

УДК 669.14

Бобров Д.С.¹ Бриков М.М.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² проф. НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВМІСТУ ВУГЛЕЦЮ В НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ ВИСОКОМІЦНИХ СТАЛЯХ

Сучасні високоміцні сталі широко використовуються в авіації, оборонній промисловості, транспорті та машинобудуванні, де від матеріалу вимагається поєднання високої міцності, пластичності та стійкості до крихкого руйнування. Оцінка таких сталей лише за окремими механічними характеристиками (границя міцності, ударна в'язкість тощо) не дозволяє прогнозувати їх надійність і довговічність під час експлуатації.

Серед запропонованих на теперішній час узагальнених критеріїв конструкційної міцності сталей можна зазначити вираз:

$$K = \sigma_B * \sigma_T * \delta, \quad (1)$$

де σ_B - границя міцності (GPa), σ_T - границя плинності (GPa), δ - відносне подовження (%).

Метою цієї роботи є аналіз взаємозв'язку між вмістом вуглецю та комплексним критерієм K у сталях, а також визначення оптимального вмісту вуглецю, який забезпечить максимальний показник K .

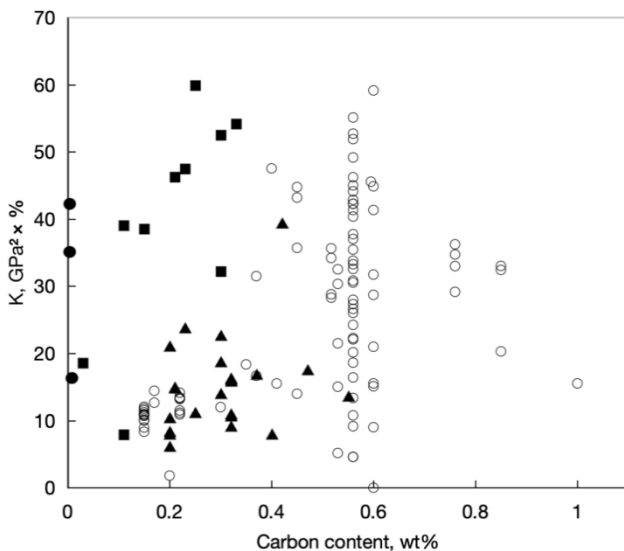
З відкритих джерел було зібрано дані щодо хімічного складу і механічних властивостей понад 100 варіантів сталей, як експериментальних, так і комерційно застосовуваних. Для всіх сталей розраховано показник K та нанесено точки на діаграму (рис. 1) залежності K від вмісту вуглецю.

На діаграмі спостерігається чіткий максимум значення K в діапазоні 0.50–0.60% вуглецю для експериментальних та промислових низьколегованих сталей. Високолеговані промислові сталі забезпечують максимум K за меншого вмісту вуглецю. Мартенситно-старіючі сталі майже не містять вуглецю взагалі.

Зсув максимальних значень K в бік меншого вмісту вуглецю для високолегованих сталей пов'язаний із великим вмістом легувальних елементів та/або застосуванням термомеханічної обробки.

Термомеханічну обробку також може бути застосовано і для низьколегованих сталей. Зазвичай сталі після термомеханічної обробки володіють підвищеним комплексом механічних властивостей. Тому оптимальний вміст

вуглецю в низьколегованих високоміцних сталях може бути зменшено до 0,45-0,50%.



- – мартенситно-старіючі сталі; ■ – високолеговані промислові сталі;
- ▲ – низьколеговані промислові сталі; ○ – експериментальні сталі, або промислові сталі, які піддано термічним обробкам за експериментальними режимами.

Рисунок 1 – Мапа значень показника К для різного вмісту вуглецю в сталях.

Низьколеговані сталі із вмістом вуглецю 0,45-0,50% здатні забезпечити комплексний показник міцності на рівні 45-50, а застосування до таких сталей термомеханічної обробки додатково підвищить міцність із збереженням достатньої пластичності.

Згідно з отриманими результатами, можна з великою ймовірністю припустити, що оптимальний вміст вуглецю у низьколегованих високоміцних сталях складає 0,45 – 0,50 мас%.

Такий вміст вуглецю без необхідності надмірного легування забезпечує високі значення К при різних варіантах відносно простої термічної обробки, зокрема після гартування на мартенсит з відпусканням, а також ізотермічної обробки за різними режимами.

Роботу виконано за фінансової підтримки Національного фонду досліджень України (проект 2021.01/0189).