

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Габараев О.З., Дедегкаева Н.Т., Выскребенец А.С., Максимов Р.Н., Гегелашвили М.В.
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Владикавказ

Ключевые слова: закладка выработанного пространства, хвосты обогащения, механоактивация, прочность на одноосное сжатие, кинетика набора прочности.

Аннотация. В 2022 году была разработана проектная документация на строительство предприятия по добыче и переработке руд Тырныаузского месторождения. Учитывая сильную нарушенность прикарьерного массива, вследствие воздействия открытых и подземных работ, проектом предусмотрено применение систем разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства с использованием хвостов обогащения. Удовлетворить потребности закладочного комплекса, особенно в начальный период освоения месторождения, имеющимися хвостами новой фабрики будет невозможно. В сложившихся условиях возникает необходимость вовлечения в отработку лежалых хвостов обогащения. В отходах обогатительного вольфрамо-молибденового производства содержится достаточное количество карбонатных пород, которые при активации могут обладать вяжущими свойствами. Для активации компонентов твердеющих смесей в проектную технологическую схему приготовления закладочной смеси добавлены дезинтеграторы в комбинации с вертикальными вибромельницами. Разработанные способы активации компонентов закладочных смесей позволяют снизить затраты на погашение выработанного пространства и повысить устойчивость возводимых искусственных массивов.

USING TUNGSTEN-MOLYBDENUM PRODUCTION WASTE FOR PREPARING BACKGROUND MIXTURES

Gabaraev O.Z., Dedegkaeva N.T., Vyskrebenets A.S., Maksimov R.N., Gegelashvili M.V.
North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz

Keywords: backfilling of mined-out space, enrichment tailings, mechanical activation, uniaxial compressive strength, strength gain kinetics.

Abstract. In 2022, design documentation was developed for the construction of an enterprise for the extraction and processing of ores at the Tyrnauz deposit. Given the severe disturbance of the quarry massif due to the impact of open-pit and underground mining, the project provides for the use of development systems with hardening backfill of the mined-out space using enrichment tailings. It will be impossible to meet the needs of the backfill complex, especially in the initial period of deposit development, with the existing tailings of the new plant. Under the current conditions, there is a need to involve stale enrichment tailings in the development. The waste from the tungsten-molybdenum enrichment production contains a sufficient amount of carbonate rocks, which, when activated, can have binding properties. To activate the components of hardening mixtures, disintegrators in combination with vertical vibratory mills were added to the design flow chart for the preparation of the backfill mixture. The developed methods for activating the components of backfill mixtures make it possible to reduce the costs of eliminating mined-out spaces and increase the stability of constructed artificial massifs.

Введение

В 2022 году была разработана проектная документация на строительство предприятия по добыче и переработке руды Тырныаузского вольфрамо-молибденового месторождения, с производственной мощностью рудника 1,5 млн. т руды в год. В пределах месторождения выделяется до четырнадцати рудных тел, среди которых «Слепая» залежь является наиболее крупным скарновым телом, со средней мощностью 15-20 м [1]. Основную часть запасов отрабатывали открытым (рис. 1) и подземными способами, преимущественно этажно-камерной системой разработки (рис. 2) [2-5].

Учитывая сильную нарушенность прикарьерного массива, вследствие воздействия открытых и подземных работ, проектом предусмотрено применение систем разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства с использованием хвостов обогащения.

За почти 60 летний период эксплуатации месторождения хвосты обогащения размещали в трех хвостохранилищах, в которых складировано более 200 млн. тонн хвостов. Разработка хвостохранилищ возможна механическими способами с последующей транспортировкой конвейером или автотранспортом.



Рис. 1. Состояние рабочих уступов Мукуланского карьера

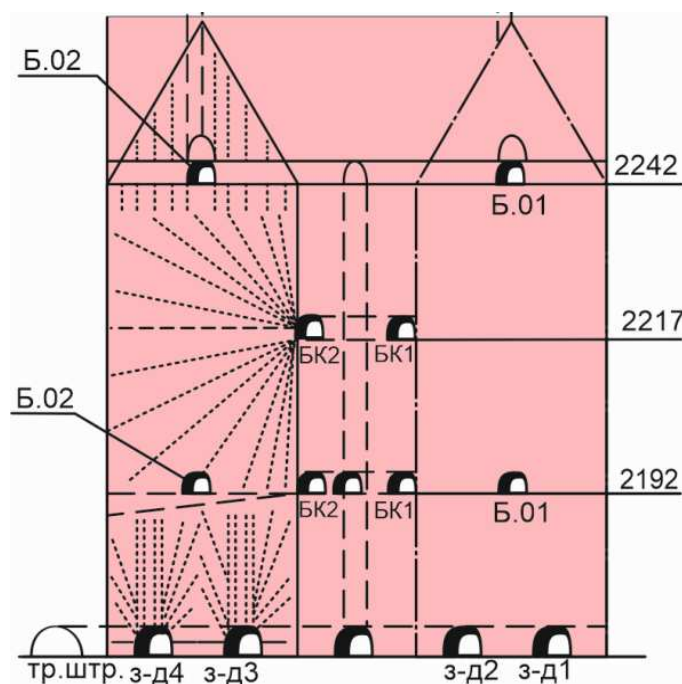


Рис. 2. Этажно-камерная система разработки

Для использования отходов вольфрамо-молибденового производства для приготовления закладочных смесей необходимо исследовать их химический состав и разработать рецептуру и технологию приготовления закладочных смесей.

Материалы и методы исследований

Определение состава породных хвостов проводилось по ГОСТ 8269.1-97 [6]. Предел прочности образцов закладки на сжатие определяли в соответствии с ГОСТ 10180-2012 [7] на прессе ИП-1250-М (рис. 3).



Рис. 3. Испытания образцов кубов на прессе ИП-1250-М Авто

Результаты

Исследования химического состава породных хвостов показали, что в них содержится достаточное количество окислов (SiO_2 – 59%, CaO – 17%, Al_2O_3 – 9%, MgO – 2 %), которые при активации могут обладать вяжущими свойствами. Для активации компонентов твердеющих смесей в схему цепей и аппаратов закладочного комплекса добавлены дезинтеграторы и вертикальные вибромельницы (рис. 4) [8-11].

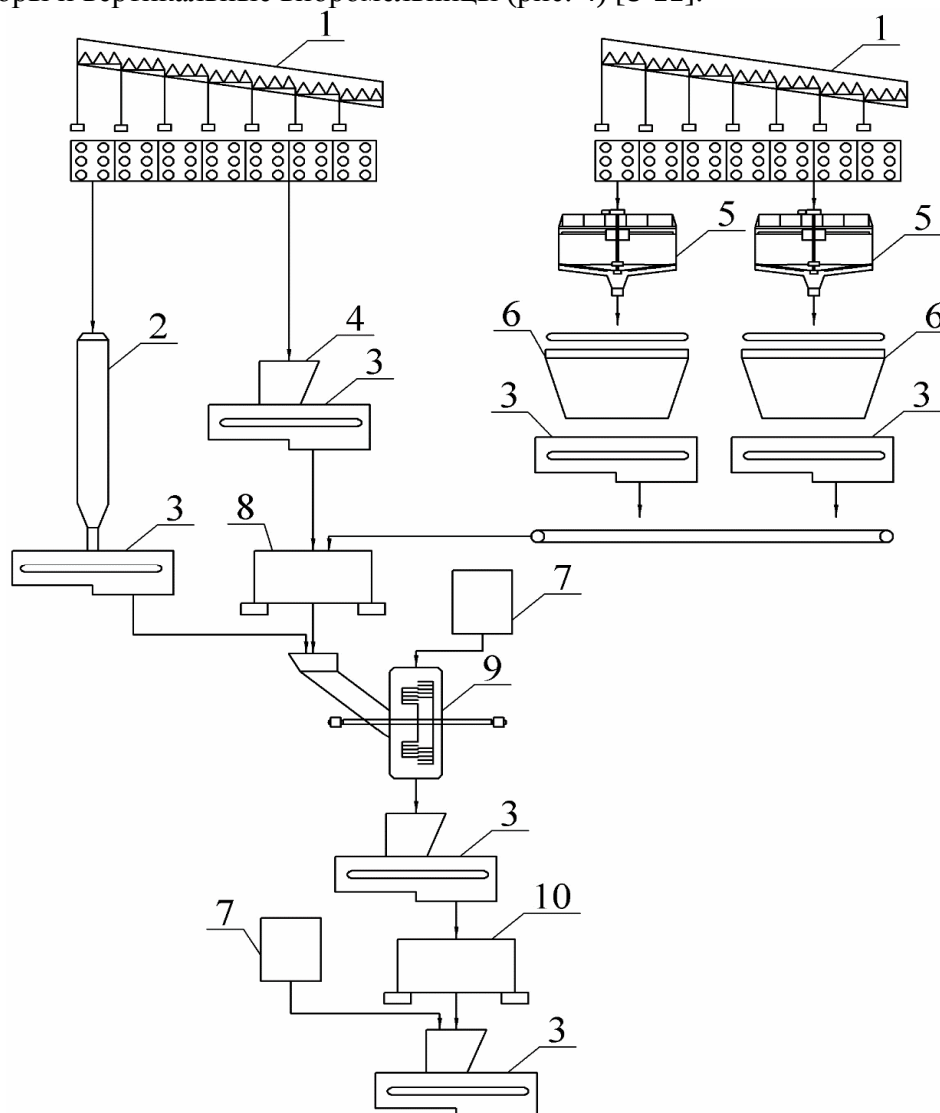


Рис.4. Технология приготовления твердеющих смесей: 1 – грохот; 2 – цементный; 3 – дозатор; 4 – бункер лежащих хвостов; 5 – сгуститель; 6 – бункер хвостов обогащения; 7 – установка подготовки воды; 8 – вибромельница; 9 – дезинтегратор; 10 – смеситель

Для оценки влияния эффекта механоактивации компонентов закладочной смеси на ее прочностные свойства были проведены исследования в лабораторных условиях. Рекомендуемые к проведению испытаний составы ХЦ-170 (хвосты обогащения 845 кг, лежалые отвальные хвосты 600 кг, цемент 170 кг, вода 400 л) и ХЦ-230 (хвосты обогащения 785 кг, лежалые отвальные хвосты 600 кг, цемент 230 кг, вода 400 л) испытывали без активации и с активацией компонентов смеси на вертикальной мельнице и дезинтеграторе.

Исходный гранулометрический состав материалов: отвальные лежалые хвосты + 200 мкм 26,1%, – 200 мкм 28,2%, – 100 мкм 46,6%; хвосты обогащения + 200 мкм 15%, – 200 мкм 20%, – 100 мкм 65%.

Необходимая тонина помола хвостов обогащения с содержанием фракций 0,08 мм в измельченном материале при производстве лабораторных исследований обеспечивалась на дезинтеграторе при размоле с частотой вращения роторов 3200 об/мин. Результаты исследований представлены на рисунке 5.

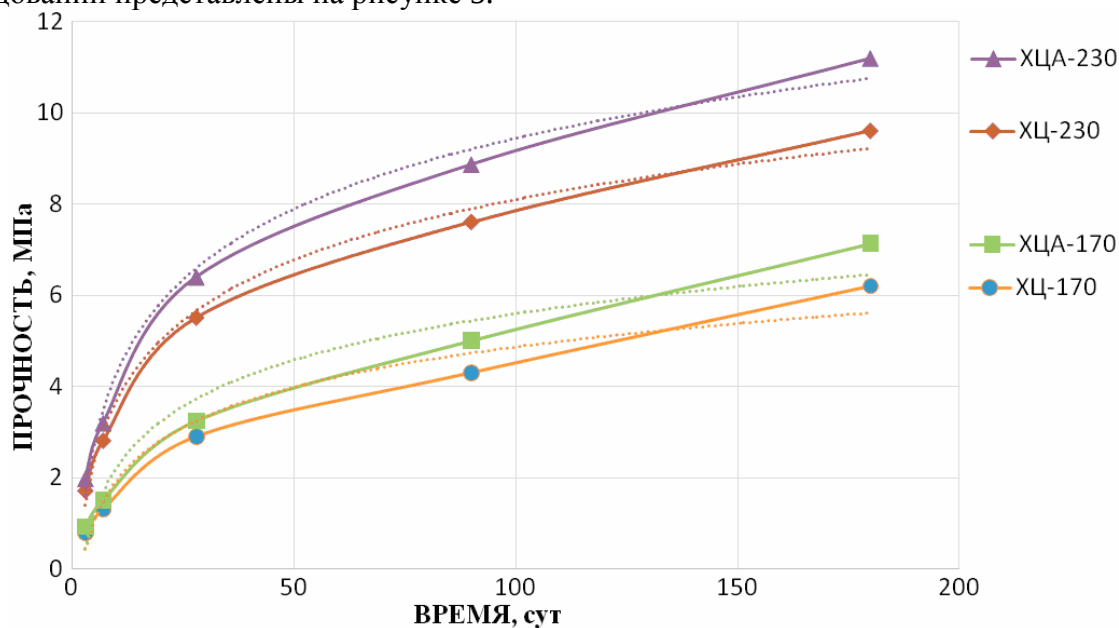


Рис. 5. Кинетика набора прочности цементно-хвостовых смесей

Обработка результатов исследования прочностных свойств закладочных смесей в зависимости от сроков твердения методами математической статистики позволила получить следующие логарифмические зависимости прочности образцов закладки:

– цементно-хвостовые составы без активации:

$$\text{ХЦ-170: } \sigma_{сж} = 1,268 \ln(t) - 0,977; \\ R^2 = 0,957;$$

$$\text{ХЦ-230: } \sigma_{сж} = 1,909 \ln(t) - 0,696; \\ R^2 = 0,990;$$

– цементно-хвостовые составы с активацией:

$$\text{ХЦА-170: } \sigma_{сж} = 1,909 \ln(t) - 0,696; \\ R^2 = 0,990;$$

$$\text{ХЦА-230: } \sigma_{сж} = 2,235 \ln(t) - 0,855; \\ R^2 = 0,990;$$

где $\sigma_{сж}$ – прочность закладочной смеси; t – сроки твердения; R^2 – среднее квадратическое отклонение.

Исследования показали, что включение в схему цепей и аппаратов закладочного комплекса дезинтеграторов и вертикальных вибромельниц позволяет увеличить прочность образцов закладки на 13-19% в зависимости от сроков твердения, за счет доизмельчения и активации компонентов закладочной.

Выводы

1. Исследования химического состава лежалых отвальных хвостов показало, что в них содержится достаточное количество карбонатных пород, которые при активации могут обладать вяжущими свойствами.

2. Установлены закономерности изменения прочности образцов закладочной от сроков твердения и цементно-хвостового соотношения.

3. Применение способов механоактивации компонентов твердеющих смесей позволяет повысить прочность образцов закладки, снизить расход цемента на 25-30%, с сохранением реологических и компрессионных свойств, и рекомендовать активированные хвосты обогащения в качестве частичного заменителя цемента.

Заключение

На стадии начальной отработки месторождения для удовлетворения потребностей закладочного комплекса материалами возникает необходимость вовлечения в отработку лежалых хвостов обогащения, которые при активации обладают необходимыми вяжущими свойствами. Для активации компонентов закладочных смесей в технологическую схему закладочного комплекса рекомендовано включение дезинтеграторов в комбинации с вертикальными вибромельницами. На основе проведенных исследований установлены закономерности изменения прочностных характеристик закладочного массива с использованием активированных отходов вольфрамо-молибденового производства.

Список литературы

1. Габараев О.З., Голик В.И., Разоренов Ю.И. Управление геомеханикой скального массива при подземной добыче руд // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 3. – С. 55-65.
2. Габараев: О.З. Исследование геомеханических свойств породной закладки в условиях объемного сжатия // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2001. – №8. – С. 211-214.
3. Зотеев О.В., Криницын Р.В. Влияние сухой закладки на несущую способность целиков // Проблемы недропользования. – 2019. – №4(23). – С. 144-155.
4. Сашурин А.Д., Аглюков Х.И. Управление геомеханическими процессами возведением высокоплотного закладочного массива // Горный журнал. – 2006. – №2. – С. 36-39.
5. Требуков А.Л. Применение твердеющей закладки при подземной добыче руд. – М.: Недра, 1981. – 172 с.
6. ГОСТ 8269.1-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа. – М.: Стандартинформ, 1998. – 64 с.
7. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартинформ, 2012. – 36 с.
8. Копосов П.В., Жуков И.А. Основы классификации щековых дробильных машин // Современные проблемы теории машин. – 2024. – №17. – С. 58-61.
9. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Проблемы и перспективы развития ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения недр земли // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – № 4. – С. 116-122.
10. Пыталев И.А., Романько Е.А., Бобылева Е.В., Колкова М.С. Нормирование потерь и разубоживания при поэтажно-камерной системе разработки с последующей закладкой // Устойчивое развитие горных территорий. – 2022. – Т. 14, №1(51). – С. 126-133.
11. Бадтиев Б.П. Изучение деформируемости надрабатываемых выработок при ведении очистных работ // Горный журнал. – 2009. – №12. – С. 6-7.

References

1. Gabaraev O.Z., Golik V.I., Razorenov Yu.I. Control of rock mass geomechanics during underground ore mining // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2017, no. 3, pp. 55-65.
2. Gabaraev O.Z. Study of geomechanical properties of rock fill under conditions of volumetric compression // Mining information and analytical bulletin. 2001, no. 8, pp. 211-214.
3. Zoteev O.V., Krinitsyn R.V. Effect of dry fill on the bearing capacity of pillars // Problems of subsoil use. 2019, no. 4(23), pp. 144-155.
4. Sashurin A.D., Aglyukov H.I. Control of geomechanical processes during construction of high-density backfill massif // Mining journal. 2006, no. 2, pp. 36-39.
5. Trebukov A.L. Application of hardening backfill in underground ore mining. – M.: Nedra, 1981. – 172 p.
6. GOST 8269.1-97 Crushed stone and gravel from dense rocks and industrial waste for construction work. Methods of chemical analysis. – M.: Standartinform, 1998. – 64 p.

7. GOST 10180-2012 Concretes. Methods for determining strength using control samples. – M.: Standartinform, 2012. – 36 p.
8. Koposov P.V., Zhukov I.A. Fundamentals of classification of jaw crushing machines // Modern problems of machine theory. 2024, no. 17, pp. 58-61.
9. Trubetskoy K.N., Kaplunov D.R., Ryl'nikova M.V. Problems and prospects in the resource-saving and resource-reproducing geotechnology development for comprehensive mineral wealth development // Journal of Mining Science. 2012, vol. 48, no. 4, pp. 688-693.
10. Pytalev I.A., Romanko E.A., Bobyleva E.V., Kolkova M.S. Standardization of losses and dilution in the case-block mining system with subsequent backfilling // Sustainable development of mountainous territories. 2022, vol. 14, no. 1(51), pp. 126-133.
11. Badtiev B.P. Study of deformability of mined workings during cleaning operations // Mining journal. 2009, no. 12, pp. 6-7.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Габараев Олег Знаурович – доктор технических наук, профессор кафедры горного дела	Gabaraev Oleg Znaurovich – doctor of technical sciences, professor of the mining Department
Дедегкаева Нина Таймуразовна – кандидат технических наук	Dedegkaeva Nina Taimurazovna – candidate of technical sciences
Выскребенец Александр Степанович – доктор технических наук, профессор кафедры горного дела	Vyskrebenets Aleksandr Stepanovich – doctor of technical sciences, professor of the mining Department
Максимов Руслан Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры горного дела	Maksimov Ruslan Nikolaevich – doctor of technical sciences, professor of the mining Department
Гегелашвили Михаил Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры горного дела	Gegelashvili Mikhail Vladimirovich – doctor of technical sciences, professor of the mining Department
gabaraev59@mail.ru	

Получена 05.12.2024