

УДК 620.178.3

Грибанова С.Е.¹, Грабовський В.Я²

¹ студ. гр. ІФ-210м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗДАТНОСТІ ДО ДИСПЕРСІЙНОГО ЗМІЩЕННЯ
НОВОЇ ШТАМПОВОЇ СТАЛІ З РЕГУЛЬОВАНИМ АУСТЕНІТНИМ
ПЕРЕТВОРЕННЯМ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І ПІДВИЩЕНИМ
ВМІСТОМ МОЛІБДЕНУ**

Досліджені в роботі сталі призначені для експлуатації при температурах вище 700°C як замітники серійних високотеплостійких сталей мартенситного класу. Особливістю таких сталей є те, що при кімнатній температурі вони мають ОЦК, а при температурах вище 400 - 500°C набувають ГЦК кри-

талічну ґратку і експлуатуються в такому стані. В результаті вони мають підвищений опір знеміцненню при нагріванні, що забезпечується аустенітною основою, та задовільну оброблюваність різанням (порівняно з аустенітними сталями) за рахунок феритної основи при кімнатній температурі. Це новий клас штампових сталей з регульованим аустенітним перетворенням при експлуатації (РАПЕ). Їх особливістю є низькі значення критичних точок А1 та А3 порівняно з серійними штамповими сталями, що досягається відповідним вмістом компонентів. Підвищенню експлуатаційних властивостей таких сталей сприяє їх зміцнення не тільки за твердорозчинним та деформаційним механізмами, а і шляхом дисперсійного твердіння. Зокрема вважається перспективним використання зміцнення їх дисперсними частинками фази Лавеса типу Fe_2Mo , що можливо забезпечити відповідним легуванням молібденом. Метою даних досліджень є визначення хімічного складу сталі з РАПЕ, що робить можливим реалізацію її дисперсійного твердіння при легуванні молібденом.

При проведенні досліджень за базовий склад була обрана дослідницька сталь з РАПЕ марочного складу 31Н8М7Ф з наступним значенням критичних точок: $Ac1\ 565^{\circ}C$, $Ac3\ 765^{\circ}C$, $Ar3\ 410^{\circ}C$, $Mn\ 210^{\circ}C$, $Mn\ 40^{\circ}C$. Після гартування в маслі від температури $1150^{\circ}C$ сталь має переважно мартенситну структуру (з 11% залишкового аустеніту), а при наступному нагріванні вище $700^{\circ}C$ набуває аустенітну основу. Аустенітна структура, з твердорозчинним зміцненням, забезпечує такий сталі при високих температурах більший опір знеміцненню порівняно навіть з теплостійкими серійними штамповими сталями мартенситного класу. Водночас, як було встановлено, для вказаної сталі не відбувається дисперсійне зміцнення при старінні. Це обумовлено тим, що, згідно попереднім дослідженням, сталі з РАПЕ для реалізації дисперсійного твердіння повинні набувати після гартування не мартенситну, а аустенітну основу. Однак у вихідному (відпаленому) стані сталь повинна зберігати переважно ОЦК ґратку. А це потребує відповідної зміни вмісту в їх складі аустенітоутворювальних легувальних елементів. Для цього вирішено в базовій

З урахуванням вказаного для дослідів обрані сталі, в яких, порівняно зі сталлю 31Н8М7Ф, введено марганець, регламентовано вміст нікелю та підвищено вміст вуглецю. Результати структурного аналізу та твердість дослідних сталей наведені в таблиці.

Марка сталі	Кількість аустеніту у сталі		Твердість після гартування від $1150^{\circ}C$
	після відпалювання	після гартування	
32Х3Н8Г7М7Ф	100	100	85HRB
39Х3Н3Г6М7Ф	19	95	26HRC
41Х3Н3Г5М7Ф	14	70	40HRC
39Х3Н3Г4М7Ф	14	33	58HRC

З отриманих даних видно, що необхідним вимогам до структури найбільше відповідає сталь 39X3H3Г6M7Ф зі збалансованим вмістом марганцю та нікелю. Для цієї сталі досліджено вплив температури (675-750 °С) та часу (1-10 годин) старіння на зміну механічних властивостей після попереднього гартування. Дослідження виконували за схемою, що використовується для випробувань сталей з РАПЕ, яка передбачає визначення механічних властивостей при температурі 750 °С безпосередньо після старіння (тобто без проміжного охолодження). Встановлено, що після старіння при температурі 750°С протягом 1-2-х годин значення границі текучості сталі 39X3H3Г6M7Ф, порівняно з загартованим станом, зростали з 413 до 576 Н/мм² і границі міцності $\times$ 582 до 637 Н/мм². Це приблизно в 1,5 рази вище, ніж для базової сталі 31H8M7Ф. Показано, що старіння призводить до виділення в дослідженій сталі великої кількості дисперсних частинок фази Лавеса типу Fe₂Mo голчастої форми (довжина біля 100 нм) та рівноосних частинок високої дисперсності (перерізом біля 5нм), які ідентифіковані як карбіди типу MC. Таким чином встановлена можливість зміцнення дисперсійним твердінням штампової сталі з РАПЕ при легуванні її біля 7% молібденом. Досягнутий рівень її високотемпературної (750 °С) міцності більше ніж в 2 рази вище ніж високотеплостійкої штампової сталі мартенситного класу марки 5X3B3MФC (ДИ23). Отримані дані свідчать про ефективність використання нової сталі замість серійних штампових сталей.