

УДК 669.15-196

## ВПЛИВ СТРУКТУРНИХ СКЛАДОВИХ ЧАВУНУ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ЦИКЛІЧНОЇ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУР

Слинько Г.І.<sup>1</sup> д.т.н., проф, Мартиненко О.Д.<sup>2</sup> к.т.н., доц

<sup>1)</sup> Запорізький національний технічний університет

<sup>2)</sup> Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

*В статті надана інформація, щодо використання у народному господарстві деталей, що виготовляються з чавуну. Показано, що відмови чавунних деталей виникають в наслідок впливу на них циклічної зміни температур і навантажень. Наведені результати досліджень відносно впливу структурних складових чавуну на термоциклічну витривалість деталей, що працюють в умовах циклічної зміни температур.*

*Ключові слова: чавун, структурні складові, включення графіту, хімічний склад, термоциклічні навантаження.*

**Постановка проблеми.** Вироби з чавуну отримали широке розповсюдження в різних галузях народного господарства. Чавун використовують як для виробництва великих виливок, так і дрібних деталей. В машинобудуванні чавун широко використовується для виробництва гільз циліндрів, корпусів, втулок. [1]

Велика кількість деталей, що виготовляється з чавуну, працює в умовах циклічної зміни температур і навантажень. Тому дуже гостро постає питання визначення впливу структурних складових на експлуатаційні характеристики цих виробів.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Дослідженням термічної міцності металів присвячена велика кількість публікацій [2-5]. Увага, що приділяється до цього питання не випадкова. З одного боку, тому що за причини термічної втоми виникають відмови у великої кількості деталей, а з іншого – процеси руйнування, що виникають в наслідок цього виду навантаження ще недостатньо вивчені.

**Мета роботи** вивчення впливу структурних складових чавуну на термоциклічну витривалість деталей, що працюють в умовах циклічної зміни температур.

**Викладення основного матеріалу.** В роботі досліджували чавуни, структура яких складається з перлітної матриці, цементиту і пластинчатих та кулястих включень графіту.

Термоциклічну витривалість визначали на устаткуванні [6] в інтервалі температур 20↔600°C (нагрівання індуктором, охолодження водою) при

жорсткому затисненні зразків. Устаткування надає можливість автоматично виконувати нагрів та охолодження зразків за заданим режимом, а також фіксувати кількість циклів до його руйнування. В якості критерію термоциклічної витривалості приймали число циклів до руйнування зразків. Час циклу складав 35секунд.

У результаті проведених досліджень встановлено, що в чавунах з пластинчастим графітом і перлітною матрицею зародження й розвиток тріщин при термоциклічних навантаженнях досить часто розбудовуються по пластинчастим графітовим включенням (рис.1). У чавуні з кулястим графітом і аналогічною металевою матрицею тріщини можуть гальмуватися включеннями графіту (рис.2).



Рисунок 1. Утворення тріщини при випробуваннях на термічну витривалість чавуну з пластинчастим графітом,  $\times 200$

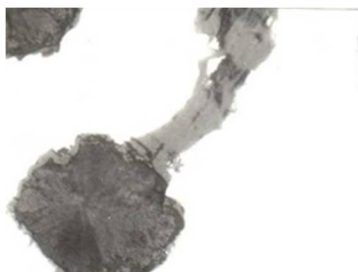


Рисунок 2. Утворення тріщини при випробуваннях на термічну витривалість чавуну з кулястим графітом,  $\times 500$

Чавун з кулястим графітом (рис.3) СШХНМ - 46 витримує близько 2000 циклів до руйнування ( при термоциклічних навантаженнях в інтервалі температур  $20 \leftrightarrow 600^{\circ}\text{C}$ ) тоді як чавун із пластинчастим графітом виконання СПХН - не більш 180 циклів.

Для визначення ролі структурного фактора в зародженні і розвитку тріщин при термоциклічних навантаженнях, були проведені додаткові дослідження з вивчення експлуатаційних властивостей чавунів з кулястим графітом.

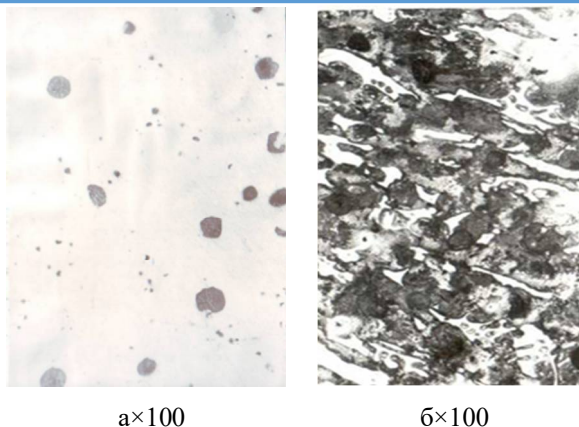


Рисунок 3. Мікроструктура чавуну виконання СШХНМ на відстані від поверхні 5-10мм

Для визначення ролі структурного фактора в зародженні і розвитку тріщин при термоциклічних навантаженнях, були проведені додаткові дослідження з вивчення експлуатаційних властивостей чавунів з кулястим графітом.

Хімічний склад і рівень механічних властивостей досліджуваних матеріалів наведені в таблиці 1 і 2, а вплив структурних складових на термічну витривалість матеріалів - у таблиці 3

Таблиця 1. Хімічний склад досліджених сплавів

№ пп	Вміст елементів, % ост – Fe								
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Mg	Cu	Se
1	2,91	1,40	0,54	1,30	0,38	Немає	0,03	Немає	Немає
2	3,09	2,33	0,45	0,95	0,40	Те ж	0,03	Те ж	Те ж
3	2,90	1,40	0,53	1,37	0,29	Те ж	0,03	Те ж	Те ж
4	3,19	2,21	0,53	2,00	0,44	Те ж	0,03	Те ж	Те ж
5	3,50	2,20	0,10	2,80	0,30	0,5	0,03	1,5	0,04
6	3,80	1,50	0,30	2,00	0,10	0,3	0,05	2,5	0,04
7	3,21	1,34	0,64	0,99	0,23	0,3	0,03	Немає	Немає
8	3,37	1,30	0,43	1,72	0,34	0,48	0,03	Те ж	Те ж
9	3,4	1,32	0,63	1,4	0,45	0,32	0,03	Те ж	Те ж

Таблиця 2. Механічні властивості досліджуваних сплавів

Номер плавки	Механічні властивості						
	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_u$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КС, МДж/м <sup>2</sup>	HSD
1	2	3	4	5	6	7	8
1	640	470	530	0,6	0,50	7,0	50
2	730	510	680	0,8	0,35	5,9	43
3	680	460	540	1,0	0,65	6,4	52
4	780	500	770	1,1	0,50	6,7	46
5	820	530	880	1,1	0,50	6,7	46
6	850	550	910	1,0	0,70	8,9	49
7	780	530	800	1,2	0,60	9,0	47
8	680	520	560	0,7	0,35	5,7	36
9	690	500	610	0,8	0,35	5,3	53

Таблиця 3. Вплив структурних складових на термічну витривалість високоміцного чавуну

Умовний номер плавки	Структурні складові, %			Форма включень графіту	Середній розмір включень графіту, мкм	Кількість включень графіту відповідного розміру, %	Число циклів до руйнування, шт
	Графіт	Цементит	Перліт				
1	12,6	10	77,4	куляста компактна	39 69	50 40	1938
2	8,4	7	84,6	куляста компактна	37 39	45 55	1897
3	11,7	13	75,3	куляста компактна	64 86	35 65	1138
4	10,9	-	89,1	куляста компактна	35 94	80 20	1907
5	10,9	10	79,1	куляста компактна	50 53	65 35	2077
6	11,5	5	83,5	куляста компактна	57 60	63 37	2396
7	13,4	0,5	86,1	куляста компактна	77 98	47 53	2068
8	4,8	15	80,2	куляста компактна	70 86	30 70	1212
9	5,2	14	80,8	куляста компактна	50 83	35 65	1238

За результатами отриманої інформації встановлено, що термічну на термоциклічну витривалість суттєво впливають розміри кулястих і компактних включень графіту. Найбільш високою термічною витривалістю має чавун з кулястими й компактними включеннями графіту розміром 35...55 мкм. При збільшенні розмірів включень до 77...98 мкм термічна витривалість чавуну помітно (на ~ 25%) знижується.

Не менш важливий вплив на термічну витривалість високоміцного чавуну виявляє й металева матриця. Установлене, що термічна витривалість чавуну різко падає при зростанні кількості цементиту до 15 % і більше(рис.4).

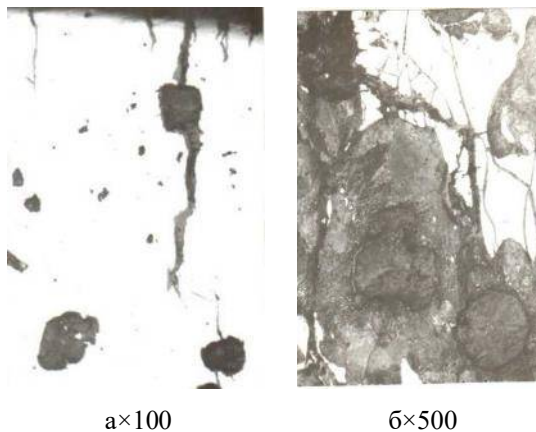


Рисунок 4. Структура металевої матриці чавуну – перліт та цементит (кількість цементиту вище 15%): а-до травлення; б-після травлення

У цьому випадку позитивний вплив кулястої компактної форми графіту практично не проявляється. У випадку, коли кількість цементиту не перевищує 10 % - термічна витривалість чавуну з кулястим графітом досить висока. Така кількість цементиту не змінює хід розвитку тріщин і включення графіту виявляють вирішальний гальмуючий вплив .

Досить високу термічну витривалість мають чавуни зі структурою однорідного перліту, дисперсністю ПД-0,3...ПД-0,5 (плавки 5 і 6).

**Висновки.** Проведені дослідження й випробування дозволяють укласти наступне:

-у чавуні з пластинчастим графітом і перлітною матрицею зародження й

розвиток тріщин при термоциклічних навантаженнях досить часто розбудовуються по пластинчастих графітових включеннях;

-у чавуні з кулястим графітом і аналогічною металевою матрицею тріщини можуть гальмуватися включеннями графіту

-у високоміцному чавуні з карбідною фазою до 10 % загальний зміст графіту не впливає на рівень термічної витривалості; істотні лише форма й розміри включень графіту;

- досить високу термічну витривалість мають чавуни зі структурою однорідного перліту, дисперсністю ПД-0,3...ПД-0,5

-у високоміцному чавуні, металева основа якого містить більш 15 % цементиту, позитивний вплив кулястому й компактною форм графіту на його термічну витривалість практично не проявляється.

## Література.

1. Парфенов В.Д. Структура, свойства и применение чугунов: Учебное пособие. -М.: МГУПС (МИИТ), 2016. - 53 с.
2. Менсон С. Температурные напряжения и малоцикловая усталость. -М.: Металлургия. 1974.-344с.
3. Коффин Л.Ф. О термической усталости сталей. В. сб.: Жаропрочные сплавы при изменяющихся температурах и напряжениях. М.-Л: Госэнергоиздат. 1960. С.188-253.
4. Писаренко Г.С. Сопротивление жаропрочных материалов нестационарным силовым и температурным воздействиям. Киев: Наукова думка. 1974.-199с.
5. Симс Ч. Жаропрочные сплавы /Ч.Симс, В.Хагель // М.: Металлургия.1976.-477с.
6. Маслов А.А. Установка для испытаний металлов в условиях теплосмен /А.А.Маслов// Заводская лаборатория, -1978.-Т.44.-№5.-С.622-623

## Аннотация

### **ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЧУГУНА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ТЕМПЕРАТУР.**

**Слынько Г.І., Мартыненко О.Д.**

*Предоставлена информация об использовании деталей изготовленных из чугуна в народном хозяйстве. Показано, что отказы чугунных деталей возникают вследствие воздействия на них циклического изменения температур и высоких нагрузок. Приведенные результаты исследований*

*относительно влияния структурных составляющих чугуна на термоциклическую выносливость деталей, работающих в условиях циклически изменяющихся температур*

**Ключевые слова:** *чугун, структурные составляющие, включения графита, химический состав, термоциклические нагрузки*

## **Abstract**

### **INFLUENCE OF STRUCTURAL COMPONENTS OF THE IRON ON THE EXPLOITATIVE CHARACTERISTICS OF PARTS WHICH WORK IN THE CONDITIONS OF CYCLIC TEMPERATURE CHANGES.**

**G.I.Slynko, Martynenko O.D.**

*The data on the use of parts which are made of cast iron in the national economy were provided. It was shown that failures of cast iron parts arose due to the effect of cyclic changes in temperatures and high loads. The results of influence structural components of cast iron on thermocyclic endurance of parts which operate under conditions of cyclically varying temperatures were presented.*

**Keywords:** *cast iron, structural components, carbon fleck, chemical composition, thermocyclic loadings*