



УКРАЇНА

(19) UA (11) 52407 (13) U  
(51) МПК (2009)  
C21C 7/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ДРІТ ДЛЯ ПОЗАПІЧНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛУРГІЙНИХ РОЗПЛАВІВ КАЛЬЦІЄМ

1

2

(21) u201002060

(22) 25.02.2010

(24) 25.08.2010

(46) 25.08.2010, Бюл.№ 16, 2010 р.

(72) ДЮДКІН ДМИТРО ОЛЕКСАНДРОВИЧ, КИСІ-  
ЛЕНКО ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ(73) ДЮДКІН ДМИТРО ОЛЕКСАНДРОВИЧ, КИСІ-  
ЛЕНКО ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ(57) Дріт для позапичної обробки металургійних  
розплавів кальцієм, який складається з сталеві  
оболонки та порошкового заповнювача, що міс-

тить в собі металевий кальцій у вигляді гранул та  
феросиліцій, який **відрізняється** тим, що вміст  
кремнію в феросиліції становить 8-52 мас. %, а  
співвідношення між складовими частками запов-  
нювача встановлено наступним, мас. %:

металевий кальцій 25-45

феросиліцій 55-75,

причому відношення між вмістом кальцію в запов-  
нювачі і вмістом самого заповнювача в дроті зна-  
ходиться в межах 0,3-0,9.

Корисна модель відноситься до галузі чорної  
металургії, зокрема до позапичної обробки металу-  
ргійних розплавів порошкоподібними реагентами.

Відомий дріт для позапичної обробки сталі ка-  
льцієм, що складається з сталеві оболонки та  
порошкового заповнювача, який містить в собі  
кальцій та кремній у вигляді сплаву - силікокальцію  
марок СК15, СК20 та СК30 (вміст кальцію в сплаві  
становить 15-30 мас. %, "Металл и литьё Украи-  
ны", 2000, № 1-2, с.17-20). Введення кальцію в  
рідку сталь в сплаві з кремнієм дозволяє знизити  
пружність дисоціації парів кальцію й пари остан-  
нього встигають прореагувати в глибині розплаву.  
Цим самим досягається в певній мірі глибинна  
пасивація кальцію й процес обробки сталі перебі-  
гає спокійно. Але цей дріт має ряд недоліків. При  
вказаному вмісту кальцій з кремнієм утворює хімі-  
чно неміцну сполуку  $\text{CaSi}_2$ , до того ж при вмісту  
кальцію 25-30 мас. % температура розплавлення  
такої сполуки відносно низька (близько  $1000^\circ\text{C}$ ),  
що призводить до підвищеного вигару, низького  
ступеню засвоєння кальцію та підвищеним витра-  
там дроту. В заповнювачі дроту також не визначе-  
но співвідношення між кальцієм та кремнієм, вна-  
слідок чого, окремі його частки можуть бути  
перенасичені кальцієм, а інші містити його недо-  
статньо, що призводить до підвищеного вигару Са,  
неповній глобуляризації неметалевих включень та  
нестабільним результатам при використанні дро-  
ту. Крім того силікокальцій СК30 є доволі дорогим  
матеріалом (вартість чистого Са в СК30 більше  
ніж вдвічі вища вартості металевих Са), причому  
при сумарному вмісті в ньому Са 30 мас. % досить

часто значна частина Са знаходиться у вигляді  
оксидів, що неможливо виявити при проведенні  
звичайного аналізу на підприємстві. Це також при-  
зводить до нестабільних результатів та підвище-  
них витрат при використанні дроту з силікокальці-  
єм.

Найбільш близьким за технічною суттю та до-  
сягаємому ефекту до дроту, що заявляється, є  
дріт для позапичної обробки металургійних розп-  
лавів кальцієм, що складається з сталеві оболон-  
ки та порошкового заповнювача, який містить в  
собі металевий кальцій у вигляді гранул та феро-  
силіцій, причому вміст кремнію в феросиліції ста-  
новить 60-95 мас. % (Дріт для присадки кальцію у  
металургійні розплави. Патент України на корисну  
модель № 44818). Цей дріт унікає недоліків, які  
наявні у попереднього дроту, але він має також  
декілька суттєвих вад. Головна з них - це досить  
висока ціна на феросиліцій зі вмістом кремнію 60-  
95 мас. %, що призводить до підвищених витрат  
при використанні дроту. Високий вміст кремнію у  
феросиліції також не дає змогу використовувати  
цей дріт при обробці сталей з низьким вмістом  
кремнію ( $\leq 0,10$  %, або  $0,05$  %), попит на які в  
останні роки значно підвищився. Крім того, неви-  
значеність між вмістом кальцію в порошковому  
заповнювачі та вмістом заповнювача в дроті не  
дозволяє синхронізувати час вивільнення кальцію  
в розплав з часом розплавлення сплаву, що може  
призводити до утворення пари кальцію всередині  
дроту та розриванні оболонки на недостатній гли-  
бині і, як слід, зниженню ефективності використан-  
ня кальцію.

(19) UA (11) 52407 (13) U

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалити дріт для позапічної обробки металургійних розплавів кальцієм шляхом зміни складу заповнювача дроту й використанням в ньому феросиліцію зі вмістом кремнію 8-52 мас. %, визначенням меж співвідношення між вмістом кальцію в заповнювачі та самого заповнювача в дроті, встановленням залежностей як між складовими частками порошкового заповнювача, так і всього дроту в цілому. Рішення цієї задачі дає змогу по мірі занурювання дроту в метал утворювати в середині дроту однорідний залізокальційкремнієвий сплав з відносно високою температурою розплавлення (понад 1200°C), знизити температуру рідкого металу в локальній зоні взаємодії, стабільно досягати вивільнення в розплав і розплавлення утвореного в заповнювачі сплаву та глибинної пасивації кальцію, охопити реакцією взаємодії кальцію з розплавом максимальний об'єм металу в ковші, синхронізувати в часі процеси вивільнення кальцію в розплав і розплавлення утвореного в заповнювачі сплаву. Це дозволяє значно підвищити ефективність використання кальцію, знизити витрати дроту та загальні витрати при позапічній обробці, розширити сферу застосування дроту.

Суть корисної моделі полягає в тому, що в дроті для позапічної обробки металургійних розплавів кальцієм, який складається із сталевих оболонок та порошкового заповнювача, що містить в собі металевий кальцій у вигляді гранул та феросиліцій, вміст кремнію в феросиліції становить 8-52 мас. %, а співвідношення між складовими частками заповнювача встановлено наступним, мас. %:

металевий кальцій -	25-45
феросиліцій -	55-75,

причому відношення між вмістом кальцію в заповнювачі і вмістом самого заповнювача в дроті знаходиться в межах 0,3-0,9.

Спільними з найближчим аналогом суттєвими ознаками є:

- сталеві оболонки;
- порошковий заповнювач, що містить металевий кальцій у вигляді гранул та феросиліцій.

Суттєвими ознаками, що відрізняються від найближчого аналога, є:

- вміст кремнію в феросиліції становить 8-52 мас. %;
  - співвідношення між складовими частками заповнювача встановлено наступним, мас. %:
- |                     |        |
|---------------------|--------|
| металевий кальцій - | 25-45  |
| феросиліцій -       | 55-75, |
- відношення між вмістом кальцію в заповнювачі і вмістом самого заповнювача в дроті знаходиться в межах 0,3-0,9.

Наведені вище ознаки є необхідними й достатніми для всіх випадків, на які розповсюджується область застосування корисної моделі.

Між суттєвими ознаками і технічним результатом - підвищенням ефективності використання кальцію, зниженням витрат дроту та загальних витрат при позапічній обробці, розширенням сфери застосування дроту - існує причинно-наслідковий зв'язок, який пояснюється наступним чином. По мірі занурювання дроту в рідкий метал (сталь) кальцій металевий всередині дроту розплавляється (температура розплавлення кальцію

становить 851°C, температура випаровування - 1492°C), потім феросиліцій також розплавляється (температура розплавлення феросиліцію зі вмістом Si 8-52 % не перевищує 1370°C), далі кальцій розчиняється в розплавленому феросиліції (кальцій необмежено розчиняється в кремнії) і в середині дроту утворюється однорідний залізокальційкремнієвий сплав з відносно високою температурою розплавлення (понад 1200°C). По мірі утворення залізокальційкремнієвого сплаву й розплавлення оболонки дроту перебігає комплекс процесів взаємодії Ca, Si та його сполук в феросиліції FeSi, FeSi<sub>2</sub> та ін. (нагрів, фазовий перехід, дисоціація, розплавлення, розчинення і т.д.) як всередині дроту, так і в локальному місці вивільнення заповнювача в розплав, що знижує температуру в мікрооб'ємах зон взаємодії залізокальційкремнієвого сплаву й рідкого металу. Все це призводить до зменшення вихару кальцію та підвищення його засвоєння при позапічній обробці металургійних розплавів та досягається майже повна глибинна пасивація кальцію. Використання в складі заповнювача металевих кальцію та феросиліцію з означеним співвідношенням (25-45):(55-75), мас. % дозволяє по мірі надходження дроту в рідку сталь утворювати й вивільняти в рідкий метал однорідний сплав, при цьому в глибині розплаву не буде утворюватися локальних зон, перенасичених кальцієм, або навпаки. В локальній зоні взаємодії з розплавом кальцій розчиняється, піддаючи повній глобуляризації всі неметалеві включення. В разі недотримання означених меж співвідношення між металевим кальцієм та феросиліцієм утворюваний сплав буде неоднорідним, окремі його частки можуть бути перенасичені кальцієм, а інші містити його недостатньо, що призводить до піроефекту, викидам та нестабільним результатам при використанні дроту й підвищеним витратам як дроту, так і загальним витратам при позапічній обробці. Визначене співвідношення між вмістом кальцію в порошковому заповнювачі і вмістом самого заповнювача в межах 0,3-0,9 синхронізує в часі процеси вивільнення кальцію в розплав і розплавлення утворюваного сплаву заповнювача, не допускаючи утворення пари кальцію в середині дроту або вивільнення заповнювача в рідку сталь в твердому стані. Співвідношення між вмістом кальцію в порошковому заповнювачі та вмістом заповнювача в дроті у вказаних межах обумовлено тим, що як воно буде менш, ніж 0,3, сплав вивільнятиметься в розплав у твердому стані і будуть додаткові втрати на підігрів та розплавлення матеріалу, підвищений вихар кальцію. Якщо ж вказане співвідношення буде більше, ніж 0,9, це призведе до утворення пари кальцію всередині дроту та розриванні оболонки на недостатній глибині, піроефекту, викидам і, як слід, зниженню ефективності використання кальцію, підвищеним витратам дроту та надмірному пилогазовиділенню. При використанні такого дроту знижуються загальні витрати на позапічну обробку рідкої сталі за рахунок зниження витрат дроту та затрат на його виготовлення (вартість феросиліцію зі вмістом кремнію 8-52 % значно менша, ніж феросиліцію зі вмістом кремнію 60-95 %), причому використовуватися цей дріт може як при обробці

сталей з високим вмістом кремнію, так і при обробці сталей з низьким вмістом кремнію ( $\leq 0,10$  %, або  $0,05$  %).

Проведений аналіз показав, що зазначена сукупність суттєвих ознак забезпечує технічний результат - підвищення ефективності використання кальцію, зниження витрат дроту та загальних витрат при позапічній обробці, розширення сфери застосування дроту.

Готують порошковий дріт наступним чином. Сталеву стрічку профілюють в жолобоподібну оболонку. Дозованими порціями з двох бункерів заповнюють оболонку порошками феросиліцію (вміст кремнію -  $8-52$  мас. %) та металевого (гранульованого) кальцію у необхідній кількості, які рівномірно розподіляється по жолобу оболонки. Потім за допомогою роликів клітей обтискають оболонку і формують замок. Готовий дріт намотується на котушку і поставляється у відділення обробки сталі.

На одному з металургійних комбінатів проведені випробування запропонованого дроту. Заповнення дроту  $\varnothing 15$  мм складає  $240$  г/м (кальцію металевого зі вмістом чистого Са  $98$  % -  $32$  % мас, феросиліцію  $20$  % -  $68$  % мас), відношення між вмістом кальцію в заповнювачі і вмістом самого

заповнювача в дроті становить  $0,58$ . Дріт вводили за допомогою трайбапарату в стальківш на установці доводки металу після усереднювальної проковки під час виробництва сталі 1008 (вміст кремнію  $\leq 0,10$  %,). Витрати дроту склали  $150$  м на  $130$ -т ківш ( $0,3$  кг/т сталі). Проведено  $10$  обробок сталі. В середньому вміст кальцію в готовому металі (проба на МБЛЗ) становить  $0,0020$  %, засвоєння -  $27,8$ %.

На цьому ж комбінаті проведено також обробки з використанням дроту-прототипу. Заповнення такого дроту  $\varnothing 15$  мм також складає  $240$  г/м (кальцію металевого зі вмістом чистого Са  $98$  % -  $32$  % мас, феросиліцію  $65$  % -  $68$  % мас). Засвоєння кальцію із СК30 на проведених обробках складало  $25$  % (готовий метал) при виробництві сталі 1008, але було нестабільним. Для досягнення такого ж рівню кальцію в готовому металі, як і при використанні корисної моделі, цього дроту необхідно ввести на  $20$  % відн. більше, при цьому вміст кремнію в сталі підвищувався до  $0,11$  % і більше, що призводило до браку й не дозволяло використовувати цей дріт в подальшому для обробки вказаних марок сталі. Загальні витрати на позапічну обробку кальцієм при використанні дроту -прототипу при обробці других марок сталі були більшими на  $55$  %.