

Шипіцин С.Я., Кірчу І.Ф., Лиховой Д.І., Степанова Т.В., Короленко Д.М.
(ФТИМС НАН України, м. Київ)

**ВПЛИВ МІКРОЛЕГУВАННЯ АЗОТОМ ТА ВАНАДІЄМ І ТЕРМІЧНОЇ
 ОБРОБКИ НА ТРИБОТЕХНІЧНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ
 ВЛАСТИВОСТІ НІЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ ПЕРЛІТО-
 ФЕРИТНОГО КЛАСУ**

У світовій практиці лідерами виробництва залізничних коліс для швидкісних перевезень вантажів є держави Європейського Союзу, Японія, Китай.

При цьому застосовані сталі за хімічним складом та рівнем реалізуємих фізико-механічних властивостей практично не відрізняються від сталей українських і російських виробників. Але за ресурсом експлуатації колеса закордонних виробників перевищують колеса вітчизняного виробництва.

Підвищення якості коліс українського виробництва до світових стандартів є актуальною задачею, для вирішення якої застосували метод дисперсійного нітридного зміцнення, тобто комплексного мікролегування сталі азотом і ванадієм.

Встановлено, що додаткове мікролегування стандартної колісної сталі марки ГОСТ 10791-2004 азотом після нормалізації та відпуску сприяло подібленню величини зерна аустеніту з 6 балу до 7...9 балу, підвищенню дисперсності пластинчастого перліту, тобто зменшенню міжпластинчастої відстані з 2 мкм до 0,2 мкм відповідно.

Результатами досліджень визначення оптимального режиму дисперсійного нітридванадієвого зміцнення по кількості азоту і ванадію в сталі, який забезпечить ефективний позитивний вплив на диспергування аустенітного зерна і складових ферито-перлітної структури, а також дисперсійне зміцнення фериту нанорозмірними частинками натріду ванадію, виконано в роботі [2], а оптимального твердорозчинного зміцнення кремнієм і марганцем визначені за даними робіт [3,4]. Необхідність зниження вмісту вуглецю в дослідній сталі КАФ показана в роботах [1,2]. В табл. 1 приведені хімічний склад стандартної сталі і сталі марки КАФ з комплексним дисперсійним нітридним і твердорозчинним кремнієвим і марганцевим зміцненням.

Виготовлення дослідних сталей проходило в одних умовах їх виплавки, розливання, гарячого деформування і термічної обробки.

Таблиця 1. Хімічний склад сталей

Сталь	Елементний склад, мас. % (залишок Fe)								
	C	Si	Mn	V	N	Cr	S	P	Al
Стандартна	0,61	0,17	0,56	0,098	0,006	0,18	0,015	0,012	0,060
КАФ	0,44	0,25	0,60	0,10	0,015	0,20	≤0,30	≤0,30	0,015
	0,65	0,65	1,20	0,20	0,020	0,45			0,025

Результати досліджень фізико-механічних властивостей та експлуатаційних характеристик приведені в табл. 2.

Результати досліджень показують перспективність застосування розробленої нової колісної сталі для вантажного рухомого складу з підвищеним до 2-х разів експлуатаційним ресурсом, підвищеної на 15...20% вантажопідйомністю для планованих до 120...140 км/год швидкостями руху в різних кліматичних зонах і геометрії залізничних колій.

Таблиця 2. Фізико-механічні та експлуатаційні властивості сталей

Назва	Сталь		Примітка
	Стандартна	КАФ	
Межа міцності, МПа	1010	1030 1240	
Межа плинності, МПа	850	1050 1120	
Відносне звуження, %	23	40 48	
Відносне подовження, %	8	12 14	
Ударна в'язкість, Дж/см ²	40	75 87	
Твердість, НВ	291	300 320	
Теплостійкість при 600 °С	190	324 580	Час зниження твердості на 22 НВ
Термостійкість, цикли при 600 °С	230	630 685	Кількість циклів термозмін 600 °С – 20 °С (вода) до появи тріщини на зразках типу кільце
Утомна витривалість (цикли) при навантаженні 0...350 МПа	5,2x10 ⁴	1,7x10 ⁶ 2,0x10 ⁶	Кількість циклів до руйнування зразка при асиметричному стисканні
Відносна зносостійкість рази	1	2,5 3,2	Відношення втрати маси зразка із сталі плавки 1 до втрати маси зразків
Глибина мартенситного шару на поверхні кочення колеса при інтенсивному гальмуванні, мкм	520	290 320	Нагрівання в алюмінії при 800 °С витримка 30 с, охолодження в воді

Література:

1. Осташ О.П., Андрейко І.М., Кулик В.В. та ін. Втомна довговічність сталей залізничних коліс // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2007. – №3. – С.93–102.

2. Бабаскин Ю.З., Шипицын С.Я., Кирчу И.Ф. – Конструкционные и специальные стали с нитридной фазой – Киев: Наук. думка. – 2005. – 371 с.

3. Бабаченко А.И., Тогобицкая Д.Н., Козачок А.С. и др. Концептуальные основы выбора химического состава стали для железнодорожных колес // Металознавство та термічна обробка металів. – 2014. – №4. – С. 34–48.

4. Танака Йошихару. Влияние химического состава, величины зерна и скорости охлаждения на механические свойства низколегированной среднеуглеродистой стали // Тэцу то хаганэ. – 1983. – 69, №5. – 507 с.

Щерецький В.О., Затуловський А.С.

(ФТІМС НАН України, м. Київ)

ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ШАРІВ ЗМІЦНЕНИХ НАНО-ОКСИДАМИ І КАРБИДАМИ НА СТАЛЕВІЙ ПІДКЛАДЦІ

E-mail: shcheretskyi@nas.gov.ua

Досліджено вплив технологічних режимів на щільність зразків композитів з нанорозмірними добавками частинок карбиду та оксиду, отриманих за розробленою технологією [1]. Композитні шари виготовляють на основі мікронаногранул, які складаються з порошків сплаву $\text{BrO10}\Phi\text{1}$ і $\text{BrA9}\text{Ж4}$, а також наповнювача: наночастинок, попередньо закріплених на поверхні металевих порошків. Композиційні суміші піддаються попередньому гарячому пресуванню, а подальша термічна обробка утворює міцний адгезійний зв'язок і широку перехідну дифузійну зону між шарами матеріалу.

Технологія консолідації для композиційних шарів націлена на одержання повної щільності шару нанокompозиту та складається з процесу попереднього ущільнення, гарячого пресування та термічної обробки. Необхідно розробити технологію реалізації оптимальних режимів.

Для композиційного шару на основі $\text{BrO10}\Phi\text{1}$ оптимальним режимом попередньої термічної обробки є нагрівання до $450\text{ }^\circ\text{C}$ з 15-хвилинною експозицією. Для матеріалу на основі сплаву $\text{BrA9}\text{Ж4}$ оптимальним є режим нагрівання до $500\text{ }^\circ\text{C}$ протягом 10 хвилин.

При гарячому пресуванні для матеріалу на основі $\text{BrO10}\Phi\text{1}$ досліджено зміну пресового навантаження від 8 до 20 МПа та часу витримки від 5 до 20 хвилин, пористість шарів змінювалась в межах 31...23%, Встановлено режим оптимального гарячого пресування – навантаження 17 МПа з 15-хвилинною витримкою. Встановлено, що при зміні часу і температури подальшого пічного наплавлення пористість матеріалу змінюється від 8 до 3%, оптимальним режимом пічного наплавлення є нагрівання до $1100\text{ }^\circ\text{C}$ без витримки.

Для етапу гарячого пресування композиційного матеріалу на основі $\text{BrA9}\text{Ж4}$ встановлено, що оптимальним режимом гарячого пресування є