

лужно-земельних металів. Б. Ф. Белов, А. І. Троцан, О.В. Власова. Процеси лиття. 2022. - №4 (150).С. 3-12.

5. Атлас шлаков. Справочник, (пер. с нем.) // М.: Металлургия. – 1985. – 208 с.

6. Таблицы физических величин. Справочник. Под ред. Акад. И.К. Кикоина. М.: Атомиздат. – 1976. –1008 С.

7. Хансен М., Андерко КМ. Структура двойных сплавов. М: Металлургиздат, 1962. – т. 2. – 1488с.

8. Куцова В.З. Структурные превращения в кремнии и их влияние на кристаллизацию силуминов / В.З. Куцова, К.И. Узлов // Теория и практика металлургии, 1997. – №2. – С. 19-23.

9.Туровский Б.М. Исследование температурной зависимости вязкости расплавленного кремния/ Б.М. Туровский, И.И. Иванова // Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1974. – №12. – С. 2108-2111.

УДК 621.746.58+669.33

Б. Ф. Белов, А. І. Троцан, О. В. Власова

Інститут проблем матеріалознавства НАН України, м. Київ

РОЗРОБКА НАУКОВИХ ЗАСАД ПРОЦЕСІВ РАФІНУВАННЯ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ РОЗПЛАВІВ ПЛАВИЛЬНИМИ ШЛАКАМИ ТА СПЛАВАМИ МАГНІУ

В даний час інтенсивно розвивається теорія асоційованих розчинів, що складаються з іонно-молекулярних комплексів заданого складу, які знаходяться в динамічній рівновазі з вільними мономірними компонентами [1].

Квазіполікристалічна модель [2] представляє структуру рідини у вигляді кристалоподібних кластерів з ближнім порядком і розпорядкованої міжкластерної зони зі статистичним розподілом атомів (іонів), що знаходяться в динамічній рівновазі, сума відносних часток яких дорівнює одиниці.

Теорія будови металургійних розплавів за моделлю гармонійних структур речовини (теорія МГС - фаз, [3]) розглядає рідину як ансамбль різноупорядкованих та різномірних структурних елементів, що складаються з трьох-, двох-, моно- та нульмірних статистичних утворень, стабільних у заданому інтервалі температур [4].

Моно- та нульмірні розпорядковані елементи утворюють плоскі та об'ємні впорядковані структури іонно-молекулярних комплексів (СІМ-комплекси) у вигляді полігональних (ПГО) та поліедричних (ПДО) осередків заданого типорозміру залежно від квантово-механічних параметрів атомів та природи хімічного зв'язку.

Технологічні властивості (рідкотекучість, адсорбційна ємність) шлаків залежать від їх структурно-хімічного стану, тому для управління такими властивостями актуальною задачею є проведення структурно-хімічного аналізу систем (СХС-аналіз), що входять до шлаку. Основним завданням даної роботи є проведення СХС-аналізу в рамках теорії МГС-фаз, що дозволить визначити стехіометричний, хімічний та фазовий склад, структуру, температури утворення та плавлення, а також область гомогенності рідких та твердих металургійних фаз шлаку.

Системним класифікатором-визначником фізико-хімічних та технологічних параметрів металургійних фаз: склад → структура → властивості → синтез є діаграми стану відповідних систем [5].

Металургійні шлаки належать до силікатних систем, класифікація яких регламентується діаграмою стану CaO-SiO_2 . Технологічні характеристики вапняних шлаків на основі силікатів кальцію залежать від основності $B_0 = \text{CaO/SiO}_2$, яка для доменних шлаків не перевищує 1,4 і відповідає евтектичному складу ранкініт-шлаку $3\text{CaO}_2\text{SiO}_2$. Магnezія (MgO) та глинозем (Al_2O_3) перетворюють силікати кальцію на потрібні фази: силікати кальцій-магнію (магнезіальні шлаки) або алюмосилікати кальцію (глиноземисті шлаки). Предметом досліджень є магнезіальні шлаки системи $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{MgO}$.

Структуризація плавильних доменних шлаків евтектичного складу СІМ-комплекси представлені у вигляді полігональних осередків – полімерних сіток заданих розмірів центрально-симетричних щодо силікатних ланок $(\text{SiO}_4)^{4-}$, з'єднаних через місткові іони кисню з магнієм та кальцієм, які замикаються кінцевими іонами кисню. Геометричні розміри СІМ-комплексів розраховані за квантово-механічними параметрами іонів кисню, кальцію, магнію, кремнію [6].

Структура полігональних осередків свідчить про наявність насичених іонних зв'язків, що виключають реакційну та адсорбційну здатність шлаків. Структурно-хімічні реакції активування шлаку за рахунок розкислення вуглецем переводять кінцеві іони кисню в газову фазу з утворенням окису вуглецю і звільняють хімічні зв'язки кінцевих іонів кальцію з утворенням двох одновалентних іонів кальцію з вільними хімічними зв'язками від кисню, місце якого займає метал.

Полігональна діаграма стану потрібної системи $\text{CaO-SiO}_2 - \text{MgO}$, побудована ПДС-методом в усьому інтервалі концентрацій твердих і рідких вихідних компонентів,

- зона первинних сплавів у центрі трикутника $102(\text{SiCa}_2) - 120(\text{SiMg}_2) - 011(\text{CaMg})$, що включає сплави $111(\text{SiMgCa}) \rightarrow 131(\text{SiMg}_3\text{Ca}) \rightarrow 113(\text{SiMgCa}_3) \rightarrow 112(\text{SiMgCa}_2) \rightarrow 121(\text{SiMg}_2\text{Ca}) \rightarrow 133(\text{SiMg}_3\text{Ca}_3) \rightarrow 122(\text{Si}(\text{SiMg}_3\text{Ca}_3))$;

- зона вторинних сплавів на основі магнію $120(\text{SiMg}) - 010(\text{Mg}) - 011(\text{CaMg})$, що включає також $141(\text{SiMg}_4\text{Ca})$;

- зона вторинних сплавів на основі кальцію $102(\text{SiCa}_2) - 001(\text{Ca}) - 011(\text{CaMg})$, що включає також $114(\text{SiMgCa}_4)$.

Загальна кількість сплавів на діаграмі дорівнює 16, зокрема. два евтектичних сплави. Марочний склад відповідає твердому розчину змінного складу на основі потрійних стехіометричних інтерметалідів. Температури ліквідусу сплавів змінюються в інтервалі $T_{\text{л}} = 860 - 1175$ °С, щільність $\rho = 1,67 - 2,30$ г/см³. Вони розраховані адитивно за температурами плавлення вихідних компонентів структурно-хімічних реакцій та вихідних компонентів сплаву відповідно.

Полігональна діаграма стану потрійної системи Si – Mg – Ca, побудована графічно-аналітичним методом у всьому інтервалі концентрацій вихідних компонентів, містить 16 фаз, дві з яких евтектичні. Слід підкреслити, що довідкові дані для цієї системи відсутні.

Результати даної роботи можуть бути використані для розробки шлакоутворюючих сумішей, процентне співвідношення компонентів яких відповідає взаємодіям, позначеним на діаграмі стану системи, обраної для суміші, і може забезпечити заданий рівень рідкотекучості залізобуглецевого розплаву. Крім того, якщо обране співвідношення компонентів забезпечує високу адсорбційну ємність щодо шкідливих домішок сформованих фаз у шлаковій суміші, відкривається можливість знизити шкідливі викиди.

Література

1. Сучасні фізико-хімічні підходи до моделювання та управління процесами ковшової обробки сталі. О.Х. Шахпазів [та ін.]. Металург. - 2009. - №6. - С.42-47.

2. Архаров В.І. Про внутрішню адсорбцію у розплавах. В.І. Архаров, І.А. Новохатський. ДАН СРСР. - 1969. - Т.185. - №5. - С.1069-1071.

3. Белов Б.Ф. Структуризація металургійних фаз у рідкому та твердому станах. Б.Ф. Белов, А.І. Троцан, П.С. Харлашин. Изв. ВНЗ. Чорна металургія. - 2002. - №4. С.70-75.

4. Гаврилін І.В. Плавлення та кристалізація металів та сплавів. І.В. Гаврилін. Володимир: Держуніверситет. 2000. 260 с.

5. Метод побудови полігональних діаграм стану потрійних металургійних систем. Б.Ф. Белов, А.І. Троцан, І.Д. Буга та ін. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. №48344 від 18.03.2013.

6. Троцан А.І. Про природу хімічного зв'язку елементів у металургійних фазах. А.І. Троцан, П.С. Харлашин, Б.Ф. Белов. Изв. ВНЗ.Чорна металургія. - 2002. - №4. - С.60-63.

7. Белов Б.Ф. Аналіз структурно-хімічного стану дуплекс-систем силікати-силіциди лужного-земельних металів. Повідомлення. 2. Дуплекс-система $\text{SiO}_2 - \text{MgO} - \text{CaO} : \text{Si} - \text{Mg} - \text{Ca}$. Б.Ф. Белов, А.І. Троцан, О.В. Власова. Процеси лиття. 2023. - №1 (151). - С.12-19.

УДК 621.746.58+669.33

Б. Ф. Белов, А. І. Троцан, О. В. Власова

Інститут проблем матеріалознавства НАН України, м. Київ

РОЗРОБКА МЕХАНІЗМУ ДЕСУЛЬФУРАЦІЇ ДОМЕННОГО ЧАВУНУ З ВИКОРИСТАННЯМ СТРУКТУРНО-ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЇ ПЛАВИЛЬНИХ ШЛАКІВ

Підвищення ефективності рафінування доменного чавуну плавильними шлаками є складною проблемою, вирішення якої вимагає врахування багатьох факторів. Одним з таких факторів можна вважати механізм десульфуруючої дії компонентів шлаку, тому його з'ясування є актуальним.

Процеси десульфурації доменного чавуну відбуваються на двох етапах: при його виплавці рафінувальними шлаками та у чавуновозних ківшах магнієм або його сплавами.

Механізм десульфурації реалізується через послідовний ряд структурно-хімічних реакцій, які дозволяють на основі стохастичного аналізу матеріального балансу визначити такі технологічні параметри, як склад, кількість шлаку, магнію та його сплавів, адсорбційну ємність щодо сірки окисульфідних фаз, що утворюються, та порівняти ефективність рафінувальних процесів.

Основними мінеральними фазами плавильних доменних шлаків, що представлені на полігональній діаграмі стану системи $\text{SiO}_2\text{-MgO-CaO}$ [1], є монтічеліт ($\text{SiO}_2\text{MgOCaO} - \text{MT}$) \rightarrow мервініт ($2\text{SiO}_2\text{MgO}_3\text{CaO} - \text{MP}$) \rightarrow окерманіт ($2\text{SiO}_2\text{MgO}_2\text{CaO}$