

- V.P. Lyalyuk, D.O. Kassim, I.A. Lyahova, F.M. Zhuravlov, N.Y. Svist, E.O. Shmeltser. – № u201308845; filed 15.07.13; publication 25.11.13, Bull. № 22. (Ukr.)
15. Lyalyuk V.P. Influence of the Moisture Content of the Coal Batch on Coke Quality / V.P. Lyalyuk, A.D. Uchitel', I.A. Lyakhova, V.P.Sokolova, D.A. Kassim // Coke and Chemistry. – 2012. – №9. – P. 2-8. (Rus.)
 16. Zubilin I.G. Improving the quality of coke / I.G. Zubilin, L.P. Semisalov, I.M. Lazovskiy // Coke and Chemistry. – 1975. – №5. – P. 54-57. (Rus.)
 17. Shatoha I.Z. Assessment of the degree of mixing (homogeneity) of coal batch / I.Z. Shatoha, I.M. Lazovskiy // Coke and Chemistry. – 1965. – №2. – P. 1-4. (Rus.)
 18. Bronnikov V.K. Influence of Batch Moisture Content on the Physicomechanical Properties of Coke / V.K. Bronnikov, E.Ya. Eidel'man // Coke and Chemistry. – 1973. – №10. – P. 12-15. (Rus.)

Рецензент: А.Д. Учитель
д-р техн. наук, проф., КМИ ГВУЗ «КНУ»

Статья поступила 16.03.2015

УДК 669.74

© Чупринов Е.В.¹, Лялюк В.П.², Журавлев Ф.М.³,
Ляхова И.А.⁴, Кассим Д.А.⁵

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СПЕКАНИЯ АГЛОМЕРАТА С ТВЕРДЫМ ТОПЛИВОМ РАЗНОЙ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Проведены исследования по отработке режимов спекания двухслойных шихт с разным количеством и реакционной способностью твердого топлива в верхнем и нижнем слоях спекаемой шихты, изучены и определены оптимальные параметры твердого топлива в верхнем и нижнем участках слоя, обеспечивающих снижение его удельного расхода и улучшение металлургических характеристик агломерата.

Ключевые слова: агломерат, твердое топливо, реакционная способность, удельная производительность, прочность.

Чупринов Е.В., Лялюк В.П., Журавлев Ф.М., Ляхова И.А., Кассим Д.О. Оптимізація технологічних параметрів спікання агломерату з твердим паливом різної реакційної здатності. Проведено дослідження з відпрацювання режимів спікання двошарових шихт з різними кількістю і реакційною здатністю твердого палива у верхньому і нижньому шарах спікаємої шихти, вивчені і визначені оптимальні параметри твердого палива у верхньому і нижньому ділянках шару, що забезпечують зниження його питомої витрати і поліпшення металургійних характеристик агломерату.

Ключові слова: агломерат, тверде паливо, реакційна здатність, питома продуктивність, міцність.

¹ ассистент, Криворожский металлургический институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, itchura@gmail.com

² д-р техн. наук, профессор, Криворожский металлургический институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, lyalyuk.vitalij@mail.ru

³ канд. техн. наук, доцент, Криворожский металлургический институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, zhfm@ukr.net

⁴ канд. техн. наук, доцент, Криворожский металлургический институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог

⁵ канд. техн. наук, доцент, Криворожский металлургический институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог

E.V. Chuprinov, V.P. Lyalyuk, F.M. Zhuravlev, I.A. Lyakhova, D.O. Kassim. Optimization of technological parameters agglomerate sintering with the solid fuel of different reactivities. Various frit layer levels receive different amounts of heat (the upper lacking up to 50%, and the lower receives 70% of excess heat), which results in the deterioration of the metallurgical characteristics of the entire layer of agglomerate and heightened specific consumption of solid fuel. A number of researches and tests have been tried to solve this problem. Thus changes in technology and the charging device have been made in order to increase the amount of solid fuel in the upper layer, gas pulsing supply and combustion in the gas layer were tested, the effect of size and reactivity of the solid fuel on the process were studied. The obtained results make it possible for us to conclude that not all the options of two-layer sintering charge have been used. At a pilot plant of «aglopan» type studies have been conducted to study sintering conditions of bilayer batches with different reactivity and the amount of solid fuel in the upper and lower layers of the charge to be sintered. All predetermined amount of fuel with the same average reactivity (CRI = 36,7%) was introduced into the basic charge. Up to 30% of the required amount of carbon as a highly reactive (CRI > 37%) solid fuel was put into the experimental charge, then the amount of carbon by 5-15% more than it is required was injected into the top layer than it's required as a highly reactive fuel, and - 10-20% carbon amount less than it is required as a low reactive fuel was injected into the lower layer. The proposed and tested technology makes it possible to improve specific efficiency of aglopan, to reduce the specific carbon consumption in solid fuels, to reduce the residual carbon in the agglomerate and to improve the strength characteristics of the agglomerate.

Keywords: *agglomerate, solid fuel, reactivity, specific productivity, durability.*

Постановка проблеми. Верхнему горизонту спекаемого слоя не хватает 40-50% от необходимого количества тепла, в то же время нижний горизонт слоя получает, за счет регенерированного тепла просасываемыми газами в верхних горизонтах слоя, до 70% избыточного тепла. Это приводит как к ухудшению средних значений металлургических характеристик всего слоя агломерата, так и к перерасходу удельного расхода твердого топлива, что требует усовершенствования технологии спекания агломерата.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследованиями авторов [1-3] показано, что при слоевом спекании аглошихты на конвейерных агломерационных машинах верхний и нижний горизонты слоя получают разное количество тепла от сгорания в слое твердого топлива. Предложенные и испытанные в промышленных условиях варианты изменения технологии и загрузочного устройства шихты на агломашину для увеличения количества твердого топлива в верхнем горизонте слоя и, соответственно, увеличения прихода в этот слой тепла, а также импульсная подача и сжигание в слое газа, не дали ожидаемых результатов [4-6]. Изучено влияние крупности и реакционной способности твердого топлива в аглошихте на агломерационный процесс и свойства агломерата, определена оптимальная (0-3 мм) крупность топлива и пределы его количества в смесях с разной реакционной способностью [7-10]. Разработана и изучена технология двухслойного спекания аглошихты с разным количеством твердого топлива в каждом слое [11-14]. При определенном усложнении технологической схемы подготовки и укладки двух шихт на агломашину такая технология позволяет за счет перераспределения количества твердого топлива в верхнем и нижнем слоях повысить прочностные характеристики агломерата. Однако, при этом несколько увеличивается газодинамическое сопротивление спекаемого слоя и повышается содержание в его верхней части остаточного углерода. Следовательно, не все возможности этой технологии исчерпаны и требуются её усовершенствования.

Разработаны способы [15-17], которые показали, что оптимизация количества, крупности и реакционной способности твердого топлива в верхнем и нижнем слоях аглошихты способствует существенному улучшению металлургических характеристик сырья и повышению удельной производительности агломашин.

Цель статьи – разработка технологии спекания агломерата, позволяющая повысить удельную производительность аглочаши, снизить удельный расход углерода твердого топлива, уменьшить содержание остаточного углерода и мелочи в агломерате, а также улучшить прочностные характеристики агломерата.

Изложение основного материала. Для отработки оптимальной технологии спекания агломерата проведены исследования по изучению режимов спекания двухслойных шихт с разным количеством и реакционной способностью твердого топлива в верхнем и нижнем слоях спекаемой шихты. Исследования проводились на полупромышленной периодически действующей установке типа «аглочаша», позволяющей моделировать промышленный процесс. Методикой проведения работы предусматривалось, что количество и физико-химические характеристики железорудной и флюсовой составляющей в верхнем и нижнем слоях аглошихты во всех испытаниях были постоянными. Химический состав и теплотехнические характеристики используемых твердых топлив в слоях аглошихты также не изменялись. Изменялись только количество и реакционная способность твердого топлива в верхнем и нижнем слоях загружаемой в аглочашу агломерируемой шихты. Газодинамические и температурные параметры спекания аглошихты во всех испытаниях также выдерживались постоянными. Спекалась базовая шихта, в которую вводилось всё заданное количество твердого топлива с одинаковой средней ($CRI = 36,7\%$) реакционной способностью и крупностью (0-3 мм) и спекали агломерат. Затем в опытную исходную шихту вводили 10-30% от всего рассчитанного необходимого общего значения удельного расхода углерода, которое вносилось высокорекционным ($CRI > 37\%$) твердым топливом. После этого в процессе укладки окомкованной шихты на спекательные тележки в верхнюю половину спекаемого слоя шихты вводили дополнительно углерод в твердом топливе также с высокой ($CRI > 37\%$) реакционной способностью в количестве на 5-15% больше среднего расчетного значения углерода во всем слое, а в нижнюю половину спекаемого слоя вводили углерод в твердом топливе с низкой ($CRI < 37\%$) реакционной способностью в количестве на 10-20% меньше среднего расчетного значения углерода во всем слое. Ввод 10-30% от рассчитанного необходимого общего значения удельного расхода углерода, которое вносится высокорекционным ($CRI \geq 37\%$) твердым топливом в исходную шихту для верхней половины слоя, и равномерное его распределение в окомкованной шихте по высоте всей верхней половины спекаемого слоя позволит в нижней половине спекаемого слоя, за счет его воспламенения при меньших температурах, раньше создавать источник теплоты и способствовать полному выгоранию в этой части слоя низкорекционного топлива. Увеличенное количество высокорекционного топлива в верхней половине слоя позволяет получить необходимую температуру и требуемое количество теплоты для качественного спекания шихты в этой части слоя до резкого охлаждения агломерата просасываемым холодным воздухом.

Результаты испытаний, приведенные в таблице, показывают, что оптимальные показатели соответствуют опытным периодам 2 и 3 с указанными соотношениями содержания углерода в шихте, а также в верхней и нижней половинах агломерируемого слоя шихты, содержащих твердое топливо с высокой ($CRI \geq 37\%$) и низкой ($CRI < 37\%$) реакционной способностью. Заявляемые параметры позволяют повысить удельную производительность аглочаша с 1,41 до 1,45-1,46 т/м²·ч; удельный расход углерода твердого топлива снизить с 52,3 до 50,6-51,1 кг С/т, содержание остаточного углерода в агломерате уменьшить с 1,6 до 0-0,1%, содержание мелочи в агломерате снизить с 8,5 до 6,7-7,2%, а также улучшить прочностные характеристики агломерата.

Таблица (часть 1)

Влияние количества, крупности и реакционной способности твердого топлива в верхнем и нижнем слоях аглошихты на технологию спекания и качество агломерата

Периоды испытаний	Удельная производительность аглочаша, т/м ² ·ч	Общий удельный расход углерода, кг С/т агломерата	Содержание углерода, %		Содержание остаточного углерода в агломерате, %
			рассчитанный во всем слое аглошихты	в слоях шихты в аглочаше	
Базовый:	1,41	52,3	4,36		1,6
верх слоя ($CRI = 36,7\%$)				4,36	2,8
низ слоя ($CRI = 36,7\%$)				4,36	0,7

Продолжение таблицы

Опытный 1: верх слоя (CRI > 37%) низ слоя (CRI < 37%)	1,30	51,9	0,31		0,6
				4,52	0,7
				4,06	0,4
Опытный 2: верх слоя (CRI > 37%) низ слоя (CRI < 37%)	1,45	50,6	0,46		0,1
				4,58	0,1
				3,92	0
Опытный 3: верх слоя (CRI > 37%) низ слоя (CRI < 37%)	1,46	51,1	1,31		0,1
				5,01	0
				3,39	0,1
Опытный 4: верх слоя (CRI > 37%) низ слоя (CRI < 37%)	1,38	52,1	1,49		0,5
				5,23	0,7
				3,34	0,2

Таблица (часть 2)

Влияние количества, крупности и реакционной способности твердого топлива в верхнем и нижнем слоях аглошихты на технологию спекания и качество агломерата

Периоды испытаний	Содержание мелочи 0-5 мм в агломерате, %	Барабанное испытание, %		Содержание в агломерате, %		
		прочность на удар (+5 мм)	истираемость (0-0,5 мм)	Fe _{общ}	FeO	основность, д.ед.
Базовый: верх слоя (CRI = 36,7%) низ слоя (CRI = 36,7%)	8,5	63,1	7,3	53,6	11,7	1,28
Опытный 1: верх слоя (CRI > 37%) низ слоя (CRI < 37%)	8,3	63,2	7,1	53,5	11,9	1,30
Опытный 2: верх слоя (CRI > 37%) низ слоя (CRI < 37%)	7,2	65,1	6,4	53,7	11,2	1,27
Опытный 3: верх слоя (CRI > 37%) низ слоя (CRI < 37%)	6,7	66,3	5,7	53,9	11,3	1,29
Опытный 4: верх слоя (CRI > 37%) низ слоя (CRI < 37%)	7,9	63,6	7,2	53,4	11,5	1,25

Выводы

1. В ходе проведенных исследований были определены оптимальные режимы спекания с указанным соотношением содержания углерода в двухслойной шихте.

2. Показано, что использование топлива с высокой (CRI $\geq 37\%$) и низкой (CRI $< 37\%$) реакционной способностью по разработанной технологии позволяет решить проблемы ухудшения средних значений металлургических характеристик всего слоя агломерата и перерасхода удельного расхода твердого топлива.

3. Предложенный способ агломерации позволит повысить удельную производительность аглошаша, снизить удельный расход углерода твердого топлива, уменьшить содержание остаточного углерода в агломерате и улучшить прочностные характеристики агломерата.

Список использованных источников:

1. Сигов В.А. Агломерационный процесс / В.А. Сигов, В.А. Шурхал. – К. : Техника, 1969. – 232 с.
2. Структура и физические свойства агломерата из руд КМА, полученного на агломашине с площадью спекания 252 м² при двухслойной загрузке шихты / Г.В. Коршиков [и др.] // Сталь. – 1971. – №1. – С. 3-8.
3. Снижение расхода твердого топлива на процесс спекания путем рационального перераспределения его по высоте загружаемого слоя / Ю.С. Кравец, В.Е. Шешегов, В.П. Маймур, В.Д. Кучук // Сталь. – 1984. – №7. – С. 7-9.
4. Изучение распределения гранул окомкованной агломерационной шихты при загрузке на спекательные тележки / А.А. Вовк [и др.] // Metallurgy and coke industry. – Вып. 75. – 1982. – С. 8-11.
5. Новая технология загрузки шихты на агломашину / Ю.С. Кравец [и др.] // Metallurg. – 1982. – №9. – С. 15-17.
6. Оптимизация режима сжигания газообразного и твердого топлива при агломерации / В.В. Дябин [и др.] // Сталь. – 1984. – №7. – С. 8-11.
7. Карабасов Ю.С. Использование топлива в агломерации / Ю.С. Карабасов, В.С. Валавин. – М. : Metallurgy, 1976. – 263 с.
8. Ефимов С.П. Влияние крупности топлива на процесс агломерации и качество агломерата / С.П. Ефимов, Г.Г. Ефименко // Известия вузов Черная металлургия. – 1970. – №9. – С. 21-24.
9. О механизме влияния крупности коксовой мелочи на агломерационный процесс / Ю.С. Карабасов [и др.] // Известия вузов Черная металлургия. – 1975. – №11. – С. 22-26.
10. Об эффективной реакционной способности агломерационного топлива и оптимальной высоте спекаемого слоя / Ю.С. Карабасов [и др.] // Известия вузов. Черная металлургия. – 1975. – №3. – С. 36-40.
11. Хлапонин Н.С. О двухслойном спекании аглошихты / Н.С. Хлапонин, В.Н. Кривошеев, В.В. Андронов // Metallurgical and iron-ore industry. – 1967. – №4. – С. 8-10.
12. Анализ газодинамической работы агломерационных машин АКМ-312 Новолипецкого металлургического комбината / Ю.А. Фролов [и др.] // Сталь. – 1993. – №2. – С. 5-10.
13. Ефименко Г.М. Подача топлива в агломерационную шихту на аглофабрике ЗСМК по двухслойной схеме / Г.М. Ефименко, В.В. Дябин, Б.И. Колокольцов. // Сталь. – 1974. – №10. – С. 876-878.
14. Михалевич А.Г. Степень использования топлива при различных режимах спекания / А.Г. Михалевич, А.И. Кузнецов, В.Е. Тихомиров // Известия вузов. Черная металлургия. – 1979. – №9. – С. 149-151.
15. Пат. 78006 Україна, МПК С 22 В 1/16. Спосіб агломерації залізовмісних матеріалів / Ф.М. Журавльов, В.П. Лялюк, А.К. Тараканов, О.Д. Учитель, Д.О. Кассім, І.А. Ляхова, Є.В. Чупринов. – № u201208002; заявл. 27.06.12; опубл. 11.03.13, Бюл. №5.
16. Пат. 78007 Україна, МПК С 22 В 1/16. Спосіб агломерації залізовмісних матеріалів / Ф.М. Журавльов, В.П. Лялюк, А.К. Тараканов, О.Д. Учитель, Д.О. Кассім, І.А. Ляхова, Є.В. Чупринов. – № u201208003; заявл. 27.06.12; опубл. 11.03.13; Бюл. №5.
17. Пат. 76683 Україна, МПК С 22 В 1/16. Спосіб агломерації залізовмісних матеріалів / Ф.М. Журавльов, В.П. Лялюк, І.А. Ляхова, Д.О. Кассім, Є.В. Чупринов. – № u201208164; заявл. 03.07.12; опубл. 10.01.13. – Бюл. №1.

Bibliography:

1. Sigov V.A. Sintering process / V.A. Sigov, V.A. Shurkhai. – K. : Tekhnika, 1969. – 232 p. (Rus.)
2. The structure and physical properties of sinter ore KMA obtained in sintering machines with sintering area of 252 m² with a two-layer load charge / G.V. Korshikov [et al.] // Steel. – 1971. – №1. – P. 3-8. (Rus.)
3. Reduce consumption of solid fuel for the sintering process by rational redistribution of its height loaded layer / Y.S. Kravets, V.E. Sheshegov, V.P. Maymur, V.D. Kucuk // Steel. – 1984. – №7. – P. 7-9. (Rus.)
4. The study of the distribution of pellets pelletized sinter mix booting on spekatelnye trolley / A.A. Vovk [et al.] // Metallurgy and coke industry. – Vol. 75. – 1982. – P. 8-11. (Rus.)

5. New technology to download batch sintering machine / Y.S. Kravets [et al.] // Metallurg. – 1982. – №9. – P. 15-17. (Rus.)
6. Optimization of combustion of gaseous and solid fuel agglomeration / V.V. Dyabin [et al.] // Steel. – 1984. – №7. – P. 8-11. (Rus.)
7. Karabasov Y.S. The use of fuel in the agglomeration / Y.S. Karabasov, V.S/ Valavin. – M. : Metallurgiya, 1976. – 263 p. (Rus.)
8. Efimov S.P. Effect of Particle Size of fuel on the sintering process and the quality of sinter / S.P. Efimov, G.G. Efimenko // Proceedings of the universities ferrous metallurgy. – 1970. – №9. – P. 21-24. (Rus.)
9. On the mechanism of the effect of particle size on the coke fines agglomeration process / Y.S. Karabasov, A.N. Pohvisnev, E.F. Shkyrko [et al.] // Proceedings of the universities ferrous metallurgy. – 1975. – №11. – P. 22-26. (Rus.)
10. On the effective reactivity sintering fuel and optimal height of the sintered layer / Y.S. Karabasov, [et al.] // Proceedings of the universities ferrous metallurgy. – 1975. – №3. – P. 36-40. (Rus.)
11. Hlaponin N.S. About two-layer sintering aglopan / N.S. Hlaponin, V.N. Krivosheev, V.V. Andronov // Metallurgical and Mining Industry. – 1967. – №4. – P. 8-10. (Rus.)
12. Analysis of the gas-dynamic work sintering machines AKM-312 NLMK / Y.A. Frolov, B.S. Rasin, S.L. Zevin [et al.] // Steel. – 1993. – №2. – P. 5-10. (Rus.)
13. Efimenko G.M. Fuel supply to the sinter mix on the sinter plant ZSMK on a two-layer scheme / G.M. Efimenko, V.V. Dyabin, B.I. Kolokoltsov // Steel. – 1974. – №10. – P. 876-878. (Rus.)
14. Michalevic A.G. The degree of fuel used for different modes of sintering / A.G. Mikhalevich, A.I. Kuznetsov, V.E. Tikhomirov // Proceedings of the universities ferrous metallurgy. – 1979. – №9. – P. 149-151. (Rus.)
15. Pat. 78006 Ukraine, Int. Cl. C 22 B 1/16. Method agglomeration ferrous materials / F.M. Zhuravlev, V.P. Lyalyuk, A.K. Tarakanov, O.D. Ychitel, D.A. Kassim, I.A. Liakhova, E.V. Chuprinov. – № u201208002; filed 27.06.12; publication 11.03.13, Bull. №5. (Ukr.)
16. Pat. 78007 Ukraine, Int. Cl. C 22 B 1/16. Method agglomeration ferrous materials / F.M. Zhuravlev, V.P. Lyalyuk, A.K. Tarakanov, O.D. Ychitel, D.A. Kassim, I.A. Liakhova, E.V. Chuprinov. – № u201208003; filed 27.06.12; publication 03.11.13, Bull. №5. (Ukr.)
17. Pat. 76683 Ukraine, Int. Cl. C 22 B 1/16. Method agglomeration ferrous materials / F.M. Zhuravlev, V.P. Lyalyuk, A.K. Tarakanov, O.D. Ychitel, D.A. Kassim, I.A. Liakhova, E.V. Chuprinov. – № u201208164; filed 03.07.12; publication 01.10.13, Bull. №1. (Ukr.)

Рецензент: А.Д. Учитель
д-р техн. наук, проф., КМИ ГВУЗ «КНУ»

Статья поступила 23.03.2015

УДК 669.046.44 : 622.788

© Семакова В.Б.¹, Пилюгин Е.И.²

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АГЛОМЕРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

В статье приведены различные показатели производительности агломерационного процесса и результаты их сравнительного анализа на основе лабораторных спеканий агломерата и производственных данных с учетом качества годного продукта.

Ключевые слова: агломерационная шихта, производительность, аглоспек, первичный и вторичный возврат, стандартно стабилизированный агломерат.

¹ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, semakova_v@mail.ru

² аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, jackpilugin@mail.ru