

---

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СТРУКТУРНОГО СТАНУ НОВОЇ ЕКОНОМНОЛЕГОВАНОЇ ЖАРОСТІЙКОЇ СТАЛІ

Метою наукових досліджень було встановлення впливу легувальних елементів в економнолегованій жаростійкій сталі з 8 % хрому і додатково легованій кремнієм та алюмінієм на її структуру у литому стані та отримання феритної структури при мінімальній кількості вкраплень вторинних фаз. Це повинно значно підвищити експлуатаційні властивості сталі, призначеної для виробів систем випуску відпрацьованих газів, що працюють при температурах до 800°C в агресивних середовищах і мають при цьому підвищену якість поверхні листового металопрокату.

Поставлене завдання вирішували шляхом оптимізації хімічного складу відомої економнолегованої жаростійкої сталі 08X8Cr10Ti. У цій сталі отримання феритної структури при вмісті хрому біля 8 % забезпечується введенням титану для мінімізації аустенітоутворювального впливу вуглецю. Але застосування титану призводить до інтенсивного карбідоутворення, а вміст алюмінію більший за 1 % обумовлює утворення на поверхні листа шарів з надлишковим вмістом оксиду алюмінію ( $Al_2O_3$ ), що значно знижує якість поверхні листового металопрокату.

Сучасне виробництво легованих сталей дозволяє зменшити вміст вуглецю до 0,02–0,04 %. Це дає можливість не використовувати титан для компенсації аустенітоутворювального впливу вуглецю та у процесі карбідотворення.

Хоча хром є основним легувальним елементом, при вмісті якого починаючи з 8 % вже відчувається його феритоутворювальний вплив, для гарантованого досягнення чисто феритної структури необхідно додатково легувати сталь іншими елементами-феритоутворювальниками. Найбільш доступними та ефективними серед них є алюміній та кремній. Саме ці елементи, крім позитивного впливу на феритоутворення, суттєво збільшують жаростійкість. Вміст цих елементів повинен бути обмеженим з огляду на крихкість твердого розчину. Нами теоретично визначено, що вміст алюмінію не повинен перевищувати 0,8 %, а кремнію – 1,5 %. Нижня границя по вмісту алюмінію (0,6%) і кремнію (0,9%) у сукупності з 8 % хрому гарантовано дозволяють отримати однофазну феритну структуру при повній відсутності титану, що забезпечить технологічність на етапах металургійного перероблення при низькій здатності до плавчості та карбідотворення.

Для досягнення поставленої мети в лабораторних умовах було реалізовано розроблену дослідну технологію виплавки сталі зазначеного складу. Як вихідну шихту використовували відходи електротехнічних сталей. Вміст кремнію в різних марках електротехнічних сталей змінюється в широких границях. Тому процес виплавлення проводили у два етапи. Завданням першого етапу було знизити вміст кремнію та вуглецю до запланованого значення цих елементів у дослідній сталі. Виплавлення вели у повітряному середовищі. Температуру розплаву доводили до 1600 °С, після чого вводили розкислювачі (шпінель  $Fe_2O_3 \cdot FeO$  та алюміній). Після утворення шлаку його видаляли. З метою отримання заданого хімічного складу дослідної сталі в розплав вводили розраховану кількість феро-хрому. Метою другого етапу було доведення хімічного складу розплаву до визначених границь в умовах виплавлення у вакуумі при остаточному тиску  $1 \cdot 10^{-2}$  мм рт. ст. Температуру розплаву знову доводили до 1600 °С, після чого за допомогою маніпулятора у розплав вводили розраховану кількість алюмінію. Розплав вилили у керамічну форму. Після охолодження зливка від нього відрізали темплет для дослідження макро- і мікроструктури сталі в литому стані. Хімічний склад дослідної сталі наведено у таблиці 1.

**Таблиця 1** – Хімічний склад дослідної сталі

Легувальні елементи	C	Cr	Si	Al
Запланований вміст, %	0,02–0,04	8,0–10,0	0,8–1,2	0,6–0,8
Отриманий вміст, %	0,028	8,1	1,05	0,63

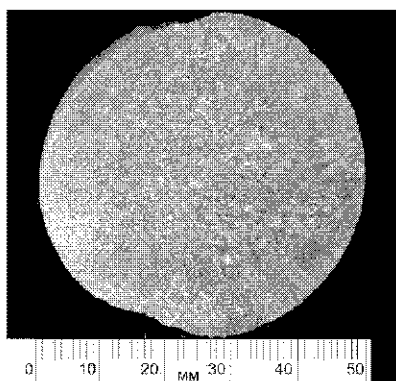
### Результати дослідження макро- та мікроструктури дослідної сталі у литому стані

Травлення темплета на макроструктуру проводили електрохімічним методом, анодом слугував темплет, як катод використовували тампон із 10 шарів бавовняної тканини, які намотували на мідний стержень. Електролітом слугував насичений водний розчин хлорного заліза. Час травлення складав 10 хвилин, щільність струму – 5 А/см<sup>2</sup>. Макроструктуру поперечного перерізу зливка дослідної сталі показано на рис. 1.

На макротемплеті можна було розрізнити дві зони. Периферійна зона мала стовпчасті кристали характерної дендритної структури. Центральна зона темплета складалась з дезорієнтованих рівноосних кристалів. При цьому, середня довжина стовпчастих кристалів складала 7,2 мм, рівноосних дезорієнтованих – 1,6 мм.

Слід відзначити відсутність прилеглої до поверхні зливка зони дрібнозернистих кристалів, що свідчить про відносно малу швидкість кристалізації зливка.

На макротемплеті не знайдено макродефектів як у периферійній, так і в центральній зоні зливка.

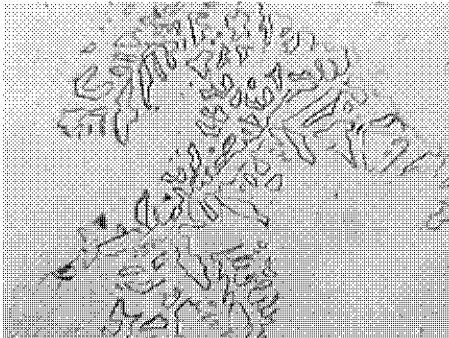


**Рис. 1.** Макроструктура поперечного перерізу темплета зливка дослідної сталі

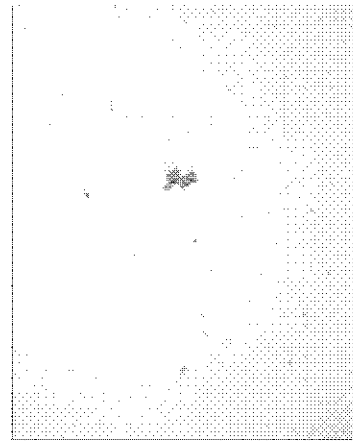
Хімічне травлення мікроструктури проводили у 4% спиртовому розчині азотної кислоти. Дослідна сталь мала феритну структуру. У процесі дослідження ділянок перлитної складової не було виявлено. Вид окремих зерен фериту у перерізі шліфа нагадує дендритну структуру (рис. 2).

Неметалічні вкраплення представлені частинками сірого кольору неправильної форми (рис. 3) і були розташовані дезорієнтовано відносно меж зерен. Форма та розташування вкраплень свідчить про те, що вони утворились в рідкому металі. Дослідження в поляризованому світлі показало, що зазначені вкраплення є ізотропними. За оптичними характеристиками та металографічними ознаками вкраплення ідентифіковані переважно як частинки корунду ( $Al_2O_3$ ).

Підрахунок неметалевих вкраплень проводили методом П (ГОСТ 1778-70) по 100 полях зору. Середній вміст вкраплень за об'ємом дорівнює 0,1556 %.



**Рис. 2.** Мікроструктура дослідної сталі, травлення в 4 % спиртовому розчині азотної кислоти,  $\times 80$



**Рис. 3.** Неметалічні вкраплення у дослідній сталі;  $\times 420$

### Висновки

Обґрунтовано можливість гальмування процесу поліморфного перетворення і одержання феритної структури в сталі з 8,1 % хрому, 1,05 % кремнію, 0,63 % алюмінію з відсутністю в складі сталі титану та РЗМ (рідкісноземельні метали) як стабілізаторів феритної структури.

Показано можливість поліпшення стану поверхні листового металопрокату жаростійкої сталі завдяки оптимізації вмісту алюмінію та вилучення титану з хімічного складу при збереженні феритної структури дослідної сталі.

Розроблено ресурсозберігальну експериментальну технологію виплавлення дослідної сталі, яка забезпечує суттєве зменшення кількості вкраплень карбонітридної фази та отримання дрібнодисперсної структури, що є корисним для подальших етапів переробки.

Таким чином, виконані перші етапи у вирішенні поставленого перед дослідниками завдання – отримання економнолегованої жаростійкої сталі феритного класу з поліпшеним станом поверхні листового металопрокату, що придатна до виготовлення виробів систем випуску відпрацьованих газів, які працюють при температурах до 800 °С в агресивних середовищах (зокрема, підвищення якості поверхні листового металопрокату)

*Одержано 22.10.2012*

© Канд. техн. наук О. В. Нестеров, канд. техн. наук В. Л. Грешта,  
В. Т. Рубан, д-р техн. наук В. Ю. Ольшанецький

Національний технічний університет, м. Запоріжжя

**Nesterov O., Gresha V., Ruban V., Olshanetskyi V. New economically heat resistant steel structural condition quality increase**