

RESEARCH OF A TEMPERATURE MODE OF THE FILLING MASSIF DURING THE DEVELOPMENT OF YAKOVLEVSKIY IRON-ORE DEPOSIT

Sergeev S. V.¹, Head of a Chair, Professor, Doctor of Engineering Sciences
 Zaytsev D. A.¹ Post-Graduate Student, e-mail: zossen45@yandex.ru

¹ Belgorod National Research State University (Belgorod, Russia)

The paper presents the research results of the formation conditions of filling mass during the development of rich iron ores of Yakovlevskiy deposit of Kursk Magnetic Anomaly. The severe mining and hydrogeological conditions of the deposit determined the usage of layerwise development system with the descending processing order and with a goaf stowing by the solidity mixtures. The experimental works were carried out in one of the operational units of Yakovlevskiy mine, at more than 600 meters depth of mining operations. The strain gauge monitoring stations of the stress-strain state of the massif include the string temperature converters STC-60 (ИТС-60) with an ohmic resistance. These temperature converters are applied as a means of the thermal regime monitoring of filling massif.

There are also established natural factors, which determine the environmental humidity conditions of deep mining at the mine. The sizes and duration of the exothermic reheating of solid stowing were practically set due to the chemical processes of the cement hydration, which should be considered as an anthropogenic factor, which has an influence on the thermal regime of filling massif.

With the object to improve the work safety and drawing near the resumption of second workings in the underground mine and surrounding areas, the following parameters are recommended to use:

- the parameters, which are favorable for the ensuring of the characteristic strength of filling massif;
- natural and anthropogenic parameters;
- temperature and humidity parameters.

Key words: deep iron ore mine, underground mine, geotermic gradient, water abundance, goaf stowing, formation of filling area, temperature and humidity conditions.

References

1. *Obosnovanie bezopasnykh usloviy otrabotki Yakovlevskogo zhelezorudnogo mestorozhdeniya pod neosushennym nizhnekarbonovym vodonosnym kompleksom bez sooruzheniya vodonepronitsaemykh peremychek: otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote* (Substantiation of safety development conditions of Yakovlevskiy iron ore deposit under the undrained low carboxylic water-bearing complex without the construction of waterproof dams: report about the scientific and research work). Operations manager G. N. Genzel. Belgorod: «NOVOTEK» Scientific and Research Center, 2004, 122 p.
2. Sergeev S. V., Lyabakh A. I., Zaytsev D. A. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo Gosudarstvennogo Universiteta — Scientific bulletin of Belgorod State University*, 2011, No. 3, Iss. 14, pp. 200–208.
3. Sergeev S. V., Zaytsev D. A. *Izvestiya Tuls'kogo Gosudarstvennogo Universiteta. Nauki o Zemle — Bulletin of Tula State University. Sciences about Earth*, 2011, Iss. 1, pp. 365–371.
4. Cherkasov G. I. *Vvedenie v tekhnologiyu betona* (Introduction to the concrete technology). Irkutsk: East Siberian book Publ., 1974, 311 p.
5. Montyanova A. N. *Formirovaniye zakladochnykh massivov pri razrabotkealmaznykh mestorozhdeniy v kriolitozone* (Formation of filling mass with a development of diamond deposits in the cryolite zone). Moscow: Gornaya Kniga, 2005, 597 p.
6. *O geologorazvedochnykh i poiskovykh rabotakh, proizvedennykh na Yakovlevskom zhelezorudnom mestorozhdenii Belgorodskogo zhelezorudnogo rayona Kurskoy Magnitnoy Anomalii (po sostoyaniyu na 1 oktyabrya 1958 goda). Kniga 2: Gidrogeologicheskie i inzhenerno-geologicheskie usloviya Yakovlevskogo mestorozhdeniya Belgorodskogo zhelezorudnogo rayona KMA: otchet* (About the geological prospecting and searching works, which were held on Yakovlevskiy iron ore deposit of Belgorod iron ore area of Kursk Magnetic Anomaly (as of 1 October 1958). Book 2: Hydrogeological and engineering and geological conditions of Yakovlevskiy deposit of Belgorod iron ore area of Kursk Magnetic Anomaly: report). Operational managers A. A. Saar et al. Moscow, 1958, 254 p.

УДК 622.272/.275

Е. А. ЕРМОЛОВИЧ, И. А. ШОК (Белгородский государственный университет)

ТЕХНОГЕННЫЕ ОТХОДЫ В СОСТАВЕ ЗАКЛАДОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ



Е. А. ЕРМОЛОВИЧ,
доцент,
канд. техн. наук



И. А. ШОК,
доцент,
канд. техн. наук

В бассейне Курской магнитной аномалии (КМА) производится в настоящее время более половины железорудного концентрата России. Отметим, что действующие ГОКи региона приближаются к предельным глубинам открытых горных работ (500 м). Это диктует необходимость их перехода на комбинированную (открыто-под-

Представлены экологически рациональные мало- и бесцементные составы литых и пастовых закладочных композиций на основе техногенных отходов. Приведены их физико-механические свойства. Доказана нецелесообразность обесшламливания закладочного материала.

Ключевые слова: Курская магнитная аномалия, закладка выработанного пространства, отходы обогащения железистых кварцитов, сверхтонкое измельчение, суперпластификатор.

земную) и подземную технологии. Для обеспечения полноты извлечения полезного ископаемого целесообразно доработку месторождений подземным способом осуществлять с применением систем с закладкой выработанного пространства. Но высокие затраты на проведение закладочных работ, которые достигают 65 % расходов на добычу, в том числе до 60 % — на основной вяжущий

компонент — цемент, ограничивают применение систем разработки с закладкой.

В то же время к настоящему времени в России из недр извлечено и находится в отвалах и хвостохранилищах около 80 млрд т горных пород и отходов переработки полезных ископаемых. Отходы, накопленные в отвалах и хвостохранилищах, занимают площадь более 1300 км² при средней толщине слоя 20 м. Ежегодное увеличение площади отчуждаемых земель составляет не менее 85–90 км². Негативное воздействие на окружающую среду проявляется на территории, в 10 раз и более превышающей площадь, занимаемую непосредственно отходами.

При производстве железорудного концентрата ежегодно на территории КМА остается около 60 млн т отходов обогащения (на каждую тонну концентрата — 1,5 т отходов) [1]. С учетом отвалов от вскрышных пород при производстве 1 т концентрата образуется от 3,2 до 5 т отходов [2].

Поэтому дальнейшее расширение области применения систем с закладкой связано с созданием новых композитов путем замены дорогостоящего вяжущего и природных заполнителей техногенными отходами на основе целенаправленного изменения их свойств.

В качестве возможных компонентов закладочных композитов изучались следующие техногенные отходы:

- доизмельченный доменный гранулированный шлак III сорта;
- доизмельченные отходы производства доломитового щебня;
- отходы производства известнякового щебня после сверхтонкого измельчения;
- отходы обогащения железистых кварцитов, сгущенные с использованием флокулянта Magnofloc 155;
- измельченный алюмотермический шлак;
- известково-гипсовая композиция;
- щебень шлаковый.

В данной работе под термином «измельченный» подразумевается, что материал имеет крупность –30(–35) мкм, характерную для частиц цемента. Под сверхтонким измельчением понимается, что размер измельченного продукта равен –20 мкм [3].

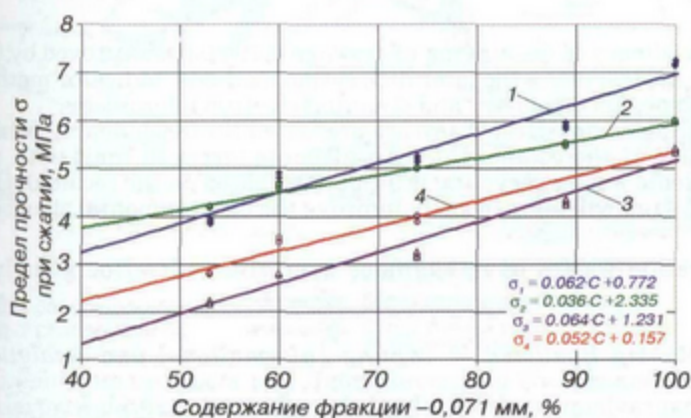
Методами лазерной дифрактометрии и растровой электронно-ионной микроскопии установлено, что исследованные минеральные материалы имеют крупность от

200 нм до 71 мкм, что обеспечивает большую площадь контакта и поверхностную активность частиц в процессе взаимодействия, но увеличивает водопотребность закладочных смесей, которая влечет за собой их расслаивание и потерю прочности массива. Для изменения указанных отрицательных свойств требуется использование пластифицирующих добавок. Кроме того, показано, что измельчение хвостов обогащения железистых кварцитов приводит к изменению их структуры, что сопровождается уменьшением интегральной интенсивности линий кристаллического кварца, а также некоторым уширением дифракционных пиков, т. е. свидетельствует об изменении размера кристаллитов (или областей когерентного рассеивания — ОКР) [4]. Уменьшение размера ОКР указывает на уменьшение степени кристалличности (объемного содержания кристаллических областей) кварца в структуре хвостов обогащения. Это свидетельствует о росте активности хвостов обогащения с повышением их дисперсности, что отражается в установленном в ходе испытаний увеличении прочности образцов из хвостов обогащения с использованием различных вяжущих. Аппроксимацией полученных данных установлены прямолинейные зависимости предела прочности образцов при сжатии от содержания в используемых хвостах обогащения тонкодисперсной фракции, которые позволяют прогнозировать прочность закладочных композитов с учетом дисперсности их компонентов (см. рисунок).

Методами рентгенофлуоресцентной спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии установлено, что элементный состав техногенных отходов, усредненный по площади поверхности порошков, значительно отличается от валового химического состава. Следует

Таблица 1. Валовой состав закладочных композитов

№ состава	Состав композитов, %
4	Шлак доменный гранулированный измельченный — 22; хвосты мокрой магнитной сепарации (ММС) — 54,5; суперпластификатор Полипласт СП-1 — 0,4 количества шлака; вода — 23,4
5	Цемент — 4,85; хвосты ММС — 60,2; шлак алюмотермический измельченный — 14,5; суперпластификатор — 1 количества цемента; вода — 20,4
6	Шлак доменный гранулированный измельченный — 16,1; хвосты ММС — 57,7; известково-гипсовая композиция — 4,8; суперпластификатор Полипласт СП-1 — 0,5 количества шлака; вода — 21,32
7	Шлак доменный гранулированный измельченный — 12; хвосты ММС — 57,89; измельченные отходы известнякового щебня — 10; суперпластификатор Полипласт СП-1 — 0,5 количества вяжущего; вода — 20
9	Шлак доменный гранулированный измельченный — 12; хвосты ММС — 57,89; измельченные отходы доломитового щебня — 10; суперпластификатор Полипласт СП-1 — 0,5 количества вяжущего; вода — 20
10	Цемент — 4,85; шлак доменный гранулированный измельченный — 12,1; хвосты ММС — 53; щебень шлаковый (фракция 10–20 мм) — 10; суперпластификатор Полипласт СП-1 — 0,5 количества вяжущего; вода — 20



Зависимость предела прочности при сжатии образцов с различными вяжущими в составе от содержания в хвостах обогащения фракции –0,071 мм:

1 — цемент + шлак; 2 — цемент; 3 — шлак; 4 — битум

Таблица 2. Физико-механические свойства композитов

№ состава	Плотность, кг/м ³	Осадка конуса «Строй-ЦНИЛ», см	Предел прочности при сжатии, МПа		Количество утилизированных отходов производства, % (мас.) на сухое вещество
			через 28 сут	через 90 сут	
4	1962	15	–	7	98,1
5	2045	12,8	4,5	6,35	93,8
6	1997	13,5	4,5	7,15	99,9
7	2050	13,5	7,8	11,4	99,86
9	2070	13,5	5,36	7,8	99,86
10	2023	13,5	6	11	94

отметить, что с повышением дисперсности порошков увеличивается равномерность и однородность распределения элементов на их поверхности, что благоприятно сказывается на всех свойствах закладочных композитов.

Индикаторным методом определения распределения центров адсорбции (РЦА) показано, что содержание активных центров на поверхность техногенных отходов повышается с увеличением их дисперсности.

С учетом полученных результатов целесообразно обесшламливать закладочный материал в связи с возможной потерей прочности искусственного массива.

На основе установленных закономерностей изменения физико-химических характеристик техногенных отходов были предложены и испытаны эффективные составы литых и пастовых закладочных смесей (табл. 1 и 2).

Предел прочности при сжатии образцов через 90 сут составляет 6,35–11,4 МПа. Доля утилизации техногенных отходов достигает 94–99,9 % в пересчете на сухое вещество.

Все составы защищены патентами на изобретения.

Использование разработанных композитов для закладки выработанного пространства значительно улучшит экологическую обстановку в районе горных и металлургических предприятий.

Исследования выполнены с применением оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием НИУ «БелГУ» «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» при проведении поисковой научно-исследовательской работы в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (проект П-1077).

Библиографический список

1. Усков Е. А., Куцев Л. А. Влияние техногенных отходов горнорудных предприятий Курской магнитной аномалии на экологическую обстановку в регионе // ГИАБ. 2007. № 8. С. 315–319.
2. Лейзерович С. Г., Усков А. Х. Разработка экологической направленности технологии добычи железистых кварцитов КМА // Материалы IV Междунар. науч. конф. — Белгород, 2010. С. 470–473.
3. Химическая энциклопедия в 5 т. / под ред. И. Л. Кнунянца. — М.: Советская энциклопедия, 1990. Т. 2. — 671 с.
4. Ермолович Е. А. Изменение степени аморфизации структур кварца при измельчении отходов обогащения железистых кварцитов Курской магнитной аномалии // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 4. С. 136–143. ГЖ

Ермолович Елена Ахмедовна,
e-mail: Ermolovich@bsu.edu.ru

Шок Ирина Ахмедовна,
e-mail: schok@bsu.edu.ru

ANTHROPOGENIC WASTES IN STOWAGE COMPOSITE MATERIALS

Ermolovich E. A.¹, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, e-mail: Ermolovich@bsu.edu.ru
Schok I. A.¹, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences

¹ Belgorod State University (Belgorod, Russia)

This article presents the environmentally reasonable cement-free and low cement compositions of cast and hardening stowing pastes composites, based on the following industrial wastes: regrinded granulated blast furnace slag (grade III); regrinded wastes of dolomite road metal production; production wastes of limestone road metal after the ultrafine grinding; concentration wastes of ferruginous quartzites, thickened with flocculant Magnofloc 155; grinded aluminothermic slag; limestone gypseous composition; slag and crushed stone.

Because of the possible losses of concrete block strength, the inexpediency of deslugging of stowage material, was proved by the research results of physical and chemical properties of anthropogenic wastes, using the laser diffraction methods, indicator method for determining the adsorption centers of distribution, X-ray fluorescence spectrometry and scanning electron microscopy.

This paper presents the physical and mechanical properties of filling composites. There are presented the dependences, which allow to predict their strength, taking into account the dispersibility of the components. An ultimate strength limit with the samples pressing for 90 days is 6,35-13,4 MPa. The part of anthropogenic wastes recycling is 94-99,9%, based on the recalculation on a dry matter. Application of developed composites for the goaf stowing will significantly improve the environmental situation nearby mining and metallurgical enterprises.

Key words: Kursk Magnetic Anomaly, goaf stowing, concentration wastes of ferruginous quartzites, ultrafine grinding, superplasticizer.

REFERENCES

1. Uskov E. A., Kushchev L. A. *Gornyy Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten — Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2007, No. 8, pp. 315–319.
2. Leyzerovich S. G., Uskov A. Kh. *Razrabotka ekologicheskoy napravlenosti tekhnologii dobychi zhelezistykh kvartsitov Kurskoy Magnitnoy Anomalii (The development of ecological direction of extraction technology of ferruginous quartzites of Kursk Magnetic Anomaly). Materialy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Proceedings of the IV International scientific and research conference)*. Belgorod, 2010, pp. 470–473.
3. *Xhimicheskaya entsiklopediya v 5 tomakh (Chemical encyclopedia in 5 volumes)*. Under the editorship of I. L. Knunyants. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya, 1990, Vol. 2, 671 p.
4. Ermolovich E. A. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh — Journal of Mining Science*, 2011, No. 4, pp. 136–143.