

3. Wang Q., Zhang Y., Zheng Y., Wang J., Guo Z., Wu X, Zhang Q., Zhu L. (2026) Formation and high-temperature stability Mg-doped titanium nitrides in Mg – Ti treated steel: Experiment and first-principles calculation. [Materials Characterization](#). Vol. 232. pp. 234-241.

4. Liu Y., Cheng S., & Liu T. (2024). Study of inclusions-removal and slag-metal dispersion phenomenon in gas-stirred ladle. International Journal of Chemical Reactor Engineering. Vol. 22(7). pp. 843–853.

**Іванов В.Г., Матвейшин М.В., Глотка О.А.**

*(НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя)*

**МІКРОРЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ НЕРЖАВІЮЧИХ  
АУСТЕНІТНИХ СТАЛЕЙ З БОРОМ**

**E-mail:** ivanov@zp.edu.ua

Аустенітні хромонікелеві сталі завдяки унікальному поєднанню високої корозійної стійкості, пластичності та стабільності структурного стану в екстремальних температурних діапазонах знайшли широке використання в багатьох галузях промисловості для виготовлення деталей, що піддаються інтенсивному механічному та корозійному впливу. Для розширення функціональних можливостей сталі її додатково можуть легувати молібденом, вольфрамом, титаном та іншими елементами. Перспективним методом оптимізації структури матеріалу є також легування бором, ефективність якого зумовлена як присутністю елемента у вільному стані, так і формуванням зміцнювальних фаз – карбідів та нітридів. Введення бору, концентрація якого зазвичай не перевищує одного відсотка, дозволяє значно покращити прогартовуваність, характеристики міцності та зносостійкості сталі Крім того, у специфічних умовах ядерної енергетики легування бором, у значно більшій кількості, забезпечує сталям необхідну здатність до поглинання теплових нейтронів, роблячи їх незамінними для створення захисних бар'єрів та елементів керування реакторами.

Досліджували хромонікелеві сталі наступного хімічного складу (мас. частка, %): 0,10...0,12 C; 18,5...19,0 Cr; 11,9...12,5 Ni; 1,1...1,2 Mn; 0,4...0,5 Si; до 0,01 S; до 0,03 P. Експериментальні плавки проводилися у лабораторних умовах у високочастотній індукційній печі місткістю 50 кг з нейтральною футерівкою. Основу шихти складали відходи сталі марки 12X18H10T, армко-залізо, феросплави (феромарганець, феробор). Сталь розкислювали феромарганцем (0,1...0,15 %) та додатково – алюмінієм та титаном (0,075...0,15 %). Останнім вводили феробор. Діапазон варіювання бору у дослідних хромонікелевих сталях складав 1,0...2,5 % (за масою).

Мікрорентгеноспектральний аналіз (МРСА) дослідних сплавів виконували із застосуванням растрового електронного мікроскопа PEM-106 (SELMI).

Металографічний аналіз показав, що у литому стані дослідні хромонікелеві сталі мають яскраво виражену дендритну будову з виділенням боридних та карбідних фаз по межах зерен. Встановлено, що зростання концентрації бору призводить до пропорційного збільшення об'ємної частки та розмірів неметалевих вкраплень, а при досягненні його вмісту понад 2,0 % у структурі формується розгалужена мережа стрижнеподібних сполук, що пронизує металеву матрицю.

Спеціально проведеними мікрорентгеноспектральними дослідженнями встановлено, що в аустенітних хромонікелевих сталях бор має специфічний характер локалізації, зумовлений його вкрай низькою розчинністю в аустенітній матриці. У сталях з високим вмістом бору МРСА підтверджує формування декількох видів боридів, вбудованих в аустенітну матрицю: типу  $MeB_2$  та  $Me_3B_2$ . Перші виявляються як темні фази, що сильно збагачені хромом (до і більше 50 %). Другі виглядають як світлі включення, ймовірно евтектичного походження. Важливим результатом МРСА є фіксація зон збіднених на хром, особливо на межах зерен, прилеглих до боридів. Таке збіднення може бути причиною схильності таких сталей до міжкристалітної корозії.

Таким чином, мікрорентгеноспектральне дослідження показало, що вміст бору є визначальним фактором у формуванні морфології та кількісного розподілу зміцнювальних фаз в литих аустенітних хромонікелевих сталях.