

С. Л. Ярошевский*, А. В. Кузин*, Н. В. Косолап**, И. А. Лукьяненко**

* Донецкий национальный технический университет, Донецк

** ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича», Группа Метинвест, Мариуполь

Перспективные технологии доменной плавки с применением пылеугольного топлива

Выполнен расчет для условий ПАО «ММК им. Ильича» перспективных режимов доменной плавки при вдувании пылеугольного топлива до 175-210 кг/т чугуна, что даст возможность снизить суммарный расход скипового кокса и коксового орешка до 325,7-257,6 кг/т чугуна. Такому снижению расхода кокса способствовали следующие компенсирующие мероприятия: повышение температуры дутья (до 1150-1200 °С) и содержания в нем кислорода (до 25-30 %); вывод из состава дутья природного газа; улучшение качества кокса и агломерата и др.

Ключевые слова: компенсирующие мероприятия, коксовый орешек, пылеугольное топливо, определяющие показатели

В последние 30 лет в мировой практике определяющим компонентом в развитии доменной технологии стало применение пылеугольного топлива. Производство чугуна с применением пылеугольного топлива (ПУТ) возросло до 600 млн. т/год (более 50 %), доля замены кокса ПУТ – до 40-50 %. Данный процесс продолжает интенсивно развиваться качественно и количественно. Причинами эффективного развития ПУТ-технологии являются: во-первых, – наличие в большинстве стран мира значительных ресурсов неспекающихся углей, на порядок превышающих ресурсы нефти и природного газа (ПГ); во-вторых, – существенно большая эффективность применения ПУТ по сравнению с другими видами топлива; и в-третьих, – ПУТ можно результативно использовать для управления нагревом горна [1-3].

Теоретические расчеты и мировая практика показывают, что на основе принципа полной и комплексной компенсации негативного влияния ПУТ на технологию возможна замена им до 70-80 % скипового кокса и снижение удельного расхода последнего до 100-200 кг/т чугуна. Однако, применение ПУТ имеет существенные недостатки и главный из них – очень высокая стоимость пылеугольных комплексов для приготовления и вдувания ПУТ: до 10-15 млн. евро на 1 млн. т/год выплавляемого чугуна. Это обстоятельство обуславливает, соответственно, высокие затраты на эксплуатацию и амортизацию оборудования. Решение вопроса возможно только за счет повышения эффективности технологии, то есть за счет увеличения оптимального расхода ПУТ на 1 т чугуна и снижения расхода кокса.

Подтверждением вышеизложенного является промышленный опыт современных мощных доменных печей в мире. По данным табл. 1 видно, что суммарный расход скипового кокса и коксового орешка (КО) в количестве 250-314 кг/т чугуна обеспечен за счет вдувания ПУТ в количестве 266-183 кг/т чугуна, а также высокого уровня компенсирующих мероприятий: температура дутья, содержание в нем кислорода, а также качество кокса, агломерата и ПУТ.

Окупаемость и рентабельность ПУТ-технологии, согласно данным немецких исследователей, достигается при вдувании на 1 т чугуна 150 кг ПУТ и выше.

На многих металлургических предприятиях Украины в доменных цехах освоена технология с вдуванием ПУТ в количестве 120-170 кг/т чугуна. Теоретические соображения и зарубежный опыт свидетельствуют о целесообразности в данных условиях дальнейшего повышения оптимального расхода ПУТ на основе улучшения шихтово-технологических показателей плавки [1, 4-6].

Периоды и соответствующие компенсирующие мероприятия

В качестве базового принят период работы доменной печи № 5 ПАО «ММК им. Ильича» в июле-августе 2012 г. при нулевом расходе ПУТ. В расчетных режимах 2, 4 и 6 реализуются компенсирующие мероприятия, а в режимах 3, 5 и 7 – вывод ПГ и вдувание ПУТ в количестве 175, 195 и 210 кг/т чугуна соответственно (табл. 2). При этом используют компенсирующие мероприятия согласно табл. 3, в которой представлены преимущественно традиционные компенсирующие мероприятия, в массовом порядке применяемые при вдувании ПУТ в ведущих странах мира: повышение температуры дутья, содержания кислорода в дутье, железа в шихте и др. [2, 3, 7].

В табл. 4 показано, что повышение содержания железа в опытных агломератах обеспечено: в вариантах 1 и 2 – за счет сокращения расхода вторичных железосодержащих материалов и повышения расхода концентрата, а в варианте 3 – за счет ввода в состав аглошихты 207 кг/т агломерата богатой импортной железной руды (Fe – 66 %; SiO₂ – 2 %) вместо криворожской (Fe – 56-59 %). Данный метод улучшения качества агломерата в последние годы применяют более чем в 30 странах мира.

Для получения указанных в табл. 4 опытных агломератов использовали аглошихту аглофабрики ПАО «ММК им. Ильича» за апрель-май 2013 г. основностью 1,24. Удельный расход железосодержащих

Параметры доменных печей при работе с высоким удельным расходом ПУТ [1, 4-6]

Показатели	Франция		Нидерланды		Япония			Китай		Ю. Корея
	2004, ARCELOR Dunkerque, 6	2005, ARCELOR Dunkerque, 4	2005, Corus Ijmuiden, 6	2005, Corus Ijmuiden, 7	Како-гава, 1	Фуку-яма, 3	Муро-ране, 2	2003, Baosteel, 3	2005, Baosteel, 1	2003, Posco, 3
Рабочий объем печи, м ³	1335	3940	2328	3790	3750	2774	1963	4350	н. д.	н. д.
Удельная производительность, т/(м ³ сутки)	2,54	2,34	3,17	2,75	1,88	1,84	2,18	2,09	2,20	2,28
Удельный расход, кг/т										
восстановителей	482	485	507	523	545	555	505	492	511	493
кокса + КО	299	289	274	290	291	289	314	273	250	271
ПУТ	183	196	233	233	254	266	191	219	261	222
Влажность дутья, г/м ³	7,90	15,50	8,80	9,30	17,00	32,00	16,80	н. д.	14,00	16,00
Содержание кислорода в дутье, %	23,30	24,40	32,90	30,60	25,10	25,80	23,80	23,70	24,20	н. д.
Температура дутья, °С	1178	1181	1146	1236	1233	1220	1262	1248	1251	1138
Температура колошникового газа, °С	179	140	118	142	210	251	н. д.	157	239	н. д.
Степень использования газа	0,518	0,496	0,493	0,471	0,496	0,550	0,560	0,503	0,510	н. д.
Доля в железорудной части шихты, %										
агломерата	100	78	45	46	43	77	88	82	73	83
окатышей	0	9	53	51	35	16	0	18	12	5
Температура чугуна, °С	1479	1500	1503	1505	1496	1501	1514	н. д.	1501	1516
Содержание в чугуне, %:										
Si	0,36	0,48	0,41	0,44	0,48	0,34	0,66	0,28	0,30	0,40
S	0,013	0,019	0,032	0,032	0,021	0,027	0,015	0,020	0,021	0,017
Выход шлака, кг/т чугуна	308	274	219	236	265	266	309	258	255	277
Содержание Al ₂ O ₃ в шлаке, %	11,51	11,91	15,70	16,40	15,20	13,80	15,90	15	14,3	14,30
Основность шлака, CaO / SiO ₂	1,20	1,17	1,15	1,15	1,25	1,28	1,26	н. д.	1,21	1,25
Основность шлака, (CaO + MgO) / SiO ₂	1,42	1,37	1,47	1,47	н. д.	н. д.	н. д.	1,46	н. д.	н. д.

компонентов по сухой массе (без учета потерь) представлен в табл. 5.

В готовом ПУТ в расчетах принимали содержание (%): золы – 7,47; серы – 0,27; влаги – 0,95; летучих веществ – 20,7. Для приготовления ПУТ использовали угли марки СС.

Особо следует отметить такое уникальное компенсирующее мероприятие, как подготовка кокса к плавке, широко используемое с 90-х годов прошлого века практически во всех современных доменных цехах за рубежом. В результате внедрения данного мероприятия повышение содержания в скиповом коксе фракции 40-80 мм до 90 % и более, а также введение в смеси с железорудной шихтой 20-170 кг/т чугуна КО создают наиболее благоприятные предпосылки для использования ПУТ в доменной плавке за счет: значительного улучшения газопроницаемости шихты, особенно в определяющей зоне печи (низ шахты, распар); повышения степени использования металлургического кокса в печи на 2-4 %; качественного снижения содержания мелочи 10-0 мм в скиповом коксе; улучшения качества кокса в нижней зоне печи и др. [8-10].

Освоение высокоэффективных технологических

режимов с применением ПУТ и снижением расхода кокса до 250-300 кг/т чугуна в сложившихся шихтово-технологических условиях работы доменных печей невозможно без использования современной подготовки кокса к плавке.

Комплексное воздействие указанных выше компенсирующих мероприятий на технологию создают предпосылки для: повышения расхода ПУТ (до 200 кг/т чугуна и выше); снижения расхода скипового кокса (до 200 кг/т чугуна и ниже) и доли кокса в шихте (до 35 %); сохранения при этом и увеличения производительности печей.

Методика расчета показателей плавки при замене кокса ПУТ

Расчет перспективных режимов заключается в определении расхода кокса по тепловым эквивалентам шихтовых материалов и дутьевым параметрам: температуре, влажности, содержанию дополнительного кислорода и расходам различных углеводородсодержащих добавок, вдуваемых в фурму доменной печи. Основная цель – выполнить серию сравнительных расчетов и определить влияние на расход кокса и производительность

параметров комбинированного дутья при постоянном или изменяющемся составе шихты. Из расчета материально-теплового баланса для базового пе-

риода доменной плавки для последующих проектных расчетов в программе использованы такие показатели как: степень использования CO и H₂

Таблица 2

Перспективные режимы вдувания пылеугольного топлива (база – ДП 5 ПАО «ММК им. Ильича», июль-август 2012 г.)

Наименование	База	Варианты					
		1		2		3	
		компенсация 1	компенсация 1 + вдувание ПУТ	компенсация 2	компенсация 2 + вдувание ПУТ	компенсация 3	компенсация 3 + вдувание ПУТ
Режимы	1	2	3	4	5	6	7
Производительность, %	100,0	107,1	115,4	110,7	119,1	116,7	133,2
Удельная производительность, т/(м ³ сутки)	1,42	1,52	1,64	1,58	1,69	1,66	1,90
Коксовый орешек, кг/т чугуна	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0	120,0	120,0
Сумма кокса и коксового орешка, кг/т чугуна	519,0	483,6	325,7	467,6	304,6	449,3	257,6
Известняк обычный, кг/т чугуна	4	15	10	15	11	23	17
Расход сухого дутья, м ³ /т чугуна	1320	1198	954	1143	885	1083	714
Расход ПГ, м ³ /т чугуна	37,0	37,0	0,0	37,0	0,0	37,0	0,0
Расход ПУТ, кг/т чугуна	0,0	0,0	175,0	0,0	195,0	0,0	210,0
Выход сухого колошникового газа, м ³ /т чугуна	1956	1812	1538	1747	1487	1674	1280
Температура колошникового газа, °С	284	272	219	265	210	265	168
Степень использования CO, доли	0,410	0,437	0,480	0,446	0,496	0,464	0,523
Степень прямого восстановления, доли	0,498	0,505	0,453	0,509	0,425	0,509	0,431
Выход горновых газов, м ³ /т чугуна	1711	1560	1315	1492	1246	1417	1061
Выход восстановительных газов, м ³ /т чугуна	665	611	597	586	588	559	559
Выход шлака, кг/т чугуна	460	394	386	369	363	276	266
Приход серы с шихтой, кг/т чугуна	6,8	5,2	4,4	5,0	4,3	4,8	3,9
Содержание серы в чугуне,	0,017	0,022	0,020	0,023	0,019	0,025	0,019
Теоретическая температура горения, °С	2068	2122	2136	2150	2147	2140	2185
Расход условного топлива, кг/т чугуна	566,95	532,48	512,48	516,15	512,11	497,52	480,25
Изменение себестоимости чугуна, грн./т чугуна	0,00	-43,75	-296,15	-74,64	-307,19	-116,23	-381,68
Определяющие показатели:							
рудная нагрузка, т/т кокса	3,44	3,55	5,27	3,61	5,55	3,56	6,20
выход шлака, кг/т кокса	887	814	1184	789	1190	615	1034
скорость газа в распаре, м/с	7,83	5,76	19,14	5,33	19,68	3,88	16,96

Таблица 3

Набор компенсирующих мероприятий для выполнения перспективных расчетов при вдувании ПУТ для условий ПАО «ММК им. Ильича»

Компенсирующие мероприятия	База	Набор компенсирующих мероприятий			
		варианты			
		1	2	3	
Температура дутья, °С	1056	1150	1200	1200	
Агломерат ММК им. Ильича	с содержанием Fe, %	53,08	54,98	56,06	59,96
	с расходом, кг/т чугуна	1594	1445	1417	1325
Окатыши СевГОК, кг/т чугуна	117	0	0	0	
Окатыши ЦГОК, кг/т чугуна	0	200	200	200	
Применение скипового кокса крупностью, мм	> 28	> 32	40-80	40-80	
Содержание серы в коксе, %	1,00	0,75	0,75	0,75	
Введение коксового орешка, кг/т чугуна	-	0	50	120	
Оптимизация технологического режима (снижение расхода кокса и повышение производства), %	-	1	1	1	
Основность шлака CaO / SiO ₂ , доли ед.	1,24	1,13	1,13	1,14	
Снижение выхода шлака	-	+	+	+	
Содержания кислорода в дутье, %	20,8	25,0	26,0	30,0	

Таблица 4

Качество агломерата, используемого в расчетах, %

Показатели качества агломерата	Июль-август 2012 г.	Агломерат опытный		
		варианты		
		1	2	3
Fe _{общ}	53,08	54,98	56,06	59,96
FeO	12,63	12,16	12,16	12,16
CaO	12,97	11,16	10,54	7,41
MgO	1,31	1,06	0,98	0,90
SiO ₂	9,22	9,00	8,50	5,97
Al ₂ O ₃	1,09	0,85	0,85	0,80
Основность CaO / SiO ₂	1,41	1,24	1,24	1,24

*содержание мелочи 5-0 мм в скиповом агломерате после его грохочения в доменном цехе составляет около 9 %

для колошникового газа; степень прямого восстановления железа; общие потери тепла печи и др. Расчет перспективных технологических режимов с вдуванием ПУТ производят по методике проф. А. Н. Рамма [11] с использованием компьютерной программы, дополненной следующими показателями [3]:

- определение основности шлака при проектных расчетах, в которых можно использовать угольные смеси и марки углей с различным содержанием в них серы;

- время пребывания газа в доменной печи по методике Я. Б. Карпиловского;

- производительность доменной печи с учетом показателя газопроницаемости шихты, существенно изменяющегося при вдувании большого количества ПУТ с использованием методики К. К. Шкодина [11];

- расход условного топлива, в котором для каждого вдуваемого топлива по его элементному составу рассчитывают низшую рабочую теплоту;

- коэффициент замены кокса дополнительным топливом, кг/кг или кг/м³;

- выход горнового газа и газов-восстановителей, м³/т чугуна;

- некоторые методические особенности для режимов вдувания флюсоугольной смеси и колошниковой пыли;

- приведенные затраты, то есть часть себестоимости, которая изменяется за счет введения новых технологических параметров и полученных результатов, грн./т чугуна;

- определение часовых расходов вдуваемых добавок: ПГ, ПУТ и кислорода, кг/ч или м³/ч.

С целью повышения достоверности расчета перспективных технологических режимов использованы

такие параметры, превышение определенного уровня которых маловероятно в реальных сложившихся условиях. К данным параметрам, названным определяющими, относят [3, 4]:

- рудную нагрузку, т/т – не более 6;

- приход мелочи 5-0 мм с железорудной шихтой, кг/т кокса – не более 400;

- выход шлака, кг/т кокса – не более 1000 (при низкопроизводительной работе печи допускается повышать значение данного показателя до 1200);

- выход горнового газа, м³/т кокса – не более 5000;

- теоретическую температуру горения, °С – 2000-2200;

- скорость газа в зоне пластического состояния шихтовых материалов, м/с – не выше 20.

Согласно ранее проведенным исследованиям показано, что погрешность расчета показателей доменной плавки по данной методике составляет ±5 %.

Технология и эффективность доменной плавки с повышенным расходом ПУТ

В табл. 2 приведены данные изменения основных показателей перспективных режимов при вдувании ПУТ и реализации компенсирующих мероприятий.

В режиме 3 (табл. 2) с вдуванием на 1 т чугуна 175 кг ПУТ и реализации компенсирующих мероприятий получены: снижение расхода скипового кокса на 193,3 кг/т чугуна (37,2%); условного топлива – на 54,47 кг/т чугуна (9,6 %); выхода горновых газов – на 396 м³/т чугуна (23,1 %); себестоимости чугуна – на 296,15 грн./т чугуна (прирост производительности на 15,4 %); повышение степени использования восстановительной способности СО – на 0,07 доли ед. О благоприятных изменениях технологии при вдувании ПУТ свидетельствуют также снижение основности шлака (CaO / SiO₂) – до 1,13 ед.; прихода серы с шихтой – на 2,4 кг/т чугуна (34,5 %), что способствовало снижению выхода шлака и явилось весомым компенсирующим мероприятием. Теоретическая температура горения при этом повысилась на 68 °С, что свидетельствует об оптимальных условиях нагрева шихты и сгорания ПУТ в фурменных зонах.

В режиме 5 (табл. 2) с вдуванием на 1 т чугуна 195 кг ПУТ и реализацией соответствующих компенсирующих мероприятий суммарный расход скипового кокса и КО снизился на 214,4 кг (41,3 %), а выход горновых газов – на 465 м³ (27,2 %). При этом наблюдается дальнейший рост степени использования СО до 0,496 доли ед., производительности – на 19,1 % и снижение себестоимости чугуна

Таблица 5

Расход железосодержащих материалов для аглошихты, кг/т агломерата

Показатели качества агломерата	Агломерат опытный		
	варианты		
	1	2	3
Смесь концентратов (%) ЦГОК и ИнГОК в пропорции 8/2 (Fe – 66,8; SiO ₂ – 6,0)	413,32	507,60	538,93
Смесь криворожских аглоруд, % (Fe – 57,29; SiO ₂ – 14,60)	238,49	207,00	0
Импортная аглоруда, % (Fe – 66; SiO ₂ – 2)	0	0	207
Смесь всех железосодержащих отходов, % (Fe – 50,90; SiO ₂ – 9,08; CaO – 10,20)	266,91	200,00	200,00

до 307,19 грн./т чугуна. Однако по сравнению с режимом 3 (табл. 2) резерв компенсации существенно сократился, что видно из соответствующего повышения уровня определяющих показателей: выход шлака, скорость газа в распаре, выход горнового газа и др.

В режиме 7 (табл. 2) с вдуванием ПУТ 210 кг/т чугуна реализованы наиболее мощные компенсирующие средства: повышение содержания в дутье кислорода до 30 %, железа в агломерате – до 59,96 %; введение с железорудной шихтой в печь 120 кг/т чугуна КО. В соответствии с этим снижены выходы на 1 т чугуна горновых газов на 649 м³ (38 %) и шлака на 194 кг (42,1 %), повышена на 117 °С теоретическая температура горения при сохранении на допустимом уровне определяющих показателей плавки. Указанные изменения будут способствовать выходу основных показателей плавки на уровень лучших в мировой практике: повышен расход ПУТ – до 210 кг/т чугуна; снижен расход суммы скипового кокса и КО – до 257,6 кг/т чугуна (50,4 %), условного топлива – до 480,25 кг/т чугуна; прирост производительности печи составил 33,2 %; снижена себестоимость чугуна на 381,68 грн./т чугуна.

Однако, для реализации данного режима необходимо: обеспечить загрузку в печь наравне с агломератом окатышей и КО; освоить на ПАО «ММК им. Ильича» и ПАО «Авдеевский коксохимический завод» современную систему подготовки кокса к доменной плавке; обеспечить поставку на комбинат железной аглоруды, возможно импортной, с содержанием железа более 60 %.

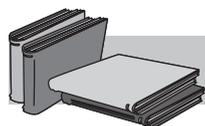
Выводы

1. На основе принципа полной и комплексной компенсации, современных методик для доменного цеха ПАО «ММК им. Ильича» выполнены расчеты технологических режимов с расходом ПУТ 175-210 кг/т чугуна.

2. Для реализации современных технологических режимов с применением ПУТ необходимо внедрение следующих компенсирующих мероприятий:

- вывод из состава дутья ПГ (37 м³/т чугуна);
- повышение температуры дутья – до 1150-1200 °С;
- обогащение дутья кислородом – до 25-30 %;
- увеличение содержания железа в агломерате – до 54,98-59,96 % (за счет сокращения ввода в аглошхту вторичных железосодержащих материалов и замены криворожской аглоруды на импортную с содержанием железа более 60 %);
- снижение основности шлака (CaO / SiO₂) до уровня 1,13-1,14 ед.;
- освоение современной системы подготовки металлургического кокса к доменной плавке и введение в печь КО в смеси с железорудной частью шихты в количестве 50-120 кг/т чугуна.

3. Реализация расчетных технологических режимов доменной плавки с вдуванием ПУТ в количестве 175-210 кг/т чугуна даст возможность снизить суммарный расход скипового кокса и КО – до 325,7-257,6 кг/т чугуна (на 193,3-261,4 кг/т чугуна, 37,2-50,4 %); условного топлива – на 54,47-89,70 кг/т чугуна (9,61-15,30 %); себестоимость чугуна – на 296,15-381,68 грн./т чугуна, а также повысить производительность печи на 15,4-33,2 %.



ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективность полной и комплексной компенсации при освоении пылеугольной технологии доменной плавки / С. Л. Ярошевский, Н. В. Голухин, Ю. В. Филатов и др. // IV Междунар. Конгресс по агло-коксо-доменному производству «Доменное производство: сырьевые и топливные базы, капитальные ремонты, практические вопросы технологии и управления», Ялта (Украина), 16-20 мая, 2011 г. – С. 34-43.
2. *Ярошевский С. Л.* Перспективность и эффективность доменной технологии определяется степенью замены кокса пылеугольным топливом. – Донецк: Норд компьютер, 2007. – 21 с.
3. *Ярошевский С. Л., Афанасьева З. К., Кузин А. В.* Основные принципы расчета и организации технологии плавки при замене дополнительными видами топлива 30-60 % кокса (отечественный и зарубежный опыт) // Тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Творческое наследие Б. И. Китаева», 11-13 февраля 2009. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – С. 138-148.
4. *Ярошевский С. Л., Кузнецов А. М., Афанасьева З. К.* Резервы эффективности комбинированного дутья в доменных цехах Украины. – Донецк: ООО «Норд Компьютер», 2006. – 31 с.
5. Доменное производство Японии в новом столетии. Исследования и технические разработки // Новости черной металлургии за рубежом. – 2007. – № 4. – С. 22-31.
6. *Курунов И. Ф.* Доменное производство Китая, Японии, Северной Америки, Западной Европы и России // Металлург. – 2010. – № 2. – С. 69-77.
7. *Савчук Н. А., Курунов И. Ф.* Доменное производство на рубеже XXI века // Новости черной металлургии за рубежом. Ч. II., Прил. 5. – М.: ОАО «Черметинформация», 2000. – 42 с.
8. Теоретические и экспериментальные основы подготовки кокса к доменной плавке / А. Л. Подкорытов, А. М. Кузнецов, Е. Н. Дымченко и др. // Металлург. – 2009. – № 6. – С. 34-37.
9. Технология и эффективность подготовки кокса к доменной плавке / А. Л. Подкорытов, А. М. Кузнецов, Е. Н. Дымченко и др. // Там же. – 2009. – № 8. – С. 32-37.
10. Теория и практика подготовки металлургического кокса к доменной плавке / В. Г. Гусак, А. М. Кузнецов, А. В. Емченко и др. – К.: Наук. думка, 2011. – 216 с.
11. *Рамм А. Н.* Современный доменный процесс. – М.: Металлургия, 1980. – 304 с.

Анотація

Ярошевський С. Л., Кузін А. В., Косолап М. В., Лук'яненко І. А.

Перспективні технології доменної плавки з використанням пиловугільного палива

Виконано розрахунок для умов ПАТ «ММК ім. Ілліча» перспективних режимів доменної плавки з вдуванням пиловугільного палива до 175-210 кг/т чавуну, що дозволить знизити сумарні витрати скіпового коксу та коксового горішку до 325,7-257,6 кг/т чавуну. Даному зниженню витрат коксу сприяли такі компенсуючі заходи: підвищення температури дуття (до 1150-1200 °С) та вмісту в ньому кисню (до 25-30 %); виведення зі складу дуття природного газу; поліпшення якості коксу та агломерату та ін.

Ключові слова

компенсуючі заходи, коксовий горішок, пиловугільне паливо, визначальні показники

Summary

Yaroshevskiy S. L., Kuzin A. V., Kosolap N. V., Lukyanenko I. A.

Perspective blast furnace technology using pulverized coal

For the conditions of PJSC «Ilyich Iron and Steel Works» the calculation of future regimes of blast furnace melting with coal injection at up to 175-210 kg/t of pig iron is fulfilled. It will reduce the total consumption of skip coke and coke nut to 325,7-257,6 kg/t of pig iron. The following compensatory measures contributed this reduction in coke consumption: increasing temperature of the blast furnace melting up to 1150-1200 °C and the oxygen content up to 25-30 %, the withdrawal of natural gas from blowing, improving the quality of coke and sinter, etc.

Keywords

compensatory measures, nut coke, pulverized coal, defining indicators

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

В редакцию журнала **«Металл и литье Украины»** принимаются рукописи на русском языке и при наличии номера УДК.

Статьи обязательно должны содержать на **3-х языках** (русском, украинском и английском) фамилии, имена, отчества авторов, название статьи, аннотации, ключевые слова.

Статьи должны поступать в редакцию на бумажном (по почте, с подписями всех соавторов) и в электронном виде.