

ІНСТИТУТ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ ім.З.І.НЕКРАСОВА

УДК 669.15.-194.2:33:669.015.083.133

БОРОВІКОВ Генадій Федорович

**СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО МАРОЧНОГО СОРТАМЕНТУ,
РОЗРОБКА І ОСВОЄННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОБНИЦТВА НИЗЬКО- ТА МАЛОКРЕМНИСТИХ СПОКІЙНИХ
СТАЛЕЙ ДЛЯ МЕТАЛОПРОДУКЦІЇ ПІДВИЩЕНОЇ ЯКОСТІ**

Спеціальність 05.16.02 "Металургія чорних металів"

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 1997 р.



AB 38.850

Робота виконана в Інституті чорної металургії Національної академії наук України.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор

ВІХЛЕВЦУК Валерій Антонович,

Інститут чорної металургії,

завідуючий відділом позаагрегатної обробки сталі.

Офіційні опоненти:

Доктор технічних наук, професор **ВЕЛИЧКО Олександр Григорович,**
Державна металургійна академія України, проректор, професор кафедри металургії сталі.

Кандидат технічних наук **ЛАПИЦЬКИЙ Всеволод Володимирович,**
Інститут чорної металургії, докторант Дніпродзержинського державного технічного університету.


Провідна установа - Донецький державний технічний університет, кафедра електрометалургії і конвертерного виробництва сталі, Міністерство освіти України, м.Донецьк.

Захист відбудеться "19" грудня 1997 р. 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К.03.09.01 при Інституті чорної металургії НАН України (320050, м.Дніпропетровськ, пл. академіка Стародубова, 1).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту чорної металургії (320050, м.Дніпропетровськ, пл. академіка Стародубова, 1).

Автореферат розісланий "6" "XI" 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

 Левченко Г.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Основними задачами чорної металургії України на сучасному етапі є ресурсозбереження, підвищення якості металопродукції та забезпечення її конкурентоспроможності на світовому ринку.

Ефективними напрямками комплексного рішення цих задач в світовій практиці є перехід на виробництво економнолегованих сталей масового призначення, розширення впровадження безперервного розливання спокійної сталі і використання термічної обробки прокату.

Актуальність теми. Багатьма дослідженнями встановлено, що кремній в вуглецевій та низьколегованій спокійних сталях масового призначення негативно впливає на пластичність, холодостійкість і зварювальність металу, а заміна киплячих та напівспокійних сталей на стандартні спокійні внаслідок підвищення вимог металоспоживаючих галузей до якості прокату та переведення сталеплавильних цехів на безперервне розливання неекономічна і нераціональна. Зважаючи на це, а також на закордонний досвід, є актуальними створення та освоєння економічних низько- та малокремнистих спокійних сталей замість стандартних спокійних, напівспокійних та киплячих марок.

Зв'язок роботи з науковими планами. Ця дисертаційна робота виконана в Інституті чорної металургії при розробці і освоєнні ресурсозберігаючих наскрізних технологій виробництва нових низько- та малокремнистих спокійних сталей для сортового і фасонного прокату, катанки та арматури залізобетонних конструкцій на комбінаті "Криворіжсталь" відповідно з координаційними планами науково-дослідних робіт Мінмету СРСР і Мінпрому України по напрямкам "Сталеплавильне (мартенівське, конвертерне) виробництво", "Позапічна обробка металургійних розплавів", тематичними планами Інституту.

Мета і задачі дослідження. Обґрунтування норм хімічного складу, розробка і освоєння промислової технології виробництва низько- та малокремнистих вуглецевих та низьколегованих спокійних сталей для металопродукції підвищеної якості і з поліпшенням комплексом фізико-механічних, технологічних та службових властивостей, в тому числі для заміни киплячих та напівспокійних сталей при переході на безперервне розливання металу.

Задачі досліджень: вибір перспективного марочного сортаменту і економічного складу низько- і малокремнистих спокійних сталей; визначення необхідного вмісту алюмінію в спокійному металі з різною концентрацією вуглецю і кремнію; розробка і освоєння ресурсозберігаючої

наскрізної технології виробництва, вивчення якості, властивостей і ефективності використання нової металопродукції.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі термодинамічних розрахунків з урахуванням ліквідаційних процесів при кристалізації залізовуглецевого розплаву та експериментів вперше оцінені необхідні мінімальні вмісти алюмінію в спокійному металі з різними концентраціями кремнію та вуглецю, що забезпечило прогнозування необхідного ступеню розкислювання низько- та малокремнистих спокійних сталей перспективного сортаменту перед промисловим випробуванням.

Одержані нові наукові дані про хімічну та структурну неоднорідність, забрудненість газами і неметалевими вкрапленнями, властивості металопродукції із нових низько- та малокремнистих спокійних сталей різного складу, в тому числі з пониженим (проти норм стандартів) вмістом марганцю.

Практична цінність одержаних результатів. Обґрунтовані перспективний марочний сортамент та раціональні норми хімічного складу низько- та малокремнистих спокійних сталей, у тому числі замість напівспокійних та киплячих марок.

Розроблена і освоєна наскрізна ресурсозберігаюча технологія виробництва нових вуглецевих та низьколегованих спокійних сталей зі зниженим вмістом кремнію для металопродукції підвищеної якості, що використовуються при виготовленні відповідальних зварюваних і залізобетонних конструкцій, сепараторів підшипників підвищеної надійності, нестаріючих метизів складної конфігурації.

Практичне використання результатів роботи забезпечило науково обґрунтоване рішення актуальних задач організації економічного промислового виробництва нових низько- та малокремнистих спокійних сталей масового призначення з підвищеною однорідністю та зварювальністю, створення економічного марочного сортаменту спокійної сталі замість напівспокійних та киплячих марок при переведенні сталеплавильних цехів на безперервне розливання металу.

Розроблена наскрізна технологія виробництва низько- та малокремнистих спокійних сталей марок 07пс нк, 08ЮТсп нк, СтЗсп нк, СтЗсп мк, 26сп мк, 26Гсп мк, 35сп нк, 35сп мк, 35Гсп мк освоєна на комбінаті "Криворіжсталь". Сталь 08ЮТсп нк та технологія її виробництва впроваджені на комбінаті "Криворіжсталь", заводі "Красная Этна", підшипникових підприємствах.

Використання низько- та малокремнистих спокійних сталей забезпечило підвищення технологічності металопродукції в процесі виготовлення виробів.

На металопродукцію з нових низько- та малокремнистих спокійних сталей розроблені технічні умови ТУ 14-1-4109-86, ТУ 14-228-73-93, ТУ 14-15-360-94, ТУ 14-228-70-93, ТУ 14-2-1119-93, ТУ У 322-4-383-95.

Фактичний річний економічний ефект від впровадження результатів роботи склав 340930 крб. в масштабах цін 1989 р. (доля автора - 170 тис.крб.).

Особистий внесок здобувача. Здобувачем розроблені методики термодинамічних розрахунків і досліджені закономірності розкислення низько- та малокремнистих спокійних сталей; запропонована концепція вибору перспективного сортаменту і обґрунтовані норми хімічного складу, створена, освоєна і запроваджена наскрізна промислова технологія виробництва нових сталей; досліджені якість, властивості та ефективність використання одержуваної металопродукції.

В дисертації не використані ідеї інших авторів, викладені в сумісно опублікованих працях.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи докладені на 1-III Міжнародних конгресах сталеплавильників, III Міжнародній науково-технічній конференції "Теорія та практика киснево-конвертерних процесів"; трьох координаційних нарадах з науково-технічного напрямку "Позапічна обробка металургійних розплавів" (1992-1994 р.р.).

Публікації. Результати дисертації опубліковані в 5 науково-технічних статтях і 2 патентах України на винаходи.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, 8 розділів, висновків, додатку. Повний обсяг дисертації 181 сторінок. Дисертація вміщує 38 рисунків, 27 таблиць, 1 додаток, список використаних літературних джерел із 127 найменувань загальним обсягом 13 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

1. Аналіз впливу вмісту кремнію в сталі на властивості та розкисленість металопродукції.

На основі узагальнення і аналізу літературних даних виявлено, що кремній трохи зміцнює сталь, але при цьому знижує пластичність та хо-

лодостійкість, погіршує зварювальність металопродукції. Враховуючи це, визнано доцільним знизити вміст кремнію в більшості спокійних сталей масового призначення до рівня, регламентованого для киплячих (не більш 0,03-0,07 %) та напівспокійних (не більш 0,10-0,17 %) сталей.

За результатами виконаних термодинамічних розрахунків та узагальнення даних про інтервали фактичних вмістів кисню в спокійній, напівспокійній та киплячій сталях при температурі ліквідусу (в процесі розливання плавки) встановлено, що потрібна для спокійної сталі розкисленість металу при згаданих вмістах кремнію може бути досягнена тільки при введенні в ківш чи у виливниці алюмінію та(чи) титану.

Тому для розробки складу та технології розкислення нових спокійних сталей із зниженим вмістом кремнію необхідно визначити мінімально необхідний вміст алюмінію в залежності від концентрацій вуглецю та кремнію в металі. Було визнано також необхідним розробити способи компенсації зниження міцнісних показників металопродукції внаслідок зменшення вмісту кремнію у вуглецевих та низьколегованих сталях.

2. Вибір перспективного сортаменту низько- та малокремнистих спокійних сталей для умов розливання металу у виливниці і на машинах безперервного розливання заготовки (МБРЗ).

Для розробки рекомендацій з раціонального сортаменту низько- та малокремнистих спокійних сталей для сортового і фасонного прокату здійснені вибірка, статистичний та кореляційний аналізи даних здавальних хімічних та механічних випробувань металопродукції різних видів та товщин (4-80 мм) із вуглецевих (08кп, 10кп, 15кп, 20кп, 10-50сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст5Гпс, Ст5пс, Ст5сп, СтО метизна, Св-08кп) і низьколегованих (35ГС, 35Гпс) сталей, вироблених на комбінаті "Криворіжсталь" за період 1991-1995 р.р.

Визначено, що зниження вмісту кремнію в сталі на кожну 0,1% трохи (звичайно на 3-20 Н/мм²) зменшує тимчасовий опір та межу текучості прокату при підвищенні відносного подовження (на 0,3-1,8 %) і відносного звуження (на 0,3-4,0 %).

Показано, що зміщення металу у результаті зниження концентрації кремнію в ньому може бути компенсовано за рахунок невеликого збільшення вмісту вуглецю і(чи) марганцю в сталі, а також термічного зміщення прокату.

На основі аналізу обрано такий марочний сортамент низькокремнистого ($\leq 0,03-0,07$ % Si) і малокремнистого ($\leq 0,10-0,17$ % Si) спокійного металу:

- низькокремніста ("сп нк") сталь типу 07, 08-50, 08ЮТ, Св-08 для прокату, що підлягає волочінню, висадці, витяжці та висічці у холодному стані, а також типу Ст2 для зварюваних штрипсів;

- малокремніста ("сп мк") сталь типу 08-60 для конструкційного якісного прокату; Ст3-5, Ст5Г для гарячекатаного фасонного, сортового прокату і катанки, що не підлягають метизному переділу;

- малокремніста ("сп мк") сталь марок типу 35Г, 25Г2 для термоміцної арматури.

3. Термодинамічні та експериментальні дослідження закономірностей розкислення спокійних марок сталей із зниженим вмістом кремнію .

Зроблена методика розрахування мінімально можливих концентрацій алюмінію залежно від вмісту вуглецю і кремнію в спокійній сталі з врахуванням ліквідаційних явищ у процесі кристалізації металу і з використанням таких залежностей і констант рівноваги реакцій газовиділення (K_{CO} , K_{N_2} , K_{H_2}) для збагаченого домішками шару у поверхневій зоні зливка (безперервної вилитої заготовки).

$$P_{CO} + P_{N_2} + P_{H_2} < 0.1 , \quad (1)$$

$$C' = \frac{C_{ж}}{k_0 / k_{эф}} \quad (2)$$

$$k_{эф} = \frac{k_0}{1 + (1 - k_0) \cdot \frac{V \cdot r}{2D} \cdot \exp\left(\frac{V \cdot r}{2D}\right) \cdot E_i\left(-\frac{V \cdot r}{2D}\right)} \quad (3)$$

$$\lg K_{CO} = \lg \frac{P_{CO} \cdot 10}{[C] f_C [O] f_O} = \frac{1160}{T} + 2.003 , \quad (4)$$

$$\lg f_C = 0.298 [C] , \quad \lg f_O = -0.421 [C] . \quad (5)$$

$$\lg K_{N_2} = \lg \frac{[N]}{\sqrt{P_{N_2} \cdot 10}} = -\frac{375}{T} - 1.154 . \quad (6)$$

$$\lg K_{H_2} = \lg \frac{[H]}{\sqrt{P_{H_2} \cdot 10}} = -\frac{1750}{T} - 1.677 . \quad (7)$$

$$\lg [O]_{Al} = -\frac{21114}{T} + 6.836 - \frac{2}{3} \lg [Al] + [Al] \cdot \exp\left(\frac{10329}{T} - 5.443\right) . \quad (8)$$

$$\lg[\text{O}]_{\text{Al-Si}} = -\frac{20644}{T} + 6.593 - 0.4 \lg[\text{Al}] - 0.2 \cdot \lg[\text{Si}] + 0.037[\text{Si}] + [\text{Al}] \cdot \exp\left(\frac{10329}{T} - 5.443\right), \quad (9)$$

де P_{CO} , P_{N_2} , P_{H_2} - парціальні тиски оксиду вуглецю, азоту, водню в процесі кристалізації металу, МПа; C' - концентрація елементу в збагаченому шарі безпосередньо біля фронту твердіння металу, %; $C_{\text{ж}}$ - концентрація елементу в рідкій сталі, %; k_0 - рівноважний коефіцієнт розподілу домішок; $k_{\text{эф}}$ - коефіцієнт ефективного розподілу домішок; V - швидкість зростання дендриту, см/с; r - радіус дендриту, см; D - коефіцієнт дифузії домішок у розплаві, $\text{см}^2/\text{с}$; E_i - таблична інтегральна функція; f_{O} , f_{C} - коефіцієнти активності кисню та вуглецю; $[\text{C}]$, $[\text{O}]$, $[\text{Al}]$, $[\text{Si}]$, $[\text{N}]$, $[\text{H}]$ - вмісти вуглецю, кисню, алюмінію, кремнію, азоту та водню в сталі, %.

Результати розрахунків залежності необхідних вмістів алюмінію в конвертерній спокійній сталі від концентрацій вуглецю і кремнію приведені на рис.1.

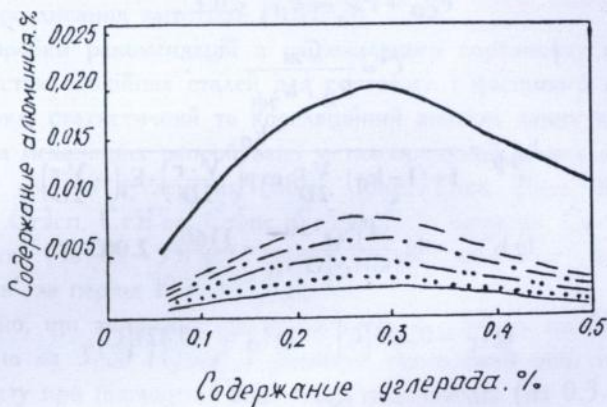


Рис.1. Мінімально необхідний вміст алюмінію для одержання спокійної сталі без кремнію і з 0,02-0,20% кремнію.

- | | | | |
|-----------|-------------|-----------|-------------|
| ————— | - 0% Si; | — · — · — | - 0,05% Si; |
| ----- | - 0,02% Si; | | - 0,10% Si; |
| - - - - - | - 0,03% Si; | ————— | - 0,20% Si. |

Встановлено, що при зниженні вмісту кремнію в спокійній сталі значно збільшується необхідна концентрація алюмінію. Змінювання ж необхідного вмісту алюмінію від концентрації вуглецю в металі має екстремальний характер.

Результати розрахунків підтвержені даними досліджень, виконаних на кутових темпетах промислових зливок при проведенні дослідних плавок сталі типу СтЗсп нк и СтЗсп мк. Встановлено, що безбульбова кіркова зона в зливках низькокремнистої та малокремнистої спокійної сталі з 0,18-0,21 % вуглецю досягається при вмісті алюмінію в ковшовій пробі, який дорівнює відповідно 0,007 і 0,005 %.

При дослідженні мікрозливок, одержаних при проведенні дослідних плавок, відзначено істотне зниження необхідного вмісту алюмінію в малокремнистій спокійній сталі при введенні 0,007-0,015 % титану.

4. Розробка ефективних складів низькокремнистих та малокремнистих спокійних сталей.

При розробці хімічного складу низько- та малокремнистих спокійних сталей виходили з таких принципів:

- вміст вуглецю і марганцю в нових спокійних сталях має бути таким, як у відповідних напівспокійних, спокійних та киплячих марках;
- для компенсації втрат міцності в результаті зниження вмісту кремнію або у випадку необхідності підвищення міцностних властивостей металу доцільно випробувати збільшення вмісту вуглецю в низько- та малокремнистих спокійних сталях до значень, не спричиняючих погіршення холодостійкості і зварювальності прокату.

Спеціальними лабораторними експериментами показано, що із збільшенням вмісту вуглецю в малокремнистій вуглецевій спокійній сталі від 0,20 до 0,34 % значно (на 40-80 Н/мм²) підвищуються міцнісні показники прокату при забезпеченні задовільних значень відносного подовження δ_5 (25-32%) і ударної в'язкості КСУ_{.40}⁰_С (31-62 Дж/см²). Однак при вмісті вуглецю в сталі більш 0,30 % відмічено різке (від 48-57 до 26-28 Дж/см²) зниження ударної в'язкості КСУ_{.40}⁰_С металу біляшовної зони зварюваного з'єднання;

- вміст кремнію в низькокремнистій спокійній сталі має бути мінімальним, але технічно досяжним при вживанні нерафінованих марганцевих феросплавів і вторинного алюмінію (аналогійно киплячому металу - не більш 0,03-0,07 %), а в малокремнистій спокійній сталі має бути не вище мінімальної норми для цього елемента у стандартних марках вуглецевого спокійного (0,15-0,17 %) або максимальної норми для

марганцевистого напівспокійного (0,10-0,15 %) металу. Мінімальний вміст кремнію в малокремнистій вуглецевій спокійній сталі аналогічно напівспокійній сталі повинен складати 0,05 %, а для марганцевистих марок не обмежується;

- концентрація сірки, фосфору і кольорових домішок в спокійних сталях зі знизеним вмістом кремнію звичайно має бути не вище максимальної норми, встановленої для стандартних спокійних сталей. В низці випадків (для забезпечення високої однорідності і чистоти металопродукції, а також для здійснення безперервного розливання металу) регламентуються знижені вмісти шкідливих домішок в сталі, у першу чергу - сірки (не більш 0,015-0,020 %);

- сумарний вміст алюмінію і титану в низько- та малокремнистій спокійній сталі має бути не менш 0,007 і 0,005 % відповідно, однак при високих вимогах до металопродукції щодо якості поверхні, холодостійкості і опору механічному старінню в сталі регламентуються підвищені (від 0,02 до 0,06-0,09 %) вмісти алюмінію і(чи) титану.

Враховуючи це, запропоновано раціональний склад нових марок низько- та малокремнистих спокійних сталей масового призначення, який внесено в розроблені технічні умови та технологічні інструкції на виробництво металопродукції.

5. Експериментальне дослідження мінімально необхідних вмістів марганцю у вуглецевій сталі.

На металі лабораторних плавок різного складу (0,006-0,85 % вуглецю, 0,034-0,63 % марганцю, 0,002-0,10 % сірки, 0,002-0,43 % кремнію, від 0 до 0,105 % алюмінію, 0,004-0,110 % кисню (активного), проведених з використанням високочистих шихтових матеріалів в атмосфері аргону, досліджена можливість зниження вмісту марганцю нижче норм діючих стандартів.

Комплексними металографічними та мікрорентгеноспектральними дослідженнями визначено, що в сталі без алюмінію червоноламкість металу, яка викликається утворенням сульфідів заліза, виключається при відношенні $[Mn] / [S] = 2$. Введення 0,027-0,105 % алюмінію в сталь запобігало червоноламкості навіть при відношенні $[Mn] / [S] < 2$.

Це свідчить про те, що вміст марганцю в низько- та малокремнистій спокійній сталі масового призначення може бути знижено до рівня забезпечення величини відношення $[Mn] / [S] \geq 2$ при умові відповідності металопродукції вимогам стандартів і технічних умов за механічними властивостями.

6. Розробка і освоєння наскрізної ресурсозберігаючої технології виробництва низько- та малокремнистих спокійних сталей масового призначення.

На основі емпіричних розрахунків та промислових випробувань розроблена наскрізна технологія виробництва представницьких марок низько- та малокремнистих спокійних конвертерних сталей, включаючи такі основні положення:

- шихтовка і продування плавки при звичайних нормах вмісту сірки у напівпродукті здійснюється за технологією, регламентованою для стандартних спокійних сталей відповідних марок з врахуванням (при необхідності) підвищення температури металу перед випуском із агрегату на розрахункову величину ($5-30^{\circ}\text{C}$); знижений вміст сірки в конвертерному напівпродукті забезпечується за рахунок застосування знесіреного (до $0,010-0,020$ % сірки) чавуну із віддаленням ковшового шлаку перед зливанням в конвертер, застосування оборотного обрізу, збільшення витрат вапна на $20-40$ кг/т;

- для розкислення у ковші низькокремнистих спокійних сталей, крім марки 08ЮТсп нк, застосовується феромарганець і алюміній; сталь 08ЮТсп нк розкислюється феромарганцем, алюмінієм і феротитаном;

- як розкислювачі при виробництві малокремнистих спокійних сталей застосовуються силікомарганець і алюміній;

- легуючі добавки марганцю при виробництві малокремнистих спокійних сталей забезпечуються за рахунок присаджування стандартного феромарганцю із вмістом кремнію до $2,5$ %;

- розливання металу проводять у поширені донизу виливниці з теплоізоляційними вкладишами, або ж у поширені догори виливниці з прибутковими надставками по технології, регламентованій для спокійних сталей відповідних марок;

- для зменшення науглецювання металу у процесі кристалізації зливка утеплююча суміш вводиться через $15-40$ с після наповнення виливниці металом;

- прокатка металу здійснюється за режимами, встановленими для спокійних сталей аналогічних марок.

Головна обрізь розкатів злиwkів після прокатки на блюмінзі складає $11-14,5$ %, донна - $2-4$ % (залежно від типу зливку).

Узагальнені дані засвоєння марганцю, кремнію, алюмінію та титану при виробництві низько- та малокремнистих спокійних сталей порівняно з відповідними даними для стандартних спокійних, напівспокійних та килпачих сталей наведені в табл.1.

Таблиця 1

Усереднені дані засвоєння елементів при виробництві сталей різних видів і марок

Марка сталі	Середнє засвоєння елементів, %			
	марганцю	кремнію	алюмінію	титану
07сп нк, 08сп нк	54	-	14	-
08ЮТсп нк	56	-	18	50
Ст3сп нк	63	-	16	-
Ст3сп мк	68	60	22	-
26сп мк, 26Гсп мк	83	64	22	-
35сп нк	79	-	24	-
35сп мк	84	72	28	-
35Гсп мк	85	70	28	-
08кп	45	-	-	-
08сп	68	60	18	-
07Г	55	-	-	34
Ст3кп	60	-	-	-
Ст3пс	64	55	-	-
Ст5Гпс	78	52	-	-
35Гпс	80	54	-	-
Ст3сп	72	67	24	-
35ГС	90	84	29	-

Визначено, що із зменшенням вмісту кремнію в спокійній сталі трохи знижується величина засвоєння марганцю, кремнію та алюмінію в процесі розкислення металу у ковші. Однак порівняно з аналогічними киплячими та напівспокійними сталями низько- та малокремністі сталі характеризувалися більш високим засвоєнням марганцю. Встановлено також, що засвоєння елементів при розкисленні металу значно знижується при зменшенні вмісту вуглецю в конвертерному напівпродукті.

Заготовка та готовий прокат (штаба, кутовий профіль, круг, катанка, арматура) з нових спокійних сталей характеризувалися щільною макроструктурою і хорошою якістю поверхні. Готовий прокат з нових сталей цілком задовольняв вимогам технічних умов до механічних властивостей при здавальних випробуваннях (табл.2).

Таблиця 2

Узагальнені результати здавальних механічних випробувань прокату
із низько- та малокремнистих спокійних сталей

Марка сталі	Вид та товщина (діаметр) прокату, мм	σ_b , Н/мм ²	σ_T , Н/мм ²	δ_5 (δ_4), %	ψ , %	KCU _{-20°C} , Дж/см ²	KCU _{-20°C} після механічного старіння, Дж/см ²	Осадка в холодному стані до 1/3 висоти
07сп нк	катанка, 6,5	365-395	-	-	74-79	-	-	-
08ЮГсп нк	штаба, 3	340-540	-	(26-42)	-	-	-	-
Ст3сп нк	кутовий профіль ,4; круг, 18	380-410	245-310	35-45	-	-	-	-
Ст3сп мк	кутовий профіль ,4; катанка, 6,5; круг, 18	420-490	275-360	29-39	-	70-134	125-178	-
26сп мк	кутовий профіль ,4	530-580	310-320	27-28	-	-	-	-
26Гсп мк	кутовий профіль ,4	570-580	320-330	24-25	-	-	-	-
35сп нк	круг, 16	570-610	350-390	27-29	53-56	-	-	задовільно
35сп мк	круг, 16	580-620	370-390	26-29	50-54	-	-	-
35Гсп мк	арматура, 14*	670-690	520-530	24-25	-	-	-	-

* у термозміцненому стані

Комплексна технологія виробництва сталей 08ЮТсп нк, 07сп нк, СтЗсп нк, СтЗсп мк, 26сп мк, 26Гсп мк, 35сп нк, 35сп мк, 35Гсп мк освоєна в промислових умовах комбінату "Криворіжсталь".

7. Дослідження якості, хімічної неоднорідності та властивостей металопродукції із спокійних сталей зі зниженим вмістом кремнію.

Дослідження якості, хімічної неоднорідності та властивостей металопродукції (заготовка, готовий прокат) з нових сталей проведені на 5-16 горизонтах розкатів зливків масою 8,4-12,5 т, відлитих в поширені догори виливниці з прибутковими надставками або поширені донизу виливниці з теплоізоляційними вкладишами.

За якістю макроструктури та поверхні заготовка і готовий прокат із низько- та малокремнистих спокійних сталей задовольняли вимоги стандартів на металопродукцію з якісних конструкційних спокійних сталей і значно перевершували відповідний прокат з киплячих та напівспокійних сталей.

Хімічна неоднорідність проміжного прокату з нових сталей була практично такою ж, як і у стандартних спокійних сталей, але значно нижчою, ніж у киплячого та напівспокійного металу (табл.3).

Таблиця 3

Дані про хімічну неоднорідність заготовки з дослідних і стандартних сталей

Вид сталі	Показник*	Вуглець	Сірка	Фосфор	Алюміній
Низько- та малокремністі спокійні	Р	11,4-29,0	13,0-21,1	21,3-42,9	28,9-120
	К	3,1-7,8	3,5-4,9	5,2-12,1	7,5-23,5
Стандартні спокійні	Р	21,2-35,7	29,6-33,3	35,7-51,6	92,1-100
	К	5,6-8,5	7,9-8,4	9,7-10,9	8,2-23,0
Стандартні киплячі закупорені	Р	52,6-164,3	97,2-124,3	100-107,3	339-574,4
	К	12,1-14,0	8,9-18,7	7,5-18,1	47,4-135,2
Стандартні напівспокійні	Р	33,2-92,5	65,9-93,7	42,2-102,9	-
	К	6,7-13,5	13,4-17,4	9,4-16,3	-

*Р - ділянка розсіювання елемента, відн.%;

К - коефіцієнт варіації, відн.%

Підтверджена підвищена і стабільна пластичність прокату, стрічки та дроту із низькокремнистих спокійних сталей, досягнуто потрібний рівень вимог до властивостей для прокату з малокремнистих спокійних сталей по всій довжині розкатів зливків.

Прокат з низько- та малокремнистих спокійних сталей характеризувався дрібнозернистою структурою, відсутністю великих пластичних сілікатів, пониженими газонасиченістю та забрудненістю неметалевими вкрапленнями.

Показано, що при зменшенні вмісту кремнію у прокаті із спокійної сталі знижується ступінь деградації властивостей біляшовної зони зварюваного з'єднання внаслідок підвищення її хімічної однорідності.

Термозміцнена арматура із сталі 35Гсп мк більш холодостійка і менш чутлива до надрізування порівняно з гарячекатаною арматурою із сталі 35ГС, характеризується потрібною зварюваністю, витривалістю та підвищеною стійкістю проти атмосферної корозії.

8. Ефективність виробництва і застосування низько- та малокремнистих спокійних сталей.

При виплавці низько- та малокремнистих спокійних сталей замість аналогічних киплячих та напівспокійних знижуються витрати марганцевих феросплавів (на 0,4-1,0 кг/т). Але при цьому виникає додаткова потреба в алюмінії і(чи) феротитані (0,5-2 кг/т) і підвищених витратах для підготування составів з виливницями і на розливанні металу, зменшується на 2-9 % вихід придатної заготовки із зливку. Незважаючи на це, докорінне підвищення якості прокату при такій заміні сприяє одержанню значного (до 25 крб/т у цінах 1989 р.) економічного ефекту в народному господарстві.

При виробництві низько- та малокремнистих спокійних сталей замість стандартних спокійних сталей відповідного класу міцності і призначення зменшуються витрати 65 % феросиліцію на 2-12 кг/т, але збільшуються витрати алюмінію на 0,1-0,3 кг/т. Така заміна сприяє зниженню собівартості металопродукції на 0,3-3 %, підвищенню надійності, а в деяких випадках - і зменшенню металомісткості конструкцій на 5-10 %.

Ефективність виробництва нових спокійних сталей замість стандартних киплячих, напівспокійних та спокійних сталей буде значно збільшена з переходом конвертерного цеху комбінату "Криворіжсталь" на безперервне розливання сталі за рахунок збільшення виходу придатної заготовки.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу світових вимог до металопродукції масового призначення та результатів здавальних випробувань стандартних сталей різної розкисленості обґрунтовано перспективний марочний сортамент низько- та малокремнистих спокійних сталей для сортового і фасонного прокату, катанки, арматури масового призначення.

2. З позиції сучасних уявлень про фізико-хімічні та ліквідаційні процеси при кристалізації залізовуглецевого розплаву розроблена методика оцінювання необхідного мінімального вмісту алюмінію в спокійному металі з різними концентраціями кремнію та вуглецю, що забезпечило прогнозування необхідного ступеню розкисленості металу при проведенні дослідних плавок низько- та малокремнистих спокійних сталей перспективного сортаменту.

3. Розроблені раціональні норми хімічного складу і освоєна наскрізна технологія промислового виробництва низько- та малокремнистих вуглецевих і низьколегованих спокійних сталей для металопродукції підвищеної якості з поліпшеним комплексом властивостей замість стандартних спокійних, напівспокійних та киплячих сталей.

4. Встановлено, що при виробництві низько- та малокремнистих спокійних сталей замість стандартних спокійних сталей підвищується пластичність та холодостійкість металу і поліпшується зварюваність прокату, а замість відповідних закупорених киплячих та напівспокійних марок - покращується цілісність, збільшується хімічна та структурна однорідність; знижується забрудненість неметалевими вкрапленнями, підвищується комплекс технологічних та експлуатаційних властивостей металопродукції.

5. На базі результатів досліджень розроблена, освоєна та впроваджена мікролегована низькокремниста спокійна сталь 08ЮТсп нк, що дозволило організувати промислове виробництво високоякісної штаби та стрічки для виготовлення сепараторів підшипників підвищеної надійності.

6. При виробництві низько- та малокремнистих спокійних сталей замість стандартних спокійних досягається зниження витрат кремнистих феросплавів на 2-12 кг/т, суттєво (на 0,3-3 %) знижується собівартість металопродукції.

7. Експериментально показана можливість підвищення концентрації вуглецю і зниження вмісту марганцю в низько- та малокремнистих спокійних сталях порівняно з встановленими для стандартних сталей

відповідних марок нормами, що в окремих випадках (при відповідності прокату нормованим вимогам за механічними властивостями) може забезпечити додаткову економію легуючих матеріалів.

8. Використання результатів роботи забезпечує підвищення якості і технологічності прокату при переробці в металоспоживаючих галузях, дозволяє вирішити задачу вишукування економічних замінювачів киплячих та напівспокійних сталей при переведенні сталеплавильних цехів на безперервне розливання.

9. Фактичний річний економічний ефект від впровадження результатів роботи склав 340930 крб. в масштабах цін 1989 р. (частка автора - 170 тис.крб.).

СПИСОК ОПУБЛКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Боровиков Г.Ф., Вихлевщук В.А., Черногрицкий В.М. Закономерности раскисления спокойных сталей с пониженным содержанием кремния // Изв.ВУЗов. Черная металлургия. - 1997.- №5.-С.19-22.

2. Сталь 08ЮТ для сепараторов подшипников / В.А.Вихлевщук, Ю.С.Ахматов, О.В.Филонов, В.А.Поляков, Э.К.Пирогова, К.Ю.Доронкин, Н.М.Омель, Г.Ф.Боровиков, В.А.Скуднов, Д.А.Шевчак // Черная металлургия. Бюл.ин-та "Черметинформация". - 1991.-№7.-С.62-63.

3. Разработки по изысканию экономичных составов и ресурсосберегающих технологий производства новых арматурных сталей / В.А.Вихлевщук, Н.М.Омель, Г.Ф.Боровиков, И.М.Любимов, Ю.Т.Худик, В.А.Кондрашкин, В.А.Поляков, А.В.Кекух // Металл и литье Украины. -1996.-№2.-С.11-14.

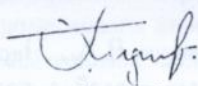
4. Низкокремнистая спокойная метизная сталь / В.А.Вихлевщук, Г.Ф.Боровиков, В.А.Поляков, Н.М.Омель, В.А.Кондрашкин //Черная металлургия. Бюл.ин-та "Черметинформация".-1996.-№4.-С.39-41.

5. Низкокремнистые спокойные стали с повышенным содержанием углерода / В.А.Вихлевщук, Г.Ф.Боровиков, Ю.В.Демченко, В.А.Поляков, Н.М.Омель, В.А.Кондрашкин //Черная металлургия. Бюл.ин-та "Черметинформация".-1997.-№1-2.-С.41-45.

6. Пат.8334 Украины, МПК³ С22С 38/06, 38/42, 38/50, 38/58. Арматурная сталь / В.А.Вихлевщук, С.С.Тильга, Г.А.Макаров,

В.А.Нечепоренко, Н.М.Омель, В.А.Поляков, В.А.Кондрашкин,
И.М.Любимов, А.В.Кекух, Г.Ф.Боровиков, М.В.Кузьмичев,
Ю.Т.Худик, В.А.Критов, В.Д.Шалимов, Л.М.Круская, В.А.Шеремет
(Украина).-№95083794, заявл.10.08.95, опубл.29.03.96, Бюл.№1.

7. Пат.8339 Украины, МПК⁵ C22C 39/00. Сталь/
В.А.Вихлевщук, С.С.Тильга, Г.А.Макаров, В.А.Нечепоренко,
Н.М.Омель, В.А.Поляков, В.А.Кондрашкин, И.М.Любимов,
А.В.Кекух, Г.Ф.Боровиков, М.В.Кузьмичев, Ю.Т.Худик,
В.Д.Шалимов, Л.М.Круская, В.А.Шеремет, Л.В.Савранский
(Украина).-№95083743, заявл.10.08.95, опубл.29.03.96, Бюл.№1.


14.10.97.

БОРОВИКОВ Г.Ф. Створення ефективного марочного сортаменту, розробка і освоєння ресурсозберігаючої технології виробництва низько- та малокремнистих спокійних сталей для металопродукції підвищеної якості. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.02 "Металургія чорних металів". - Інститут чорної металургії НАН України, Дніпропетровськ, 1997.

Захищаються виявлені закономірності розкислення спокійних сталей зі зниженим вмістом кремнію, результати досліджень по розробці їх марочного сортаменту і норм хімічного складу. Розроблена і засвоєна наскрізна технологія виробництва низько- та малокремнистих спокійних сталей, досліджені якість, однорідність і властивості металопродукції. Показана ефективність виробництва і застосування нових сталей, обґрунтована перспективність їх освоєння при переході на безперервне розливання металу.

Ключові слова: низькокремниста спокійна сталь, малокремниста спокійна сталь, розкислення, якість, властивості, ефективність.

БОРОВИКОВ Г.Ф. Создание эффективного марочного сортамента, разработка и освоение ресурсосберегающей технологии производства низко- и малокремнистых спокойных сталей для металлопродукции повышенного качества. - Рукопись.

Дисертація на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 "Металлургия черных металлов". - Институт черной металлургии НАН Украины, Днепропетровск, 1997.

Защищаются выявленные закономерности раскисления спокойных сталей с пониженным содержанием кремния, результаты исследований по разработке их марочного сортамента и норм химического состава. Разработана и освоена сквозная технология производства низко- и малокремнистых спокойных сталей, исследованы качество, однородность и свойства металлопродукции. Показана эффективность производства и

применения новых сталей, обоснована перспективность их освоения при переходе на непрерывную разливку металла.

Ключевые слова: низкокремнистая спокойная сталь, малокремнистая спокойная сталь, раскисление, качество, свойства, эффективность.

Borovikov G.F. "Creation of efficient steel grades stock, development and introduction of material and energy saving technology in production process of low-silicon and extra-low silicon killed steels to be used in manufacturing high-quality metal products." - Manuscript.

The Dissertation for defending the degree of Candidate of Technical Science on the speciality 05.16.02 "Ferrous metals production technology". -Iron & Steel Institute of National Academy of Science of Ukraine, Dnepropetrovsk, 1997.

The subject to be defended is the discovered regularities of deoxidation process of production killed steels of low-silicon composition as well as the results of researches devoted to developing steel grades stock and standards of chemical composition. So-called "direct-through" process technology for producing low-silicon and extra-low silicon killed steels have been developed and introduced in line with the investigation of quality, homogeneity and properties of rolled steel products. The efficiency of the process developed has been proven and the results of application of the steels produced have been shown; the prospects of introduction of the technology developed under the transition to metal continuous casting technology have been substantiated.

Keywords: low-silicon killed steel, extra-low silicon killed steel, deoxidation, quality, properties, efficiency.

Сдано в набор 14.10.97 г. Подписано к печати 16.10. 97 г.

Формат 60x80¹/₁₆. Объем 1 усл. п. л. Тираж 120 экз.

Заказ № 3907

Криворожская городская типография. 324200, г. Кривой

Рог, пр.Металлургов, 28.



Ab38.850

434468

AB 38.850
AB 38.850