

УДК 669.18 (075.8)

## СПОЖИВЧІ ВЛАСТИВОСТІ ЧАВУНУ

*В.С.Богушевський, Ю.О.Смаилюк*

*Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”*

*Наведені галузі застосування, структура, хімічний склад і механічні властивості чавуну.*

*Приведены области применения, структура, химический состав и механические свойства чугуна.*

*The fields of application, the structure, a chemical composition and mechanical properties of carbonaceous high-quality pig - iron are discussed.*

### **Вступ**

Чавуном називають залізовуглецеві сплави (містять ту або іншу кількість домішок і легуючих елементів), що тверднуть з утворенням евтектики.

Відповідно до діаграми стану залізо — вуглець область чавуну охоплює сплави, що містять понад 2,11 % С. Практично в якості зазначеної межі вмісту вуглецю прийнято вважати 2 %. З підвищенням вмісту легуючих елементів ця границя, як правило, зміщується в сторону менших концентрацій вуглецю. Так, багато високохромистих, високосиліцистих, високоалюмінієвих сплавів заліза містять значну кількість евтектики й умовно вважаються чавуном, незважаючи на досить низький вміст вуглецю.

Наявність евтектики в структурі чавуну зумовлює його використання винятково як ливарний сплав. По ступені евтектичності чавун підрозділяють на доевтектичний, евтектичний і заевтектичний.

### **Класифікація чавунів**

За ступенем графітизації чавун підрозділяють на білий (практично не графітизований), вибілений або половинчастий (частково графітизований) і сірий (у значній мірі або повністю графітизований). Ковким називають чавун, отриманий з білого шляхом його графітизації у твердому стані при термічній обробці. Білий чавун являє собою сплав, у якому весь або практично весь надлишковий вуглець, що не перебуває у твердому розчині

в залізі, міститься в складі цементиту  $Fe_3C$  (або спеціальних карбідів у легованому чавуні). У нелегованому чавуні цементит являє собою метастабільну фазу, здатну розпадатися з утворенням заліза й графіту, У неповністю графітізованому сірому чавуні евтектоїдне перетворення протікає не в стабільній (графітній), а в метастабільній (цементитній) системі і аустеніт перетворюється не у ферито-графітний евтектоїд, а у ферито-цементитну суміш – перліт. У виробничій практиці найчастіше спостерігаються випадки, коли евтектоїдне перетворення протікає частково в стабільній, частково в метастабільній системах; перліто-феритний чавун, що при цьому утворився має властивості, які наближаються до властивостей перлітного або феритного сірого чавуну залежно від вмісту фериту та перліту в структурі металевої основи.

При відпалі білого чавуну на ковкий графіт виділяється у вигляді більш компактних пластівцевих включень, у результаті чого метал набуває певних пластичних властивостей (звідки й назва цього виду чавуну). Як і сірий чавун, ковкий чавун може бути повністю або неповністю графітізованим і поділяється відповідно на феритний, ферито-перлітний і перлітний.

Модифікування чавуну магнієм, церієм (а також ітрієм та іншими елементами) приводить до того, що графітні включення приймають кулясту або близьку до неї форму. Такий чавун фактично є різновидом сірого чавуну, однак через те, що він має високу міцність і пластичність та підвищену ударну в'язкість, його класифікують окремо за назвою «високоміцний чавун» або «чавун із кулястим графітом». Механічні властивості модифікованих чавунів наведені в таблиці 1.

Високоміцний чавун також поділяється на перлітний, перлітно-феритний і феритний.

**Таблиця 1.** Механічні властивості модифікованих низько-кремністих алюмінієвих чавунів (хімічний склад 3,2 – 3,5 % C; 1,0 % Si; 0,2 – 0,4 % Mn; 2 – 3 % Al)

Форма графіту	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{Bн}$ , МПа	$\delta$ , %	$a_n$ , кДж/м <sup>2</sup>	НВ/МПа	Спосіб відливки
Пластинчатий	300-400	550-600	...	$\geq 200$	1800-2100	Пісчана Кокіль БПЛ
	350-450	500-550	...	$\geq 100$	2100-2400	
	250-300	450-500	...	...	2200-2500	
Кулькоподібний	500-800	...	10-12	600-800	2200-2600	Пісчана ЦБ
	900-1000	...	3-5	200-400	2600-3000	

Крім пластинчастої форми виділень графіту в сірому чавуні, пластівчастої – у ковкому й кулястої – у чавуні з кулястим графітом, існує

ще вермикулярна (черв'якоподібна) форма графіту, що визначає ще одну форму графітізованого чавуну – чавун з вермикулярним графітом. Сірий, ковкий і високоміцний чавун класифікують за механічними властивостями.

Відповідно до загальної класифікації прийнятий розподіл (табл. 2)

**Таблиця 2.** Класифікація чавунів

За твердістю <i>HB</i> , МПа		За міцністю, $\sigma_B$ , МПа		За пластичністю, $\delta$ , %	
М'який	$\leq 1490$	Звичайної міцності	$\leq 200$	Непластичний	$< 1$
Середньої твердості	1490 – 1970	Підвищеної міцності	200 – 380	Звичайної пластичності	1 – 5
Підвищеної твердості	1970 – 2690	Високої міцності	$\geq 380$	Підвищеної пластичності	5 – 10
Твердий	$\geq 2690$			Високої пластичності	$> 10$

За спеціальними властивостями чавун підрозділяють на зносостійкий, антифрикційний, корозійно стійкий, жаростійкий, немагнітний. Для конструкційних чавунів (сірий чавун, високоміцний чавун з кулястим графітом, ковкий чавун, низьколегований алюмінієвий чавун) найважливішими є механічні властивості, які визначають їхнє застосування в різних областях машинобудування та металургії, Разом з тим до них часто пред'являють також вимоги по зносостійкості, опору корозії та іншим фізичним або хімічним властивостям. Ці властивості у виливках у деяких випадках забезпечуються застосуванням звичайних нелегованих або низьколегованих чавунів. Коли ж вимоги за спеціальними властивостями є основними, необхідне застосування середньолегованих або високолегованих чавунів.

### **Вплив термічної обробки на механічні властивості чавуну**

Чавун піддають термічній обробці. Термічну обробку застосовують для зняття внутрішніх напружень і стабілізації розмірів виливка, зниження твердості й поліпшення оброблюваності, виправлення дефектів лиття по відбілу, поліпшення механічних властивостей і підвищення зносостійкості (табл. 3, 4).

Низькотемпературний відпал застосовують для зниження внутрішніх залишкових напруг. Повільне нагрівання виливків до 770 – 870 К з наступним повільним охолодженням разом з піччю приводять до істотного зняття залишкових напруг, механічні властивості чавуну змінюються мало.

Низькотемпературний графітізуючий (пом'якшуючий) відпал застосовують для зниження твердості й поліпшення оброблюваності

випливаючі із сірого чавуну. При цьому підвищується стабільність розмірів, незначно підвищується пластичність й ударна в'язкість.

**Таблиця 3.** Вплив низькотемпературного відпалу при температурі  $\Theta$  К на залишкові напруження  $\sigma_3$  і механічні властивості чавуну (хімічний склад 3,42 % С; 1,48 % Si; 0,80 % Mn; 0,86 % Cr; 0,31 % Ni)

$\Theta$ , К	Витримка, год.	HB, МПа		$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_3$ , МПа	Зменш., %
		поверхня	глиб 25 мм			
Литий		2290-2650	1780	264	23,0	0
720	3	2170-2410	1700	256	22,0	5
	6	2170-2280	1700	256	20,4	12
	9	2170-2350	1870	275	17,0	26
820	3	2170-2250	1780	262	11,9	25
	6	2170-2280	1700	233	8,7	40
	9	1790-1870	1620	217	8,2	53

**Таблиця 4.** Вплив низькотемпературного відпалу при температурі  $\Theta$  К на механічні властивості чавуну з кулькоподібним графітом (хімічний склад: 3,42 % С; 2,52 % Si)

$\Theta$ , К	Витримка, год.	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	HB, МПа
Литий		682	498	8,0	2230
810	8	678	464	7,0	2170
890	8	626	450	10,0	1970
920	8	530	415	11,5	1830
945	8	506	397	16,0	1630

Високотемпературний графітизуючий відпал застосовують для одержання ковкого чавуну, а також для зняття відбілу у виливках із сірого й магнієвого чавуну з метою підвищення пластичності, зниження твердості й поліпшення оброблюваності.

Нормалізацію застосовують для одержання перлітної основи й підвищення механічних властивостей. Для підвищення міцності, твердості й зносостійкості деталі із сірого високоміцного й ковкого чавуну піддають загартуванню в масло й відпуску; мінімальна температура загартування для звичайного чавуну становить 1120 С°, а оптимальна 1200 С° (табл. 5).

Після загартування чавунні деталі необхідно піддавати відпуску для зняття внутрішніх напружень і поліпшення механічних властивостей. Ізотермічне загартування, у порівнянні зі звичайним, забезпечує більш ефективно підвищення зносостійкості та міцності сірого чавуну.

**Таблиця 5.** Вплив температури нагріву і витримки на твердість загартованого сірого чавуну

Витримка, год.	<i>HB</i> , МПа, при температурі загартування, К						
	770	870	970	1070	1120	1170	1220
0,25	1830	1750	1550	4300	4300	4350	4050
0,5	1830	1580	1400	4400	4500	4500	4300
1	1830	1430	1300	4400	4500	4500	4300
4	1830	1300	1250	4250	4250	4250	3950

Деталі, що піддають ізотермічній обробці, нагрівають під загартування до 1100 – 1170 °С, витримують протягом 10 – 90 хв. залежно від вихідної структури, охолодження (загартування) деталей роблять у рідких ваннах, нагрітих залежно від необхідної твердості й структури чавуну до 520 – 870 °С, витримуючи їх з урахуванням повного або часткового перетворення аустеніту, і потім охолоджують на повітрі (табл. 6).

**Таблиця 6.** Вплив ізотермічного загартування на механічні властивості модифікованого чавуну

Нагрів до 1130 К й ізотермічна витримка	$\sigma_B$ , МПа	<i>HB</i> , МПа
5 хв. при 810 К	475 – 478	2950
10 хв. при 750 К	400 – 415	2650
30 хв. при 700 К	455 – 457	2650
1 год. при 640 К	471 – 534	2950
2 год. при 610 К	605 – 610	3400
4 год. при 590 К	573 – 605	3700
Литий стан	365	2350

Ізотермічне загартування виключає можливість утворення гартівних тріщин і значно зменшуються внутрішні термічні напруження і жолоблення деталей.

Відпуск загартованого чавуну необхідний для зняття внутрішніх напружень, зниження твердості (при температурах відпуску вище 450 С°), підвищення міцності й пластичності.

Для підвищення зносостійкості, поверхневої твердості, корозійної стійкості та інших експлуатаційних характеристик чавуну піддають хіміко-термічній обробці (азотуванню, алітуванню, дифузійному хромуванню, сульфидуванню).

## Література

1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: Підручник / Д.Ф.Чернега, В.С.Богушевський, Ю.Я.Готвянський та ін.; За ред. Д.Ф.Чернеги, Ю.Я.Готвянського. – К.: Вища школа, 2006. – 503 с.
2. [http: www.istil.com.ua](http://www.istil.com.ua). Каталог продукції
3. [http: www.ilyich.ua](http://www.ilyich.ua). Каталог продукції
4. [http: www.dmz.com.ua](http://www.dmz.com.ua). Каталог продукції
5. Структуры и свойства металлов и сплавов. Механические свойства металлов и сплавов: Справочник/Л.В.Тихонов, В.А.Кононенко, Г.И.Прокопенко, В.А.Рафаловский. – К.: Наукова думка, 1986. – 580 с.