

Міністерство освіти і науки України
Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти»
Національна металургійна академія України / НМетАУ /
Фізико-технічний інститут металів та сплавів НАН України
Інститут інтегрованих форм навчання НМетАУ /ІнІФН/
Дніпровський освітній центр
Харківський торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного
університету
Національний авіаційний університет

Ministry of Education and Sciences of Ukraine
State Scientific Institution “Institute of Education Content Modernization”
National Metallurgical Academy of Ukraine /NMetAU/
Physico-Technological Institute of Metals and Alloys
of National Academy of Sciences of Ukraine
Institute of Integrated Education /InIE/
Dnipropetrovsk Education Center
Kharkiv Trade and Economics Institute of Kyiv National University
of Trade and Economics
National Aviation University

XII Всеукраїнська конференція молодих вчених
**«МОЛОДІ ВЧЕНІ 2021 –
ВІД ТЕОРІЇ ДО ПРАКТИКИ»**

25 березня 2021 р., м. Дніпро, Україна

М А Т Е Р І А Л И

XII All-Ukrainian Conference of Young Scientists
**«YOUNG SCIENTISTS 2021-
FROM THEORY TO PRACTICE»**

March 25 2021, Dnipro, Ukraine

P R O C E E D I N G S

Дніпро
2021

УДК 001.83(477)(06)

МЗ4

Конференцію включено (№637) до «Переліку міжнародних, всеукраїнських науково-практичних конференцій здобувачів вищої освіти і молодих учених», сформованого ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти» (Лист від 13.01.2021 за №221/10-37)

**Схвалено Вченою радою Інституту інтегрованих форм навчання НМетАУ
і редакційною радою конференції**

Укладачі: Т.С. Хохлова, Ю.О. Ступак

XII Всеукраїнська конференція молодих вчених «Молоді вчені 2021 – від МЗ4 теорії до практики» (25 березня 2021 р., м. Дніпро, Україна): Упорядники: Хохлова Т.С., Ступак Ю.О. - Дніпро-Дике Поле, 2021. – 236 с.

ISBN 978-617-7891-09-2

Збірник матеріалів XII Всеукраїнської конференції молодих вчених «Молоді вчені 2021 - від теорії до практики» (25 березня 2021 р., Дніпро, Україна) містить 64 публікації (доповіді, статті, тези), що надійшли до оргкомітету та прийняті до опублікування.

Proceeding of XII All-Ukrainian Conference of Young Scientists «Young Scientists 2021 - from theory to practice» (March 25 2021, Dnipro, Ukraine) contains 64 reports (articles, theses) submitted to the Organizing Committee and accepted for publication.

УДК 001.83(477)(06)

Верстка збірника здійснена з оригіналів, наданих авторами в електронному вигляді.

Тексти доповідей /статей, тез/ та їх назви в змісті відтворені мовою оригіналу, в редакції, наданій авторами або узгодженій з ними.

Оргкомітет та редакційна рада не несуть відповідальності за якість оформлення графічних елементів доповідей, коректність (щодо обсягів та ін.) запозичень з наукових робіт, а також якість відтворення формул (математичних символів), виконаних з відхиленнями від вимог.

ISBN 978-617-7891-09-2

© НМетАУ, 2021

© ІнІФН, 2021

© Хохлова Т.С., Ступак Ю.О.,
упорядкування, 2021

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА

Студенты И.А. Пышкин, Е.Ю. Бородин, Е.А. Тюленев

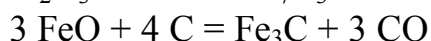
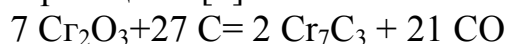
Руководитель - доц., канд. техн. наук И.И. Водин

Национальная металлургическая академия Украины (НМетАУ)

Институт интегрированных форм обучения НМетАУ

г. Днепр

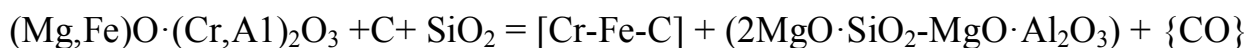
Высокоуглеродистый феррохром получают путем восстановления оксидов хрома и железа хромовой руды углеродом по следующим общепринятым химическим реакциям [1]:



Фактически восстановление оксидов железа и хрома из руд совершается путем более сложных кристаллохимических превращений ступенчато (селективно). Восстановленный до карбида хром растворяется в ранее полученном железе. Продукты восстановления состоят из карбидов железа и хрома $(\text{Fe,Cr})_7\text{C}_3$ и $(\text{Fe,Cr})_3\text{C}_2$, магнезиальной шпинели $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и периклаза MgO . Полученный сложный карбид хрома содержит в себе до 9,5% углерода [1].

Восстановление оксидов железа и хрома порошковых хромовых руд твердым углеродом начинается при 1150-1200°C и заканчивается при 1300-1400°C, а в кусковых рудах начинается при тех же температурах, но заканчивается при более высоких. Твердофазное восстановление в кусковых хромовых рудах идет фронтально, доходит до определенной глубины и останавливается при 1200-1400°C. Это явление происходит из-за образования металлошлаковой оболочки вокруг куска руды или зерна хромшпинелида. Эта плотная и тугоплавкая оболочка представляет собой диффузионный металлошлаковый барьер, препятствующий дальнейшему развитию восстановления в глубине куска или зерна [3].

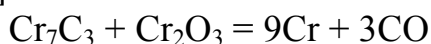
Кремнезем в состав хромшпинелидов не входит, но он косвенно участвует в удалении высокомагнезиальной шлаковой оболочки с реакционной поверхности путем образования жидкоподвижных соединений, например форстерита (2MgOSiO_2) , такой шлак стекает с реакционной поверхности. Так разрушается шлаковый барьер и создается новая оголенная поверхность зерен хромшпинелидов для нового контакта с оксидами железа и хрома. При этом углерод и хромшпинелид находятся в твердом состоянии, а продукты плавки – углеродистый феррохром и шлак - в жидком. Таким образом, кремнезем при выплавке углеродистого феррохрома из кусковых руд является интенсификатором восстановления оксидов железа и хрома хромшпинелидов хромовых руд. На основании этого, суммарную реакцию процесса выплавки углеродистого феррохрома можно описать следующей химической реакцией [1,3]:



Необходимо отметить, что при температурах выше 1600°C дальнейшему развитию восстановления оксидов по глубине кусковых хромовых руд мешает рекристаллизация зерен хромшпинелидов. Это сильно уплотняет руду и затрудняет проникновение восстановителя к внутренним зонам куска руды.

Появление шлаковой оболочки, с одной стороны, и рекристаллизация зерен хромшпинелидов, с другой стороны, создают благоприятные условия для образования рудного слоя в ваннах промышленных печей при выплавке углеродистого феррохрома.

Образующийся в нижних горизонтах ванны печи на границе металл-шлак из невосстановленной и нерастворенной в шлаке кусковой хромовой руды «рудный слой» играет важную роль в процессах рафинирования углеродистого феррохрома от углерода. Частичное обезуглероживание рудным слоем карбидов хрома, образовавшихся в верхних горизонтах печи происходит, по реакции [1,3]:



Для успешного обезуглероживания карбидов хрома и железа необходима повышенная температура процесса, которая достигается подбором оптимального состава шлака.

Рудный слой образуется только кусковыми рудами массивной или густовкрапленной текстуры и крупнокристаллической структуры. В процессе плавки рудный слой находится в непрерывном движении, т.е. постоянно расходуется и обновляется. Расход зависит от интенсивности восстановления и рафинирования, а приход – от притока хромовой руды из новых завалок шихты [3].

Куски и реликты хромовых руд, извлеченные из рудного слоя, как правило, имеют высокое содержание оксида хрома (более 60%) и низкое содержание кремнезема (менее 2%) и состоят в основном из крупных кристаллов хромшпинелидов с тонким слоем цемента. Толщина рудного слоя в ванне печи при выплавке углеродистого феррохрома достигает более 100 мм.

Для получения устойчивого рудного слоя в рудной навеске должно быть не менее 40% кусковой хромовой руды. Рудный слой образуется только кусковыми рудами. Рациональные размеры фракций кусковой хромовой руды подбираются опытным путем. Размер кусков зависит от мощности печи, например, на печах мощностью до 10 МВ·А размер кусков руды должен быть 10-15 мм, при мощности 16,5-33 МВ·А 10-80 мм, а при мощности 63-81 МВ·А 10-160 мм. Необходимо отметить, что искусственно окускованные продукты (окатыши, агломераты и брикеты), изготовленные из мелких хромовых руд, при выплавке высокоуглеродистого феррохрома не создают рудный слой [3].

Для выплавки углеродистого феррохрома определенной марки требуется наличие в составе шихты в соответствующем количестве кусковой хромовой руды определенного качества. Количество кусковой хромовой руды в шихте также определяется опытным путем. Опыт работы Актюбинского

завода ферросплавов показує, що для отримання углеродистого феррохрома марки ФХ800 кускової руди повинно бути не менше 70%, а марки ФХ850 - около 50% и ФХ900 - не менше 30%. Следует отметить, что на 100% кусковой хромовой руды работать невозможно, так как ванна печи заполнится мощным рудным слоем, а при полном выводе кусковой хромовой руды из навески получится углеродистый феррохром с содержанием более 9% С [1,2].

Выбор рационального состава шлаков при выплавке углеродистого феррохрома зависит от природы хромовых руд, точнее от содержания оксидов железа и хрома, а также шлакообразующих - SiO_2 , MgO и Al_2O_3 . Поэтому состав шлаков при выплавке углеродистого феррохрома выбирается по системе SiO_2 - MgO - Al_2O_3 (рис. 1) [1].

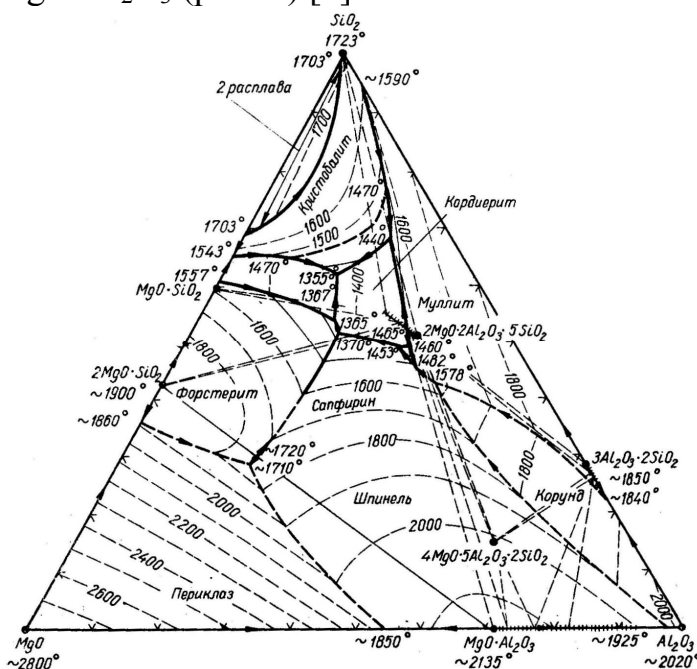


Рисунок 1 - Диаграмма состояния системы SiO_2 - MgO - Al_2O_3 [1]

Выбранный состав шлаков должен обеспечивать нагрев и перегрев углеродистого феррохрома; создавать условия для успешного «капельного» (при движении капель металла через рудный слой) и «донного» (на контакте металл-шлак на подине печи) рафинирования от С и Si; шлак должен быть достаточно подвижным и «длинным» для осаждения королек металла, особенно в ковше при выпуске из печи, хорошо отделяться от слитка металла, обладать достаточным электросопротивлением, чтобы обеспечить глубокую посадку электродов в шихте, обеспечивать получение стандартного металла по содержанию серы и фосфора [1,3,4].

Температурный режим металла и шлака при выплавке углеродистого феррохрома определяется соотношением между содержанием хрома и углерода в сплаве, концентрацией SiO_2 и отношением $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ - в шлаке. Температура плавления выбранного шлака должна быть выше температуры

плавлення металла на 100-150°C, так как нагрів металла при выплавке углеродистого феррохрома идет через шлак, печь работает в режиме сопротивления. Шлак, полученный из оксидов хромовой руды, имеет высокую температуру плавления и вязкость. Такой шлак плохо выходит из ванны печи и способствует перегреву металла. Для снижения температуры плавления и вязкости шлака в шихту добавляют кремнезем (флюсы) в виде отсевов кварцита или высокозольных восстановителей [4].

За долгие годы эксплуатации Кемпирсайского месторождения по мере заглубления карьеров и шахт в добычу начали вовлекаться руды из нижних горизонтов, которые не были подвержены процессам древнего выветривания, что сильно изменило состав вмещающей породы в сторону увеличения содержания оксида магния и уменьшения оксида алюминия. Поэтому значительно изменился и состав хромовых руд, получаемых в последние годы заводами [2].

Так как состав шлаков определяется главным образом составом хромовых руд, соответственно претерпели изменения и их составы в сторону увеличения содержания оксида магния (с 28-32 до 45-48%) и уменьшения оксида алюминия (с 28-29 до 14-15%), в то время как содержание диоксида кремния осталось на необходимом уровне (29-34%) [2,3].

Выводы:

1. Температурный режим металла и шлака при выплавке углеродистого феррохрома определяется соотношением между содержанием хрома и углерода в сплаве, концентрацией SiO₂ и отношением MgO/Al₂O₃ - в шлаке.

2. Для снижения температуры плавления и вязкости шлака в шихту добавляют кремнезем (флюсы) в виде отсевов кварцита или высокозольных восстановителей.

Ссылки

1. Лякишев Н.П., Гасик М.И. Металлургия хрома. - М.:ЭЛИЗ, 1999,-382 с.
2. Хром Казахстана. Гриненко В.І., Поляков О.І., Гасик М.І., Петлюх П.С., Шашкін В.Н., Вихідців В.М., Єлпішев Г.А., Амїралін К.А. – М.: Металургія, 2001. – 416 с.
3. Кадарметов Х.Н. Восстановление оксидов железа и хрома по глубине куска хромовой руды //Известия АН СССР. Металлы. – 1975. № 6. – С. 94-99.
4. Косирьев К.Л., Ольсен С.Е. Кремний і вуглець в хромистих сплавах //INFACON 7, 1995. С. 329-338.

ЗМІСТ CONTENTS

<i>ДО УВАГИ АВТОРІВ</i>	3
<i>TO THE AUTHORS ATTENTION</i>	4

◆ СЕКЦІЯ 1 ◆

«МЕТАЛУРГІЯ, МЕТАЛООБРОБКА, МАШИНОБУДУВАННЯ. НОВІ МАТЕРІАЛИ»

WORKSHOP 1

«METALLURGY, METALWORKING, MECHANICAL ENGINEERING. NEW MATERIALS»

<i>Аджемский С.В., Кононенко Г.А., Подольский Р.В.</i> Дослідження зміни ступеня деформації металу поверхні жароміцного сплаву INCONEL 718 за методом реєстрації макролокальних полів	6
<i>Бейер Е.Ю., Догонов І.О., Євенко О.Р., Соловійова І.А., Николаєнко Ю.М.</i> Аналіз методик та розрахунки сил штамповки при виробництві залізничних коліс	9
<i>Бзенко М.С., Дядик О.В., Николаєнко Ю.М., Соловійова І.А.</i> Ресурсозберігаюча технологія виробництва холоднодеформованих особливо тонкостінних труб з високолегованих сталей і сплавів	11
<i>Бобров М.Д., Жарун О.І., Ковальова І.Б.</i> Дослідження впливу органічних добавок на насипну щільність шихти для коксування ...	13
<i>Брусенський М.С., Брусенський С.С., Дорошенко А.С., Балакін В.Ф., Николаєнко Ю.М.</i> Точність при прокатці труб в круглому калібрі	16
<i>Буряк С.В., Руденко М.Р., Руденко Р.М., Кащев М.А.</i> Дослідження видалення вологи із шару шихти при різних умовах процесу агломерації	20
<i>Гамота В.В., Михайловський М.В.</i> Управління термообробкою сортового прокату на безперервному стані	22
<i>Гращенков М.В., Ясенова О.О., Козлов Г.О.</i> Підвищення експлуатаційної стійкості самоспівливих електродів на основі використання мономаси поліпшеної якості за рахунок застосування електрокальцінованого антрациту	26
<i>Грищенко Д.І., Бейгул О.О., Бейгул В.О.</i> Математичне моделювання формування динамічних навантажень на несучу систему зчленованого контейнеровоза з бугельною рамою	29
<i>Дехтерёв В.В., Чмельва В.С., Перчун Г.И.</i> Влияние величины зерна на свойства сероводородостойких сталей	32
<i>Дзюбіна А.В., Узлов К.І., Кімстач Т.В.</i> Закономірності структуроутворення ливарних алюмінієвих бронз	34

Довга О.В., Коляда Б.І., Часов Д.П., Молчанов В.Ф. Аналіз існуючих методів транспортування стружки та відділення її від мастильно-охолоджуючої рідини	38
Доля В.С., Швайка Н.В. Визначення більш економічних і якісних методів проведення ремонтних робіт та вибору оптимальних ремонтних періодів для підвищення надійності роботи великих феросплавних печей	42
Дупік Н.В., Соколова В.П. Дослідження насипної щільності вугільної шихти з використанням повного факторного експерименту	47
Зайцева Т.А. Рентгеноструктурное исследование процессов распада высокопрочных конструкционных сталей	52
Калиновский С.К., Зайцева Т.А. К вопросу о влиянии электромагнитных полей на формирование структуры и свойств материалов в процессе термической обработки	57
Книжжук О.А., Фісюк В.В., Николаєнко Ю.М., Соловійова І.А. Основні принципи калібровки при валково-роликовій прокатці	60
Коновалов А.С., Василенко В.М. Розрахунок та проектування механізмів пересування кранів та кранових візків	63
Кривчик Л.С., Хохлова Т.С., Пінчук В.Л., Срібрянський Г.О. Зміцнення матричних кілець горизонтального трубопрофільного пресу для виробництва нержавіючих труб шляхом нанесення нанопокриттів аморфних сплавів	65
Курдун В.И., Василенко В.Н. Расчет и проектирование механизма подъема груза мостового крана	74
Лебедев А.О., Иванов В.І., Каюков Ю.М. Щодо нагрівання сталевих заготовок у полумєневих печах камерного типу	76
Мушик А.В., Кормер М.В. Змерзання та примерзання вугілля у процесі його транспортування	80
Носенко О.В., Чубін К.І., Чубіна О.А. Організація технологічного варіанту підвищення ступеня використання вапна, що вдувається у металевий розплав для реалізації технології комплексного рафінування чавуну	82
Пантейков С.П., Семеруніна Л.П., Іванютенко В.В., Осташко О.М. Розробка конструкцій агрегатів і донних дугтьових пристроїв для підвищення стійкості днищ у комбінованих конвертерних процесах з донним перемішуванням ванни	86
Пышкин И.А., Бородин Е.Ю., Тюленев Е.А., Водин И.И. Физико-химические особенности процесса получения высокоуглеродистого феррохрома	92
Руденко О.Г., Махницький І.Г. Дослідження навантаженості елементів приводу поворотного візка крану з магнітами	96
Русакова Н.Є. Використання реляційної бази даних у розробці інформаційної системи для зберігання та аналізу даних магнітного моніторингу металоконструкцій	100

Наукове видання

**ХІІ Всеукраїнська конференція молодих вчених
«Молоді вчені 2021 – від теорії до практики»
25 березня 2021 р., м. Дніпро, Україна**

МАТЕРІАЛИ

Українською, російською та англійською мовами
Відповідальні за випуск: Ступак Ю.О., Журавель О.П.
Укладачі: Хохлова Т.С., Ступак Ю.О.

Комп'ютерна верстка Ступак Ю.О.
Технічний редактор Ступак Ю.О.

Здано на складання 30.03.21. Підписано до друку 31.03.21.
Формат 60x84/16 Папір офсетний. Друк офсетний. Умовн. друк. арк. 13,72.
Наклад 200 прим. Замовлення № 180322

ТОВ «Дніпровський освітній центр»
49000, Україна, м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського, 1/2

Видавництво «Дике Поле»
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Троїцька, 31-А.
Тел.: (050) 454-07-61

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ЗЗ № 004 від 23.08.2001 р.

XII Всеукраїнська конференція молодих вчених «Молоді вчені 2021 – від МЗ4 теорії до практики» (25 березня 2021 р., м. Дніпро, Україна): Упорядники: Хохлова Т.С., Ступак Ю.О. - Дніпро-Дике Поле, 2021. – 236 с.

ISBN 978-617-7891-09-2

Збірник матеріалів XII Всеукраїнської конференції молодих вчених «Молоді вчені 2021 - від теорії до практики» (25 березня 2021 р., Дніпро, Україна) містить 64 публікації (доповіді, статті, тези), що надійшли до оргкомітету та прийняті до опублікування.

Proceeding of XII All-Ukrainian Conference of Young Scientists «Young Scientists 2021 - from theory to practice» (March 25 2021, Dnipro, Ukraine) contains 64 reports (articles, theses) submitted to the Organizing Committee and accepted for publication.

УДК 001.83(477)(06)