

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ШИХТЫ К СПЕКАНИЮ В АГЛОМЕРАЦИОННОМ ЦЕХЕ АО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»

Д. Р. ГАНИН¹, канд. техн. наук, доцент кафедры металлургических технологий и оборудования, dmgan@mail.ru;
А. Ю. ФУКС², главный специалист по аглодомнному производству технической дирекции, ayf181073@mail.ru
(¹ Новотроицкий филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС»,
Россия, г. Новотроицк; ² АО «Уральская Сталь», Россия, г. Новотроицк)

Аннотация. На эффективность окомкования агломерационной шихты, кроме ее гранулометрического состава, режимов увлажнения, связующих добавок, оказывают влияние характеристики оборудования, используемого для окомкования, — конструкция и режим работы. Нормальный ход процесса спекания и получение агломерата высокого качества невозможны при большой неоднородности шихты по крупности. Перед спеканием агломерационную шихту после смешивания необходимо окомковать с уплотнением гранул. Установленное в АО «Уральская Сталь» оборудование для подготовки шихты к спеканию не обеспечивает однородного гранулометрического состава окомкованной агломерационной шихты. В апреле 2023 г. один из четырех окомкователей агломерационной шихты Ø2,8×6 м, работающих на предприятии, был заменен на окомкователь барабанный Ø2,8×8 м производства ООО «Цемек Минералс» (г. Магнитогорск). Приведены характеристики окомкованной агломерационной шихты и показатели качества производимого в АО «Уральская Сталь» агломерата. Представлены мероприятия по модернизации оборудования для подготовки шихты к спеканию, реализация которых позволит получать на предприятии более однородную по крупности агломерационную шихту, повысить газопроницаемость спекаемого слоя агломерационной шихты на паллетах агломерационной машины, а также улучшить прочность агломерата на удар и истирание.

Ключевые слова: агломерационная шихта, окомкование, окомковательный барабан, гранулометрический состав, прочность агломерата, качество агломерата.

Ссылка для цитирования: Ганин Д. Р., Фукс А. Ю. Модернизация оборудования для подготовки шихты к спеканию в агломерационном цехе АО «Уральская Сталь» // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2023. Т. 79. № 10. С. 801-808.

DOI: 10.32339/0135-5910-2023-10-801-808

MODERNIZATION OF EQUIPMENT FOR PREPARING THE BARCH FOR SINTERING IN THE SINTERING SHOP OF JSC “URAL STEEL”

*D. R. GANIN¹, PhD (Tech.), Associate Professor of the Department of Metallurgical Technologies and Equipment, dmgan@mail.ru; A. YU. FUKS², Chief Specialist in Sintering and Blast Furnace Production of the Technical Directorate, ayf181073@mail.ru
(¹ Novotroitsk branch of the National University of Science and Technology “MISiS”, Russia, Novotroitsk;
² JSC “Ural Steel”, Russia, Novotroitsk)*

Abstract. The efficiency of pelletizing the sintering charge, in addition to its particle size distribution, moistening modes, and binding additives, is influenced by the characteristics of the equipment used for pelletizing – design and operating mode. The normal course of the sintering process and the production of high-quality agglomerate are impossible if the charge is highly heterogeneous in size. Before sintering, the sintering mixture must be pelletised with pellet compaction after mixing. The equipment installed at JSC “Ural Steel” for preparing the charge for sintering does not provide a uniform granulometric composition of the pelletized sintering charge. In April 2023, one of the four sintering charge pelletizers Ø2.8×6 m operating at the enterprise was replaced with a drum pelletizer Ø2.8×8 m produced by LLC “Tsemek

Minerals” (Magnitogorsk). The characteristics of the pelletized sintering charge and the quality indicators of the sinter produced at JSC “Ural Steel” are given. Measures are presented to modernize the equipment for preparing the charge for sintering, the implementation of which will allow the enterprise to obtain a sintering charge that is more uniform in size, to increase the gas permeability of the sintered layer of the sintering charge on the pallets of the sintering machine, and also to improve the strength of the sintering material against impact and abrasion.

Keywords: sintering charge, pelletizing, pelletizing drum, grading, agglomerate strength, sinter quality.

For citation: Ganin D. R., Fuks A. Yu. Modernization of equipment for preparing the barch for sintering in the sintering shop of JSC “Ural Steel”. *Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informatsii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2023, vol. 79, no. 10, pp. 801-808. (In Russ.).

DOI: 10.32339/0135-5910-2023-10-801-808

В аглоцехе АО «Уральская Сталь», вступившем в строй в 1963 г., установлены четыре агломерационные машины площадью спекания 84 м² каждая, четыре окомкователя барабанных производства Южно-Уральского машиностроительного завода (г. Орск) диаметром 2,8 м и длиной 6 м, система конвейеров для их обслуживания и другое оборудование [1]. Аглошихту на окомкование подают после первичного смешивания в двух смесителях диаметром 2,8 м и длиной 6 м.

В качестве компонентов аглошихты на предприятии используются железорудные концентраты ПАО «Михайловский ГОК им. А. В. Варичева» и АО «Лебединский ГОК», железорудный концентрат ТОО «Вару Mining», железная руда ПАО «Михайловский ГОК им. А. В. Варичева», отходы металлургического производства (окалина, отсева агломерата и окатышей, мелочь железа горячебрикетированного АО «Лебединский ГОК», колошниковая пыль, шлам и др.). Для офлюсования агломерата применяют известняк Аккермановского месторождения производства ООО «АККЕРМАНН ЦЕМЕНТ» и производимую в аглоцехе известь. В качестве твердого топлива используется коксовая мелочь коксохимического производства, отсев металлургического кокса, образовавшийся в доменном цехе предприятия, и коксовый шлам.

Известно, что технологический эффект от применения в агломерационном процессе окомкованной шихты зависит от успешного хода процесса окомкования с получением прочных и однородных по гранулометрическому составу комков правильной формы. От результатов окомкования и плотности укладки на паллеты агломашин гранул окомкованной шихты зависит газопроницаемость спекаемого слоя. В свою очередь, газопроницаемость слоя агломерационной шихты в значительной степени определяет качество производимого на предприятии агломерата. На результаты

окомкования агломерационной шихты влияют ее гранулометрический состав, режимы увлажнения и движения шихты, связующие добавки, конструктивные характеристики и режим работы барабана-окомкователя (производительность, диаметр, длина, угол наклона, частота вращения и степень заполнения барабана). К параметрам, определяющим технологический уровень работы оборудования для смешивания и окомкования агломерационной шихты, также относятся удельная активная поверхность окомкования; длина пути, проходимого шихтой за время ее нахождения в барабане (путь окомкования); относительная и абсолютная скорости перемещения гранул и др. [2]. В АО «Уральская Сталь» смешивание и увлажнение компонентов аглошихты, гидратация и диспергирование извести, образование зародышей и формирование гранулометрического состава аглошихты, смешивание гранулированной шихты и накатывание частиц коксика на гранулы, уплотнение гранул и подогрев гранулированной аглошихты реализуется в двух последовательно установленных вращающихся цилиндрических барабанах диаметром 2,8 м и длиной 6,0 м. При этом два смесителя (один работает, другой стоит в резерве) обслуживают четыре окомкователя. Кроме того, оборудование для смешивания и окомкования шихты эксплуатируется без замены более 25 лет (лишь один окомкователь, обслуживающий агломашину № 4, был заменен в 2012 г.), физически и морально устарело, не обеспечивает необходимых продолжительности пребывания шихты в барабанах (в 7–12 раз уступает времени пребывания шихты в барабанах на лучших аглофабриках зарубежных стран [2]) и качества окомкованной аглошихты. Поэтому на предприятии возникла необходимость замены оборудования для подготовки агломерационной шихты перед спеканием.

В АО «Уральская Сталь» смешивание аглошихты осуществляется в цилиндрическом барабане диаметром 2,8 м и длиной 6,0 м, установленном под углом 2° к горизонту, при частоте вращения 6,6 мин⁻¹ [3]. При смешивании увлажнение шихты до 3,5–4,0 % производится подачей воды во второй половине смесителя [4]. Окомкование аглошихты на предприятии выполняют в цилиндрическом барабане диаметром 2,8 м и длиной 6,0 м, установленном под углом 1°30' к горизонту, при частоте вращения 6,0 мин⁻¹ [3]. При окомковании увлажнение шихты до 6,5–8,0 % осуществляется подачей воды через струйные форсунки в первой трети барабана [4].

В 2012 г. в связи с большим износом оборудования была осуществлена замена барабанного окомкователя, обслуживающего агломашину № 4, на окомкователь барабанный ОБ 2,8×6 производства ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ». В табл. 1 приведены основные технические характеристики окомкователя барабанного ОБ 2,8×6. В приводе окомкователя барабанного ОБ 2,8×6 используется редуктор 1Ц2Н-500-16-21-У2. Установленный срок службы до списания окомкователя барабанного ОБ 2,8×6 составляет 12 лет.

ТАБЛИЦА 1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКОМКОВАТЕЛЯ БАРАБАННОГО ОБ 2,8×6

TABLE 1. MAIN TECHNICAL CHARACTERISTICS OF DRUM PELLETIFIER ОБ 2.8×6

Параметр	Значение
Производительность расчетная (при заполнении 10 %, угле наклона 1,5 град., насыпном весе шихты 1,8 т/м ³), т/ч	До 150
Размеры барабана:	
внутренний диаметр, мм	2800
длина барабана (рабочая), мм	6000
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	6,3
Угол наклона барабана с рамой к горизонту, град.:	
максимальный	4
технологический	1,5
Электродвигатель привода барабана:	
тип	5AM280M8eY2
мощность, кВт	75
частота вращения, мин ⁻¹	740
Число форсунок для увлажнения шихты	3
Суммарный расход воды при давлении 0,3–1,2 атм, м ³ /ч	3,7–8,5
Общая масса окомкователя барабанного без запчастей, кг	34 655
Габаритные размеры окомкователя, мм:	
длина	10 560
ширина	3791
высота	4870

Эффективность окомкования шихты зависит от диаметра, длины, угла наклона барабана к горизонту и режима увлажнения, которые определяют длину пути окомкования шихты [5]. Длина пути окомкования при постоянных значениях диаметра, длины и угла наклона барабана увеличивается с повышением частоты вращения барабана. Уменьшение угла наклона барабана увеличивает продолжительность пребывания шихты в барабане, но ухудшает ее распределение, увеличивая высоту слоя шихты в первой части барабана. С другой стороны, увеличение угла наклона цилиндрического барабана окомкователя длиной 8 м сопровождается быстрым ростом содержания класса менее 1,6 мм в окомкованной шихте, что объясняется уменьшением времени пребывания шихты в барабане и степени его заполнения [2].

Еще во времена СССР вопросам подготовки аглошихты к спеканию на отечественных аглофабриках не всегда уделялось должное внимание [6]. В 1970-х годах максимальная длина используемых на аглофабриках СССР окомкователей составляла 12,5 м при диаметре 3,2 м, тогда как за рубежом фирмой «Лурги» для машины с площадью спекания 300 м² был предусмотрен смеситель-окомкователь диаметром 4 м и длиной 25 м [5, 7]. В настоящее время на российских аглофабриках подготовка шихты к спеканию в основном осуществляется в две стадии. В то же время подготовка шихты к спеканию на лучших зарубежных аглофабриках производится в 3–4 стадии в барабанах различного типа длиной до 26–31 м и диаметром до 5–6 м при продолжительности обработки шихты выше 10 мин [2], что значительно превышает время подготовки шихты к спеканию в условиях АО «Уральская Сталь».

В АО «Уральская Сталь» повлиять на результаты окомкования аглошихты, помимо использования связующих веществ и добавок, активизирующих окомкование, можно изменением конструкции окомкователя, увеличив его длину, и применением в барабане пневмофорсунок при оптимальном времени увлажнения (в течение 2/3–3/4 продолжительности пребывания шихты в барабане).

В связи с отсутствием условий для установки окомкователя большей длины в апреле 2023 г. один из четырех окомкователей аглошихты (обслуживающий агломашину № 1) был заменен на смеситель-окомкователь барабанный Ø2,8×8 м производства ООО «Цемек Минералс» (г. Магнитогорск) (рис. 1). Кинематическая схема смесителя-окомкователя барабанного Ø2,8×8 м представлена на рис. 2, его основные технические характеристики приведены в табл. 2.

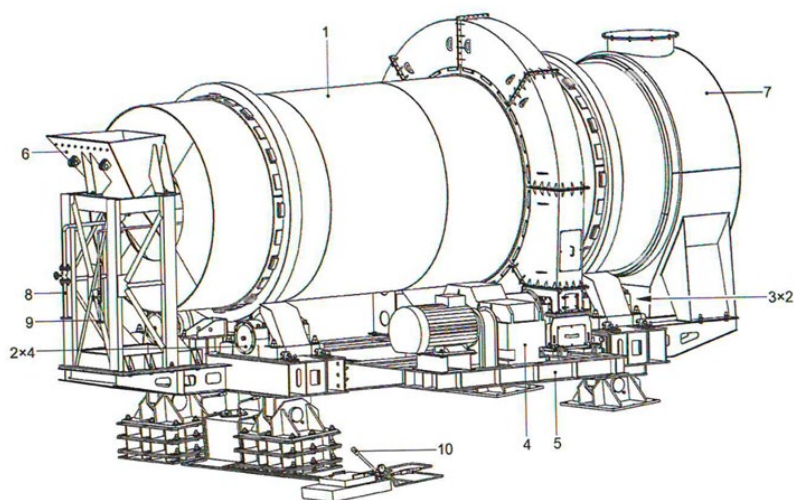


Рис. 1. Общий вид смесителя-окомкователя барабанного Ø2,8×8 м:

1 — корпус; 2 — блок опорный; 3 — ролик упорный; 4 — привод; 5 — рама опорная; 6 — воронка загрузочная; 7 — камера разгрузочная; 8 — система увлажнения шихты; 9 — паропровод; 10 — устройство подъема

Fig. 1. General view of the drum mixer-pelletizer Ø2.8×8 m:

1 — body; 2 — support block; 3 — thrust roller; 4 — wheel drive; 5 — support frame; 6 — loading funnel; 7 — chamber unloading; 8 — mixture moistening system; 9 — steam line; 10 — lifting device

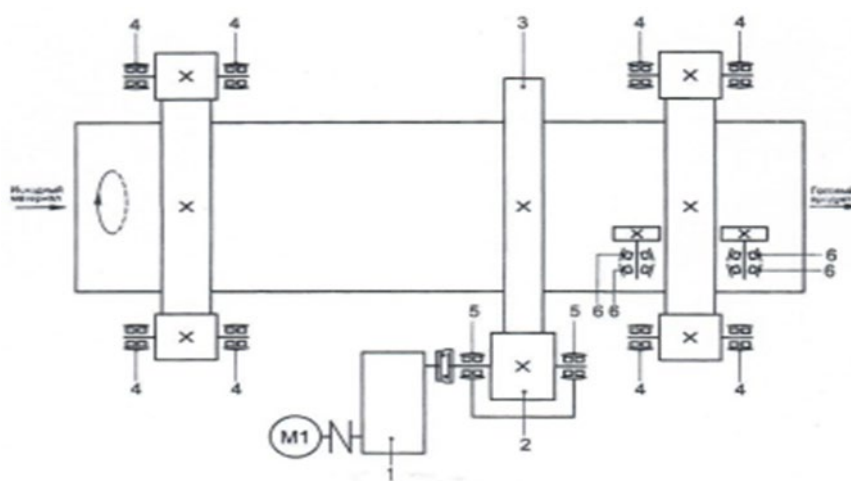


Рис. 2. Кинематическая схема смесителя-окомкователя барабанного Ø2,8×8 м:

1 — редуктор 1Ц2Н-500-16-21; 2 — шестерня; 3 — венец зубчатый; 4 — подшипник 3632 (ГОСТ 5721-75); 5 — подшипник 3003230 (ГОСТ 5721-75); 6 — подшипник 7522 (ТУ 37.006.162-89)

Fig. 2. Kinematic diagram of a drum mixer-pelletizer Ø2.8×8 m:

1 — reducer 1Ц2Н-500-16-21; 2 — gear; 3 — gear gear; 4 — bearing 3632 (GOST 5721-75); 5 — bearing 3003230 (GOST 5721-75); 6 — bearing 7522 (TU 37.006.162-89)

Согласно паспортным данным, установленный ресурс смесителя-окомкователя барабанного Ø2,8×8 м до капитального ремонта составляет 30 мес., а установленный срок службы до списания — не менее 15 лет.

Анализ работы смесителя-окомкователя барабанного Ø2,8×8 м, проведенный в июне 2023 г., показал, что он работает с частотой вращения 4,6 мин⁻¹ при угле наклона 1°30' и рас-

ходе шихты 120 т/ч. Такой режим работы окомкователя не обеспечивает требуемый преимущественно перекатный режим его работы, создающий оптимальные условия для окомкования аглошихты [2, 8, 9]. Сведения о результатах окомкования аглошихты и качестве спеченного из нее агломерата после установки смесителя-окомкователя барабанного Ø2,8×8 м приведены в табл. 3.

**ТАБЛИЦА 2. ОСНОВНЫЕ
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
СМЕСИТЕЛЯ-ОКОМКОВАТЕЛЯ Ø2,8×8 м**

**TABLE 2. MAIN TECHNICAL CHARACTERISTICS
OF THE MIXER-PELLETITOR Ø2.8×8 m**

Параметр	Значение
Производительность, т/ч	350
Размеры барабана:	
внутренний диаметр, мм	2800
длина, мм	8000
объем, м ³	49,2
Угол наклона барабана, град.	1–5
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	4,6–6,6
Регулирование оборотов барабана	Бесступенчатое
Расход жидкости в системе увлажнения (max), л/мин (м ³ /ч)	85 (5)
Давление жидкости в системе увлажнения, МПа (кгс/см ²)	0,25 (2,5)
Число форсунок в системе увлажнения	3
Электродвигатель привода:	
тип	АИР 315М8
мощность, кВт	110
частота вращения, мин ⁻¹	750
Габаритные размеры смесителя-окомкователя, мм:	
длина	10 330
ширина	5130
высота	5400
Масса, кг	59 500

Качество окомкования шихты определяется в том числе режимом увлажнения и свойствами увлажняющей жидкости. Повысить результаты окомкования аглошихты на предприятии можно применив для тонкого и равномерного распыления воды в окомковательных барабанах двухфазные водовоздушные форсунки. Наилучшие результаты по степени окомкования шихты и динамической прочности гранул достигаются при подаче воды по всей длине окомкователя при капельном режиме увлажнения шихты, который можно, например, получить с помощью установки в окомковательном барабане форсунок с тангенциальным подводом воздуха по периферии истекающей струи воды [10].

Анализ результатов окомкования аглошихты позволяет сделать выводы о разной массовой доле влаги в шихте на агломерационных машинах № 1–4, что является следствием отсутствия постоянного контроля за содержанием влаги в шихте (в агломерационном цехе АО «Уральская Сталь» непрерывный анализ содержания влаги в шихте не применяется), об этом свидетельствует различная доля фракции +10 мм в аглошихте.

ТАБЛИЦА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОКОМКОВАНИЯ АГЛОШИХТЫ И КАЧЕСТВО АГЛОМЕРАТА ПОСЛЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ШИХТЫ К СПЕКАНИЮ

TABLE 3. RESULTS OF AGLOMERATE PELLETIZATION AND QUALITY OF AGLOMERATE AFTER MODERNIZATION OF EQUIPMENT FOR PREPARING THE BARCH FOR SINTERING

Показатель	Номер агломашинны			
	1	2	3	4
Гранулометрический состав окомкованной аглошихты:				
0–3 мм	36,08	35,74	25,63	25,64
3–5 мм	19,43	16,79	16,13	23,48
5–10 мм	26,65	30,04	29,76	20,63
+10 мм	17,84	17,43	28,48	30,25
Средний эквивалентный диаметр окомкованной аглошихты $d_{экв}$, мм	2,97	3,01	3,71	3,61
Гранулометрический состав агломерата, %:				
0–5 мм	11,08	12,9	13,1	13,1
5–10 мм	20,42	22,9	15,5	23,6
10–25 мм	33,02	35,61	39,7	39,3
25–40 мм	16,14	16,9	17,0	14,8
+40 мм	19,34	11,7	14,7	9,2
Прочность агломерата на удар, %	71,8	70,3	70,7	69,8
Прочность агломерата на истирание, %	5,5	5,5	5,8	5,5
Скорость аглоленты, м/мин	1,70	1,67	1,65	1,40
Производительность агломашинны, т/ч	106,8	86,4	81,6	96,9

Переокомкование агломерационной шихты снижает качество агломерата и производительность агломашин [11]. Известно, что наиболее точно влажность шихты можно определить с помощью метода высушивания навески шихты при нагревании до постоянной массы [12]. Так как высушивание связано со значительными (до 2–3 ч) затратами времени, его нельзя использовать при автоматизации агломерационного процесса. Такой метод может быть применим лишь в лабораторных исследованиях. Для измерения влажности шихты на челноковом распределителе шихты, представляющем короткий транспортер с резиновой лентой, рама которого установлена на катки и совершает возвратно-поступательные движения над промежуточным бункером, следует установить бесконтактный микроволновый поточный влагомер КА-500 российской компании «КОНВЕЛС Автоматизация» (г. Москва), устанавливаемый на конвейер любой ширины при толщине слоя исследуемой шихты до 500 мм. Измерение влажности окомкованной шихты также может быть выполнено с помощью нейтронного влагомера, термометрического метода или косвенно по светопрозрачности падающего потока шихты, зависящей от среднего диаметра гранул (влажности шихты) [13]. По сигналу от измерителя влажности можно осуществить автоматизацию увлажнения агломерационной шихты, регулируя подачу воды в окомкователь. С помощью непрерывного анализа содержания влаги в шихте на челноковом распределителе можно контролировать качество продукта, получая своевременную информацию для принятия решений по эффективному использованию ресурсов.

Заключение

Аглоцех АО «Уральская Сталь» вступил в строй в начале 60-х годов XX в. На протяжении всего срока эксплуатации (60 лет) основное и вспомогательное технологическое оборудова-

ние цеха, производственные здания и сооружения не подвергались серьезной модернизации и реконструкции, что привело к высокой степени износа комплекса производственных мощностей агломерационного производства предприятия.

Установленные в аглоцехе барабанные окомкователи имеют короткую длину (6 м) и не обеспечивают необходимую продолжительность нахождения шихты в барабане. Оборудование для окомкования аглошихты эксплуатируется без замены свыше 25 лет (один окомкователь был заменен в 2012 г. на аналогичный) и не обеспечивает необходимое качество окомкованной шихты: массовая доля класса 0–3 мм в ней составляет до 40 %, что значительно снижает газопроницаемость слоя шихты при ее спекании и отрицательно влияет на технико-экономические показатели агломерационного производства и качество агломерата.

Для улучшения качества окомкования агломерационной шихты в АО «Уральская Сталь» необходимо:

- подобрать расход шихты за счет регулирования скорости тарели бункера шихты окомкователя барабанного $\varnothing 2,8 \times 8$ м, установленного в апреле 2023 г., и провести анализ влияния частоты вращения барабана на качество окомкования для получения наилучших результатов окомкования агломерационной шихты;

- заменить остальные окомкователи барабанные $\varnothing 2,8 \times 6$ м на окомкователи барабанные $\varnothing 2,8 \times 8$ м с демпфирующими катками и пониженным уровнем шума и вибрации;

- применить в окомкователях пневмофорсунки при оптимальном времени увлажнения (в течение 2/3–3/4 продолжительности пребывания шихты в барабане);

- установить на челноковых распределителях шихты агломашин № 1–4 влагомеры для регулирования подачи воды в окомкователи и автоматизации увлажнения агломерационной шихты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ТИ 13657842-ОА-01–2022. Производство офлюсованного агломерата. Технологическая инструкция. — Новотроицк: АО «Уральская Сталь», 2022. — 53 с.
2. Пузанов В. П., Кобелев В. А. Основы формирования функциональных свойств железорудных агломератов. — Екатеринбург, 2015. — 352 с.
3. Дружков В. Г., Ганин Д. Р. Совершенствование технологии агломерации железорудного сырья введением добавок в виде пульпы при окомковании шихты. — Магнитогорск: Изд-во МГТУ им. Г. И. Носова, 2021. — 157 с.

4. Ганин Д. Р., Дружков В. Г., Паньчев А. А., Шаповалов А. Н. Пути использования местных минеральных ресурсов в агломерационном производстве АО «Уральская Сталь» // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2016. Т. 14. № 1. С. 34–40.
5. Коршиков Г. В. Энциклопедический словарь-справочник по металлургии. — Липецк: Липецкое издательство Госкомпечати РФ, 1998. — 780 с.
6. Тарасов В. П., Тарасов П. В. Теория и технология доменной плавки. — М.: Интермет Инжиниринг, 2007. — 384 с.
7. Арист Л. М., Тылкин М. А. Модернизация и долговечность агломерационного и доменного оборудования. — М.: Металлургия, 1973. — 448 с.
8. Фролов Ю. А. Агломерация. Технология. Теплотехника. Управление. Экология. — М.: Metallurgizdat, 2016. — 672 с.
9. Основы металлургического производства: учебник / Под общ. ред. В. М. Колокольцева. — СПб.: Лань, 2023. — 616 с.
10. Ганин Д. Р., Фуks А. Ю. Повышение эффективности агломерационного производства АО «Уральская Сталь» // XVII Всероссийская научно-практическая конференция «Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство». — Старый Оскол, 2021. С. 201–205.
11. Чукин Д. М., Гришин И. А., Фролов Ю. А., Андриюшечкин А. А., Котышев В. Е. Влияние крупности извести и влажности железорудного сырья на усреднительном складе в зимнее и летнее время на работу агломашиноаглофабрики № 5 ММК // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2022. Т. 78. № 2. С. 111–120. DOI: 10.32339/0135-5910-2022-2-111-120.
12. Кукуй Д. М., Одинокко В. Ф. Автоматизация литейного производства. — Минск: Новое знание, 2008. — 240 с.
13. Глинков Г. М., Маковский В. А. АСУ ТП в черной металлургии. — М.: Металлургия, 1999. — 310 с.

Поступила 26 сентября 2023 г.

REFERENCES

1. TI 13657842-OA-01–2022. *Proizvodstvo oflyusovannogo aglomerata. Tekhnologicheskaya instruktsiya* [Production of flaxed sinter. Tehnological instructions]. Novotroitsk: AO “Ural’skaya Stal”, 2022, 53 p. (In Russ.).
2. Puzanov V. P., Kobelev V. A. *Osnovy formirovaniya funktsional’nykh svoystv zhelezorudnykh aglomeratov* [Fundamentals of the formation of functional properties of iron ore agglomerates]. Ekaterinburg: 2015, 352 p. (In Russ.).
3. Druzhkov V. G., Ganin D. R. *Sovershenstvovanie tekhnologii aglomeratsii zhelezorudnogo syr’ya vvedeniem dobavok v vide pul’py pri okomkovanii shikhty* [Improving the technology of agglomeration of iron ore raw materials by introducing additives in the form of pulp during pelletization of the charge]. Magnitogorsk: Izd-vo MGTU im. G. I. Nosova, 2021, 157 p. (In Russ.).
4. Ganin D. R., Druzhkov V. G., Panychev A. A., Shapovalov A. N. Ways to use local mineral resources in the sinter production of JSC “Ural Steel”. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova*, 2016, vol. 14, no. 1, pp. 34–40. (In Russ.).
5. Korshikov G. V. *Entsiklopedicheskii slovar’-spravochnik po metallurgii* [Encyclopedic dictionary-reference book on metallurgy]. Lipetsk: Lipetskoe izdatel’stvo Goskompechati RF, 1998, 780 p. (In Russ.).
6. Tarasov V. P., Tarasov P. V. *Teoriya i tekhnologiya domennoi plavki* [Theory and technology of blast furnace smelting]. Moscow: Intermet Inzhiniring, 2007, 384 p. (In Russ.).
7. Arist L. M., Tylkin M. A. *Modernizatsiya i dolgovechnost’ aglomeratsionnogo i domennogo oborudovaniya* [Modernization and durability of sintering and blast furnace equipment]. Moscow: Metallurgiya, 1973, 448 p. (In Russ.).
8. Frolov Yu. A. *Agglomeratsiya. Tekhnologiya. Teplotekhnika. Upravlenie. Ekologiya* [Agglomeration. Technology. Heat engineering. Control. Ecology]. Moscow: Metallurgizdat, 2016, 672 p. (In Russ.).
9. *Osnovy metallurgicheskogo proizvodstva: uchebnik* [Fundamentals of metallurgical production: Textbook]. Ed. by V. M. Kolokol’tseva. Saint Petersburg: Lan’, 2023, 616 p. (In Russ.).
10. Ganin D. R., Fuks A. Yu. *Povyshenie effektivnosti aglomeratsionnogo proizvodstva AO “Ural’skaya Stal”* [Increasing the efficiency of sinter production at JSC “Ural Steel”]. *XVII Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya*

konferentsiya "Sovremennye problemy gorno-metallurgicheskogo kompleksa. Nauka i proizvodstvo". Staryi Oskol, 2021, pp. 201–205. (In Russ.).

11. Chukin D. M., Grishin I. A., Frolov Yu. A., Andryushechkin A. A., Kotyshev V. E. The influence of lime coarseness and humidity of iron ore raw materials at the homogenization warehouse in winter and summer time on the operation of sintering machines of Sinter Plant No. 5 Magnitogorsk Iron and Steel Works. *Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informatsii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2022, vol. 78, no. 2, pp. 111–120. DOI: 10.32339/0135-5910-2022-2-111-120. (In Russ.).
12. Kukui D. M., Odinochko V. F. *Avtomatizatsiya liteinogo proizvodstva* [Automation of foundry production]. Minsk: Novoe znanie, 2008, 240 p. (In Russ.).
13. Glinkov G. M., Makovskii V. A. *ASU TP v chernoii metallurgii* [Process control system in ferrous metallurgy]. Moscow: Metallurgiya, 1999, 310 p. (In Russ.).

Received September 26, 2023