

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Аргунов Анатолій Микитович

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА НОВИХ ЕФЕКТИВНИХ СПОСОБІВ  
ЗАХИСТУ МЕТАЛУ ВІД ВТОРИННОГО ОКИСЛЕННЯ  
ПРИ ЛИТТІ ЗАГОТОВОК

05.16.04 - Ливарне виробництво

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків - 1996 р.



00360431 (H)

Дисертація в рукописі

Робота виконана у відділі безперервного лиття заготовок  
Українського державного науково-дослідного інституту металів.Науковий керівник - доктор технічних наук, професор  
Шатагін Олег ОлександровичОфіційні опоненти - доктор технічних наук, професор  
Горушкіна Любов Петрівна- кандидат технічних наук  
Антипенко Володимир ФедоровичПровідне підприємство - Дніпровський металургійний  
комбінат ім. ДзержинськогоЗахист дисертації відбудеться "19" серпня 1996р.  
14:00 на засіданні спеціалізованої вченої ради К 02.09.03  
у Харківському державному політехнічному університеті  
(310002, м. Харків, МСП, вул. Фрунзе, 21).З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського  
державного політехнічного університету.Автореферат розісланий "15" серпня 1996 р.Вчений секретар  
спеціалізованої ради

Кузьменко В. І.

ЛННБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Лиття сталі - це завершувачий етап сталеплавильних процесів, що має великий і часто вирішальний вплив на якість заготовки, що відливається.

Рідкий метал на усьому протязі лиття на МБЛЗ піддається інтенсивному окисленню киснем повітря, тому для отримання сталі з низьким вмістом сумішей необхідно запобігти вторинного окислення металу.

У теперішній час при безперервному литті сталі досить добре організований захист струменя металу, що витікає з проміжного ковша у кристалізатор, за допомогою вогнетривких кварцових заглиблених стаканів. Використання цих пристроїв для запобігання окислення струменя розплаву на ділянці сталерозливний-проміжний ковш і виконаних у вигляді вогнетривких кварцових труб викликає значні труднощі при литті сталі, пов'язані з дефіцитом виробів з кварцової кераміки, низькою термічною стійкістю вогнетривкого матеріалу труб, складністю маневрування великогабаритними трубами в умовах лиття на МБЛЗ.

Важливе значення при безперервному литті сталі має надійний захист дзеркала металу у кристалізаторі. Як правило, на практиці при литті сталі на МБЛЗ широко використовують шлакоутворюючі суміші. Засоби захисту, що передбачають їх використання, мають цілу низку недоліків: багатокомпонентність сумішей, не досягається повна ізоляція поверхні металу від окислення і тепловтрат, можливість затягування теплоізолювальних складових шлаків у тіло заготовки і, як слідство цього, порушення стабільності процесу лиття сталі на МБЛЗ.

### Мета і завдання дослідження .

Метою роботи є підвищення якості литого та катаного металу за рахунок обмеження або повного вилучення вторинного окислення струменя сталі на ділянці сталерозливний - проміжний ковш та дзеркала металу у кристалізаторі.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі завдання:

- вивчити теплові та дифузійні процеси під захисті струменя металу вогнетривким екраном;

- дослідити теплофізичні умови лиття сталі з використанням теплоізолюючих плит для захисту дзеркала металу у кристалізаторі;
- вивчити взаємодію вогнетривких матеріалів плити з рідким розплавом та мастилом, що подається у зазор між оболонкою заготовки, що твердне, і стінкою кристалізатора ;
- розробити пристрій для запобігання вторинного окислення струменя металу на ділянці сталерозливний-проміжний ковш;
- розробити технологію безперервного лиття заготовок із захистом поверхні сталі у кристалізаторі термостійкими плитами;
- розробити спосіб та пристрій для подавання рідкого мастила у зазор між плитою і стінкою кристалізатора;
- розробити технологію виготовлення вогнетривких , термостійких матеріалів;
- дослідити вплив розроблених засобів і способів захисту сталі від вторинного окислення на якість литого металу та прокату;
- випробувати та освоїти технологію безперервного лиття заготовок з використанням запропонованих технічних рішень.

Наукова новизна роботи. На основі вивчення теплофізичних умов роботи еcranів для захисту струменя металу від вторинного окислення отримано рівняння , що дозволяє визначати температуру поверхні еcranів та їх розмірні параметри.

У результаті теоретичних досліджень дифузійних процесів, що відбуваються при захисті потоку розплаву на ділянці сталерозливний-проміжний ковш еcranом з подаванням інертного газу, розроблена математична модель дегазації струменя сталі з урахуванням гідродинамічних властивостей витікаючого металу.

На основі вивчення взаємодії рідкої сталі з матеріалом плити та мастилом у зоні заливки металу у кристалізатор отримані залежності для вивчення припустимих радіусів меніска розплаву на межах розділу фаз.

Розроблена математична модель теплового поля при захисті поверхні металу у кристалізаторі вогнетривкими плитами.

Практична цінність. Розроблено та випробувано пристрій , що дозволяє запобігти окислення струменя металу , що витікає зі сталерозливного ковша, еcran якого виконано з

графіто-кремнеземних матеріалів з визначеним коефіцієнтом теплопровідності, що дозволило значно підвищити його термічну стійкість.

На основі проведених розрахунків дегазації струменя металу встановлено, що для інтенсифікації цих процесів необхідно так організувати витікання потоку розплаву, щоб максимально збільшити протяжність краплинної та емульсійної зон.

У результаті дослідження температурного режиму за товщиною плити і розплаву під нею встановлені розмірні і теплофізичні параметри плит, що забезпечують стабільне лиття металу з мінімальним перегрівом.

Розроблено технологічні режими безперервного лиття заготовок із захистом дзеркала металу у кристалізаторі термостійкими плитами.

Розроблено і випробувано пристрій для дискретного подавання мастила у зону заливки металу у кристалізатор, що дозволяє повністю автоматизувати процес подавання мастила.

Вперше розроблено технологію виробництва плит та екранів для захисту металу від вторинного окислення на основі графіто-кремнеземних волокнистих матеріалів, що забезпечує безперервне їх використання при литті сталі на МБЛЗ протягом 3-5 годин.

Розроблено і випробувано шлакоутворюючу суміш для подавання у зазор між плитою і стінкою кристалізатора на основі пірокарбону (продукту переробки побутових відходів), що дозволяє замінювати дефіцитний аморфний графіт.

Реалізація роботи у промисловості. Розроблені способи і засоби захисту металу від вторинного окислення пройшли промислове освоєння при литті вуглецевих та низьколегованих марок сталі.

Промислове освоєння технології безперервного лиття сталі із захистом поверхні металу у кристалізаторі термостійкими плитами на Череповецькому металургійному комбінаті дозволило знизити брак литих слабів на 0,03 %, зменшити кількість проривів під кристалізатором на 20 %, при цьому річний економічний ефект дорівнює 150,9 тис. крб. (у цінах 1987 р).

Лиття під плитами за розробленою промисловою технологією на

Маріупольському металургійному комбінаті "Азовсталь" дозволило знизити брак безперервнолитих заготовок на 0,35 %, при цьому річний економічний ефект дорівнює 16 млрд. 897 млн. крб. (у цінах 1993 р).

Апробація роботи. Основні результати роботи викладені та обговорені на:

- IX науково-технічній конференції "Удосконалення процесів розливки і кристалізації сталі" (Київ, 1984);
- науково-практичному семінарі "Композиційні вуглецеві матеріали та їх застосування у хімії та металургії" (Москва, 1984);
- III міжвузівській науково-технічній конференції "Теплофізичні процеси при безперервній розливці та прокатці смуг та листів" (Череповець, 1984);
- науково-технічній конференції молодих вчених "Ефективні вогнетриви та їх впровадження у промисловість" (Харків, 1984);
- семінарі "Сучасний стан безперервної розливки сталі і сплавів та перспективи їх застосування" (Харків, 1984);
- XV - XVIII науково-технічних конференціях молодих вчених і спеціалістів. УкрНДІМета (Харків, 1984-1986);
- науково-технічній конференції "Шляхи підвищення якості та економічності ливарних процесів" (Одеса, 1995);

Публікації. За темою дисертації опубліковано 11 робіт, з них 4 авторських свідоцтва.

Обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаної літератури, що містить 74 найменування, і додатків. Основна частина роботи має 92 аркуші друкованого тексту, 16 рисунків, 29 таблиць.

#### ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

1. Теоретичні дослідження дифузійних і теплових процесів при захисті металу від вторинного окислення при безперервному литті заготовок.

У результаті дослідження теплових умов роботи екранів було

отримано рівняння для визначення температури поверхні стінки екрана з урахуванням конвективного переміщення сталі:

$$t_{\Pi} = \frac{t_c - t_{\text{ср}}}{\frac{\delta_e}{\lambda_e} \cdot \alpha + \frac{\alpha_{\Pi} \cdot d}{8,4 \cdot \left(\frac{\omega \cdot d_0}{\alpha}\right)^{0,65}} + 1} + t_{\text{ср}}, \text{ де}$$

- $t_{\Pi}$  - температура поверхні екрана,
- $t_c$  - температура витікаючого струменя металу,
- $t_{\text{ср}}$  - температура оточуючого середовища,
- $\delta_e$  - товщина стінки екрана,
- $\lambda_e$  - коефіцієнт теплопровідності екрана,
- $\alpha_{\Pi}$  - коефіцієнт теплопровідності на поверхні екрана,
- $d$  - діаметр екрана,
- $\omega$  - швидкість течії металу,
- $d_0$  - діаметр каналу сталерозливного стакана,
- $\alpha$  - коефіцієнт температуропровідності рідкої сталі.

Згідно проведених розрахунків (рис.1) було встановлено, що для підвищення стійкості екранів, виготовлених з графіто-кремеземних волокон, коефіцієнт теплопровідності останніх не повинен перевищувати 3,1 Вт/(м·К), що дозволяє запобігти недопустимого для цих матеріалів розігріву вище 1273 К.

Було проведено вивчення процесів дегазації струменя металу при захисті її екраном, у середину котрого подається інертний газ. Для цього вирішили рівняння Фіка  $\frac{dc}{dt} = D \frac{d^2c}{dx^2}$  стосовно дифузії кисню шляхом кінцево-різницевої апроксимації математичної моделі та розробки алгоритма, що його реалізовано за явною схемою на ЕОМ.

Згідно гідродинамічних властивостей розповсюдження потоку металу, механізм переносу кисню через міжфазну поверхню визначаємо слідуючими критеріальними залежностями: для турбулентної зони  $Nu = 0,036 Pr^{0,4} \cdot Re^{0,8}$ ; для краплинної зони  $Nu = 0,8 Pr^{0,66} \cdot Re^{0,96}$ ; для емульсійної зони  $Nu = 0,13 (Pr \cdot Gr)^{1/3}$ .

Згідно розрахунків на ЕОМ було встановлено, що зниження вмісту кисню є максимальним (до 40%), якщо діаметр стакана

сталерозливного ковша дорівнює 0,12 м, довжина струменя дорівнює 0,9 м. При цьому найбільша кількість кисню видаляється у краплинній та емульсійній зонах.

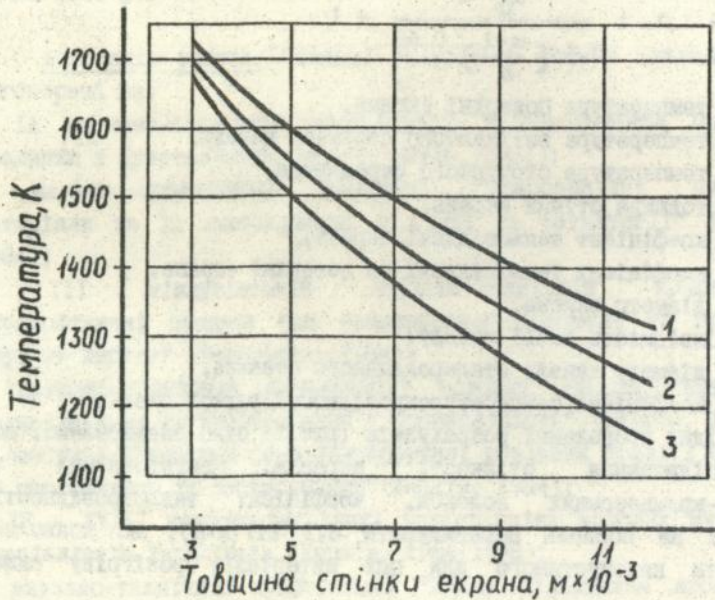


Рис.1 Змінення температури за товщиною стінки екранів у залежності від коефіцієнта теплопровідності матеріалу ( $\lambda$ ):  
1-  $\lambda_1 = 5,0$  Вт/(м·К); 2-  $\lambda_2 = 3,7$  Вт/(м·К); 3-  $\lambda_3 = 2,5$  Вт/(м·К).

Розрахунок температурних умов лиття сталі під плитами виконували за одновірним рівнянням теплопровідності:

$$c \cdot \gamma \frac{\delta T}{\delta t} = \lambda \cdot \frac{\delta^2 T}{\delta x^2}$$

Задачу вирішували на ЕОМ методом кінцевих різностей за явном кінцевою схемою. Дані розрахунків приведені на рис.2.

Вивчення теплових полів дозволило встановити оптимальну температуру межі розділу плита-метал і прогнозувати теплоізолюючі властивості останньої, що забезпечує лиття сталі з мінімальним перегрівом 5-10°.

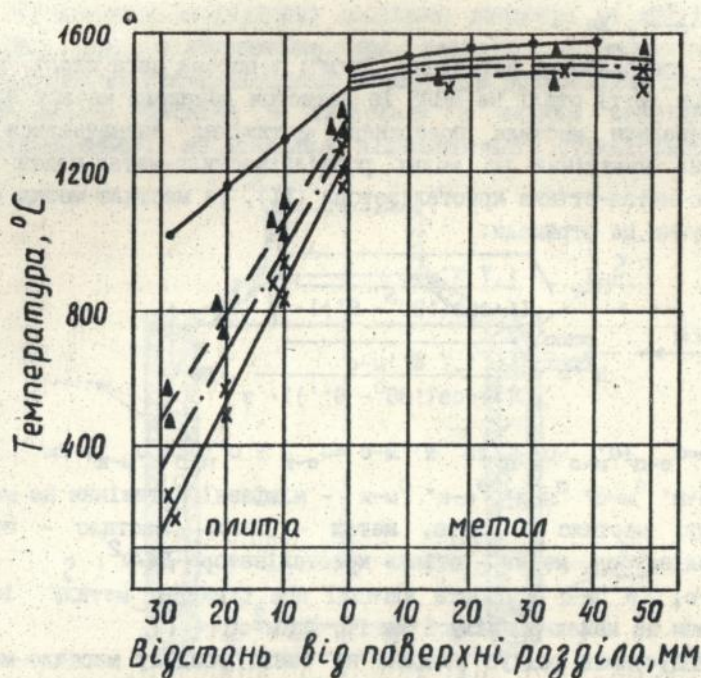


Рис2. Змінення температури за товщиною плити і в металі під плитою в залежності від коефіцієнта теплопровідності ( $\lambda$ ), Вт/(м·К).

Лиття під плитами:

— — —  $\lambda = 5.22$  Вт/(м·К); — · — —  $\lambda = 2.9$  Вт/(м·К);

— — —  $\lambda = 0.35$  Вт/(м·К) — за даними розрахунків;

▲ —  $\lambda = 5.22$  Вт/(м·К); х —  $\lambda = 0.35$  Вт/(м·К) — експериментальні дані

Лиття під шлаком:

— ● — літературні дані.

При безперервному литті поверхня металу біля стінок кристалізатора приймає форму опуклого меніска. На одиницю довжини поверхні зігнутої плівки, що твердне, діє сила поверхневого натягнення, а з боку рідкого металу — радіальний феростатичний тиск. Оптимальний радіус меніска, отримали із рівняння вказаних тисків:

$$R = \sqrt{\frac{1,7\sigma}{\gamma}}, \text{ де}$$

$\sigma$ -сила поверхневого натягнення, Дж/м<sup>2</sup>;  $\gamma$ -питома вага сталі, кг/м<sup>3</sup>.

При литті сталі на МБЛЗ із захистом дзеркала металу плиток з подаванням мастила, поверхнєве натягнення визначається як міжфазне натягнення на межах розділу:мастило-метал-плита (I), мастило-метал-стінка кристалізатора (II), та мастило-метал (III). Враховуючи,це отримали:

$$R^I = \sqrt{\frac{1,7 W'_{\text{м-с}}}{[1+\cos(180^\circ - \theta')]\cdot \gamma}} ;$$

$$R^{II} = \sqrt{\frac{1,7 W'_{\text{м-с}}}{[1+\cos(180^\circ - \theta'')]\cdot \gamma}}, \text{ де}$$

$W'_{\text{м-с}} = \sigma_{\text{с-п}} + \sigma'_{\text{м-с}} - \sigma'_{\text{м-п}}$  та  $W''_{\text{м-с}} = \sigma_{\text{с-к}} + \sigma'_{\text{м-с}} - \sigma_{\text{м-к}}$ , де

$\sigma_{\text{с-п}}$ ,  $\sigma'_{\text{м-с}}$ ,  $\sigma'_{\text{м-п}}$ ,  $\sigma_{\text{с-к}}$ ,  $\sigma_{\text{м-к}}$  - міжфазні натягнення на межах розділу: мастило - плита, метал - плита, мастило - стінка кристалізатора, метал - стінка кристалізатора Дж/м<sup>2</sup>;

$W'_{\text{м-с}}$ ,  $W''_{\text{м-с}}$  - робота адгезії при стиканні металу із мастилом на межах розділу I та II, Дж/м<sup>2</sup>.

Допустимий радіус меніска на межі розділу мастило-метал

визначається з формули  $R = \sqrt{\frac{1,7\sigma}{\gamma}}$  III, де  $\sigma$  - міжфазне натягнення на межі розділу III, Дж/м<sup>2</sup>.

## 2. Розробка способів і засобів захисту металу від вторинного окислення при безперервному литті заготовок.

Для вивчення взаємодії рідкої сталі з різними матеріалами, що використовуються як вихідні компоненти у мастилах і плитах, були проведені експериментальні дослідження за вибором поверхового натягнення, крайового кута, змочування і роботи адгезії.

Було встановлено, що у якості матеріалів для виробництва плит, слід використовувати матеріали на ґрунті графіто-кремнеземних волокон, для шлакоутворюючих сумішей - на ґрунті пірокарбону. За якістю рідкого мастила необхідно вибирати індустріальне мастило 45, рапсове мастило та відходи виробництва соєвої олії. При цьому допустимі значення радіусів

меніска металу на межах розділу фаз становлять 0,012-0,014 м.

На підставі теоретичних досліджень теплових та дифузійних процесів, що відбуваються при захисті струменя металу, витікаючого зі сталерозливного ковша, був розроблений пристрій, екран якого виконано з матеріалу з певним коефіцієнтом теплопровідності, що дозволило підвищити його стійкість (рис.3).

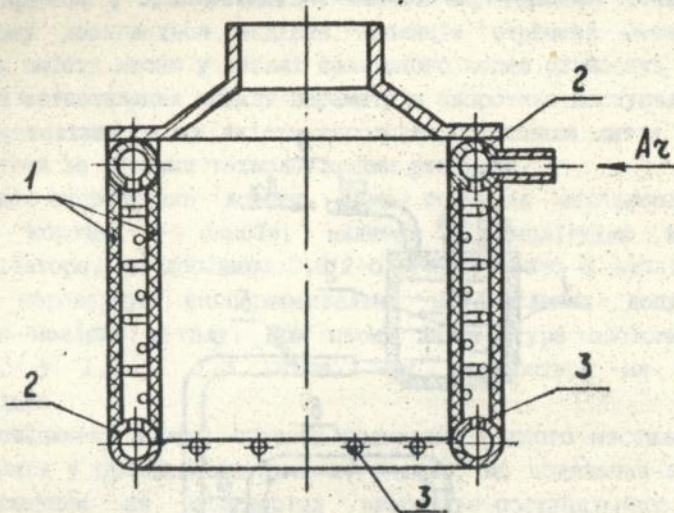


Рис.3. Загальний вигляд пристрою для захисту струменя  
1- вогнетривкий екран; 2- кільцевий трубопровід; 3- отвори.

У результаті експериментального вивчення формування оболонки безперервнолитої заготовки встановлено, що на поверхні слябів утворюються складки з періодичністю, що дорівнює періоду зворотньопоступального руху кристалізатора.

З урахуванням цих особливостей утворення складок був розроблений засіб безперервного лиття заготовок, що містить захист дзеркала металу у кристалізаторі плитами з дискретним подаванням мастила у проміжки часу, зміщені на полуперіод частоти коливання кристалізатора. Таке подавання мастиль дозволяє максимально заповнити тріщину, утворену складками, продуктами згоряння до того, як вона закупориться, що

призводить до зниження зусиль витягування заготовки з кристалізатора. У тріщинах, утворених складками скопичуються сажисті компоненти мастила, викликаючи зменшення зусиль витягування заготовки.

Для здійснення розробленого способу подачі мастила було виготовлено пристрій, зображений на рис. 4.

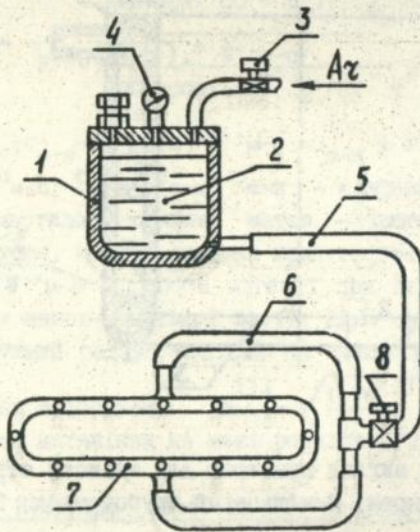


Рис. 4. Пристрій для подавання мастила.

1-резервуар; 2- мастило; 3- вентиль; 4- манометр; 5,6- шланги; 7- рамка з отворами; 8-лубрикатор.

З метою вибору найбільш стійких вогнетривких матеріалів для виробництва захисних пристроїв було випробувано біля 80 зразків, виготовлених за різними технологіями. На підставі цих досліджень була розроблена технологія виготовлення вогнетривких матеріалів

на графіто-кремнеземній основі з порошком бору або нітрида бору.

3.Лиття і дослідження якості металу дослідно-промислової та промислової партії безперервнолитих слябів з використанням розроблених засобів захисту металу від вторинного окислення.

Випробування пристроїв (рис.3.) у промислових умовах довело, що він зручний у експлуатації і має високу термічну стійкість. При цьому досягається надійна ізоляція струменя металу, а зниження вмісту кисню у металі проміжного ковша становить 34,2%.

Для встановлення впливу параметрів зворотньо-поступального руху кристалізатора на якість заготовки здійснили лиття сталі під плитами за різними технологічними режимами.

Дані випробувань довели, що найменша нерівномірність товщини корочки у слябів, вилитих з амплітудою качання кристалізатора, що дорівнює 0,012-0,014 м, тобто з амплітудою, що не перевершує експериментально встановлених допустимих радіусів меніска металу. При цьому температура оболонки, що твердне, у 1,1 - 1,3 менша, ніж температура на фронті затвердіння.

Дослідження впливу способу подавання рідкого мастила, що проводилися у промислових умовах, довели, що подавання мастила із зміщенням на полуперіод зворотньо-поступального руху кристалізатора дозволяє знизити зусилля витягування заготовки на 25%. При цьому кількість поздовжніх тріщин зменшилася на 20-30%, поперечних на 20-40%. Шлакові вклучення на поверхні слябів практично відсутні.

З метою визначення ефективності розроблених способів і засобів захисту металу від вторинного окислення МБЛЗ Маріупольського та Череповецького металургійних комбінатів віділили дослідно-промислові та промислові партії слябів.

При комплексному захисті металу на дослідних плавках струмінь сталі, що витікає зі сталерозливного ковша, захищали за допомогою розробленого пристрою (див. рис.3), а поверхню розплаву у кристалізаторі - плитами з подаванням шлакоутворювальної суміші на основі пірокарбону слідувчого складу (у %): пірокарбон -30-36,4; плавиковий шпат- 15,0 - 18,2; цемент- 25,0-27,3. Витрати суміші дорівнювали 0,15 кг/т сталі. Промислові випробування довели, що розроблені засоби

забезпечують надійний захист струменя металу у кристалізаторі протягом лиття серії із 3-5 плавок.

Аналіз даних знаходження кисню у пробах металу з проміжного ковша та кристалізатора довів, що в результаті комплексного захисту знижено вміст кисню у металі, що надійшов у проміжний ковш на 17%, у сталі ІОсп, на 14,2% у СтЗсп і на 16,2% у сталі ДЗЮ, а у кристалізаторі - на 23,3%, 15,5% і 18,3% відповідно. При цьому розмір алюмосилікатів та алюмінатів у литому металі зменшився у 1,5-2 рази. Вміст неметалевих включень знизився на 23,0% для сталі СтЗсп, на 15,8% для сталі ДЗЮ і на 18,4% для сталі ІОсп. Вміст азоту знижено у середньому на 28%.

Аналіз даних дослідження якості поверхні слябів довів, що кількість поздовжніх тріщин зменшилась на 50 %, поперечних - на 35%, а кількість павукоподібних тріщин скоротилась у 2-3 рази.

У результаті вивчення якості прокату встановлено, що кількість підсортованого за пленам та шлаковими включеннями металу зменшилась у середньому на 10,9 % та 3,3% відповідно.

Промислове засвоєння розробленої технології безперервного лиття заготовок із захистом дзеркала металу у кристалізаторі вогнетривкими плитами довело, що для підвищення стабільності процесу лиття необхідно збільшити товщину плит до 40-50 мм. Для отримання таких плит була виготовлена нова оснастка і проведені додаткові дослідження за підбором оптимального складу матеріалу плит.

Після уточнення технологічних параметрів лиття сталі під товщеними плитами на Маріупольському металургійному комбінаті за відпрацьованою технологією відлили промислову партію слябів.

Аналіз даних якості литої заготовки довів, що кількість поздовжніх тріщин на поверхні слябів зменшилась на 75-85%, поперечних на 80-85%. Складчастість на поверхні заготовок, відлитої з використанням теплоізолюючих плит, знизилась у середньому на 0,5 бала. Дослідні сляби мали згладжені складки, максимальна їх глибина дорівнювала 2,4 мм. Глибина складок порівняльних слябів дорівнювала 3,6 мм.

Лиття промислової партії слябів за відпрацьованою технологією дозволило знизити брак безперервнолитої заготовки на 0,35%.

## ВИСНОВКИ

1. Отримано рівняння, що дозволяє визначати температуру поверхні захисних екранів, враховуючи конвентивне переміщення сталі, теплофізичні та розмірні параметри екранів.

2. Розроблена математична модель для визначення змінення вмісту кисню з урахуванням гідродинамічних властивостей розповсюдження потоку рідкого металу.

3. Розроблена математична модель теплового поля у зоні заливки сталі у кристалізатор, що дозволяє визначити розмірні та теплофізичні параметри плит.

4. Отримані залежності для визначення допустимих радіусів меніска металу на межах розділу фаз у кристалізаторі при литті під плитами.

5. Експериментально встановлено, що для виробництва плит рекомендується використовувати графіто-кремнеземні волокнисті тканини, як шлакоутворюючі суміші - суміші на ґрунті пірокарбону; як рідке мастило - мастило з роботою адгезії  $1,2-1,7 \text{ Дж/м}^2$ .

6. Вперше розроблено технології виготовлення вогнетривких матеріалів на графіто-кремнеземній волокнистій основі з порошком бору або нітрида бору, що забезпечує безперервну експлуатацію отриманих виробів протягом лиття серії з трьох або більше плавів.

7. Розроблено та випробувано пристрій для захисту струменя металу від вторинного окислення. Він зручний в експлуатації та має високу термічну стійкість.

8. Вперше розроблено промислову технологію безперервного лиття заготовок, що включає захист дзеркала розплаву у кристалізаторі вогнетривкими плитами з подаванням мастила. При цьому зворотньо-поступальний рух кристалізатора здійснюють з амплітудою, що не перевершує значення допустимих радіусів меніска металу, а температуру оболонки, що твердне, в зоні контакту її з робочими стінками кристалізатора підтримують в  $1,1-1,3$  рази нижче за температуру металу на фронті затвердіння.

9. Розроблено та випробувано шлакоутворюючу суміш для подавання у зазор між плитою і стінками кристалізатора на основі пірокарбону, що дозволяє замінювати дефіцитний аморфний графіт.

10. Вперше розроблено та випробувано спосіб дискретного

подавання рідкого мастила у зону заливки металу, що зв'язує час її подавання зі зворотньо-поступальним рухом кристалізатора. Він дозволив зменшити зусилля витягування заготовки на 25%. Використання цієї технології лиття заготовок виключає використання багатоконпонентних шлакоутворюючих сумішей і дозволяє повністю автоматизувати процес подавання мастила.

11. Промислове засвоєння комплексного захисту сталі від вторинного окислення дозволило знизити вміст кисню у металі кристалізатора до 23% , азоту - до 28%, загальний вміст неметалевих включень до 23%, а оксидів алюмінію до 19%. Лиття промислової партії слябів з використанням комплексного захисту за відпрацьованою технологією дозволило знизити ураження поверхні заготовок поздовжніми тріщинами до 75-85%, поперечними - до 85-85%, знизити відсортовку прокату за пленею та шлаковим включенням до 14%.

12. Промислове засвоєння розробленої технології безперервного лиття сталі на Череповецькому металургійному комбінаті дозволило знизити брак литих слябів на 0,03% , зменшити кількість проривів під кристалізатором на 20% , при цьому річний економічний ефект дорівнює 150,9 тис. крб. (у цінах 1987 р).

Лиття промислової партії слябів на Маріупольському металургійному комбінаті за відпрацьованою технологією з використанням розроблених способів захисту металу від вторинного окислення дозволило знизити брак безперервнолитих заготовок на 0,35% , при цьому річний економічний ефект дорівнює 16 млрд. 897 млн. крб. (у цінах 1993 р), що еквівалентно 1 млн. 340 тис. доларів США.

#### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ

1. Качество непрерывнолитого металла, полученного с использованием огнеупорных волокнистых материалов для защиты от вторичного окисления / А.Я.Глазков, Б.Л.Елизаров, А.Н.Аргунов и др. // Деп. в ЦИТБ ЧМ. М., -1985, - № - с.149-154.

2. Защита металла от вторичного окисления на МНЛЗ/А.Я.Глазков, Д.М.Колотило, А.Н.Аргунов и др.// Черная металлургия, Бюл. науч.-тех. информ. - 1985 - № I - с. 42-43.

3. Теплофизические условия непрерывной разливки стали под

теплоизолирующими плитами на волокнистой основе/Б.Л.Елизаров, А.Н.Аргунов, В.Б.Добровольский и др.//Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции "Совершенствование тепловых процессов при производстве проката черных металлов." Череповец.-1985,- с.9.

4. Опыт непрерывной разливки стали с применением теплоизолирующих плит в кристаллизаторе/А.Я.Глазков, Б.Л.Елизаров, А.Н.Аргунов и др.// Металлург. М.,- 1986, №8-с.25-26.

5. А.Н.Аргунов, Б.Л.Елизаров, И.Г.Панченко Особенности взаимодействия материала огнеупорных плит с жидким металлом.// Деп. в ЦНТБ ЧМ. М.,-1987, - №3 - с.154-159.

6. Особенности диффузионных процессов защиты струи металла от вторичного окисления при непрерывной разливке./ А.Н.Аргунов, Б.Л.Елизаров, А.Я.Глазков, и др.// Изв.ВУЗов. Черная металлургия. М.,- 1989,- №5 - с.39-42.

7. Аргунов А.Н., Шатагин О.А. Технология литья стали с защитой зеркала металла огнеупорными плитами// Тез. докл. научно-технической конференции " Пути повышения качества и экономичности литейных процессов" Одесса.- 1995,-с.67.-68.

8. А.с. №1061916 СССР, МКИ В22Д11/10, Устройство для предотвращения вторичного окисления металла при непрерывной разливке/ В.Т.Сладкоштьев, А.Я.Глазков, М.Г. Ананьевский и др.(СССР)-3311791/22-02: Заявлено 06.07.81: Опубл.23.12.83. Бюл.№47.

9. А.с. №1092818 СССР, МКИ В22Д11/10, Способ непрерывного литья заготовок/ Б.Л.Елизаров, А.Я.Глазков, С.З. Афонин и др.(СССР)- 3516845/22-02: Заявлено 02.12.82: Опубл. Бюл.№18.

10. А.с. №1319408 СССР, МКИ В22Д11/10, Устройство для непрерывного литья заготовок/ А.Н.Аргунов, А.Я.Глазков, Б.Л.Елизаров и др.(СССР)- 3812878/22-02: Заявлено 27.11.84: Опубл. Бюл.№23.

11. А.с. №1319499 СССР, МКИ В22Д18/10, Способ изготовления слоистых огнеупорных изделий/ А.Я.Глазков, Б.Л.Елизаров, А.Н.Аргунов и др.(СССР)-3690042/29-33:Заявлено 11.01.84: Опубл. Бюл.№23.

ЛНБ ім. В. Стефанива  
АН України

Аргунов А.Н. Исследование и разработка новых эффективных способов защиты металла от вторичного окисления при литье заготовок.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 - Литейное производство, Харьковский государственный политехнический университет.

Защищается 11 научных работ, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования процессов вторичного окисления металла при литье заготовок, разработку способов и средств защиты жидкого расплава на основе графитокремнеземистых волокнистых материалов, анализ влияния предложенных технических решений на качество литого и катаного металла.

Разработаны устройство для защиты струи стали, вытекающей из сталеразливного ковша, и промышленная технология непрерывного литья заготовок с защитой поверхности металла в кристаллизаторе теплоизолирующими плитами.

A.N. Argunov. Development of New Effective Methods of Metal Protection from Secondary Oxidation in the Process of Casting of Billets.

The thesis for a candidate of technological sciences degree; Speciality 05.16.14 "Casting Technology", Kharkov State Polytechnical University.

The thesis presents the results of 11 research works based on theoretical and experimental investigation of the processes of secondary oxidation of metals during casting. Methods and means of protection of liquid melts from oxidation by means of graphite-and-silica-containing fibrous materials, as well as the analysis of influence of the proposed methods of protection of the quality of cast and rolled metals are given in this work.

A device for protecting from oxidation the stream of steel flowing from the steel-pouring ladle and industrial technology of continuous casting of billets with protection from oxidation of the metal surface in the mould by means of heat - insulating plates have been developed and are presented in the thesis.

Ключові слова: безперервне лиття сталі, захисний екран, кристалізатор, шлакоутворююча суміш, теплоізолявальна плита, мастило, вторинне окислення.

*Аргунов*

Об'єм I др. а.

Підписано до друку 04.03.96 р.

Обл.-др.а. - 0,75

Формат паперу 60x84 I/16

Тираж 100 пр.

Зам. 21/100

Друкарня ХВУ, м.Свободи, 6

AB 34.280