

УДК 669.15:620.17:621.77.3

Шепотько В.О.<sup>1</sup>, Грабовський В.Я<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. гр. ІФ-211м НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ЛЕГУВАННЯ АЗОТОМ НА ВЛАСТИВОСТІ СТАЛЕЙ ДЛЯ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Використання азоту, як легувального елементу, обумовлено економічністю (порівняно малою його вартістю) при позитивному впливі на властивості ряду сталей. Такий вплив ґрунтується, перш за все, на тому, що азот є аустенітоутворюючим хімічним елементом і здатен підвищувати механічні властивості за рахунок твердорозчинного зміцнення та утворення дисперсних нітридних фаз. Спеціальні технології отримання сталей дозволяють вводити азот в концентраціях, набагато вище рівновагої. Так, в нержавіючих сталях аустенітного класу легування азотом до 0,8 % зменшує, або навіть робить непотрібним легування нікелем при одночасному підвищенню в'язкості, корозійної стійкості та деяких інших характеристик. Відома позитивна роль азоту, хоча і в суттєво меншому вмісті, на експлуатаційні характеристики швидкорізальних сталей. Найбільш розповсюдженим є використання азоту для легування аустенітних хромомарганцевих сталей, в яких розчинність азоту може бути найбільш значною. В даній роботі наведені результати додаткових досліджень легування азотом теплостійкої штампової сталі та аустенітних сталей на хромомарганцевій основі для високих температур експлуатації.

Були виконані дослідження по вивченню можливості підвищення експлуатаційних характеристик високотеплостійкої штампової сталі марки 5Х3В3МФС (ДИ23) при легуванні азотом. Сталь легували азотом в кількості до 0,2% з використанням технології електрошлакового перетопу під тиском. Встановлено, що введення азоту не призводить до покращення службових характеристик сталі. Це пояснюється утворенням крупних первинних частинок нітридів ванадію і, відповідно, зниженням частки цього легувального елементу для зміцнення сталі. Додатково нами проведені дослідження впливу легування сталі 5Х3В3МФС азотом на час витримки при температурах 650 – 700 °С, коли твердість знизиться до 40 HRC. Попередньо зразки сталі піддавали рекомендованій термічній обробці на сорбитну структуру з твердістю 48 HRC. Згідно такої методики чим триваліша витримка, тим більша теплостійкість сталі. За результатами вказаних досліджень легування азотом не тільки не підвищувало теплостійкість, а навіть дещо зменшувало. Потребує пояснення, чому ж, на відміну від вказаної штампової сталі, в швидкорізальних сталях азот підвищує службові характеристики. Аналіз причин дозволяє дійти висновку, що крупні частинки нітридів можуть виконувати роль різальних елементів в структурі швидкорізальної сталі і, внаслідок їх більшої міцності та термічної стабільності порівняно з карбідами, здатні підвищувати стійкість різального

інструменту. Вказане свідчить про необхідність більш уважного підходу до легування азотом сталей на основі ОЦК кристалічній ґратці.

Висока ефективність легування азотом аустенітних сталей на хромомарганцевій основі сталі обумовлено в значній мірі можливістю їх дисперсійного твердіння за рахунок виділення при старінні частинок нітридних та карбіднітридних фаз. Останнє робить успішним застосування таких сталей для роботи під напруженням при високих температурах. Їх працездатність та гранична температура експлуатації зростають по мірі збільшення термічної стабільності зміцнювальних частинок, тобто їх стійкості проти коагуляції та розчинення при зростанні температури або часу витримки. Досить розповсюдженим є використання для легування цих сталей ванадію та молібдену для утворення відповідних нітридних фаз. В даній роботі досліджена можливість додаткового зміцнення вказаних сталей при легуванні алюмінієм, оскільки частинки нітриду алюмінію типу AlN відрізняються значною термічною стабільністю і виділення їх при старінні здатне підвищити опір знеміцненню при нагріві до високих температур. Крім того, алюміній підвищує окалиностійкість, що має важливе значення для таких сталей внаслідок негативного впливу на цю характеристику марганцю. Досліджено вплив на високотемпературні механічні властивості аустенітних сталей на хромомарганцевій основі при легуванні їх алюмінієм до 2 %. Вміст азоту досягав 1%. Зливки дослідницьких сталей отримували витопом у відкритій індукційній печі ємністю 50 кг та піддавали куванню на прутки квадратом 30 мм. З прутків виготовляли зразки для випробування на розтяг та ударний згин. Термічна обробка полягала в гартування від температури 1150 °С з охолодженням в маслі та наступного старіння при температурах 650 – 700 °С протягом 2-х годин. Випробування виконували при температурах 700 – 750 °С. Узагальнюючи отримані результати, треба відмітити, що легування алюмінієм дозволяє підвищити характеристик високотемпературної міцності досліджених сталей на 15 – 20 %. Водночас, негативною обставиною було зниження пластичності. В деяких випадках при випробуваннях навіть відбувалось крихке руйнування зразків. Згідно проведеним дослідженням вказане обумовлено наявністю в мікроструктурі крупних частинок оксидів алюмінію, які були концентраторами напружень та знижували пластичність. Це свідчить про необхідність додаткового дослідження таких сталей після витопу у вакуумних печах.