

УДК [669 – 131: 669.14]: 620.178.3

ПІДВИЩЕННЯ ВИТРИВАЛОСТІ КОВАНИХ СТАЛЕЙ

Буніна Л.М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-54

Анотація – наведено дослідження малоциклової витривалості кованих марганцевистих сталей. Показано, що комплексне розкислення сталі алюмінієм та фероцерієм зменшує анізотропію властивостей.

Ключові слова – кована сталь, неметалеві включення, малоциклова витривалість.

Постановка проблеми. Опір кованих сталей руйнуванню при циклічних навантаженнях є одним з факторів, які визначають довговічність виготовлених з неї виробів. Вплив морфології неметалевих включень та структури металевої основи на процес руйнування кованих сталей вивчено недостатньо. У зв'язку з тим, що кінцеве розкислення (модифікування) є найбільш технологічним і економічним методами керування процесами структуроутворення сталі, досліджувався вплив модифікування фероцерієм на один з показників конструктивної міцності сталі – малоциклово витривалість.

Аналіз останніх досліджень. Згідно багатьом літературним джерелам, форма неметалевих включень грає визначну роль у процесах зародження втомних тріщин і руйнуванні залізобуглецевих сплавів при циклічному навантаженні. Проте ці роботи не в повному обсязі досліджують процес руйнування кованих сталей.

Формулювання цілей статті. Метою роботи було вивчення впливу модифікування фероцерієм у порівнянні з розкисленням алюмінієм сталей з низьким (0,09%) та середнім (0,40%) вмістом вуглецю з урахуванням впливу їхньої технологічної текстури на малоциклово витривалість.

Основна частина. Опір матеріалів руйнуванню в умовах малоциклової втоми називають малоцикловою витривалістю. Її критерієм є циклічна довговічність N – кількість циклів напруження чи деформації, які витримує зразок до появи макротріщини або руйнування. На практиці існує умовна межа – 50000 циклів, яка відокремлює малоциклово втому від багатоциклової. Другою особливістю досліджень на ма-

лоциклову витривалість є пружньопластичне деформування на відміну від пружного деформування при багатоциклової витривалості [1].

Були підтверджені дані про те, що форма неметалевих включень впливає на інтенсивність тріщиноутворення [2, 3]: глобулярні включення викликали утворення невеликих по розміру каверн, витягнуті включення другого типу викликали утворення тріщин значної довжини.

Оцінювали роль неметалевих включень у процесах руйнування марганцевистих сталей з витягнутими залізо-марганцевими сульфідами та глобулярними церієвими включеннями при циклічних знакозмінних навантаженнях на поздовжніх і поперечних зразках. Дослідження механізму втомного руйнування проводили при деформації 0,35% на зразках, що мають з однієї сторони поліровану поверхню, яку фотографували після різної кількості циклів. Аналіз мікромеханізму при дослідженнях на малоциклову витривалість показав, що в найбільшому ступеню процесам тріщиноутворення сприяли включення залізо-марганцевих сульфідів. Біля таких включень відбувалось зародження мікротріщин, окремі з яких приводили до утворення магістральної тріщини при подальшому збільшенні числа навантажень. Найбільш небезпечними, які сприяли прискореному руйнуванню сталі, виявили себе витягнуті неметалеві включення у тому випадку, якщо руйнівне навантаження було нормальним до напрямку пластичної деформації (рис. 1, а). У тому випадку, коли лінія дії навантажень на розтягування співпадала з напрямом течії металу і включень при пластичній деформації, роль включень у процесі зародження і поширення тріщин різко знижувалась, частіш за все мікротріщина виникала у включенні (рис. 1, б). В області включень глобулярної форми також утворювались тріщини, однак їх швидкість зародження і росту значно відставала від швидкості зародження і росту мікротріщин в області витягнутих включень (рис. 1 в, г).

Вплив різного типу неметалевих включень на малоциклову витривалість вивчали на марганцевистих кованих сталях 09Г і 40Г з двома способами розкислення: алюмінієм та алюмінієм і фероцерієм. Зразки вирізували в поздовжньому та поперечному напрямку кування та полірували поверхню з однієї сторони. Досліджували вплив кінцевого модифікування на зниження анізотропії витривалості металу. Неметалеві включення, які відносились до включень другого типу у випадку дії зовнішніх навантажень поперек напрямку орієнтації включень визивали руйнування металу при значно меншому циклі перемінних напружень, ніж у тому випадку, якщо навантаження були направлені вздовж напрямку орієнтації включень. У тому випадку, коли досліджувались сталі після розкислення фероцерієм і алюмінієм з глобулярними включеннями першого типу, анізотропія властивостей різко знижувалась (табл. 1).

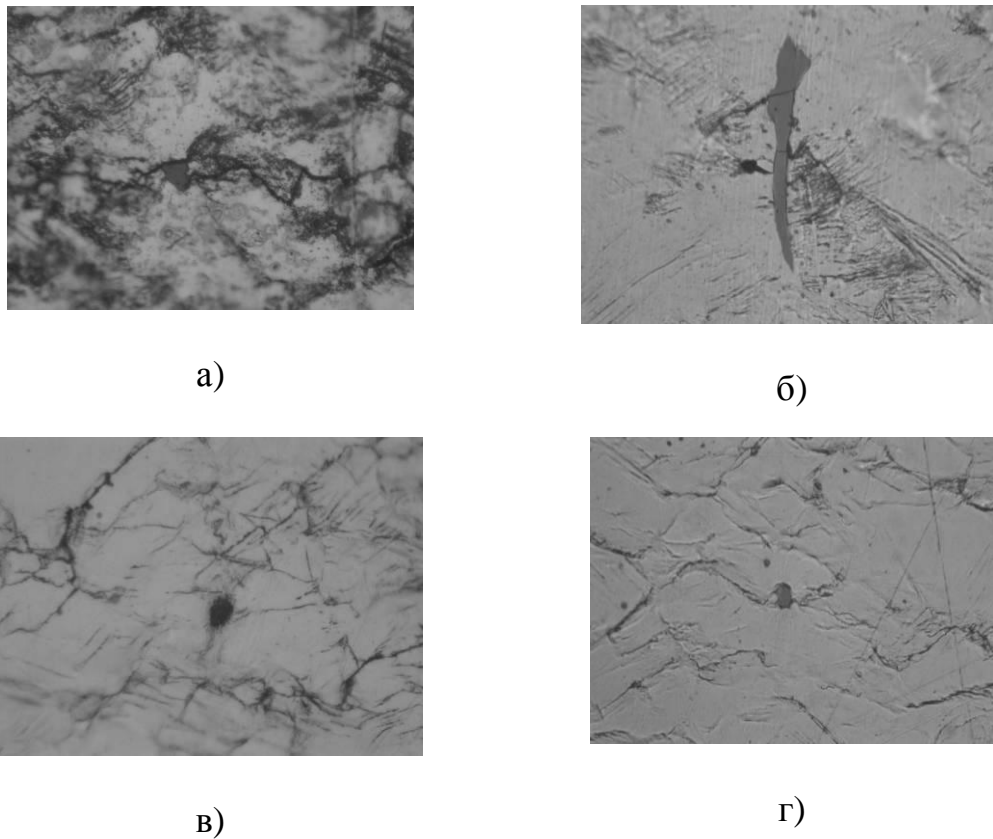


Рис. 1 – Участь неметалевих включень у руйнуванні зразків:
 а) 09Г Al попереч.; б) 09Г Al поздовж.; в) 09Г Al+Ce поздовж.;
 г) 09Г Al+Ce попереч.

Таблиця 1 – Коефіцієнти інтенсивності напруг кінетичних діаграм втомного руйнування, малоциклова витривалість і K_{1C} сталей 09Г, 40Г і 50Г

Марка сталі	Тип зразка	ΔK_{th}	ΔK^*	ΔK_{fc}	МЦВ	K_{1C}
		МПа·м ^{1/2}			Н, тис. цикл.	МПа·м ^{1/2}
09Г	11ПЗ	13	21	70	10,6	45,05
	11П	13	20	60	6	39,02
	12ПЗ	14	22	80	10,9	66,5
	12П	14	22	80	8,6	60,1
50Г	41ПЗ	12	23	89	8,8*	65,05
	41П	12	22	70	5,8*	54,82

Продовження таблиці 1

Марка сталі	Тип зразка	ΔK_{th}	ΔK^*	ΔK_{fc}	МЦВ	K_{1C}
		МПа·м ^{1/2}			N, тис. цикл.	МПа·м ^{1/2}
50Г	42ПЗ	8,3	20	91	9,0*	86,6
	42П	8,3	20	91	8,2*	76,8

* Дослідження проведені на сталі 40Г

Висновки. За наявності неметалевих глобулярних включень ковані сталі мають перевагу перед кованими сталями з витягнутими неметалевими включеннями.

Література

1. Малоцикловая усталость стали в рабочих средах / [Г.В. Карпенко, К.Б. Кацов, И.В. Кокотайло, В.П. Руденко]. – К.: Наукова думка, 1977. – 106 с.
2. Куслицкий А.Б. Неметаллические включения и усталость стали / А.Б. Куслицкий. – К.: Техника, 1976. – 128 с.
3. Бельченко Г.И. Неметаллические включения и качество стали / Г.И. Бельченко, С.И. Губенко. – К.: Техника, 1980. – 168 с.

ПОВЫШЕНИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ КОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Бунина Л.Н.

Аннотация

Приведено исследование малоцикловой выносливости марганцовистых кованых сталей. Показано, что комплексное раскисление стали алюминием и ферроцерием уменьшает анизотропию свойств.

THE RISE OF FORGING STEELS ENDURANCE

L. Bunina.

Summary

The low-cycle endurance of manganese steels for forging is given. There was shown that deoxidation of steel by aluminum and ferrocerium reduced anisotropy of properties.