

Ключові слова

термодинамічний аналіз, вірогідність реакцій, фазові перетворення, вуглецевотермічне відновлення, карбідизація

Summary

Grigoryev S., Petrishchev A.

Some physical and chemical regularities of carbothermic chrome restoration

The thermodynamic analysis of reaction probability in Cr-O-C system in a temperature interval 300-2000 K is carried out. Phase transformations while process of chromium oxide Cr_2O_3 carbothermic reduction are investigated. The high probability of parallel carbide-forming along with metallization is revealed. Factograms and results of the x-ray microanalysis confirmed and specified a course of phase transformations. On the basis of a complex research the circuit of transformations in system Cr-O-C in a temperature interval 1073-1473 K is drawn up.

Keywords

thermodynamic analysis, reaction probability, phase transformations, carbothermic reduction, carbide-forming

Поступила 06.06.11

УДК 669.184.244.66

Т. С. Кияшко, С. И. Семькин, Е. В. Семькина, В. И. Пищида*, С. М. Онацкий*

Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск

*ПАО «Евраз-ДМЗ», Днепропетровск

Разработка и опробование ресурсосберегающей технологии рафинирования металла при выплавке в конвертере с низковольтными воздействиями

Промышленно опробована технология конвертерной плавки с заданным режимом смены полярности налагаемого низковольтного потенциала, способствующим эффективному снижению содержания в металле вредных примесей и газов, повышению остаточного уровня марганца и экономии раскислителей на плавку.

Ключевые слова: низковольтный потенциал, кислородное конвертирование, вредные примеси, смена полярности

В течение многих лет в Институте черной металлургии НАН Украины проводятся исследования способа наложения низковольтных потенциалов, в частности при кислородном конвертировании, способствующего улучшению теплофизических, физико-химических и экологических показателей процесса [1-2]. На основании проведенных ранее исследований можно сказать, что получение того или иного эффекта зависит от полярности подводимого к фурме потенциала. В связи с этим актуальными являются разработка и исследование электрического

режима смены полярности по ходу продувки плавки, обеспечивающего получение более высокого уровня эффектов, присущих каждой из полярностей.

Цель работы – разработка и исследование эффективной технологии конвертерной плавки с заданным режимом смены полярности по ходу продувки налагаемого низковольтного потенциала для обеспечения наилучших показателей по рафинированию металла и ресурсосбережению.

С целью исследования характера влияния низковольтного потенциала при неизменной полярности

Рафинировочные эффекты от наложения низковольтного потенциала постоянной полярности при сравнении с вариантом без воздействий по этапам продувки, 160-тонный конвертер

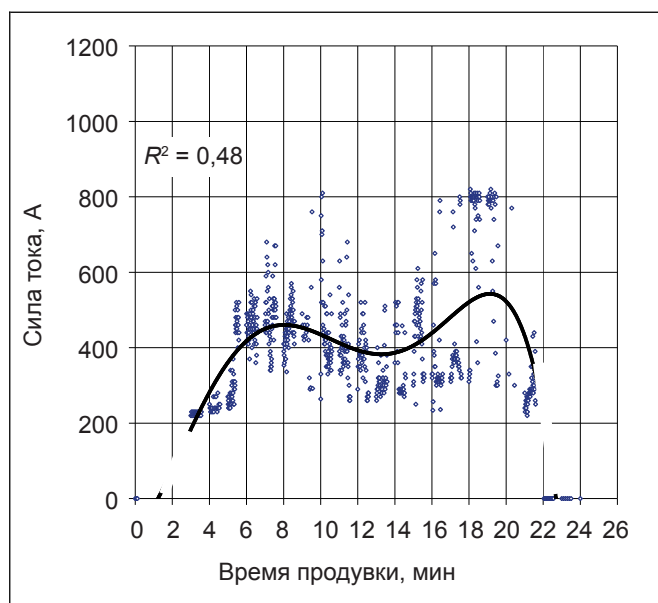
Получаемые эффекты	Этапы продувки по вариантам наложения потенциала					
	на скачивании шлака		на промежуточной повалке		по окончании продувки	
	«минус»	«плюс»	«минус»	«плюс»	«минус»	«плюс»
Повышение температуры металла	+	++	+	++	+	++
Повышение степени окисления углерода	++	-	+	+	+	+
Повышение содержания марганца в металле	+	++	++	-	+	++
Снижение содержания серы в металле	+	+	++	+	+	++
Повышение основности шлака	++	+	++	+	++	+
Снижение окисленности шлака	-	++	+	++	+	++

«+» – улучшение показателя по сравнению с вариантом без воздействий; «++» – улучшение показателя по сравнению с вариантом при противоположной полярности потенциала на фурме; «-» – ухудшение показателя по сравнению с вариантом без воздействий

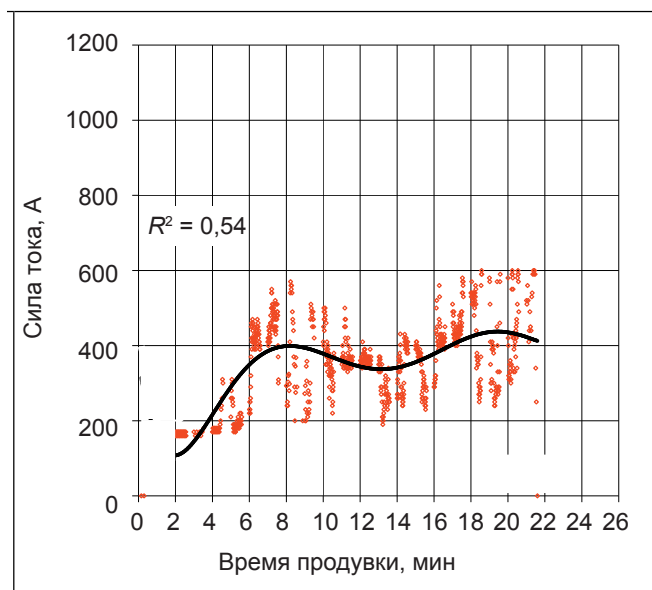
провели эксперименты в условиях работы 160-тонных конвертеров с верхней продувкой и отбором проб шлака и металла на трех этапах продувки: на скачивании шлака, на промежуточной повалке для замера температуры и по окончании продувки плавки [3]. Опытные плавки проводились по трем вариантам: «б/в» – без воздействий, «минус» и «плюс» – с наложением на продувочную фурму низковольтного потенциала отрицательной и положительной полярностей соответственно. Основные рафинировочные эффекты от наложения низковольтного потенциала каждой из полярностей по сравнению с другими вариантами представлены в табл. 1, из анализа которой следует, что индивидуальный, присущий каждой полярности, характер влияния на показатели рафинирования в различные периоды продувки (согласно наибольшему количеству получаемых эффектов по вариантам относительно противоположной полярности – два плюса) может служить основой для разработки рационального режима ведения плавки с наложением низковольтных потенциалов для достижения определенной практической задачи. В частности, возможен режим смены полярности, при котором будет реализовано наиболее эффективное удаление серы в комплексе с увеличением остаточного содержания марганца в металле по ходу всей продувки: наложение на продувочную фурму положительной полярности в начальный и конечный периоды продувки, а в средней части – отрицательной полярности.

Проведенный анализ процесса шлакообразования с использованием фазовых диаграмм и теории направленной химической связи [4] выявил фазовые изменения в шлаке по ходу продувки при наложении определенной полярности низковольтного потенциала, что отражается в изменении физических и химических свойств шлака [3] и, прежде всего, его проводимости. Оценка изменения проводимости шлакометаллической системы (по характеру протекания через нее электрического тока, рисунок) по ходу продувки плавки показала, что ее изменение не зависит от применяемой постоянной полярности и носит переменный характер.

При анализе изменения силы тока по ходу продувки были выявлены: минимум, соответствующий 14 мин продувки, и два максимума – на 8 и 19 мин,



а



б

Рис. Характер изменения силы тока, протекающего через шлакометаллический расплав по ходу продувки плавки при отрицательной (а) и положительной (б) полярностях низковольтного потенциала на фурме

Сопоставление результатов экспериментов по промышленному опробованию технологии конвертирования с определенной сменой полярности по ходу продувки

Параметры плавки	Варианты опытных плавков				
	б/в	минус	минус-плюс	плюс-минус-плюс	плюс-минус-плюс с присадкой руды
Масса чугуна, т	60,46	58,93	58,90	59,00	59,50
Масса металлолома, т	6,91	7,47	7,12	6,90	6,50
Химический состав чугуна, %:					
C	4,54	4,54	4,53	4,53	4,53
Si	0,84	0,85	0,85	0,80	0,78
Mn	0,53	0,49	0,48	0,53	0,50
S	0,034	0,032	0,035	0,030	0,033
Температура чугуна, °С	1284	1280	1280	1282	1280
Присадка ферросплавов, кг/т:					
FeMn	2,33	2,22(-0,11)*	2,15 (-0,18)	1,89(-0,44)	1,74 (-0,59)
SiMn	4,91	5,4(+0,51)	4,3 (-0,61)	3,90(-1,01)	3,42 (-1,49)
Химический состав металла, %:					
C	0,29	0,30	0,29	0,30	0,29
Mn	0,23	0,21	0,23	0,30	0,35
S	0,034	0,029	0,031	0,021	0,020
N	0,0054	0,0040	0,0046	0,0035	0,0038
Масса слитков, т	90,5	91,3	92,2	91,6	91,7
Температура металла, °С	1633	1638	1636	1642	1630
Прирост температуры, °С	349	358	356	360	350
Химический состав шлака, %:					
SiO ₂	19,90	19,10	20,70	18,92	19,10
CaO	48,90	51,10	52,36	51,21	51,15
MnO	4,64	3,46	3,10	2,10	3,50
MgO	6,68	5,18	6,28	5,40	5,40
S	0,120	0,110	0,150	0,721	0,679
P ₂ O ₅	0,97	0,88	0,79	0,84	0,86
Fe _{общ}	13,50	15,20	13,00	16,80	17,12
Степень окисления, %:					
Mn	60,9	61,2	56,9	49,0 (-11,9)	37,0 (-23,9)
S	10,0	18,4	20,3	37,0 (+27,0)	45,0 (+35,0)

*В скобках показаны отклонения по сравнению с вариантом без воздействий

что корреспондируется с полученными результатами специальных исследований по формированию в эти периоды комплексных соединений и соответствующих фазовых изменений [3].

Провели по 10 опытных замеров силы тока по ходу продувки для положительной и отрицательной полярности налагаемого на фурму постоянного потенциала, результаты которых показали отклонение на уровне 0,5 % измеряемой величины, что, вероятно, связано с инструментальной погрешностью и свидетельствует о стабильной повторяемости влияния низковольтного потенциала на проводимость шлакометаллической системы и достаточной достоверности полученных результатов.

Следовательно, осуществление определенной выше смены полярности налагаемого низковольтного потенциала по ходу продувки необходимо производить на 8 и 14 мин продувки (третья точка в 19 мин близка к окончанию продувки и не рациональна для смены полярности в данном варианте технологии конвертирования).

Промышленное опробование разработанной технологии конвертирования с заданным режимом смены полярности налагаемого потенциала проведено в условиях 60-тонного конвертера с верхней продувкой по 50 опытным плавкам по каждому варианту. Для количественной оценки проанализировали результаты выплавки стали одной марки 5пс, наиболее массовой в опытный период (табл. 2). Установили, что уровень остаточного марганца в металле и степень удаления серы, полученные при применении предлагаемой смены полярности («плюс-минус-плюс»), значительно выше, чем в опытах без воздействий («б/в»), а также выше, чем при постоянной полярности в течение плавки («минус») или при используемом ранее чередовании («минус-плюс»).

На плавках по технологии конвертирования с заданным режимом смены полярности остаточный марганец в металле по сравнению с плавками без воздействий повысился в 1,3 раза (до 0,3 %мас.) при снижении степени его окисления на 11,9 %, что согласуется со снижением содержания оксида

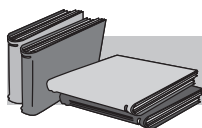
марганца в шлаке на 2,54 %мас. При этом степень десульфурации металла по сравнению с плавками без воздействий увеличена на 27 % при снижении содержания серы в металле на 0,013 %мас. Также отмечен более низкий уровень содержания азота в металле к концу продувки (примерно в 1,5 раза).

Возможность дополнительного повышения остаточного содержания марганца в металле к концу продувки была исследована на плавках по технологии конвертирования с заданным режимом смены полярности с дополнительной присадкой в интервале 60-75 % длительности продувки марганцевой руды («плюс-минус-плюс с присадкой руды») составом, %: Mn – 30; Fe – до 25; SiO₂ – не более 38; S – не более 0,06 в количестве 10 кг/т, что может быть особо актуально при переработке низкомарганцовистых чугунов. Степень окисления марганца была при этом снижена на 23,9 % по сравнению с вариантом без воздействий с повышением содержания марганца в металле на 0,12 %мас. Степень десульфурации металла повысилась на 35 % при снижении содержания серы в металле на 0,014 %мас. Содержание азота в металле в этом варианте было ниже в 1,4 раза по сравнению с вариантом без воздействий.

Полученные результаты по повышению содержания марганца в металле по технологии конвертирования с заданным режимом смены полярности налагаемого низковольтного потенциала подтверждаются снижением количества израсходованных на плавку ферросплавов, содержащих марганец (FeMn и SiMn). На плавках, проведенных по варианту «плюс-минус-плюс», было израсходовано на 0,41 и 1,01 кг/т меньше FeMn и SiMn, чем на плавках без воздействий, что также меньше, чем в варианте «минус-плюс», а по варианту «плюс-минус-плюс с присадкой руды» на 0,59 и 1,49 кг/т меньше FeMn и SiMn, что в 1,2 раза меньше, чем в варианте «минус-плюс» (при варианте «минус» отмечено повышение расхода ферросплавов).

Выводы

Таким образом, в ходе проведенного исследования промышленно опробована технология конвертирования с заданным режимом смены полярности налагаемого низковольтного потенциала по ходу продувки, эффективно способствующим снижению содержания вредных примесей и газов в металле, повышению остаточного уровня марганца и экономии ферросплавов на плавку.



ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование конвертерного процесса при воздействии электрической энергии / С. И. Семькин, В. В. Смоктий, В. Ф. Поляков и др. // Изв. вузов. Чер. металлургия. – 1992. – № 10. – С. 6-8.
2. Разработка и исследование технологии конвертерной плавки с применением электрических воздействий малой мощности / С. И. Семькин, В. Ф. Поляков, Е. В. Семькина и др. // Сб. тр. III-го Конгресса сталеплавателей. – М.: АО «Черметинформация», 1996. – С. 89-92.
3. Семькина Т. С., Семькин С. И. Влияние полярности налагаемого на конвертерную ванну электрического потенциала на состояние и химический состав шлакового расплава // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – 2007. – Вып. 15. – С.125-129.
4. Приходько Э. В. Система неполяризованных ионных радиусов и ее использование для анализа электронного строения и свойств веществ. – Киев: Наук. думка, 1983. – 63 с.

Анотація

Кіяшко Т. С., Семікін С. І., Семікіна О. В., Піщида В. І., Онацький С. М.

Розробка та випробування ресурсозберігаючої технології рафінування металу при виплавці в конвертері з низьковольтним впливом

Випробувано у промисловості технологію конвертерної плавки з визначеною зміною полярності низьковольтного потенціалу, що подається, яка сприяє ефективному зниженню вмісту в металі шкідливих домішок і газів, підвищенню залишкового рівня марганця та економії розкислювачів на плавку.

Ключові слова

низьковольтний потенціал, кисневе конвертування, шкідливі домішки, зміна полярності

Summary

Kiiashko T., Semykin S., Semykina O., Pishchida V., Onatskiy S.

Working out and approbation of resource-saving technology of metal refinement at melting in the converter with low-voltage influences

There is full scale tested a technology of converter melting with certain reversal of polarity of the imposed low-voltage potential that provides effective decrease of detrimental impurities content in metal and gases, increase of manganese residual level and increase of economy of deoxidants for melt.

Keywords

low-voltage potential, oxygen converting, detrimental impurity, polarity reversal

Поступила 04.07.11

УДК 669.76

А. Н. Смирнов, К. Е. Писмарев, А. А. Сердюков, А. Ф. Тонкушин, К. Н. Шарандин*

ООО «Пуянг-Керамет», Донецк

*Донецкий национальный технический университет, Донецк

Оптимизация показателей стойкости и снижение затрат на футеровку конвертера

В настоящее время в мировой практике производства стали в конвертерах наблюдаются доминирующие тенденции повышения стойкости футеровки и снижения удельных затрат на ее эксплуатацию. Представленные исследования выполнены в условиях ПАО «Алчевский металлургический комбинат». Достигнутая рекордная стойкость футеровки конвертера составила 3869 плавов с минимальными удельными затратами (1,67 \$/т стали).

Ключевые слова: конвертер, кампания, огнеупоры, стойкость футеровки, удельные затраты

Важнейшей целью в развитии конструкции футеровки конвертеров является достижение ее высокой стойкости, обеспечивающей такую эффективность работы агрегата, которая соответствует минимальным удельным затратам на огнеупоры [1, 2].

Разработка универсальных подходов к конструированию футеровки кислородных конвертеров с применением принципа сравнительного прогнозирования износа различных участков кладки в зависимости от специфики их «нагружения» – одно из приоритетных направлений исследований на ведущих металлургических предприятиях Европы и Азии. Поэтому проблема повышения стойкости футеровок является актуальной. Она может быть эффективно решена лишь при комплексном подходе, учитывающем основные факторы, влия-

ющие на стойкость: качество применяемых огнеупорных материалов; схема кладки; технологические параметры ведения плавки; способы ухода за футеровкой в течение кампании.

Применение высококачественных периклазоуглеродистых огнеупоров и дифференцированная схема кладки футеровки позволяют значительно увеличить длительность эксплуатации кислородного конвертера. Информация о процессе разрушения периклазоуглеродистых изделий [3, 4] и формировании зон наибольшего износа конвертера с помощью современных методов контроля остаточных толщин футеровки (лазерное сканирование) в течение кампании [5] позволяет совершенствовать качество данных огнеупоров и схему зонной кладки конвертера (рис. 1).

Сбалансированный износ футеровки (равностой-