

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 5, pp. 23–27
DOI: 10.17580/gzh.2017.05.04

Mine work at Lebedinsky MPP: history, current condition and development prospects

Information about authors

Yu. S. Alferiev¹, Chief Miner, alferjev_j_s@lebgok.ru

D. V. Kiselev¹, Head of Mine Group

Yu. A. Klimashevsky¹, Head of Engineering Office

E. V. Dokukin², Head of Department for Technical Appraisal of Production Maintenance and Modernization Projects

¹ Lebedinsky Mining and Processing Plant, Gubkin, Russia

² Metalloinvest Management Company LLC, Moscow, Russia

Abstract

The history of Lebedinsky Mining and Processing Plant is inextricably connected with the development of metallurgy in the USSR and with the technological advancement in the area of iron ore production.

The crude ore supplies base of the Plant is the two nearby deposits of ferruginous quartzite with the low iron content, mined with a single open pit. In 1964–1966 the processing technology was developed for this kind of ore, and construction of a mining and processing plant and an open pit mine was launched in 1967. The construction project was elaborated by the Tsentrpropruda Institute with participation of the allied research establishments in the country.

The article informs on the history of the open pit mine construction, on application of different schemes of getting access to ore, on the use of equipment assemblies, stage-wise gain in production capacity and on the sequence of development of Lebedinskoe and Stoilo-Lebedinskoe deposits over a period of 50 years. The authors formulate a list of objectives to be reached in the course of expansion of mining.

Keywords: Lebedinsky open pit mine, Lebedinskoe and Stoilo-Lebedinskoe deposits, raw material supplies base, open pit work zone, many-way accessing of mineral body, maximum gradient, mining process, mining depth.

References

1. Graur I. F. Problems of provision of efficient work of large iron-ore pits with high penetration rates. *Intensification of open-cast mining of minerals : proceedings of conference*. Moscow, 1983. pp. 12–16.

2. Vasilev M. V. Prospect of intensification of open-cast mining in iron ore industry. *Intensification of open-cast mining of minerals : proceedings of conference*. Moscow, 1983. pp. 32–36.

3. Nikolaev K. P. Modern history of iron ore industry in Russia and neighbouring states. Moscow : Master, 2015. 320 p.

4. Chadwick J. Surface mining. *Mining Magazine*. March 2002. pp. 120–123.

5. Chadwick J. Technical progress of open-cast mining abroad. *Gornyi Zhurnal*. 2010. No. 1. pp. 91–94.

6. Ilin S. A., Kovalenko V. S., Pastikhin D. V. Open-cast mining: possibilities and ways of improvement. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 2. pp. 37–40.

7. Mining sciences. Mastering and saving of Earth soils : monograph. Ed.: K. N. Trubetsky. Moscow : Izdatelstvo Akademii gornykh nauk, 1997. 478 p.

8. Hall B. Cut-off Grades and Optimising the Strategic Mine Plan. Melbourne : The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2014. 301 p.

9. Skomorokhov Yu. D. Mining – a basis of provision of industrial capacities of Lebedinsky GOK. *Gornyi Zhurnal*. 2007. No. 7. pp. 20–22.

10. Leyzerovich S. G., Pomelnikov I. I., Sidoruk V. V., Tomaev V. K. Resource-producing wasteless geotechnology of complex mastering of Kursk Magnetic Anomaly deposits. Scientific editor: D. R. Kaplunov. Moscow : Gornaya kniga, 2012. 547 p.

11. Tukkel I. L. Methods and instruments of control of innovation development of industrial enterprises. Saint Petersburg : BKhV-Peterburg, 2013. 208 p.

12. Keller E. A. Environmental Geology. 9th ed. Pearson Education, Inc., 2011. 624 p.

13. Ugarov A. A., Ismagilov R. I., Mikhaylov O. Yu., Solodukhin A. A. Full-scale reconstruction of the production facilities to provide the supply of the third HBI plant at Lebedinsky GOK (Lebedinsky Iron Ore Combine, JSC) with raw materials of required quality. *Chernye Metally*. 2016. No. 12. pp. 13–16.

14. Zheng Bingxu, Li Zhanjun, Liu Yi. Theory and Practice of the Fragmentation Control of Rock Blasting. *7th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction*. China, 2011. pp. 188–194.

15. Haibao Yi, Haitao Yang, Li Ming, Han Bin, Zheng Lujiang. Study on Open-Pit Precision Control Blasting of Easily Weathered Rock and its Application. *8th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction*. China, 2014. pp. 157–160.

16. Morozov K. E., Korunov V. N. et al. Development of modern production lines for commercial emulsion explosives used in mining enterprises. *Vzryvnoe delo*. 2012. No. 107/64. pp. 139–147.

УДК 622.341.1

ПРОИЗВОДСТВО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА С ПОВЫШЕННОЙ ДОЛЕЙ ПОЛЕЗНОГО КОМПОНЕНТА



С. А. НЕМЫКИН,
начальник
обогажительной
фабрики



С. Н. КОПАНЕВ,
главный инженер
обогажительной
фабрики



Е. В. МЕЗЕНЦЕВА,
начальник
технического отдела
обогажительной фабрики,
mezenceva_e_v@lebgok.ru



С. М. ОКУНЕВ,
главный обогатитель
комбината

АО «Лебединский ГОК», Губкин, Россия

Введение

В сложившейся на сегодняшний день экономической ситуации в горно-металлургической отрасли с учетом неблагоприятной конъюнктуры мирового рынка железорудного сырья в долгосрочной перспективе особую актуальность приобретают производство железорудной продукции повышенного спроса и снижение ее себестоимости.

Описан опыт работы цеха по производству железорудного концентрата с массовой долей железа более 69,5 % на обогажительной фабрике АО «Лебединский ГОК». Рассмотрены результаты внедрения модернизированной технологической схемы дообогащения концентрата с применением операции тонкого грохочения, промышленные испытания которой показали перспективность данного направления развития. Применение операции тонкого грохочения позволяет увеличить объемы производства, повысить качество производимой продукции, исключив переизмельчение готового класса, снизить эксплуатационные расходы.

Ключевые слова: обогажительная фабрика, железорудный концентрат, повышенная массовая доля железа, тонкое грохочение, диоксид кремния.

DOI: 10.17580/gzh.2017.05.05

АО «Лебединский ГОК» является крупнейшим современным предприятием по добыче и обогащению железных руд и единственным в России и Европе производителем товарного горячебрикетированного железа (ГБЖ), пользующегося повышенным спросом у потребителей. Одним из стратегических направлений развития комбината является расширение производства горячебрикетированного железа (брикетов железной руды) за счет строительства третьей очереди завода ГБЖ (ЦГБЖ-3).

Сырьем для производства горячебрикетированного железа (брикеты железной руды) служат офлюсованные окатыши, получаемые из железорудного концентрата с массовой долей железа общего более 69,5 % (добогащенного концентрата).

Цех по производству концентрата с повышенной массовой долей железа обогатительной фабрики АО «Лебединский ГОК» введен в эксплуатацию в 1982 г. Пусковой комплекс включал в себя три технологические секции проектной мощностью 2,52 млн т в год. Концентрат предназначался для внедоменного производства стали на Оскольском электрометаллургическом комбинате (ОЭМК).

Для обеспечения производства горячебрикетированного железа, являющегося дефицитным продуктом на внутреннем и международном рынке, на обогатительной фабрике в цехе по производству концентрата с массовой долей железа общего более

69,5 % введены в действие четвертая и пятая технологические секции (2006 и 2008 гг.). В процессе эксплуатации одновременно с работами по расширению производственных мощностей решались вопросы увеличения производительности оборудования, осуществлялась его модернизация, совершенствовался технологический процесс. В результате объем производства необходимого концентрата увеличился в 2,9 раза по сравнению с проектными показателями.

Существующая технология производства добогащенного железорудного концентрата

До 2016 г. производство железорудного концентрата с массовой долей железа общего более 69,5 % осуществлялось на пяти технологических секциях. Технологическая схема предусматривает доизмельчение уплотненного концентрата с массовой долей железа менее 69,5 % в шаровых мельницах МЦШ-45×60, классификацию измельченного продукта в гидrocиклонах ГЦ-250, обесшламливание промпродукта в модернизированных магнитных дешламаторах МГС-9 и его магнитное обогащение на магнитных сепараторах ПБМ-ПП-120×300 (две стадии) [1, 2]. Существующая схема цепи аппаратов одной технологической секции представлена на рис. 1.

Готовый железорудный концентрат с повышенной массовой долей железа общего поступает в виде пульпы на АО «ОЭМК» для производства стали; в цех фильтрации ОФ для обезвоживания, а затем – на фабрику окомкования АО «Лебединский ГОК» для производства офлюсованных окатышей, являющихся исходным продуктом для получения горячебрикетированного железа на ЦГБЖ-1 и ЦГБЖ-2.

Обоснование необходимости реконструкции цеха № 4 обогатительной фабрики

Стратегия развития комбината предусматривает строительство третьего цеха по производству ГБЖ. Для обеспечения сырьем ЦГБЖ-3 объем производства железорудного концентрата с массовой долей железа общего более 69,5 % должен в 1,5 раза превысить достигнутый уровень. Перед коллективом комбината и обогатительной фабрики была поставлена задача увеличения объемов производства концентрата с повышенной массовой долей железа. С этой целью в 2015 г. разработан проект реконструкции цеха, предусматривающий:

- увеличение производственной мощности цеха (строительство шестой технологической секции);
- разработку и внедрение на базе проектной технологии модернизированной схемы обогащения концентрата, обеспечивающей увеличение производительности секции; для этого принято коллегиальное решение о применении операции тонкого грохочения в процессе добогащения концентрата.

Исследования по применению грохочения тонкого грохочения

Практика использования тонкого грохочения на железорудных обогатительных фабриках насчитывает несколько десятиле-

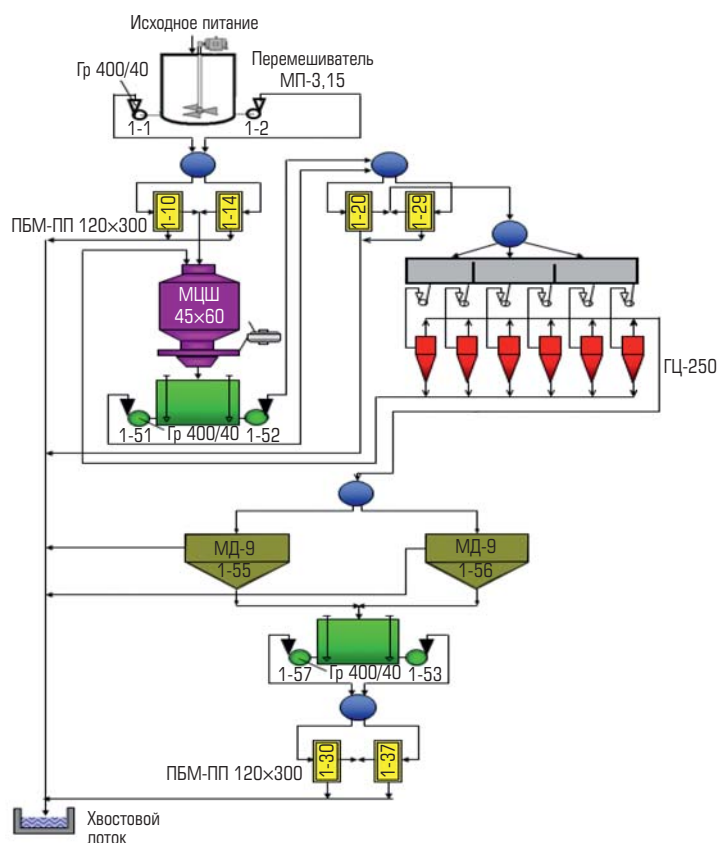


Рис. 1. Схема цепи аппаратов существующей технологической секции по производству железорудного концентрата с массовой долей железа >69,5 %

тий [3, 4]. Но только в последние 10–15 лет процесс тонкого грохочения получил весьма широкое распространение в технологических схемах обогащения железных руд на горных предприятиях в различных странах: России, Казахстана, Бразилии, США, Канаде. [5–11]. Положительный опыт применения операции тонкого грохочения накоплен в ОАО «Карельский окатыш», ОАО «Соколовско-Сарбайское ГПО», ОАО «Ковдорский ГОК», ОАО «Комбинат КМАруда», ОАО «Стойленский ГОК» и др.

На обогатительных фабриках, производящих концентраты для агломерации, грохоты в основном устанавливаются между циклами измельчения на магнитных продуктах ММС для вывода готового по крупности продукта и разгрузки последней стадии измельчения. С помощью операции тонкого грохочения решают различные технологические задачи: повышение содержания железа в концентрате и (или) извлечения железа из руды в концентрат, увеличение производительности технологической секции и, как следствие, снижение числа эксплуатируемого измельчительного оборудования [7].

Применение тонкого грохочения на ряде предприятий при малых капитальных затратах позволило достигнуть повышения содержания железа в магнетитовом концентрате на 1,7–2,7 %. Это особенно важно в условиях роста мировых цен на энергоносители, увеличения стоимости сырья и затрат в металлургическом переделе, повышения спроса на новые виды сырья с низким содержанием вредных примесей (окатыши и горячебрикетированное железо) для прямого получения стали.

Перспективность применения тонкого грохочения для производства высококачественных концентратов на обогатительной фабрике АО «Лебединский ГОК» была доказана при проведении промышленных испытаний еще в 1980 г. Однако несовершенство конструкции грохотов в то время не позволило положительно решить вопрос об использовании этой технологии. Возникла необходимость усовершенствования конструкции грохотов.

В 2001 г. в корпорации Derrick проведено тестирование проб концентратов АО «Лебединский ГОК». Получены положительные результаты: достигнуто увеличение массовой доли железа в подрешетном продукте на 1–2 % с соответствующим снижением доли диоксида кремния. Так, при грохочении концентрата последней магнитной сепарации произошло увеличение массовой доли железа с 68,5 до 69,3 % в подрешетном продукте; снижение доли диоксида кремния с 3,2 до 2,47 % в зависимости от нагрузки на грохот.

В период с 2012 по 2014 г. проведена серия промышленных испытаний грохотов тонкого грохочения фирмы Derrick в цехе обогащения № 1 обогатительной фабрики АО «Лебединский ГОК» при производстве железорудного концентрата с массовой долей железа менее 69,5 % (рядового концентрата). Грохоты устанавливали в различных местах. Наилучшие результаты получены при установке грохотов для классификации песков гидросепара-

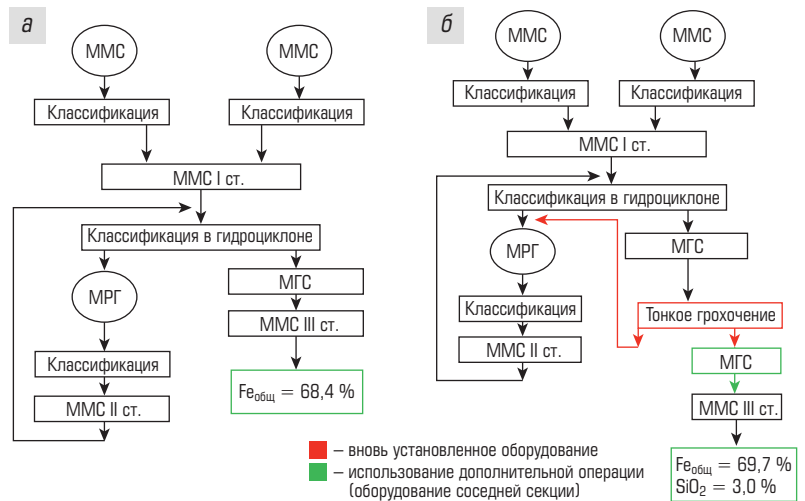


Рис. 2. Схема цепи аппаратов для производства железорудного концентрата с массовой долей железа < 69,5 % в ЦО-1 ОФ:

а – стандартная схема; б – схема, использованная в испытаниях

торов с включением дополнительной стадии обесшламливания подрешетного продукта (рис. 2).

В процессе испытания установлена возможность увеличения массовой доли железа общего при доводке рядового концентрата и снижения его ошламования кремнием.

Параллельно с проведением испытаний грохотов специалистами комбината пробы концентратов и хвостов были направлены в ООО НИИПИ «ТОМС» для изучения их вещественного состава. В результате было выявлено, что основная масса оксидов железа в концентрате, являющемся исходным продуктом для дообогащения, представлена свободными зернами и богатыми сростками. Свободные зерна оксидов железа сосредоточены в интервале крупности 0–38 мкм. Согласно данным ООО НИИПИ «ТОМС», в исходном продукте, поступающем на дообогащение, такого материала содержится 80–85 % (рис. 3).

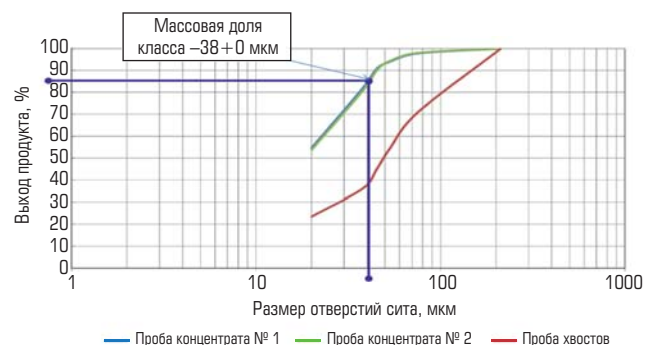


Рис. 3. Гранулометрический состав проб концентратов с массовой долей железа < 69,5 %

Таблица 1. Сравнительные характеристики схем дообогачения

Схема дообогачения	Производительность секции по готовому продукту (сухой вес), т/ч	Массовая доля, %		
		Fe _{общ} в концентрате	SiO ₂	класса -0,045 мм
Стандартная	216	70	2,6–2,7	97–98
С применением тонкого грохочения	310	70,2	2,5	95–97

По стандартной схеме дообогачения весь исходный концентрат, включая обозначенную выше часть раскрытого продукта, поступает на доизмельчение в мельницу МШЦ-45×60.

Важнейшим резервом развития любого горно-обогатительного комбината, перерабатывающего магнетитовые кварциты, является решение проблемы стадийного выделения готового материала. Необходимо выделить раскрытую часть рядового концентрата в отдельный промежуточный продукт и направить его на обесшламливание, минуя цикл измельчения и одну стадию магнитной сепарации, не допуская при этом переошламливания раскрытых зерен магнетита. Данная задача может быть успешно решена с помощью грохотов тонкого грохочения. Принято решение об установке и испытании двух грохотов тонкого грохочения фирмы Derrick в цехе № 4 по производству дообогаченного концентрата вместо магнитных сепараторов стадии уплотнения, изменив схему его производства.

В 2014–2015 гг. проведены промышленные испытания грохотов тонкого грохочения Stack Sizer фирмы Derrick на одной из секций цеха № 4 ОФ АО «Лебединский ГОК», которые показали, что применение грохотов в схеме дообогачения позволяет снизить переизмельчение и ошламливание раскрытых магнетитовых зерен концентрата. В результате испытаний установлено снижение в концентрате массовой доли: класса крупности -0,045 мм; диоксида кремния в конечном концентрате при значительных колебаниях его в исходном питании.

Сравнительная характеристика показателей производства железорудного концентрата с массовой долей железа >69,5 %, полученного по стандартной технологии и по технологии с применением грохотов тонкого грохочения (испытания), приведена в табл. 1.

Технологическая схема производства железорудного концентрата с повышенной массовой долей железа после реконструкции

По результатам промышленных испытаний, проведенных в АО «Лебединский ГОК», исследований ООО НИИПИ «ТОМС», в 2015 г. принято решение о реконструкции цеха № 4 с целью увеличения объемов производства и повышения качества продукции.

К существующим пяти секциям достроена и введена в эксплуатацию в 2016 г. 6-я технологическая секция. На каждой секции смонтированы грохоты тонкого грохочения Derrick (по 6 ед.), всего 36 ед. на участок. Исходный концентрат каждой секции из перемешивателей направляют на операцию грохочения. Подрешетный продукт, минуя измельчение, поступает на магнитную гидросепарацию, а надрешетный продукт – на измельчение в мельницу МШЦ-45×60, слив мельницы направляют на магнитную сепарацию I стадии. Магнитная сепарация осуществляется на сепараторах ПБМ-ПП-120×300. Концентрат поступает в технологические зумпфы, откуда насосами подается на классификацию в гидроциклоны ГЦ-250. Пески гидроциклонов возвращаются самотеком в мельницу МШЦ-45×60 на измельчение, где

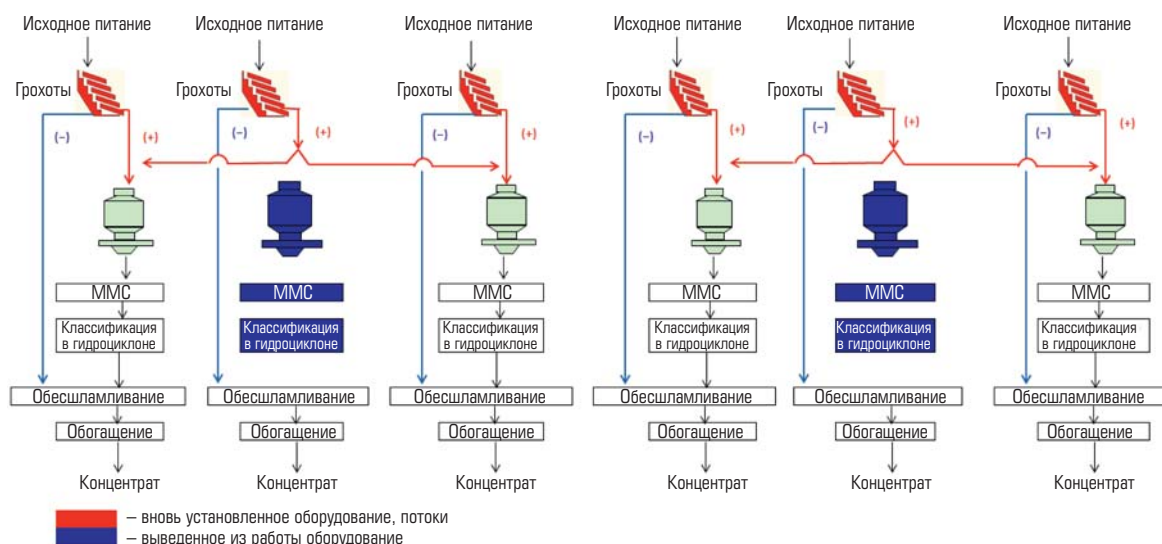


Рис. 4. Схема цепи аппаратов внедряемой технологии

Таблица 2. Сравнительные характеристики схем дообогащения

Схема дообогащения	Удельный расход на производство 1 т концентрата		
	электроэнергии, кВт·ч	воды, м ³	шаров диаметром 40 мм, кг
Стандартная	13,75	14,5	0,224
С применением тонкого грохочения (расчетные значения)	9,73	10	0,18

объединяются с надрешетным продуктом грохочения. Слив гидроциклонов объединяется с подрешетным продуктом и направляется в магнитные гидросепараторы МГС-9. Слив гидросепарации поступает в оборотное водоснабжение, а пески подаются насосами на магнитную сепарацию II стадии, осуществляемую в сепараторах ПБМ-ПП-120×300, где получают конечный концентрат. При данной схеме с помощью операции тонкого грохочения около 80 % материала выводится из операции измельчения и классификации, т. е. нагрузка на измельчительное оборудование снижается, в работе будут задействованы четыре мельницы из шести. Принципиальная схема цепи аппаратов по измененной технологии представлена на **рис. 4**.

Схема дообогащения с использованием грохотов фирмы Derrick позволяет:

- стабилизировать качественные показатели обогащенного концентрата;
- увеличить массовую долю железа общего;
- снизить в концентрате массовую долю диоксида кремния, который служит одним из основных показателей, определяющих качественные характеристики брикетов.

Реконструкция цеха № 4 обогатительной фабрики завершена в 2016 г. В результате реконструкции объемы производства же-

лезорудного концентрата с массовой долей железа >69,5 % увеличены и полностью обеспечивают потребности цеха ГБЖ в исходном продукте. Кроме того, измененная схема дообогащения позволила снизить расход энергетических и материальных ресурсов за счет вывода из эксплуатации некоторых видов оборудования (**табл. 2**).

Заключение

Реконструкция цеха № 4 обогатительной фабрики АО «Лебединский ГОК», предполагающая строительство дополнительной секции и изменение технологической схемы, позволила увеличить объемы производства железорудного концентрата с массовой долей железа >69,5 %.

Применение грохотов тонкого грохочения в схеме производства железорудного концентрата с такой массовой долей железа улучшило качественные характеристики продукции и снизило затраты на производство.

Библиографический список

См. англ. блок. **ИЖ**

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 5, pp. 27–31
DOI: 10.17580/gzh.2017.05.05

Iron concentrate production with the increased content of useful component

Information about authors

S. A. Nemykin¹, Head of Concentrating Mill

S. N. Kopanov¹, Chief Engineer

E. V. Mezentseva¹, Head of Engineering Department of Concentrating Mill, mezentseva_e_v@lebgok.ru

S. M. Okunev¹, Chief Dresser of Plant

¹ Lebedinsky Mining and Processing Plant, Gubkin, Russia

Abstract

Considering the prevailing business environment, the mining and metallurgical industry becomes increasingly interested in manufacture of iron ore products of elevated demand and at reduced cost. Lebedinsky MPP is the largest producer of the marketable hot-briquetted sponge iron. The feedstock in this case are fluxed pellets manufactured from re-enriched concentrate with the mass fraction of total iron higher than 69.5%.

The article presents the test data on fine screens of Derrick manufacture in production of concentrate with the mass fraction of iron less than 69.5% (ordinary concentrate). The tests revealed the necessity to reconstruct one of the shops of the concentrated mill within Lebedinsky MPP, which included construction of an additional process section and modification of the process flow chart. The introduction of the modified flow chart of concentrate re-enrichment using fine screening has allowed considerable improvement of the quality indices of the finished product at reduced cost.

Keywords: concentrating mill, iron ore concentrate, iron mass fraction, fine screening, silicon dioxide.

References

1. Avdokhin V. M. Basis of mineral concentration. Volume 1. Concentration processes. Moscow : Izdatelstvo MGGU, 2006. 417 p.
2. Vaysberg L. A., Ivanov K. S. A universal method of particle shape description, its effect upon sieve classification results. *Obogashchenie Rud.* 2014. No. 4. pp. 34–37.
3. Evsiovich S. G., Kizevalter B. V., Dmitriev A. A. Industrial testings of fine screening of concentrate at Dneprovskiy Mining and Concentrating Combine. *Obogashchenie Rud.* 1974. No. 4. pp. 23–28.
4. Lishchinskiy V. S., Popov V. P., Ostapenko A. V. Basic ways of preparation for concentrate production for metallic briquettes. *Gornyi Zhurnal.* 1997. No. 5–6. pp. 57–60.
5. Mamonov S. V. Fine hydraulic screening – a factor of increasing of efficiency of ore preparation and concentration of copper-zinc ores. *Gornyi Zhurnal.* 2012. No. 7. pp. 85–89.
6. Pelevin A. E., Lazebnaya M. V. Application of «Derrick» screens in locked grinding circuit at the «KMAruda» Mining Complex concentrating plant. *Obogashchenie Rud.* 2009. No. 2. pp. 4–8.
7. Pelevin A. E. Fine screening and its place in iron ores concentration technology. *Gornyi Zhurnal.* 2011. No. 4. pp. 110–117.
8. Jahani M., Farzanegan A., Noaparast M. Investigation of screening performance of banana screens using LIGGGHTS DEM solver. *Powder Technology.* 2015. Vol. 283. pp. 32–47.
9. Wang G., Tong X. Screening efficiency and screen length of a linear vibrating screen using DEM 3D simulation. *Mining Science and Technology.* 2011. Vol. 21, Iss. 3. pp. 451–455.
10. Dyr T., Wodzinski P. Model particle velocity on a vibrating surface. *Physicochemical Problems of Mineral Processing.* 2002. No. 35. pp. 147–157.
11. Hailin D., Chusheng L., Yuemin Z., Lala Z. Influence of vibration mode on the screening process. *International Journal of Mining Science and Technology.* 2013. Vol. 23, Iss. 1. pp. 95–98.