**Ясинська Олена Олександрівна. Дослідження закономірностей рідкофазного відновлення металів і розробка технології виплавки ливарних сплавів з оксидовміщуючих матеріалів : Дис... канд. наук: 05.16.04 – 2009**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Ясинська О.О. Дослідження закономірностей рідкофазного відновлення металів і розробка технології виплавки ливарних сплавів з оксидовміщуючих матеріалів -**Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – “Ливарне виробництво”. – Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ, 2009.  Дисертаційна робота присвячена дослідженням закономірностей рідкофазного відновлення оксидних матеріалів та розробці ресурсозберігаючого процесу одержання сплавів з техногенних відходів у дугових печах. Встановлено вплив інтенсифікації теплообмінних процесів в рідкій ванні на швидкість протікання реакцій відновлення оксидів заліза та утворення металевої фази. Розкрито більш повно механізм процесу рідкофазного відновлення оксидів металів. Показано, що відновлення оксидів металів відбувається в твердорідкій фазі в зоні інтенсивного теплообміну. Інтенсивне кипіння шлаку суттєво прискорює тепло- та масообмін, в результаті чого відновлювальні процеси повністю завершуються до моменту розплавлення шихти. Досліджено фізико-хімічні процеси при рідкофазному відновленні металів з оксидовміщуючих матеріалів. Встановлено вплив інтенсивності перемішування шлаку та технологічних факторів на поведінку вуглецю, заліза та легуючих елементів Cr, Ni, V, а також сірки та фосфору. Проведені дослідження якості та властивостей сплавів, виплавлених з відвального електросталеплавильного шлаку. В результаті встановлено, що використання оксидних матеріалів при виплавці сплавів дозволяє одержувати метал з достатньо низьким вмістом газів та неметалевих включень.  Досліджено енергетичні параметри процесу та вплив технологічних факторів на економічні показники рідкофазного відновлення оксидних матеріалів. Запропоновані емпіричні залежності для визначення енергоємності та додаткових витрат при рідкофазному відновленні. Розроблено технологічні схеми одержання сплавів з рудної сировини, металургійних шлаків, гальваношламів та відпрацьованих нікель- та ванадійвміщуючих каталізаторів. | |
| |  | | --- | | 1. Проаналізовано стан питання в області використання техногенних відходів для отримання сплавів. Розглянуті способи прямого отримання заліза і способи переробки відходів, що містять цінні легуючі елементи хром, нікель, молібден, ванадій та інші у вигляді оксидів. Показано, що одним з найефективніших способів переробки відходів є рідкофазне відновлення, яке достатньо легко реалізується в існуючих плавильних агрегатах.  2. Більш повно розкрито механізм рідкофазного відновлення оксидів металів. Встановлено, що відновлення оксидів відбувається в твердорідкій фазі в зоні інтенсивного теплообміну. Внаслідок прискореного тепломасообміну відновлювальні процеси повністю завершуються до моменту розплавлення шихти.  3. В процесі відновлювальної плавки оксидної сировини на відновлення оксидів металів витрачається до 94 % вуглецю, на навуглецювання розплаву – до 14 % вуглецю. Мають місце також витрати вуглецю на окислення та втрати зі шлаком.  4. В результаті досліджень встановлено, що ступінь відновлення заліза залежить від способу введення вуглецю в шихту та його кількості. Показано, що якнайповніше залізо відновлюється при надлишку вуглецю в огрудкованій суміші із залізорудним концентратом. Ступінь відновлення заліза при цьому становить 95,5 %. Достатньо ефективно здійснюється відновлення вуглецем та кремнієм, що розчинені в чавуні.  5. Розкислювання шлаку в кінці плавки підвищує вміст хрому в сплаві в 1,2 рази, а при сумісному розкислюванні та скачуванні шлаку його вміст збільшується удвічі. Показано, що при плавці на рідкому «болоті» чавуну відновлювальні процеси протікають більш повно, ніж при плавці без наведення металевої ванни.  6. При відновлювальній плавці відпрацьованих нікелевих каталізаторів більш високий вміст нікелю в сплаві досягається при плавці в печі з основною футерівкою. Ступінь відновлення нікелю 98-100 % досягається при співвідношенні в шлаку CaO/Al2O3= 1, та високій температурі перегріву розплаву.  7. Поведінка ванадію при рідкофазному відновленні залежить від технологічних параметрів та виду відновника. При застосуванні в якості відновника кремнію вилучення ванадію складає в середньому 84,6 %, а при використанні алюмінію фізико-хімічні процеси протікають більш повно, що обумовлює підвищення ступеню відновлення ванадію до 97,8 %.  8. При відновлювальній плавці ванадієвих каталізаторів, що містять 14,2 % S, до 95 % сірки видаляється через газову фазу в результаті термічного розкладання складних сірковміщуючих сполук, присутніх у складі каталізаторів. При відновленні алюмінієм досягається вміст сірки в металі до 0,021-0,024 %, що на порядок нижче в порівнянні з використанням як відновника феросиліцію.  9. Суміщення окислювального та відновлювального періодів при рідкофазному відновленні, а також високий вміст вуглецю у шихті утруднює дефосфорацію металу. Концентрація фосфору в металі залежить головним чином від вмісту його оксиду (P2O5) у шихті.  10. Дослідження особливостей технологічного процесу отримання сплавів з оксидовміщуючих матеріалів при рідкофазному відновленні показали, що найтривалішим і енергоємним є відновлювальний період плавки. Витрати електроенергії у відновлювальний період складають 45-50 % від загальних витрат енергії на плавку в цілому.  11. Високі ступені відновлення металів: заліза – 95-97 %, хрому – 94-96 %, нікелю – 98-100 % і ванадію – 78-98 % обумовлені інтенсивним тепло- та масообміном в процесі плавлення оксидовміщуючих матеріалів.  12. При виплавленні хромистих чавунів з використанням лігатури, виплавленої з відвального електросталеплавильного шлаку, вміст кисню та азоту в сплавах становить до 0,015 % і 0,0047 % відповідно. При легуванні хромом з оксидного розплаву відвального шлаку у чавуні міститься до 0,028 % кисню та до 0,0086 % азоту. В усіх сплавах, виплавлених обома способами, містяться в основному включення сульфідів та силікатів марганцю, у складі яких спостерігається також хром в кількості 2-6 та 15-17 % відповідно. Неметалеві включення переважно дрібні (до 1,25 мкм) та рівномірно розподілені в металевій матриці.  13. Запропоновано емпіричне рівняння для визначення енерговитрат процесу виплавлення легованих чавунів та сталей способом рідкофазного відновлення. Згідно даного рівняння, енерговитрати процесу рідкофазного відновлення залежать від виду та кількості оксидовміщуючих матеріалів у шихті і визначаються симплексом . Енергоємність процесу виплавлення нержавіючої сталі Х18Н10 з шихти, яка містить оксиди хрому та нікелю, порівняно зі звичайною плавкою на брухті збільшується на 23 %, а при виплавленні сталі з вмістом хрому 30 % енергоємність процесу підвищується на 45 %.  14. Розроблено ряд технологій отримання сплавів з оксидовміщуючих матеріалів, що дозволяють знизити собівартість металопродукції за рахунок використання більш дешевих шихтових матеріалів. Зокрема, створена технологія одержання високовуглецевого ферохрому з вмістом хрому до 45-48 %, відмінністю якої є використання відвальних шлаків електросталеплавильного виробництва замість хромової руди.  15. Запропоновано аналітичну залежність, яка дозволяє оцінити додаткові витрати при рідкофазному відновленні. Згідно даного рівняння, додаткові витрати залежать головним чином від кількості відходів у шихті. Оцінні розрахунки показали, що додаткові витрати на енергоносії при рідкофазному відновленні мають незначний вплив на збільшення загальних витрат на виплавлення металу порівняно з плавкою брухту. | |