

Лекція 10

ЧАВУНИ.

1. [Поняття чавун і класифікація.](#)
2. [Спосіб отримання, структура, маркування та використання сірого, ковкого та високоміцного чавунів.](#)
3. [Вплив домішок на структуру і властивості чавунів.](#)

Поняття чавун і класифікація.

Залізовуглецеві сплави з вмістом вуглецю від 2,14 до 6,67 % називаються чавунами. Чавуни порівняно із сталями мають більш високий вміст вуглецю та постійних домішок (S, P, Si, Mn) і більш низькі механічні властивості. Завдяки добрим технологічним властивостям (рідкотекучість, оброблюваність різанням, стійкість проти зношування, тощо) чавуни широко використовують для виготовлення різних деталей.

Залежно від термодинамічних і кінетичних умов кристалізації у чавунах формується графіт або цементит. В системі Fe-C при повільному охолодженні з рідкого стану вільна енергія суміші аустеніт і цементит вища, ніж суміші аустеніт і графіт, тобто утворення графіту більш знижує вільну енергію системи ніж виділення цементиту. При цих умовах охолодження, температура початку виділення графіту із аустеніту більше ніж цементиту і тому реалізуються умови виділення вуглецю у вигляді графіту.

При зміні вільних енергій аустеніту, цементиту та графіту, наприклад, внаслідок збільшення в рідкому чавуні кількості вуглецю та кремнію, можливе таке їх співвідношення, що вуглець буде виділятися у вигляді цементиту (Fe_3C).

Суттєве значення на умови виділення вуглецю у вигляді цементиту або графіту мають швидкість охолодження та вміст вуглецю і кремнію, при збільшенні яких графітизація посилюється. Щоб спрогнозувати фазовий склад чавуну, користуються структурною діаграмою (рис. 44), яка показує залежність типу структурних складових від сумарної масової частки вуглецю й кремнію та швидкістю охолодження (товщиною стінки відливки). Масова частка марганцю, фосфору й сірки в досліджуваних чавунах залишається незмінною.

За умов, які відповідають ділянці I швидкість охолодження найменша, що сприяє повній графітизації та утворенню чавуну з феритною металевою основою, де практично весь вуглець знаходиться у вигляді графіту.

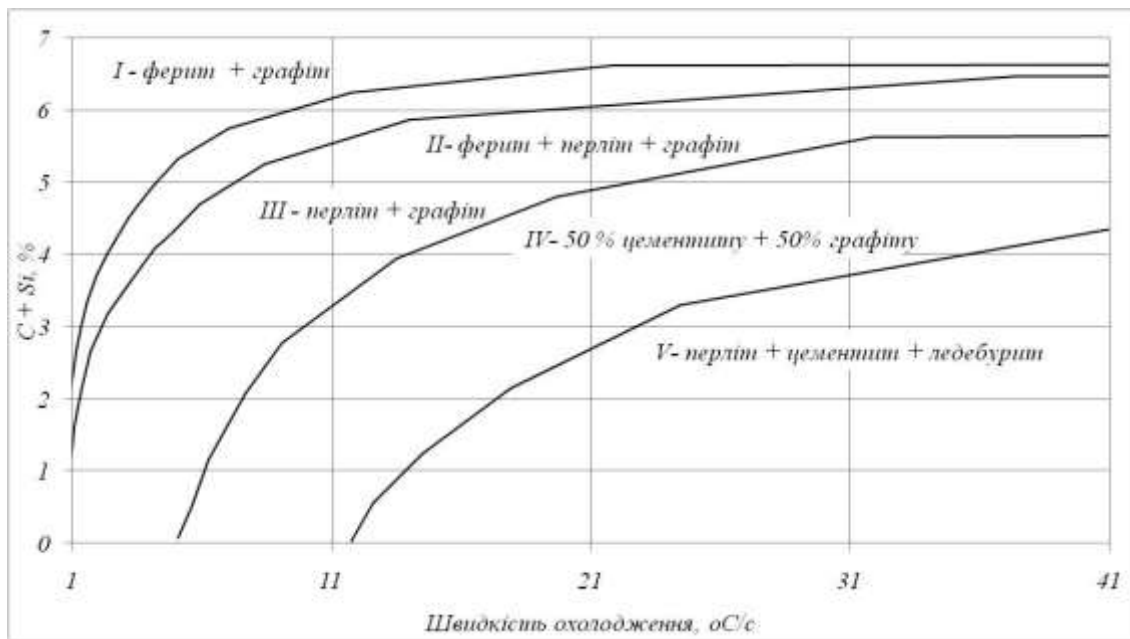


Рис. 44. Структурна діаграма чавунів.

За умов ділянки II формуються чавуни зі структурою ферит + перліт + графіт. Тут кількість зв'язаного вуглецю менша за 0,8%.

За умов ділянки III існують чавуни з перлітною основою й графітом. У цих чавунах кількість зв'язаного вуглецю становить $\sim 0,8 \%$.

За умов ділянки IV формуються чавуни, які містять 50 % перліту та 50% графіту та мають назву половинчасті чавуни. Кількість зв'язаного вуглецю в половинчастому чавуні перевищує 0,8 %.

Ділянка V відповідає найбільшій швидкості охолодження, при якій створено умови для повного з'єднання вуглецю в цементит і формування чавунів зі структурою перліт + цементит + ледебурит, які мають назву *білі* чавуни.

Таким чином, регулюючи сумарну частку вуглецю і кремнію та швидкість охолодження, можна досягти бажаної структури чавуну.

За станом вуглецю у чавунах вони поділяються на *білі*, в яких вуглець знаходиться у хімічно - зв'язаному стані (у вигляді цементиту – Fe_3C) та *машинобудівні* (сірі, ковкі та високоміцні), в яких весь вуглець чи більша його частина знаходиться у вигляді графіту, а частково може бути у вигляді цементиту.

[На початок](#)

Спосіб отримання, структура, маркування та використання сірого, ковкого та високоміцного чавунів.

Білі чавуни дуже тверді та крихкі і мають білий блискучий злам. Вони кристалізуються за метастабільною (цементитною) діаграмою $Fe - Fe_3C$.

За структурою білі чавуни поділяються на доєвтектичні, евтектичні та заєвтектичні. *Доевтектичні* чавуни (вміст C від 2,14 до 4,3 %) мають структуру перліту, ледебуриду і вторинного цементиту (рис. 45, а). Перліт під мікроскопом видно у вигляді темних ділянок, а ледебурит - у вигляді ділянок

з рівномірно розміщеними темними (заокругленими чи витягнутими) зернами перліту у білій цементитній основі. Цементит - білі кристали.

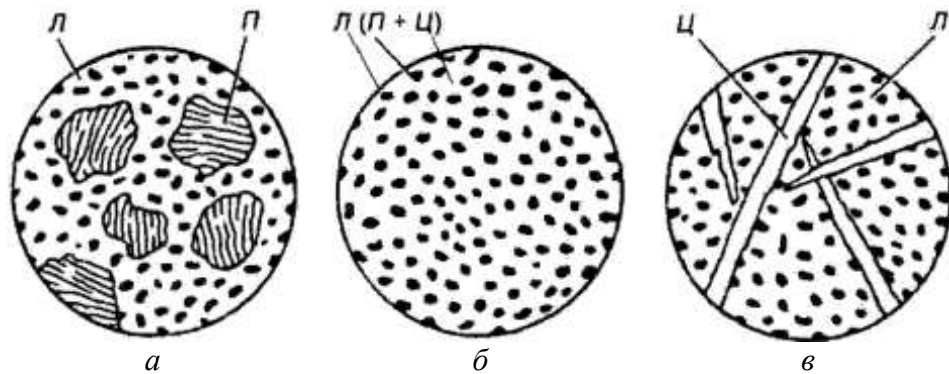


Рис. 45. Мікроструктура білих чавунів:
а - доевтектичного; б - евтектичного; в - заевтектичного (х 500);
П – перліт; Ц – цементит; Л – ледебурит

Евтектичний чавун (вміст С - 4,3 %) має структуру ледебуриту у вигляді рівномірно розміщених темних зерен перліту на білому фоні цементиту (рис. 45, б).

Заевтектичний чавун (вміст С від 4,3 до 6,67 %) має дві структурні складові - ледебурит і цементит у формі витягнутих пластин (рис. 45, в).

Оскільки цементит і ледебурит дуже тверді та малопластичні структурні складові, то білі чавуни тверді, крихкі і погано обробляються різанням. Білі чавуни рідко застосовуються у машинобудуванні. Вони переважно йдуть на переробку в сталь, отримання ковкого чавуну та зносостійких виливків.

Сірі, ковкі та високоміцні чавуни за структурою відрізняються лише формою графітових включень. У сірих чавунів графіт має пластинчасту форму, у ковких - пластівцеву, у високоміцних - кулясту (рис. 46). Структура металевої основи цих чавунів може бути: феритна, перлітна, феритно-перлітна та інші. Від структури металевої основи залежать міцність, твердість та стійкість проти зношування. Пластичність, опір розтягу і стійкість проти зношування залежать, головним чином, від форми, розмірів, кількості та характеру розміщення графітових включень (рис. 46).

Графіт має дуже малу міцність порівняно з металевою основою тому його можливо розглядати як тріщини (надрізи), які створюють концентрацію напружень у металевій основі чавунів. Чим більш заокруглені дрібні і рівномірно розміщені графітові включення, тим міцніший та пластичний чавун. Наявність графіту у чавунах підвищує їх стійкість проти зношування і здатність поглинати вібрації.

Основа	Форма графіту			HB	З*
	пластинчастий	пластівчастий	кулястий		
Перліт					
Перліт+ ферит					
Ферит				↑ ↓	
Марка чавуну Позначення	сірий СЧ	ковкий КЧ	високоміцний ВЧ		
Збільшення міцності та пластичності →					
З*- зносостійкість та обробка різанням					

Рис. 46. Вплив структури основи та форми графітових включень на властивості чавунів.

Сірі чавуни (чавуни з пластинчастою формою графіту) виплавляють із спеціально підготовленої шихти у різних плавильних агрегатах (вагранках, електропечах). Особливостями будови сірого чавуну зумовлюються його низькі механічні властивості. Сірі чавуни дуже крихкі та менш міцні, ніж ковкі та високоміцні чавуни завдяки пластинам графіту. Отриманню сірого чавуну сприяє підвищення кількості вуглецю та кремнію, сповільнене охолодження та зменшений вміст марганцю.

Підвищення механічних властивостей сірих чавунів досягається модифікуванням їх силікокальцієм, феросиліцієм, вторинним алюмінієм. Модифікатори вводяться в сірий чавун перед його розливанням, що сприяє подрібненню графіту.

Сірий чавун використовують для виготовлення корпусів та кришок редукторів, блоків та головок циліндрів двигунів, зірочок транспортерів та елеваторів, інших деталей сільськогосподарських машин.

Марки сірого чавуну - СЧ15, СЧ20, СЧ25, СЧ30, СЧ35, СЧ40. Числа, помножені на 10, означають межу міцності на розтяг в МПа. Сірі чавуни, основа яких складається з фериту, називають *феритними*, з фериту і перліту - *феритно-перлітними*, а з перліту - *перлітними*. Типовий склад сірих чавунів такий: 3,2-3,5 % С; 1,4-3,0 % Si; 0,4-0,6 % Mn; 0,10-0,125 % S, 0,3-0,8 % P; решта - залізо. Границя міцності чавуну на розтяг становить 100-350 МПа, твердість 145-270

НВ, відносне видовження $\delta = 0,2-0,8 \%$, а ударна в'язкість не перевищує $0,1 \text{ МДж/м}^2$ (для порівняння, ударна в'язкість фериту досягає 2 МДж/м^2).

Ковкі чавуни (чавуни з пластівчастою формою графіту) одержують шляхом тривалого відпалювання білих доєвтектичних чавунів з вмістом $2,2-3,2\% \text{ C}$, $0,7-1,5\% \text{ Si}$, $0,2-0,6\% \text{ Mn}$. Відпал полягає у нагріванні до температур $930-1050^\circ\text{C}$, витримуванню від 3 до 15 годин та повільному охолодженні в інтервалі температур $760-700^\circ\text{C}$ протягом 20-30 годин (рис. 47).

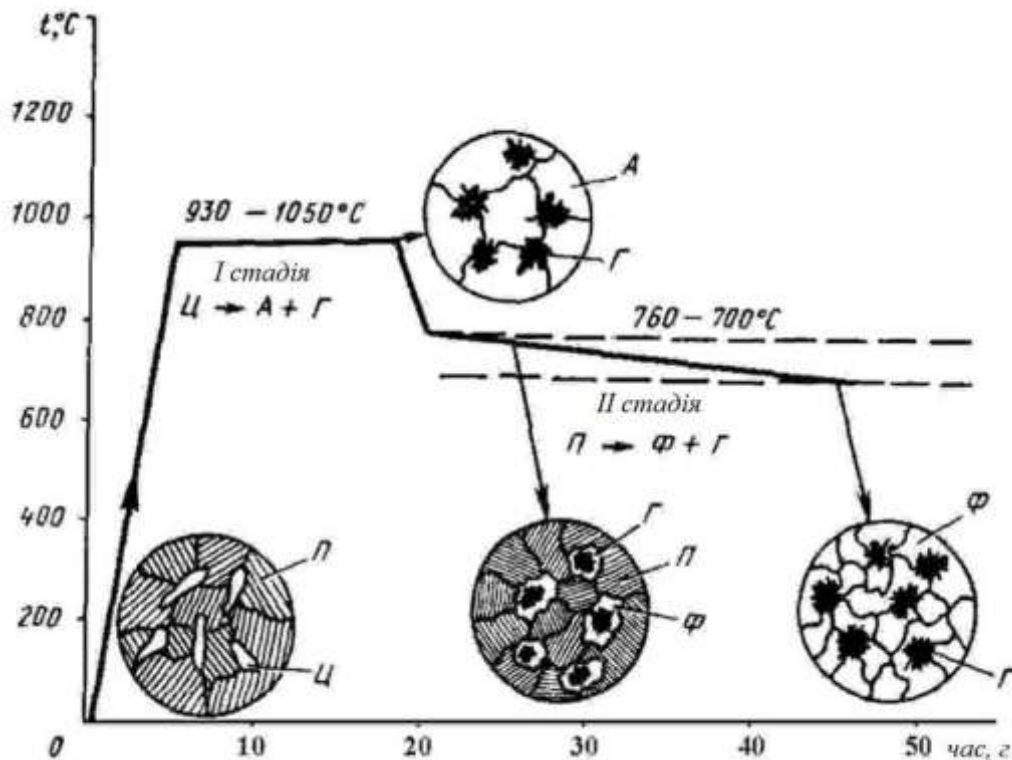


Рис. 47. Схема отримання ковкого чавуну.

Графіт утворюється внаслідок розчинення цементиту в аустеніті при $930-1050^\circ\text{C}$ та розпаду перліту при $700 - 760^\circ\text{C}$. Залежно від режиму відпалювання ковкі чавуни мають феритну, феритно-перлітну і перлітну металеві основи з вкрапленнями пластівцевого графіту.

Ковкі чавуни мають підвищену міцність та високу в'язкість. З них виготовляють корпуси трансмісій тракторів та автомобілів, пальці сінокосарок, картери редукторів, корпуси ведучих мостів зернозбиральних комбайнів, маточини коліс тощо.

Марки ковкого чавуну - КЧ30-6, КЧ35-10, КЧ37-12 (феритні), КЧ45-6, КЧ50-4, КЧ60-3 (феритно - перлітні) тощо. Розшифрування КЧ30-6: К - ковкий, Ч - чавун, 30 - межа міцності на розтяг 300 МПа (30 кг/мм^2), 6 - відносне видовження 6% .

Високоміцні чавуни (чавуни з кулястим графітом) отримують подвійним модифікуванням сірого чавуну. Для цього у рідкий чавун перед заливанням у ливарні форми додають модифікатори - феросиліцій для створення великої кількості центрів графітизації та магній або церій для отримання кулястої

форми графіту. Структура високоміцного чавуну складається з феритної, феритно - перлітної чи перлітної металевої основи (рис. 46). За механічними властивостями високоміцний чавун переважає сірий і ковкий. Використовується для виготовлення колінчастих валів двигунів, зубчастих коліс відповідальних деталей машин.

Марки високоміцного чавуну: ВЧ45, ВЧ50, ВЧ60. Розшифровується ВЧ45 так: В - високоміцний, Ч- чавун, 45 - межа міцності на розтяг 450 МПа (45 кг/мм^2).

[На початок](#)

Вплив домішок на структуру і властивості чавунів.

Вплив елементів на структуру і властивості чавуну.

Кремній – графітоутворювальний елемент, який сприяє розпаду цементиту в чавуні і виділенню графіту. З підвищенням його вмісту кількість цементиту в чавуні зменшується, а графіту відповідно збільшується. При цьому твердість і міцність чавуну знижуються. У сірих чавунах його міститься 0,75-3,75%. Підвищуючи вміст кремнію можна отримати чавун з феритною основою. Зменшуючи частку кремнію, можна сформувати структуру чавуну з перлітною основою.

Марганець, навпаки, перешкоджає розпаду цементиту та сприяє вибілюванню чавуну. Марганець протидіє графітизації, сприяючи утворенню цементиту. Водночас він дещо поліпшує механічні властивості виливків. У сірих чавунах масова частка марганцю становить до 1,2%. У такій кількості він корисний, бо підвищує міцність чавуну.

Сірка - шкідлива домішка, вона надає чавуну крихкості, перешкоджає розпаду цементиту. Масова частка сірки в чавуні має бути не більше, як 0,1%. Сірка погіршує механічні й ливарні властивості чавуну. Вона сильніше від марганцю протидіє графітизації й сприяє виділенню цементиту. Крім цього, сірка знижує рідкотекучість чавуну, збільшує усадку, підвищує схильність до утворення газових бульбашок і тріщин. З цієї причини вміст сірки в чавунах дуже обмежують.

Фосфор утворює в чавуні тверду і крихку евтектику, тому вміст його має бути не більше як 0,3%. Фосфор практично не впливає на графітизацію. Його використовують у чавунах для підвищення рідкотекучості, твердості та зносостійкості. Фосфор розчиняється у фериті до граничної концентрації 0,3 %. Коли концентрація вища, фосфор крім твердого розчину утворює з вуглецем і залізом потрібну легкоплавку евтектику. Залежно від кількісного співвідношення компонентів температура плавлення евтектики коливається від 950 до 980°C. Структура фосфідної евтектики відзначається підвищеною твердістю. Чавуни з високою концентрацією фосфору широко використовують для художнього литва.

Дрібні тверді частинки, зрівноважені в рідкому розчині, являються центрами графітизації і сприяють виділенню графіту.

[На початок](#)