

Гранулометрический состав сплава после разливки								
Требуемые фракции (ТУ или ГОСТ), мм	Выход, (%) фракции, мм							
	>100	>80	10-100	5-100	20-80	0-20	0-10	0-5
5-100	4	-	-	92	-	-	-	4
10-100	4	-	88	-	-	-	8	-
20-80	-	9	-	-	80	11	-	-

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, приведенные исследования эффективности использования изложниц различной конструкции для получения фракционированного ферросиликомарганца, отвечающего требованиям потребителей, показали, что применение для разливки ферросиликомарганца стандартных стержневых изложниц с высотой наполнения их не более 80 мм позволяет исключить из процесса получения фракционированного сплава стадию дробления. По основным технологическим и техническим показателям предпочтительным при разливке ферросиликомарганца является использование стержневых изложниц. С целью увеличения сроков эксплуатации рекомендуемых изложниц, необходимо оптимизировать их конструктивные параметры и химический состав металла изложниц.

Список литературы

1. Вейник А.И. Теплообмен между слитком и изложницей. М. Металлургия, 1959. – 357с.
2. Баптизмандский В.И., Рудой Л.С., Исаев Е.И. и др. Разливка и кристаллизация стали. – Киев. Высшая школа, 1993. – 267 с.
3. Люборец И.И., Ткач Г.Д., Кучер А.Г. и др. Сталь. – 1996. – №3. – С. 26-29.

Рукопись поступила в редакцию 23.03.13

УДК 669.162.16

Ф.М. ЖУРАВЛЕВ, канд. техн. наук, доц., В.П. ЛЯЛЮК, д-р техн. наук, проф.,
Д.А. КАССИМ, канд. техн. наук, Ю.В. КОСОВ, Е.В. ЧУПРИНОВ, ассистент
КМИ, ГВУЗ “Криворожский национальный университет”

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ РАСЧЕТА ШИХТ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА И ОКАТЫШЕЙ ЗАДАННОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Для улучшения качества железорудного окускованного доменного сырья необходимо снижать колебания основных компонентов его химического состава. Разработана и испытана компьютерная программа, позволяющая рассчитывать заданные удельный расход компонентов шихты и полный химический состав агломерата и окатышей, в зависимости от заданных технологических параметров.

Для обеспечения высокопроизводительной работы доменных печей с минимальными удельными расходами энергоресурсов и выплавки высококачественного чугуна необходимо качественное окускованное железорудное сырьё (агломерат и окатыши) с минимальными колебаниями химического состава, крупности и металлургических характеристик. Эти свойства возможно достигнуть в случае использования тщательно усредненных на складе компонентов шихты, дозирования каждого из них автоматическими весовыми дозаторами с необходимой точностью, в рассчитанных соотношениях и заданных технологических параметров.

Применяемые расчеты в цехах по производству агломерата и окатышей отечественных металлургических и горнообогатительных комбинатов не используют полных химических составов компонентов шихты, степени сжигания твердого топлива в шихте, обеспечения в готовой продукции заданного количества определенных элементов и т.п. Так, например, на аглофабрике №3 аглодоменного департамента ПАО “АрселорМиттал Кривой Рог” расчет агломерационной шихты производят на современной вычислительной технике, но используют сокращенную методику (несложно сделать эти расчеты и вручную), учитывающую в химическом составе исходных материалов только: Fe, SiO₂ и CaO. В связи с этим неудивительно, что при проведении аудита службой директора по качеству предприятия содержание железа в готовом агломерате чаще всего отличается от расчетного на 1,5-2,0 %, а баланс железа в доменном цехе №1 при норме в разные годы 980-995 кг/т чугуна чаще всего составляет 1009-1015 кг/т чугуна, а в отдельные месяцы доходит и до 1028 кг/т чугуна.

На кафедре металлургических технологий КМИ КНУ разработаны программы для расчета удельного расхода компонентов шихты для производства агломерата и окатышей и их заданного полного химического состава. Расчет производится для получения 1000 кг спеченного (агломерат) или обожженного (окатыши) продукта. В качестве исходных компонентов шихты для производства агломерата или окатышей можно задавать 13 видов железосодержащих компонентов, 8 видов флюсов и 5 видов твердого топлива (табл. 1). Удельные расходы каждого из используемых компонентов шихты можно задавать либо в абсолютных цифрах в исходном влажном состоянии (кг/т спеченного агломерата или обожженных окатышей), либо в процентном соотношении между собой в сухой массе каждого вида исходных материалов.

Таблица 1

Заданное соотношение компонентов шихты							
№ п/п	Материалы	Заданный удельный расход влажных компонентов, кг/т	Влажность исходная, %	Удельный расход сухих с потерями, кг/т	Потери механические, %	Удельный расход сухих без потерь, кг/т	Соотношение ($P_{ск}$) сухих компонентов, %
Железосодержащие:							
1	Руда 1	86,283	5,3	81,969	3,6	79,018	8,68
2	Руда 2	467,873	9,1	425,764	3,6	410,437	45,06
3	Руда 3	78,415	20,2	62,732	2,1	61,478	6,75
4	Руда 4	4,801	25,1	3,601	3,6	3,471	0,38
5	Руда 5	274,799	3,1	266,280	5,2	252,966	27,77
6	Руда 6	30,132	11,2	26,818	3,6	25,852	2,84
1	2	3	4	5	6	7	8
7	Руда 7	54,633	2,3	53,540	3,6	51,613	5,67
8	Руда 8	8,837	11,2	7,865	3,6	7,582	0,83
Флюсовые:							
1	Флюс 1	21,225	4,3	21,225	2,1	20,800	18,34
2	Флюс 2	31,698	4,1	30,430	2,1	29,821	26,29
3	Флюс 3	12,623	4,5	12,055	1,3	11,934	10,52
4	Флюс 4	55,786	4,1	53,554	5,2	50,877	44,85
Твердое топливо:							
1	Топл. 1	34,714	11,5	30,722	3,6	29,616	65,50
2	Топл. 2	40,304	59,85	16,182	3,6	15,599	34,50

Кроме того задаются следующие параметры, которые необходимо выдерживать для получения заданных химических составов агломерата или окатышей (табл. 2): заданный удельный расход углерода из твердого топлива, степень выгорания этого углерода в процессе спекания агломерата или обжига окатышей, содержание FeO в готовом агломерате или окатышах, степень десульфурации шихты и степень удаления потерь при прокаливании (ппп) из шихты. Кроме того задается абсолютная величина необходимой основности агломерата или окатышей, рассчитываемая по одному из трех требуемых вариантов ее расчета: №1 – $(CaO+MgO/SiO_2+Al_2O_3)$; №2 – $CaO+MgO/SiO_2$; №3 – CaO/SiO_2 .

Таблица 2

Заданные параметры готового продукта	
Наименование параметра	Значение параметра
Расчет на, кг	1000
Заданный удельный расход углерода, кг/т	43,0
Рассчитанный удельный расход углерода, кг/т	45,15
Содержание FeO в агломерате, %	14,0
Степень десульфурации шихты, %	70,0
Степень выгорания углерода, %	95,0
Степень удаления ппп, %	95,8
Содержание остаточного углерода (C_T) в агломерате, %	0,23
Основность агломерата, доли ед.	1,15
Выбор варианта расчета основности*	1÷3
	1000

* Варианты основности: 1 – $CaO+MgO / SiO_2+Al_2O_3$; 2 – $CaO+MgO / SiO_2$; 3 – CaO / SiO_2

Задаются полные химические составы всех компонентов шихты (табл. 3), причем сумма всех оксидов в каждом анализе должна быть приведена к 100 %, иначе программа такой анализ не примет. Кроме указанных в таблице оксидов в программе предусмотрена возможность расчета шихты при расширенном наличии оксидов в компонентах шихты, таких как MnO_2 , Mn_2O_3 , Mn_3O_4 , TiO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 , NiO , Na_2O . Эти оксиды не были помещены в представленные таблицы из-за существенного увеличения их объема.

Таблица 3

Химический состав компонентов шихты, %											
№ п/п	Материалы	п _{ск} , %	Fe _{общ}	Mn _{общ}	P	S _{общ}	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Железосодержащие:											
1	Руда 1	8,68	56,0		0,0349	0,0601	1,56	78,3315	11,5	2,5	
2	Руда 2	45,06	65,3	1,3041	0,021	0,0445	27,1	63,2442	6,1	0,4	
3	Руда 3	6,75	39,3	0,4027	0,013	0,0525	7,36	48,0091	5,5	1,4	
4	Руда 4	0,38	39,3	1,4007	0,057	0,0185	8,2	47,0755	9,2	1,4	
5	Руда 5	27,77	53,4	0,3098	0,032	0,0525	8,5	66,3295	9,4	1,3	
6	Руда 6	2,84	34,1	2,5094	0,028	0,0185	10,1	37,6405	10,1	3,6	
7	Руда 7	5,67	72,2	0,5808	0,042	0,0525	58,3	38,4827	0,9	0,3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
8	Руда 8	0,83	3,9	26,8738	0,073	0,0185		5,64	26,3	0,3	
Флюсовые:											
1	Флюс 1	18,34	0,543	0,015	0,043	0,032	0,31	0,54	2,12	0,38	
2	Флюс 2	26,29	32,21	2,8655	0,178	1,38	0,53	45,81	16,3	2,5	
3	Флюс 3	10,52	0,32	0,008	0,054	0,021	0,18	0,28	1,89	0,24	
4	Флюс 4	44,85	0,43	0,011	0,019	0,024	0,23	0,34	2,5	0,41	
Твердое топливо:											
1	Зола т. 1	65,50	19,299	0,9681	0,23	1,14		27,5925	39,41	23,7	
2	Зола т. 2	34,50	8,12	1,1477	0,19	0,13		11,6095	43,42	15,78	
№ п/п	Материалы	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	S _{проч}	C _r	Прочие	ппп	Оксиды
Железосодержащие:											
1	Руда 1	0,35	0,2	0,64	0,08	0,045	0,020		3,638	1,72	100
2	Руда 2	0,35	0,2	0,052	0,048	0,270	0,045		0,409	0,2	100
3	Руда 3	15,4	4,7	0,52	0,031	0,072	0,053	9,1	7,578	0,48	100
4	Руда 4	12,0	4,7	0,91	0,130	0,161	0,019	4,4	11,19	0,1	100
5	Руда 5	10,8	1,3	0,4	0,073	0,073	0,053	0,5	0,938	0,48	100
6	Руда 6	9,8	0,8	0,45	0,064	0,091	0,019	23,5	1,091	0,1	100
7	Руда 7	0,33	0,6	0,75	0,096	0,084	0,053		0,705	0,48	100
8	Руда 8	7,7	1,8	34,7	0,167	0,110	0,019		29,08	0,1	100
Флюсовые:											
1	Флюс 1	80,06	6,3	0,21	0,32	0,08			0,300	10,9	100
2	Флюс 2	24,95	4,5	3,7	0,36	3,45			0,093	1,38	100
3	Флюс 3	52,86	2,7	0,01	0,24	0,05			0,880	42,12	100
4	Флюс 4	41,5	10,3	0,07	0,03	0,06			9,410	43,95	100
Твёрдое топливо:											
1	Зола т. 1	3,45	1,34	1,25	0,47	2,28			3,258		100
2	Зола т. 2	8,82	3,15	1,482	0,39	0,32			15,73		100

Химический состав твердого топлива анализируется по двум показателям: полный химический состав золы и технический анализ твердого топлива (табл. 3 и 4).

Таблица 4

Технический анализ твердого топлива, %						
№	Материалы	Зола (Ac)	S _{общ}	C _r	Летучие	Всего
1	Топливо 1	15,56	1,93	80,42	2,09	100
2	Топливо 2	15,82	0,37	57,3	26,68	100

По этим двум показателям программа рассчитывает полный химический состав твердого топлива (табл. 5).

Таблица 5

Химический состав твердого топлива, %										
№	Материалы	Fe _{общ}	Mn _{общ}	P	S _{общ}	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
1	Топливо 1	3,0029	0,1506	0,0286	1,9300	4,2934	6,1322	3,6877	0,5368	0,2085
2	Топливо 2	1,2846	0,1816	0,0255	0,3684	1,8366	6,8690	2,4964	1,3953	0,4983
№	Материалы	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	S _{проч}	C _r	Прочие	ППП	Оксиды	
1	Топливо 1	0,1945	0,0655	0,3561	1,9286	80,4200	0,5069	2,0900	100	
2	Топливо 2	0,2345	0,0583	0,3962	0,2100	57,3000	2,4898	26,680	100	

Для уменьшения количества неизвестных, и соответственно количества уравнений, программа рассчитывает средневзвешенные химические составы рудной, флюсовой и топливной частей шихты (табл. 6, 7 и 8), после чего решает систему уравнений, в которую входят уравнение материального баланса и уравнение основности для определения удельных расходов всех компонентов шихты в сухой массе для производства агломерата или окатышей. Затем удельные расходы компонентов шихты в сухой массе пересчитываются, с учетом безвозвратных потерь в производстве и содержания влаги в исходных материалах на удельный расход каждого материала в исходном влажном состоянии.

Таблица 6

Средневзвешенный химический состав железосодержащей смеси, %								
№ п/п	Материалы	n _{ск} , %	Fe _{общ}	Mn _{общ}	P	S _{общ}	FeO	Fe ₂ O ₃
1	Руда 1	8,68	4,8585	0,2528	0,0030	0,0031	0,1353	6,7959
2	Руда 2	45,06	29,4270	0,5877	0,0096	0,0201	12,2124	28,5006
3	Руда 3	6,75	2,6528	0,0272	0,0118	0,0035	0,4968	3,2406
4	Руда 4	0,38	0,1498	0,0053	0,0003	0,0001	0,0313	0,1794
5	Руда 5	27,77	14,7206	0,0860	0,0319	0,0146	2,3609	18,4228
6	Руда 6	2,84	0,9679	0,0712	0,0279	0,0005	0,2838	1,0684
7	Руда 7	5,67	4,0802	0,0329	0,0419	0,0030	3,2868	2,1808
8	Руда 8	0,83	0,0329	0,0924	0,0729	0,0002		0,0469
Железосодерж. смесь		100	58,0765	1,0458	0,0030	0,0482	18,9557	61,9675

№ п/п	Материалы	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	MnO ₂	Mn ₂ O ₃
1	Руда 1	0,9977	0,2169	0,0304	0,0174	0,3264		
2	Руда 2	2,7039	0,1803	0,1577	0,0901	0,0234		
3	Руда 3	0,3713	0,0945	1,0395	0,3173	0,0351		
4	Руда 4	0,0343	0,0053	0,0457	0,0179	0,0035		0,0038
5	Руда 5	2,6108	0,3611	2,9997	0,3611	0,1111		
6	Руда 6	0,2838	0,1022	0,2782	0,0227	0,0128		
7	Руда 7	0,0510	0,0170	0,0187	0,0136	0,0425		
8	Руда 8	0,2189	0,0025	0,0641	0,0150	0,2889	0,9013	
Железосодерж. смесь		7,3060	0,9858	4,7247	0,8414	0,5324	0,9013	0,0038

№ п/п	Материалы	Mn ₃ O ₄	P ₂ O ₅	SO ₃	S _{проч}	C _г	Прочие	ппп	Оксиды
1	Руда 1		0,0054	0,0023	0,0017		0,3157	0,1492	8,6758
2	Руда 2		0,0022	0,1217	0,0201		0,1845	0,0901	45,0643
3	Руда 3		0,0027	0,0062	0,0035	0,6075	0,5115	0,0324	6,7500
4	Руда 4		0,0005	0,0006	0,0001	0,0168	0,0427	0,0004	0,3811
5	Руда 5		0,0203	0,0203	0,0146	0,1389	0,2605	0,1333	27,7747
6	Руда 6	0,0852	0,0018	0,0026	0,0005	0,6670	0,0310	0,0028	2,8384
7	Руда 7		0,0054	0,0048	0,0030		0,0399	0,0272	5,6668
8	Руда 8		0,0014	0,0009	0,0002		0,2421	0,0008	0,8324
Железосодерж. смесь		0,0852	0,0069	0,1087	0,0447	1,4302	1,7597	0,4460	100

Таблица 7

Средневзвешенный химический состав флюсовой смеси								
№ п/п	Материалы	n _{ск} , %	Fe _{общ}	Mn _{общ}	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃
1	Флюс 1	18,34	0,1135	0,0298	0,0568	0,0990	0,4584	0,0550
2	Флюс 2	26,29	8,4304	0,7533	0,1393	12,0434	4,2853	0,6572
3	Флюс 3	10,52	0,0353	0,0008	0,0189	0,0294	0,4208	0,0526
4	Флюс 4	44,85	0,2223	0,0243	0,1032	0,1525	1,1213	0,7625
Флюсовая смесь		100	8,8015	0,8082	0,3182	12,3243	6,2858	1,5273

№ п/п	Материалы	CaO	MgO	MnO	Прочие	ппп	Оксиды
1	Флюс 1	14,6697	1,1002	0,0385	0,0550	1,9987	18,3371287
2	Флюс 2	6,5593	1,1830	0,9727	0,0244	0,5889	26,2899722
3	Флюс 3	5,4709	0,0526	0,0011	0,0926	4,4314	10,5209395
4	Флюс 4	23,0988	0,3140	0,0314	4,2206	15,3349	44,8519596

Флюсовая смесь	49,7987	2,6498	1,0437	4,3926	22,3539	100
----------------	---------	--------	--------	--------	---------	-----

Таблица 8

Средневзвешенный химический состав твердого топлива

№ п/п	Матери-алы	пск, %	Fe _{общ}	Mn _{общ}	S _{общ}	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
1	Топливо 1	65,50	1,9669	0,0987	1,2642	2,8122	4,0166	2,4155	0,3516
2	Топливо 2	34,50	0,4432	0,0626	0,0690	0,6336	2,3698	0,8613	0,4814
Топливная смесь		100	2,4101	0,1613	1,3332	3,4458	6,3864	3,2767	0,8330
№ п/п	Матери-алы	MgO	MnO	S _{проч}	C _r	Прочие	ппп	Оксиды	
1	Топл. 1	0,1366	0,1274	1,2642	52,6751	0,3320	1,3690	65,5000136	
2	Топл. 2	0,1719	0,0809	0,0690	19,7685	0,8590	9,2046	34,4999864	
Топливная смесь		0,3085	0,2083	1,3332	72,4436	1,1910	10,5735	100	

Исходя из химического состава каждого компонента шихты и рассчитанного его удельного расхода в сухой массе программа рассчитывает балансовую таблицу с полными химическими составами шихт перед спеканием агломерата или обжигом окатышей, полными химическими составами готового продукта и удельными расходами компонентов шихты в сухом и исходном влажном состоянии с учетом заданных безвозвратных потерь (табл. 9). Причем программа путем приближений обеспечивает невязку в расчете массы получаемого агломерата или окатышей менее 0,05 % при допустимой на практике менее 1,0 %, а расчетная основность готового продукта абсолютно точно соответствует заданной.

Таблица 9

Балансовая таблица расхода компонентов шихты и химического состава агломерата

Удельный расход компонентов шихты		Fe _{общ} , кг	Mn _{общ} , кг	P, кг	S _{общ} , кг	FeO, кг	Fe ₂ O ₃ , кг	SiO ₂ , кг	Al ₂ O ₃ , кг
компоненты	сухая масса кг/т								
Железосодержащие:									
Руда 1	80,127	44,871	0,3579	0,028	0,0482	1,2500	62,765	9,2147	2,003 2
Руда 2	416,2	271,77	5,4278	0,022	0,1852	112,79	263,22	24,972	1,664 8
Руда 3	62,341	24,500	0,2511	0,081	0,0327	4,5883	29,929	3,4288	0,872 8
Руда 4	3,5201	1,3834	0,0493	0,094	0,0007	0,2886	1,6571	0,3168	0,049 3
Руда 5	256,52	135,95	0,7947	0,032	0,1347	21,804	170,14	24,112	3,334 7
Руда 6	26,215	8,9394	0,6578	0,068	0,0048	2,6215	9,8675	2,6215	0,943 7
Руда 7	52,338	37,683	0,3040	0,043	0,0275	30,355	20,141	0,4710	0,157 0
Руда 8	7,6885	0,4283	2,0662	0,076	0,0014		0,6119	2,0221	0,023 1
Флюсовые:									
Флюс 1	15,866	0,3212	0,0152	0,1423	0,0218	0,2031	0,2475	0,3966	0,047 6
Флюс 2	22,747	7,2790	0,6518	0,0871	0,0325	0,0705	10,328	3,7077	0,568 7
Флюс 3	9,1030	0,7689	0,0713	0,0138	0,0248	0,3160	0,4296	0,3641	0,045 5
Флюс 4	38,807	0,5673	0,0393	0,0176	0,0197	0,3702	0,3911	0,9702	0,659 7
Твёрдое топливо:									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Топливо 1	28,879	0,8672	0,0435	0,0186	0,5574		1,2399	1,7710	1,065 0
Топливо 2	15,212	0,1954	0,0276	0,0094	0,0304		0,2794	1,0449	0,379 7
Всего шихты	1054,2	544,72	10,382	0,7328	1,0327	175,14	584,16	75,731	11,47 1
Прирост (+), потеря (-)					-	0,7229	-35,14	39,052	
Агломерат		544,72	10,383	0,7328	0,3099	140,00	623,21	75,731	11,47 1
Удельный расход		CaO,	MgO,	MnO,	MnO ₂ ,	Mn ₂ O ₃ ,	Mn ₃ O ₄ ,	P ₂ O ₅ ,	SO ₃ ,

компонентов шихты		кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг
Компоненты	Сухая масса, кг/т								
Железосодержащие:									
Руда 1	80,127	0,2804	0,1603	0,4621				0,0641	0,0622
Руда 2	416,2	1,4567	0,8324	0,2164	8,3240			0,0504	0,2391
Руда 3	62,341	9,6005	2,9300	0,3242				0,1857	0,0422
Руда 4	3,5201	0,4224	0,1654	0,0320		0,0352		0,2155	0,0009
Руда 5	256,52	27,7040	3,3347	1,0261				0,0734	0,1739
Руда 6	26,215	2,5691	0,2097	0,1180			0,7865	0,1559	0,0062
Руда 7	52,338	0,1727	0,3140	0,3925				0,0986	0,0355
Руда 8	7,6885	0,5920	0,1384	2,6679				0,1742	0,0018
Флюсовые:									
Флюс 1	15,866	12,6927	0,9519	0,0196				0,3262	0,0545
Флюс 2	22,747	5,6753	1,0236	0,8416				0,1997	0,0812
Флюс 3	9,1030	4,7336	0,0455	0,0920				0,0316	0,0621
Флюс 4	38,807	19,9857	0,2717	0,0507				0,0403	0,0492
Твёрдое топливо:									
Топливо 1	28,879	0,1550	0,0602	0,0562				0,0426	0,1028
Топливо 2	15,212	0,2122	0,0758	0,0357				0,0215	0,0603
Всего шихты	1054,2	87,0904	10,1997	5,8502	8,3240	0,0352	0,7865	0,0641	0,0801
Прирост (+), потеря (-)				5,8502	-0,184 -1,532 6,792 4	-0,101 -0,004 0,0316	-0,069 -0,054 0,7315		-0,056
Агломерат		87,0904	10,1997	13,4058				0,0641	0,0240
Удельный расход компонентов шихты		S _{проч} , кг	C _г , кг	Прочие, кг	ппп, кг	Расход сухих, кг/т	Расход сухих с потерями, кг/т	Влажность материала, %	Расход влажных материалов, кг/т
Компоненты	Сухая масса кг/т								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Железосодержащие:									
Руда 1	80,127	0,0161		2,9154	1,378	80,127	83,012	5,3	87,658
Руда 2	416,2	0,1852		1,7036	0,832	416,200	431,1832	9,1	473,828
Руда 3	62,341	0,0327	5,6107	4,7245	0,299	62,341	63,5878	20,2	79,4847
Руда 4	3,5201	0,0007	0,1549	0,3941	0,003	3,520	3,6468	25,1	4,8624
Руда 5	256,52	0,1347	1,2826	2,4061	1,231	256,520	269,3448	3,1	277,961
Руда 6	26,215	0,0048	6,1606	0,2860	0,026	26,215	27,1589	11,2	30,5157
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Руда 7	52,338	0,0275		0,3689	0,251	52,338	54,2219	2,3	55,3284
Руда 8	7,6885	0,0014		2,2359	0,008	7,688	7,9653	11,2	8,9498
Флюсовые:									
Флюс 1	15,866			0,0476	1,729	15,8658	16,1831	4,3	16,9102
Флюс 2	22,747			0,0211	0,509	22,7469	23,2018	4,1	24,1685
Флюс 3	9,1030			0,0801	3,834	9,1030	9,1941	4,5	9,6273

Флюс 4	38,80 7			3,6518	13,27	38,8072	40,7476	4,1	42,4454
Твёрдое топливо:									
Топливо 1	28,87 9	0,5163	23,225 1	0,1464	0,603	28,8798	29,9194	11,5	33,8073
Топливо 2	15,21 2	0,0063	8,7162	0,3787	4,058	15,2115	15,7591	59,85	39,2505
Всего шихты	1054, 2	1,0007	45,150 0	20,577 6	28,12	1054,183	1089,397	8,05	1184,80
Прирост (+), потеря (-)		-0,7005	-42,892		-26,9				
Агломерат		0,3002	2,2575	20,577 6	1,181	1000,192			

Невязка расчета: $[(1000 - 1000,192) / 1000] \cdot 100 = -0,019 \%$

Полный рассчитанный химический состав агломерата приведен в табл. 10.

Таблица 10

Расчетный химический состав агломерата, %									
Материал	Fe _{общ}		Mn _{общ}	P	S _{общ}	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃
Агломерат	55,21		1,05	0,026	0,032	14,00	63,38	7,68	1,14
Материал	CaO	MgO	MnO	SO ₃	P ₂ O ₅	C _r	Прочие	ппп	Всего оксидов
Агломерат	8,83	1,03	1,36	0,08	0,06	0,23	2,09	0,12	100

$CaO / SiO_2 = 1,1497$ д.ед. (при заданной 1,15)

Вывод. Разработана программа расчета удельных расходов компонентов шихты для производства окускованного сырья (агломерата и окатышей) для доменной плавки, которая позволяет производить с высокой точностью (невязка менее 0,05 %) расчет химического состава готового продукта из широкого набора компонентов шихты. Расчет производится с точностью до четвертого знака после запятой. Расчет был опробован в цехах по производству агломерата и окатышей и показал существенное увеличение точности химического состава полученного продукта по сравнению с используемыми на предприятиях.

Рукопись поступила в редакцию 23.03.13

УДК 662.749:067.5

В.П. ЛЯЛЮК, д-р техн. наук, проф.,

Д.А. КАССИМ, И.А. ЛЯХОВА, В.П. СОКОЛОВА, кандидаты техн. наук, доц.,

КМИ ГВУЗ "Криворожский национальный университет"

КАЧЕСТВО КОКСА И ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ

Предложена методика определения показателя $K_{\text{опт}} (V_t)$, позволяющего осуществлять как оперативную оценку оптимальности состава коксующей угольной шихты, так и прогнозировать механическую прочность кокса.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Одними из основных направлений и способов повышения качества кокса является оптимизация марочного состава и свойств угольной шихты, которые определяют физико-механические свойства кокса. При постоянстве технологии подготовки угольной шихты и температурных режимов коксования единственным инструментом, имеющимся у специалистов коксохимического передела и позволяющим управлять прочностью кокса, является состав и качество угольной шихты [1]. Состав угольной шихты и колебания ее качества на 70-80 % определяют прочность кокса. В связи с этим в практике работы коксохимических предприятий для улучшения качества кокса основное внимание уделяют угольной сырьевой базе коксования, а именно оптимизации состава и качества шихты [2].

Анализ исследований и публикаций. В СССР оптимальные составы угольных шихт для конкретных коксохимических предприятий разрабатывали, и при необходимости, корректировали специалисты отраслевых институтов ВУХИН и УХИН. Так опыт работы коксохимических заводов Украины и исследования УХИН в 1969-1970 гг. в области совершенствования технологии производства кокса показывали, что оптимальной шихтой был следующий марочный ее состав: Г 32, Ж 35, К 15, ОС 15, Т 3 [3].