод в пастовую закладку крупных материалов, в соотношении с хвостами от 30% до 50%, оказывает положительное влияние на прочность закладочной смеси, без ухудшения реологических свойств смеси.

3. При использовании дисперсных хвостов обогащения пастовая закладка позволяет уменьшить удельный расход цемента на 30-50 кг/м³, в сравнении с литой закладкой. В условиях Учалинского ГОКа, в случае перевода закладочных работ полностью на использование хвостов обогащения, это позволит получить, за счет снижения расхода вяжущего, экономический эффект в размере 40-60 млн. рублей в год, что существенно превышает затраты, связанные с переходом на технологию приготовления и транспорта пастовой закладки.