



УКРАЇНА

(19) UA (11) 26194 (13) U
(51) МПК (2006)
B22D 11/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ЗАПОБІГАННЯ ЗАВИХРЕННЯМ В РОЗПЛАВІ МЕТАЛУ НАД ВИПУСКНИМ СТАКАНОМ

1

(21) u200704340

(22) 19.04.2007

(24) 10.09.2007

(46) 10.09.2007, Бюл. №14, 2007р.

(72) Діюк Євген Пилипович, Носоченко Олег Васильович, Кислиця В'ячеслав Володимирович, Ісаєв Олег Борисович, Ганошенко Ігор Володимирович, Вожол Микола Антонович, Нагорний Сергій Олександрович

(73) Діюк Євген Пилипович, Носоченко Олег Васильович, Кислиця В'ячеслав Володимирович, Ісаєв Олег Борисович, Ганошенко Ігор Володимирович, Вожол Микола Антонович, Нагорний Сергій Олександрович

(57) Спосіб запобігання завихренню в розплаві металу над випускним стаканом при змінах рівня

2

металу в проміжному металургійному ковші, що включає злив металу з основного ковша в проміжний з подальшим витіканням через його випускний стакан в кристалізатор і гальмування вихороутворення, який **відрізняється** тим, що початок подачі металу в кристалізатор визначається його рівнем в роздавальній камері при зливі з основного в проміжний ківш в межах $H_{p.k.}=1,1-1,25H_{кр.}$, а при $H_{p.k.}\leq H_{кр.}$ гальмування процесу вихороутворення виконують в зоні, розташованій навколо випускного стакану і рівній $0,20-0,25D_{пр.}$ і висотою $0,80-1,0H_{кр.}$, де $H_{кр.}$ - критичний рівень розплаву в проміжному металургійному ковші, при якому виникає явище вихороутворення; $D_{пр.}$ - приведений діаметр проміжного ковша.

Корисна модель відноситься до галузі металургії та ливарного виробництва і може бути використана при розливанні рідких металів через проміжні розливні пристрої.

В теперішній час у зв'язку з постійним підвищенням вимог щодо якості металопродукції, постає завдання по забезпеченню чистоти рідких металів, яка досягається при їх рафінуванні різними технічними рішеннями до кристалізації при розливці. Наприклад, рафінування сталі в сталюковшах на установках доводки металу до кристалізації при розливанні на машинах безперервного розливання сталі. Використання промковша в якості агрегату позапічної обробки для вилучення неметалічних включень являється актуальним і, в значній мірі, залежить від організації в ньому ефективної гідродинаміки потоків розплаву. Однією з основних проблем одержання якісної безперервної заготовки є запобігання виникненню умов захвату покривного шлаку в періоди часу, які характеризуються нестабільними режимами розливки і пов'язані зі значними коливаннями рівня рідкого металу в промковшах, коли гідродинаміка потоків докорінно змінюється (періоди: з початку розливки, при зміні промковшів, закінченню розливки, серії плавок).

В такі періоди розливання сталі проходить перерозподіл потоків рідкого металу по зонам промковша, які суттєво відрізняються швидко-силовими характеристиками.

В цих випадках при певній висоті рівня металу (предкритичні чи критичні рівні, обумовлені малими нагарами витікання) в ковші над випускним стаканом формуються суцільні (замкнуті) завихрення зі створенням лійкоподібного руху і, як наслідок - воронки, в яку інтенсивно втягуються частини шлаку та всі присутні нерозчинні включення і домішки сталі. Це призводить до відсорткування заготовок, отриманих при таких умовах розливання. Лійкоподібний рух металу на випускним стаканом зі створенням зони захвату виникає на характерній для промковша певної ємності висоті рідкого металу як результат перетину горизонтальних векторів швидкостей переміщення рідкої сталі вздовж днища промковша та вертикальної швидкості витоку. В ці періоди процес розливання характеризується витоком в нестабільному режимі. На практиці маємо дотримуватися умови, коли $H > H_{кр.}$, тобто дійсний рівень рідкого металу в промковші має бути більшим за критичний для промковша певної ємності. Вихрову зону захвату можна максимально загальмувати (послабити чи зовсім ліквідувати шляхом розбивки замкнутої циркуляції

(13) U

(11) 26194

(19) UA

вихорів над розливним стаканом). Відомо багато способів та пристроїв запобігання чи подавлення явища вихороутворення, які відрізняються різними по складності та промисловій привабливості конструкторсько-технологічними рішеннями.

Відомий спосіб та пристрій [пат. ФРН кл. В22Д 11/10 №3441324] запобігання вихороутворенню в розплаві при його зливі через стакан із розливного резервуару шляхом введення газоподібної речовини. Вона переміщається в противазі (протитоці) з металевим розглавом зі створенням конічної газової завіси, яка розташовується над входом в зливний стакан і екранує його. Газоподібну речовину в розплавлений метал вводять зовні, через зони, які розташовані навколо зливного стакану.

Недоліками цього рішення є:

1) Автори не спираються на вище приведені основні причини, які призводять до утворення вихороподібного руху та в результаті - зони захвату. Розглядається загальний варіант розливання без уточнення гідродинамічної ситуації в промковші. Не приводиться значення рівня металу, при якому треба подавати газоподібну речовину, яких режимів параметрів при цьому треба дотримуватись для забезпечення ефективної дії цього технічного рішення.

2) Крім цього, автори не приводять значення координат зони захвату (вихороутворення), яка має бути диференційованою в залежності від ємності розливного резервуару. Не володіючи перелікованими важелями, ефективно вилити на стабільність розливання впродовж серії плавків (6-20 годин), коли об'єктивно виникають нестабільні режими, стає проблематично. Виникає реальна вірогідність затягування неконтрольованої кількості газових пухирів та шлакових частинок в кристалізатор, що суттєво знижує якість як заготовки, так і отримуваної з неї металопродукції.

Спосіб же згідно з [пат. Японії кл. В 22 Д 11/10 №63-52982], при якому в початковий момент розливки рідку сталь із ковша заливають в проміжний, встановлюючи швидкість підйому дзеркала металу в цьому на рівні $\geq 40 \text{ см/хв}$, дозволяє зменшити втягування повітряних пухирів в розливний стакан і, таким чином, підвищити чистоту сталі та забезпечувати одержання високоякісних заготовок.

Ефективність цього способу обмежена, оскільки має такі недоліки:

1) Ефект досягається тільки в початковий момент розливки і дозволяє тільки частково зменшувати втягування повітряних пухирів. А якщо виникають умови втягування пухирів, то паралельно протікає і процес захвату шлакових часток, які завжди присутні на поверхні рідкого металу.

2) Обмеження ефективності параметру швидкості підйому рівня металу в повній мірі проявляється при використанні металургійними комбінатами промковшів різної ємності, яка сягає меж 18-60 тон. В цих випадках робочі рівні металу в промковшах суттєво відрізняються, а це обумовлює і діапазон значень критичних рівнів, при яких виникає явище вихороутворення. Крім того, ковші різної ємності мають і різні діаметри випускних стаканів, а значить і відрізняється як робочими напорами розливання, так і швидкостями витоку,

що підтверджується загальною формулою гідродинаміки:

$$H_{кр.} = 0,5D(v_0/\rho D)^{0,55}, \text{ де:}$$

D - еквівалентний діаметр каналу, v_0 - середня швидкість витоку.

3) Стальковш, з якого рідкий метал заливають в проміжний, маючи певний діаметр зливного стакану, також обмежений в регулюванні і додержанні потрібних швидкостей підйому дзеркала в зв'язку з падінням напору на протязі розливки до повного його спорожнення.

4) Якщо в початковий момент розливки швидкість підйому рівня металу ще можливо забезпечувати, то при вказаних вище нестабільних режимах, які виникають при розливанні способом "плавка на плавку", коли проводять зміни ковшів чи закінчення розливання серії зі злиттям рідкої сталі до мінімуму (технологічний залишок 6-10 тон), додержання встановленої швидкості об'єктивно стає неможливим. В цих випадках перехід з одного режиму роботи на інший, з одного боку, створює зміни, пов'язані з падінням рівня і витоком рідкої сталі в 1,5-2 рази, які, практично, не підлягають регулюванню, що призводить до порушень в формуванні оболонки заготовки з різким коливанням рівня металу в кристалізаторі, а з другого - затягування струменями повітря і частинок шлакового шару, який завжди присутній на поверхні дзеркала металу та виносу їх у вигляді пухирів і неметалевих включень в кристалізатор, що значно погіршує якість безперервно литої заготовки.

Найбільш близьким до описуваної корисної моделі з відомих по технічній суті є спосіб послідовного лиття в машинах безперервного розливання по [пат. Японії кл. В22Д, 11/18 №63-72460], згідно якому позитивний ефект досягається шляхом встановлення відношення швидкості заливки розплаву із сталерозливочного ковша в проміжний зразу після зміни першого і швидкості заливки розплаву із проміжного ковша в кристалізатор в межах $1,08 \leq W_1/W_2 \leq 2,6$. Такий технічний важель дозволяє вирівнювати кількість включень, які попадають в відлиту заготовку за час зміни сталерозливних ковшів і в середині періоду лиття та забезпечувати якість заготовок, яка відповідає одному стандарту.

Вплив на якість заготовок вказаним параметром співвідношення швидкостей подачі та випуску розплаву із відповідних ковшів має такі недоліки:

1) Додержання стабільного робочого рівня розливу в проміжному ковші певної ємності, при якому лійкоподібний рух металу над випускним стаканом не виникає, пов'язане з труднощами технологічного характеру.

По-перше, не вказується яким чином та якими приладами контролю виконувати запропонований режим регулювання з врахуванням змін як напору металу в сталерозливному ковші, так і площі поперечного перерізу випускного стакану із-за його часткового заростання.

По-друге, час подачі наступного сталерозливного ковша при розливанні способом "плавка на плавку" не є чітко фіксованим, а знаходиться в технологічно-часовому інтервалі, що може призводити до падіння рівня розплаву в проміжному

ковші до критичних значень.

2) Не вирішується головний момент на етапі завершення розливки серії плавов, коли падіння рівня досягає максимуму надходження металу із сталь ковша закінчено, а спорожнення проміжного ковша має проходити з регламентованою швидкістю витоку. В цей період в максимальному ступені виникає явище вихороутворення над розливним стаканом проміжного ковша, а значить ініціюється лійкоподібний рух із затягуванням частинок неметалічних включень зі шлакового шару, який обов'язково присутній на поверхні металу. Це призводить до суттєвого забруднення останніх заготовок (в залежності від ємності проміжного ковша 10-50т), їх відсортунню із-за невідповідності жорстким стандартам ультразвукового контролю.

В основу запропонованої корисної моделі поставлена мета об'єднання дії двох важелів впливу по запобіганню завихренню в розплав металу над випускним стаканом при змінах рівня металу в промковші на протязі всього часового інтервалу розливання серії плавов коли рівні металу в основному та проміжному ковшах об'єктивно змінюються зі створенням умов виникнення та розвитку вказаного явища.

Поставлена задача вирішується тим, що початок подачі металу в кристалізатор визначається його рівнем в роздаточній камері при зливі з основного в проміжний ківш в межах $H_{рк}=1,1-1,25H_{кр}$, а при $H_{рк} \leq H_{кр}$ - гальмування процесу вихороутворення виконують в зоні, розташованій навколо випускного стакану і рівній $0,2-0,25D_{пр}$ і висотою $0,8-1,0H_{кр}$, де: $H_{кр}$ - критичний рівень розплаву в проміжному металургійному ковші, при якому виникає явище вихороутворення, $D_{пр}$ - приведений діаметр проміжного ковша.

Таким чином, за наявності конкретних параметрів впливу досягається ефективно втручання на явище вихороутворення об'єднанням двох важелів, кожен з яких діє відповідно до виникаючих умов на протязі певного часу за період розливання, коли створюється нестабільна гідродинамічна ситуація (початок, кінець розлітання). Оптимальність вибраних параметрів з врахуванням їх дії і, обумовлених в зв'язку з цим, значень силових та швидкісних характеристик потоків, дозволяє, забезпечити як послідовне (початок - кінець розливання) ефективно втручання в процес виникнення та розвитку завихрень металу над випускним стаканом, так і створення умов для їх гальмування.

Спочатку подачу металу в кристалізатор регламентують за рахунок дотримання оптимального рівня його в промковші, а при закінченні, коли він знижується нижче критичного, виконують гальмування, встановленням в зоні з вказаними параметрами спеціальних вогнетривких вихрогасників. В результаті безперервний в дії розподіл важелів впливу на процес вихороутворення впродовж часу розливання в залежності від створюваних умов, пов'язаних з коливанням рівня, на дві стадії, забезпечить сприятливу гідродинамічну ситуацію без затягування частинок покрівного шлаку і, таким чином, високу ефективність процесу в цілому. Такий універсальний підхід вирішення тактики боротьби з явищем лійкоподібного руху металу при

його нестійких рівнях в процесі розливання, гарантує одержання заготовок належної стабільної якості для промковшів, які використовуються в металургійній промисловості і ємність яких знаходиться в широких межах.

Щодо значень рівнів металу в проміжному пристрої, якими визначається початок подачі розплаву в кристалізатор $H_{рк}=1,1-1,25H_{кр}$, то діапазон їх меж, встановлений на базі результатів фізичного моделювання з врахуванням реальних ємностей проміжних розливних пристроїв в промисловості та знання механізму спостережуваного явища завихрення, який пояснюється тим, що з пониженням рівня металу в потоці формується горизонтальна радіальна складова вектора швидкості V_r . Величиною, що визначає даний процес, являється значення циркуляції кругової течії Γ , яку знаходять по формулі: $\Gamma = V_r \cdot r$, де r - максимальний радіус кругового руху.

При зменшенні величини циркуляції значно скорочують час існування завихрень та виводять їх утворення і розвиток за межі критичних рівнів. В значеннях меж рівнів металу врахований і той факт, що зародження завихрень виникає трохи раніше тобто при рівнях дещо більших за критичні (на 17-22%).

Таким чином, мінімальний гідродинамічний напір, що дозволяє залив металу з проміжного ковша в кристалізатор без утворення зони втягування повинен бути більшим за критичний. Недотримання оптимальних значень рівнів металу в роздаточній камері проміжного пристрою при заливі з основного, що визначають чи забезпечують стабільність процесу, призводить до порушення швидко-силових режимів витоку рідкої сталі, утворенню екстремальної турбулентності, що сприяє утворенню лійкоподібного руху і завихрень в розплав над випускним стаканом. Зона, в якій при $H_{рк} \leq H_{кр}$ виконують гальмування процесу вихороутворення, розташована в двох площинах, значення меж якої в горизонтальній визначається максимальним радіусом кругового руху r над випускним стаканом (див. ф-лу циркуляції) і з врахуванням ємності промковща, зміни якої, як правило, досягаються шляхом відповідного корегування його ширини для кращого вилучення неметалевих включень. Зважаючи наведене, в горизонтальній площині навколо випускного стакану зона втягування має межі, значення яких становить $0,2 \div 0,25D_{пр}$.

В вертикальній площині параметри зони мають значення $0,8-1,0H_{кр}$, що ґрунтується на показниках максимальної радіальної складової вектора швидкості, які одержані в експериментах фізичного гідромодельювання, і відповідають цим рівням. Позитивний вплив встановлюваних в зоні лійкоподібного руху з приведеними параметрами вогнетривких вихрогасників полягає в тому, що вони запобігають створенню замкнутого кільцевого вихору потоків навколо і над випускним стаканом. Таким чином, запропоноване технічне рішення дозволяє цілеспрямовано впливати на характер розподілу потоків в розплав металу над випускним стаканом, досягаючи тим самим формування їх траєкторій з швидко-силовими характеристиками.

ками, коли вірогідність утворення завихрень зводиться до мінімуму і не виникає додаткове забруднення розливу металу неметалевими та газовими включеннями.

Промислові випробування запропонованого способу запобігання завихренню в розплаві металу над випускним стаканом проводили на промковшах МБРС, які використовують в конвертерному цеху меткомбінату „Азовсталь” і мають ємність 43т. Окремими експериментами провели контрольну перевірку приведеного діапазону значень протягом всього часового інтервалу розливання окремих та серій плавов як рівнів розплаву, при яких не виникають завихрення, так і інтервалу меж зони ефективного гальмування цього явища.

Фіксуючи наростання рівня металу при зливі його в промківш з основного, подачі розплаву в кристалізатор в початковий час розливання виконували при рівнях 410, 450 та 500мм. Це відповідає розрахунковим даним для промковшів ємністю 43т, критичний рівень для якого становить 280мм. Сприятливі рівні, які гарантують ефективне розливання в початковий період без затягування шлако-

вих частинок мають для промковшів ємністю 43т межі 350-510мм.

Коли в часовому інтервалі розливання настають нестабільні періоди зі значними коливаннями рівня (зміна промковшів, кінець розливання плавки, чи серії плавов) то в цей час спрацьовують вихрогасники, які були встановлені при футеровці промковшів в зоні з зазначеними вище параметрами.

В процесі промислової перевірки встановлено, що спосіб забезпечує просте виконання і дотримання параметрів протягом всього періоду розливання.

Результати металографічних досліджень показали, що спосіб запобігання завихренню в розплаві металу над випускним стаканом при падіннях його рівня забезпечує сталий вплив на появу та розвиток завихрень, втягування шлакових частинок та нерозчинених включень і, як наслідок, одержання безперервно литих заготовок рівнозначних по якості, розлитим при робочих (стаціонарних) рівнях. Очікуваний економічний ефект може скласти 1,3-1,5грн./т сталі.