**Бейцун Сергій Вікторович. Удосконалення процесу ковшового вакуумування на основі математичного моделювання. : Дис... канд. наук: 05.16.02 - 2006.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Бейцун С.В. Удосконалення процесу ковшового вакуумування на основі математичного моделювання. – Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.16.02 «Металургія чорних металів». – Національна металургійна академія України. – Дніпропетровськ, 2005.  Дисертаційна робота присвячена експериментальному і теоретичному дослідженню процесу ковшового вакуумування з метою удосконалювання технології вакуумної обробки сталі.  На основі експериментальних досліджень у промислових умовах вперше отримані статистичні оцінки тривалості технологічних операцій позапічної обробки сталі, уточнені теплофізичні константи і визначені зміни температури розплаву в ковші для кожної технологічної операції в залежності від початкової температури розплаву в ковші, початкової температури внутрішньої поверхні футерівки і маси розплаву, що дозволило розробити адекватні математичні моделі окремих операцій і подійно-імітаційну модель технологічного процесу на ділянці ПОС в цілому.  Уперше на основі експериментальних досліджень отримані залежності повільних змін рівня розплаву і високочастотних коливань його поверхні від тиску у вакуум-камері і витрати аргону на продувку під час вакуумування і розроблена відповідна динамічна модель.  На основі експериментальних і модельних досліджень отримана залежність зміни концентрації розчиненого в сталі водню від часу вакуумування, тиску у вакуум-камері і витрати аргону на продувку. Видалення водню представлене як дія двох взаємозалежних процесів: видалення через відкриту поверхню ванни і видалення в пузирі аргону. Визначені коефіцієнти ефективності кожного процесу.  Виконані дослідження дозволили розробити рекомендації з удосконалювання технології ковшового вакуумування. На базі прогнозуючих моделей розроблена і запропонована до впровадження на ВАТ «Нижньодніпровський трубопрокатний завод» автоматизована інформаційна дорадча система для ділянки позапічної обробки сталі «АІС ДПОС». Запропонована система дозволить вирішити задачі прогнозування зміни температури розплаву під час технологічних операцій позапічної обробки, радіолокаційного контролю рівня розплаву під час вакуумування та прогнозування зміни концентрації водню в розплаві під час вакуумування. | |
| |  | | --- | | 1. У роботі проаналізовані фактори, що впливають на тривалість і режими вакуумної обробки сталі в ковші. Тривалість вакуумної обробки, з одного боку, визначається кінцевим вмістом розчиненого водню в розплаві, а, з іншого, вона обмежена температурою сталі перед розливанням. Раціональні параметри режимів вакуумної обробки (глибина вакууму, інтенсивність його набору, витрата аргону на продувку) залежать від рівня сталі в ковші. Ці режими варто вибирати таким чином, щоб уникнути виплесків розплаву з ковша.  2. В результаті проведеного аналізу показано, що основними факторами, які впливають на втрати температури розплавом, є теплопередача через футерівку і випромінювання з поверхні розплаву. Величина цих втрат залежить від ступеня прогріву футерівки, температури розплаву в ковшах по закінченні випуску, маси розплаву, наявності шлаку чи сумішей, що утеплюють, на поверхні розплаву і тривалості перебування розплаву в ковші. За даними промислових експериментів уточнені теплофізичні властивості матеріалів футерівки ковшів і коефіцієнти випромінювання з поверхні розплаву при виконанні різних технологічних операцій. Розрахункові й експериментальні дані добре збігаються.  3. Тривалість перебування розплаву в ковші і, відповідно, теплові втрати залежать від загального часу виконання технологічних операцій, а для других ковшів однієї плавки – також від часу виконання деяких технологічних операцій над першими ковшами. За даними промислового експерименту визначені послідовність і тривалість виконання технологічних операцій позапічної обробки. Підібрано закони розподілу часу цих операцій. Встановлено, що тривалість технологічних операцій процесу позапічної обробки сталі в ковшах описується логарифмічно–нормальним чи нормальним законами розподілу.  4. Однією з основних підготовчих операцій до вакуумування є обробка розплаву на установці «ківш-піч». На ковші-печі виконується доведення сталі по хімічному складу та її нагрів, щоб забезпечити припустиму температуру сталі перед розливанням з урахуванням можливих теплових втрат.  На зміну температури розплаву під час його обробки на ковші-печі впливають надходження енергії від електродів установки, теплові втрати на випромінювання з поверхні розплаву і через футерівку ковша, а також введення сипучих матеріалів. Виконані розрахунки показують, що продувка аргоном не впливає істотно на зміну температури. Отримано емпіричну залежність зміни температури розплаву під час його обробки на установці «ківш-піч», яка добре збігається з експериментальними даними.  5. У ході промислових експериментів установлено, що теплові втрати розплавом під час вакуумування деякою мірою залежать від температури футерованого захисного екрана, яким накривається ківш у вакуум-камері. Проведені експерименти дозволили одержати регресійне рівняння, що описує швидкість охолодження захисного екрана. Отримано адекватну математичну модель зміни температури розплаву під час вакуумування, що враховує температуру розплаву і захисного екрана перед вакуумуванням, а також масу розплаву в ковші. Модельні й експериментальні дані добре збігаються.  6. Уперше за даними промислового експерименту визначено зміни рівня розплаву в ковші. Встановлено, що повільні зміни рівня ванни викликає зміна тиску у вакуум-камері, а високочастотні коливання поверхні пов'язані з дегазацією і продувкою аргоном. У результаті аналізу експериментальних даних отримані регресійні рівняння, що описують зміну тиску при наборі і скиданні вакууму. Із застосуванням динамічної ідентифікації отримані математичні моделі, що описують зміну рівня металу в ковші при наборі і скиданні вакууму, виконана оцінка трендів зміни рівня ванни при сталому режимі вакуумування. Отримана залежність амплітуд хвиль на поверхні розплаву від витрати аргону на продувку і встановлено, що розподіл цих амплітуд описується нормальним законом. Визначено основні частоти коливань поверхні розплаву. Отримані залежності дозволяють керувати процесом вакуумування таким чином, щоб уникнути переливів і виплесків металу з ковша.  7. Видалення розчиненого водню з рідкої сталі під час ковшового вакуумування розглянуто як два взаємозалежних процеси: видалення водню в пузирі аргону, що продувається через пористу пробку в днищі ковша, і через поверхню розплаву. Видалення водню в пузирі аргону описано рівнянням Геллера, в яке введений поправочний коефіцієнт ефективності дегазації пузирями аргону. У рівняння, що описує видалення через відкриту поверхню, введений коефіцієнт ефективності поверхневої дегазації.  Наявність шлаку на поверхні розплаву в значній мірі перешкоджає процесу поверхневої дегазації, тому видалення розчинених газів доцільно розглядати тільки з відкритої від шлаку поверхні. Площа цієї поверхні залежить від витрати аргону на продувку. У результаті обробки даних промислових експериментів отримані регресійні залежності діаметра відкритої від шлаку поверхні розплаву від витрати аргону при атмосферному тиску і при вакуумі, описана форма буруна й отримана залежність його геометричних розмірів від витрати аргону.  Зіставленням модельних даних і даних промислового експерименту отримані значення коефіцієнтів ефективності дегазації для кожного механізму. Встановлено лінійну залежність між цими коефіцієнтами. В результаті оцінки ефективності механізмів видалення водню з розплаву визначено, що через відкриту поверхню видаляється близько 30 % розчиненого водню, а пузирями аргону – близько 70 %. Отримана математична модель добре збігається з експериментальними даними.  На ВАТ «Нижньодніпровський трубопрокатний завод» запропонована до впровадження автоматизована інформаційна дорадча система ділянки позапічної обробки сталі «АІС ДПОС». Запропонована система заснована на отриманих математичних моделях і дозволяє прогнозувати зміну температури розплаву під час позапічної ковшової обробки, зміну рівня металу в ковші під час вакуумування, зміну концентрації розчиненого водню в сталі в залежності від тривалості і режимів вакуумної обробки. На технічній раді мартенівського цеху ВАТ «Нижньодніпровський трубопрокатний завод» отриманий позитивний відзив, система «АІС ДПОС» рекомендована до впровадження.  Автором створений мультимедійний підручник «Позапічна обробка сталі в ковші». Подійно-імітаційні моделі позапічної обробки сталі використовуються в лабораторному практикумі з дисципліни «Системний аналіз складних систем управління» для студентів спеціальності «Автоматичне управління технологічними процесами і виробництвами». | |