



Міністерство освіти і науки України

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій**

**Кафедра електромеханіки, робототехніки,
біомедичної інженерії та електротехніки**

ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА (МЕТАЛИ): ЧАВУНИ

**Методичні вказівки
для самостійного вивчення дисципліни**

**для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та
(заочної) форми навчання, спеціальності
163 «Біомедична інженерія»**

**Харків
2023**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій
Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та
електротехніки

ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА (МЕТАЛИ): ЧАВУНИ

Методичні вказівки
для самостійного вивчення дисципліни

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та
(заочної) форми навчання, спеціальності
163 «Біомедична інженерія»

Затверджено
рішенням Науково-методичної
ради факультету ЕРКТ
Протокол № 2 від 17 листопада 2022 р.

Харків
2023

УДК 681.5 : 631.1(072)

Схвалено
на засіданні кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії
та електротехніки
Протокол № 1
від 31 серпня 2022 р.

Рецензент:

О.М. Мороз, д-р тех. наук, проф. кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, Державний біотехнологічний університет.

Основи матеріалознавства (метали): чавуни: метод. вказівки для самостійного вивчення дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форми навч., спец. 163 «Біомедична інженерія» / Державний біотехнологічний університет; уклад.: В.О. Шигимага. – Харків : [б. в.], 2023.– 21 с.

Методичні вказівки з дисципліни "Матеріалознавство і біосумісні матеріали". Видання включає тему для самостійного засвоєння здобувачами, проблемні питання та методичні роз'яснення до них, питання для самоконтролю.

Видання призначене здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та (заочної) форми навчання, спеціальності 163 «Біомедична інженерія».

Відповідальний за випуск: В.О. Шигимага, д. т. н., проф.

© Шигимага В.О., 2023
© ДБТУ, 2023

Самостійна робота № 1

Основи матеріалознавства (метали): чавуни

1. Мета роботи: Ознайомитись з видами чавунів, дослідити вплив елементів на структуру чавуну та розглянути деякі технологічні моменти отримання чавунів різних видів, а також існуючі нормативні документи, які регламентують склад елементів у чавунах.

2. Введення

Область технології металів, яка займається вивченням способів виробництва металів і сплавів, називається металургією. Відповідно до загальної класифікації металів її можна розділити на металургію чорних металів і металургію кольорових металів.

Найбільше використовуються в промисловості чорні метали, до яких в першу чергу відносять сплави заліза з вуглецем - сталі і чавуни, які мають цінні фізико-механічні властивості.

Відомо, що через низькі механічні властивості залізо в техніці, як конструкційний матеріал, майже не застосовують. Практично чистого заліза немає. Чистота заліза, якої нині досягнуто лабораторним методом, становить 99,99984 % Fe (0,00016 % домішок). Порівняно з металевою колоною Індії, прославленою чистотою заліза (містить 0,28000 % домішок), в ній у 1750 разів більше домішок. Сучасні вчені не можуть визначити спосіб виготовлення цієї колони (416 р.), який оберігає залізо від окиснення та інших атмосферних явищ. Тому в технічних виробках зазвичай використовують залізобуглецеві сплави. Це сплави заліза з вуглецем та іншими компонентами: марганець і кремній, які додають у сплав під час розкислення, а також домішки — сірка і фосфор, які потрапляють у чавун під час його виплавлення.

Для виплавки чавуну використовують шихту - суміш матеріалів, що підлягає переробці в доменних печах. Шихта для виробництва чавуну складається з підготовленої руди, палива і флюсів, взятих в певних

співвідношеннях.

Руда представлена різними оксидами заліза. Паливо забезпечує необхідну температуру для плавлення компонентів шихти, вуглець палива бере участь в процесах відновлення і входить до складу залізовуглецевих сплавів. Флюси знижують температуру плавлення пустої породи - з'єднань, що не містять елементів, необхідних для отримання чавуну.

3. Загальні відомості

Чавун — це сплав заліза з вуглецем (з вмістом від 2,14 до 6,67 % вуглецю). У машинобудуванні застосовують чавуни, які містять від 2,14 до 4,5% вуглецю.

Чавун порівняно з вуглецевою сталлю характеризується кращими ливарними і гіршими пластичними властивостями.

Механічні властивості чавуну залежать від двох факторів: кількості, розміру, форми і розподілу графітових вкраплень; структури металевої основи.

Перший фактор має вирішальне значення, оскільки графітові вкраплення, розміщуючись у чавуні і утворюючи ніби надрізи в металевій основі, ослаблюють його міцність (особливо при великих вкрапленнях). При дрібних графітових вкрапленнях чавун має високі механічні властивості. Характер і ступінь графітизації зумовлюється швидкістю тверднення і охолодження чавуну. Чим повільніше відбувається процес тверднення й охолодження, тим краще розкладається карбід заліза, тим більше виділяється графіту.

Другим фактором впливу на міцність чавуну є структура його металевої основи. Нормальна структура сірого чавуну (без добавляння легувальних елементів і без термообробки) є феритною чи перлітною, а проміжна між ними — феритно-перлітною металевою основою.

Найбільш бажана металева основа чавуну — перліт із вмістом 0,8% зв'язуючого вуглецю Fe_3C . Чавуни з феритною і феритно-перлітною основою мають знижену міцність, порівнюючи з перлітним чавуном, але вони характеризуються підвищеною в'язкістю, оскільки в них менше або зовсім немає зв'язуючого вуглецю.

Щоб підвищити механічні властивості чавуну, перед розливанням у

форми в рідкий чавун додають модифікатор у вигляді розмеленого силікокальцію чи феросиліцію в кількості 0,1...0,4 % від маси чавуну. Модифікатори розкиснюють чавун, утворюють силікатні вкраплення, які є центрами графітизації і гальмують ріст зерен графіту. Це дає змогу одержувати високоміцний чавун з кулястим графітом.

4. Види чавунів.

У залежності від стану вуглецю в чавуні розрізняють:

Білий чавун, у якому весь вуглець зв'язаний у цементит;

Білі чавуни з умістом вуглецю від 2,14 до 4,3% мають структуру перліт + вторинний цементит + ледебурит і називаються доевтектичними чавунами (мал. 1, а).

Білий чавун із вмістом вуглецю 4,3% має структуру ледебуриту і називається евтектичним чавуном (мал. 1, б).

Білі чавуни зі змістом вуглецю від 4,3 до 6,67% мають структуру цементит первинний + ледебурит і називаються заевтектичними чавунами (мал. 1, в).

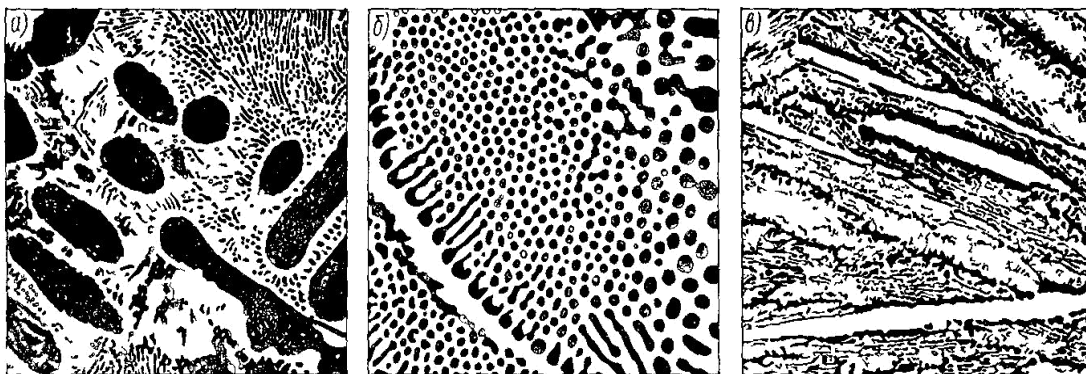


Рис. 1 - Мікроструктура білого чавуну

а) доевтектичний чавун - перліт (темні ділянки) і ледебурит (цементит вторинний у структурі не видний), х 500;

б) евтектичний чавун - ледебурит (темні ділянки - перліт, світлі - цементит), х 1000;

в) заевтектичний чавун - цементит (світлі пластини) і ледебурит, х 500.

Сірий чавун, у якому весь вуглець знаходиться у вільному стані у вигляді графіту частина вуглецю (велика) знаходиться у виді графіту, а частина у зв'язаному стані у виді цементиту, але кількість зв'язаного вуглецю дорівнює або менше евтектоїдного. Форма графіту пластинчаста (рис 2, а);

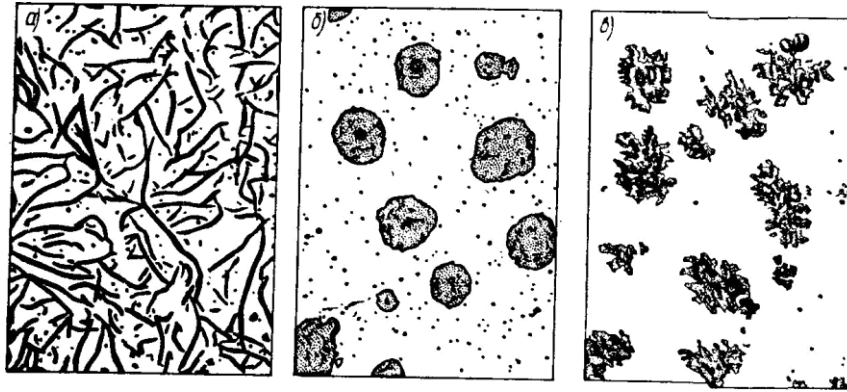


Рис. 2- Мікроструктура чавунів із різною формою графіту:

а - пластинчаста форма графіту (сірий чавун);

б - куляста (високоміцний чавун);

в - пластівчаста (ковкий чавун); шліфи нетравленні; х 100

Високоміцний чавун, те ж, що сірий чавун, але форма графіту куляста (мал. 2, б);

Ковкий чавун, те ж, що сірий чавун, але форма графіту пластівчаста (мал. 2, в).

Сірий чавун. Змішана кристалізація

Діаграма стану сплавів системи залізо-цементит ($\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$) характеризує утворення структур білих чавунів, у яких вуглець знаходиться в зв'язаному стані у вигляді цементиту. У білих чавунах немає вільного вуглецю, тобто немає графіту.

Діаграма стану сплавів системи залізо — графіт (мал. 3).

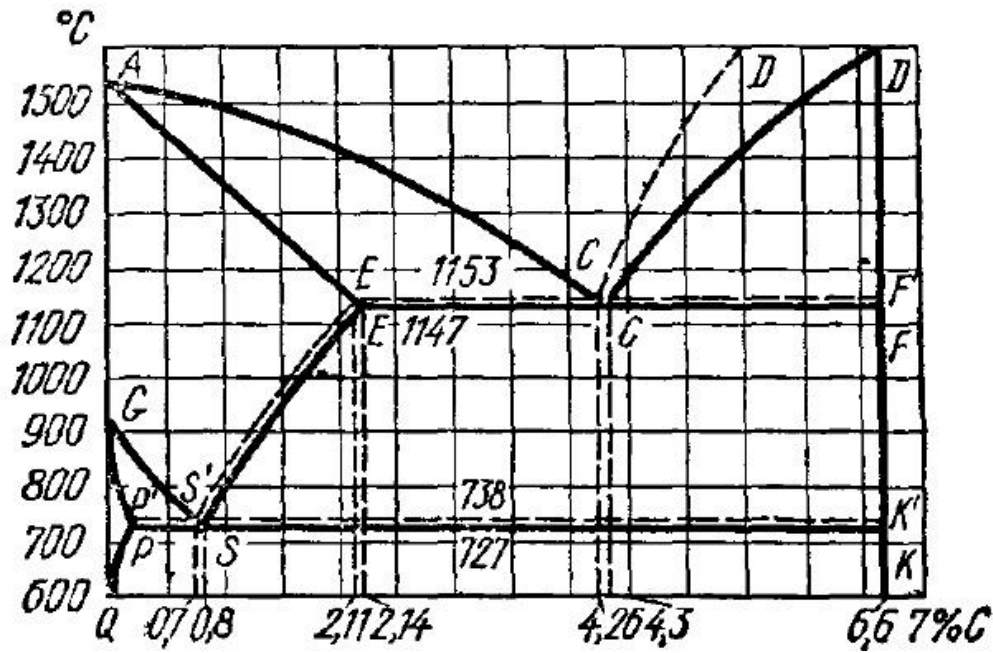
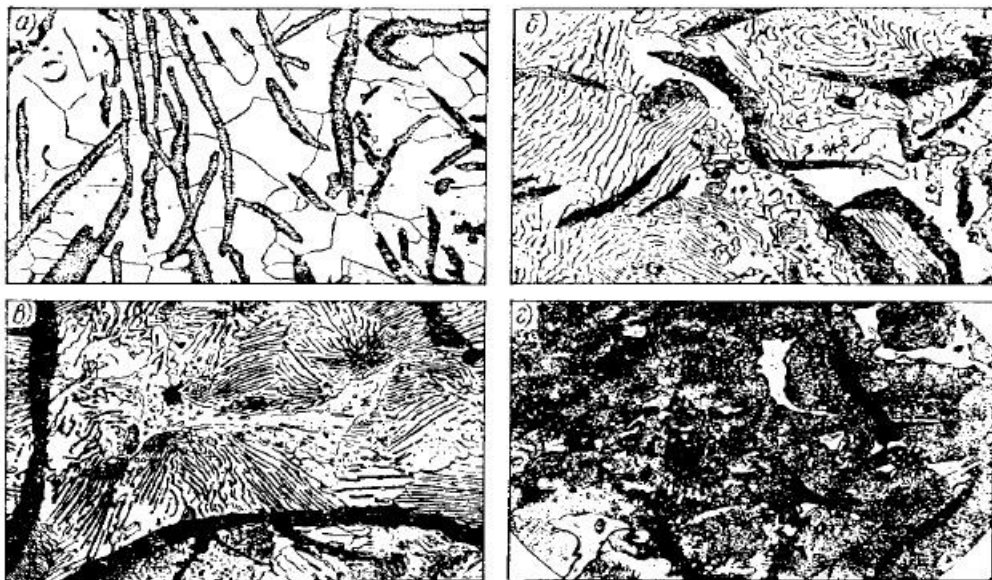


Рис. 3 - Діаграма стану залізо - вуглець (у спрощеному вигляді) суцільні лінії - цементитная, система пунктирні - графітна

Діаграма стану характеризує утворення структур чавуна, у якому весь вуглець знаходиться вільному стані у виді графіту, тобто немає цементиту й структура ферито-графітна (мал. 4, а).



а - сірий феритний; б - сірий ферито-перлітний; в - сірий перлітний; г - половинчатий зі структурою + цементит (вторинний) + графіт, x 500

Рис. 4 - Мікроструктура чавунів

Однак практика виробництва чавунних виливків показує, що, крім білих і ферито-графітних чавунів, у реальних умовах виходять чавуни, у структурі яких є і графіт, і цементит, тобто частина вуглецю знаходиться у вільному, а частина - у зв'язаному стані.

У виробничих умовах одержують чавуни з наступними структурами:

1. Ферит + перліт + графіт (сірий ферито-перлітний чавун). Структура таких чавунів показана на мал. 4, б. Оскільки перліт складається з фериту і цементиту, отже, у цьому чавуні є і цементит, і графіт.

2. Перліт + графіт (сірий перлітний чавун). Структура такого чавуну показана на мал. 4, в; у цьому чавуні, оскільки в перліт входить цементит, є цементит і графіт.

3. Перліт + цементит + графіт (мал. 4, г) чи перліт + ледебурит + графіт. Ледебурит складається з цементиту і перліту в цих чавунах також є і цементит, і графіт (такі чавуни називають половинчатими).

Кристалізація зазначених структур не може бути пояснена тільки однією з розглянутих діаграм станів (Fe-Fe₃C чи залізо - графіт). При утворенні цих структур іде змішана кристалізація по обох системах: графітної (Fe-C) і цементитної (Fe-Fe₃C).

Це порозумівається так: кристалізація починається по графітній системі і виділяється якась кількість графіту, але для того, щоб увесь час виділявся графіт, потрібно дуже уповільнене охолодження, при цьому чим нижче температура, тим швидкість охолодження, необхідна для кристалізації графіту, повинна бути меншою, тому що зі зниженням температури швидкість усіх дифузійних процесів, у тому числі і кристалізації графіту, зменшується.

5. Вплив елементів на структуру чавуну

На структуру чавунів, що крім заліза і вуглецю містять і інші елементи, сильно впливає хімічний склад. Елементи кремній, титан, нікель, мідь, алюміній, що сприяють виділенню графіту, називають графітизуючими. Елементи марганець, молібден, сірка, хром, ванадій, вольфрам, навпаки,

сприяють одержанню вуглецю у зв'язаному стані у виді цементиту. Їх називають антиграфітизуючими чи гальмуючими графітизацію.

Зазвичай, на виробництві для отримання заданої структури регулюють зміст кремнію, марганцю, вуглецю. Чим більше кремнію в чавуні, тим менше в ньому зв'язаного вуглецю і тем м'якше чавун. У сірі чавуни вводять 1,5...3,5% Si. При зміні марганцю в межах 0,5...1,0% кількість зв'язаного вуглецю збільшується. Крім того, марганець зв'язує сірку в MnS, що зменшує відбілюючу дію сірки.

У звичайному сірому чавуні фосфору міститься 0,3...0,4%. При виготовленні художніх виливків для підвищення рідкорухомості в чавун вводять фосфор (до 1,0%).

Сірка - шкідлива домішка, вона сприяє збільшенню зв'язаного вуглецю (так називане відбілювання чавуну), знижує рідкорухомість, збільшує усадку і схильність до утворення тріщин. Сірка допускається в мінімальній кількості (не більш 0,08-0,1%). Якщо в чавуни вводять такі елементи, як алюміній, мідь, хром, чи нікель кремній - понад 3,5%, марганець - понад 1%, то їх називають легованими чи спеціальними.

6. Вплив швидкості охолодження

На структуру чавуну значно впливає швидкість охолодження. При тому самому хімічному складі структура виходить різною у залежності від товщини виливка. Отже, для одержання даної структури у виливках різної товщини необхідно брати різний склад чавуну. Якщо відливати з чавуну одного складу деталі різної товщини, то в них буде різна структура.

Для вибору хімічного складу чавуна в залежності від необхідної структури, а отже, і властивостей, дослідним шляхом будують так названі структурні діаграми. На мал. 5 приведена структурна діаграма, що характеризує структури, які виходять у залежності від сумарного змісту вуглецю і кремнію у виливках із різною товщиною стінок.

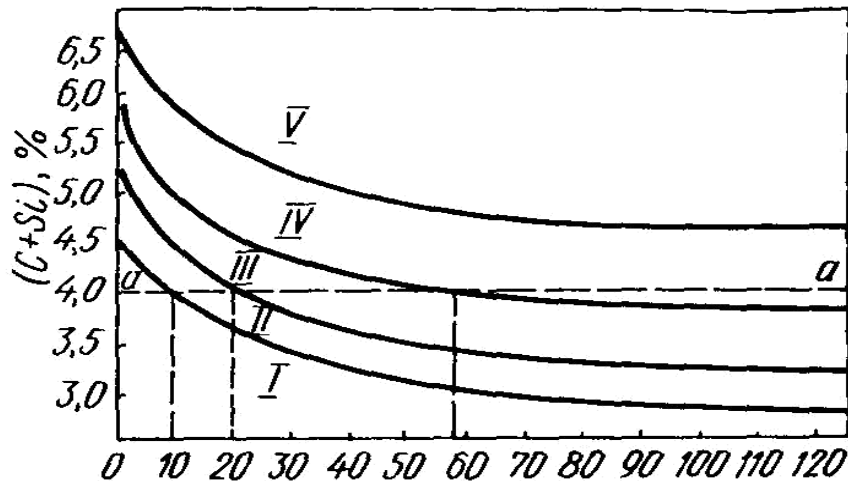


Рис. 5 - Структурна діаграма чавунів. Залежність структури чавунів від товщини стінки вилівка і суми вуглецю і кремнію. Товщина стінки, мм I – білий; II – половинчатий; III - сірий перлітний; IV - сірий ферито-перлітний; V - сірий феритний

Так, якщо деталі відлиті з чавуна складу $C + Si = 4\%$ (на діаграмі пунктирна лінія *a-a*), то в деталях із стінкою товщиною до 10 мм виходить білий чавун, від 10 до 20 мм – половинчатий чавун, від 20 до 60 мм – перлітний сірий чавун, від 60 до 120 мм - ферито-перлітний сірий чавун.

7. Маркірування сірих чавунів

Сірі чавуни маркують буквами СЧ, потім ставлять два двозначних числа: перше число показує межу міцності при розтяганні, друге - межа міцності при вигині. У ДСТУ 1412—70 установлені наступні марки сірих чавунів:

СЧОО (без випробувань механічних властивостей), СЧ 12-28, СЧ 15-32, СЧ 4-44, СЧ 32-52, СЧ 44-64 і ін. Наприклад, марка СЧ 15-32 показує, що чавун має $\sigma_y = 150 \text{ МН/м}^2$ (15 кгс/мм²) і $\sigma_{\text{виг}} = 320 \text{ МН/м}^2$ (32 кгс/мм²).

Для одержання чавуну стандартних марок регулюють хімічний склад, умови охолодження й інші фактори. Виливки із сірого чавуну широко застосовують у машинобудуванні: для станин металорізальних верстатів,

маховиків, корпусів, поршневих кілець, голівок блоків двигунів, поршнів, гільз автомобільних і тракторних двигунів, рам і інших деталей.

8. Чавуни з кулястою формою графіту (високоміцні чавуни)

Для одержання графіту у виді кулястих включень у ківш із рідким чавуном вводять металевий магній у так званих випарниках, тобто в металевих чи графітових коробках з отворами. Для одержання кулястого графіту вміст магнію в чавуні повинне бути 0,03 - 0,07%.

Високоміцні чавуни маркують буквами ВЧ, потім ставлять два числа: перше число показує межу міцності при розтяганні, друге - відносне подовження, наприклад, ВЧ 38-17; ВЧ 42-12; ВЧ 45-5; ВЧ 60-2; ВЧ 80-3; ВЧ 120-4 (ДСТУ 7293-70).

Чавуни, модифіковані магнієм, мають більш високі механічні властивості, ніж звичайний сірий чавун, і наближаються за властивостями до сталі. Чавуни з кулястим графітом застосовують для самих відповідальних деталей, наприклад, колінчатих валів, кулачкових валиків і ін., рис. 6. Заміна сталевих деталей литими з високоміцного чавуна є економічно вигідною. Наприклад, при підрахунку економічної ефективності заміни сталевого колінчатого вала дизеля чавунним виявилось, що заготівка литого колінчатого вала з високоміцного чавуна в три рази легше заготівки з легованої сталі. Загальні витрати на виготовлення сталевого колінчатого вала в 3,5 рази більше чавунного.

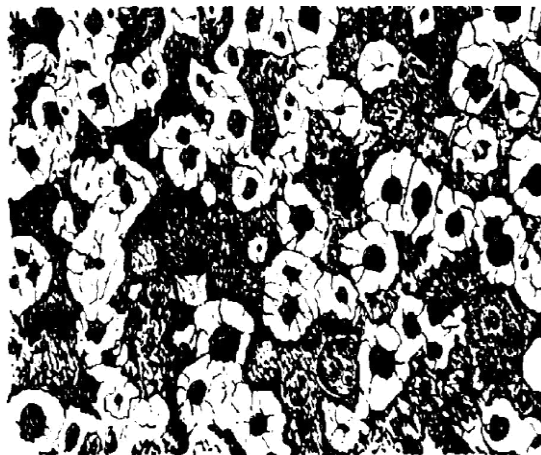


Рис. 6 - Мікроструктура ферито-перлітного високоміцного чавуна, х 100.

9. Ковкий чавун

Ковкий чавун одержують у результаті тривалого відпалу білого чавуну. Під час відпалу відбувається розпад цементиту з утворенням графіту, тобто процес графітизації, і тому такий відпал називають графітизуючим. Тому що в даному випадку графіт виходить під час відпалу і має характерну пластівчасту форму (див. мал.1,в), його часто називають *вуглецем відпалу*. Для одержання структури (ферит + вуглець відпалу) в процесі відпалу повинний бути розкладений цементит ледебуриту, вторинний цементит і цементит евтектоїдний, тобто складовий перліту. Розкладання цементиту ледебуриту і цементиту вторинного (частково) відбувається на першій стадії графітизації, що проводять при температурі вище критичної $950-1000^{\circ}\text{C}$; розкладання евтектоїдного цементиту відбувається на другій стадії графітизації, що проводять шляхом витримки при температурі нижче критичної ($740-720^{\circ}\text{C}$), чи при повільному охолодженні в інтервалі критичних температур ($760-720^{\circ}\text{C}$) (мал. 7).

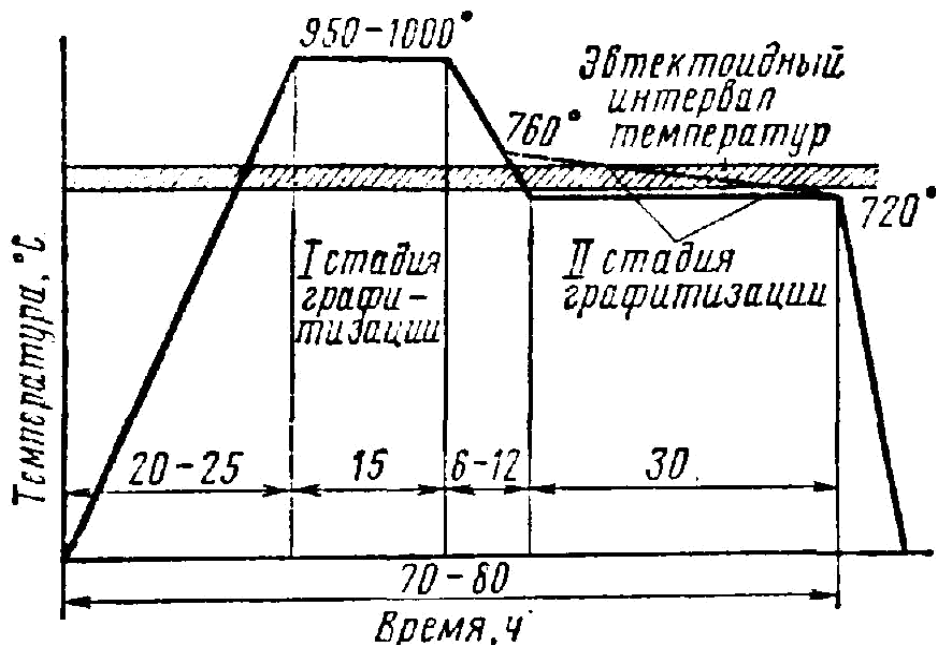


Рис. 7 - Графік режиму відпалу білого чавуну для отримання ковкого чавуну

Відпал білого чавуну з отриманням феритного ковкого чавуну називають повним графітизуючим відпалом.

Феритний ковкий чавун являє собою конструкційний матеріал - м'який ($HB \leq 163$), високої пластичності (6 до 12%) при задовільній міцності [$\sigma_y = 300 - 370 \text{ МН/м}^2$ (30 37 кгс/мм²)], мал. 8.

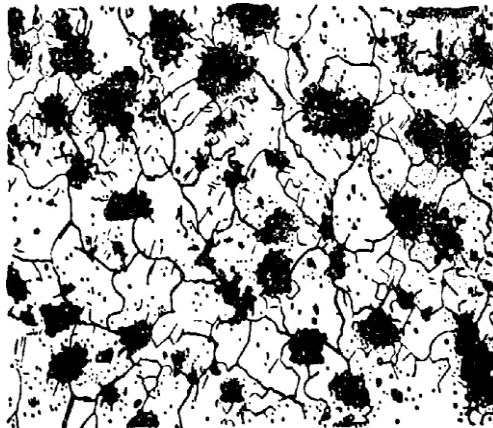


Рис. 8 – Мікроструктура феритного ковкого чавуну, x100

Тому він і одержав умовну назву «ковкий» чавун. У дійсності вироби з цього чавуну одержують не шляхом кування, а шляхом лиття і наступного графітизуючого відпалу.

У деяких випадках, особливо для деталей, що працюють на знос, потрібно ковкий чавун зі структурою перліт + ферит + вуглець відпалу чи зі структурою перліт + вуглець відпалу.

Ковкі чавуни маркують буквами КЧ, що означають ковкий чавун, потім ставлять два числа: перше число показує межу міцності при розтяганні, друге - відносне подовження.

Встановлено такі марки ковких чавунів: КЧ 30-6, КЧ 35-10, КЧ 45-6, КЧ 56-4, КЧ 63-2 і ін.

Властивості чавунів за аналогією зі сталлю можна поліпшити легуванням спеціальними елементами, такими ж, що використовуються при легуванні стали. Легуючі елементи впливають на металеву основу чавуна, а також на характер і розміри графітних включень, сприяють здрібнюванню структури.

Призначення легованих чавунів різноманітне. Чавуни застосовують різні: зносостійкі, жаростійкі, жароміцні, корозійнотривкі, антифрикційні.

10. Зносостійкі чавуни

Для роботи в умовах абразивного зносу застосовують чавун, що містить 3,5—5% Ni; 0,8% Cr, що має задовільну зносостійкість при легких умовах роботи (робочі органи насосів і ін.). Чавуни для роботи в умовах сухого тертя в основному леговані хромом (до 0,6%) і нікелем (до 2,5%) з добавками таких елементів, як титан, мідь вольфрам, молібден. З таких чавунів виготовляють гальмові барабани автомобілів, диски зчеплення, супорти токарських верстатів , гільзи циліндрів і ін. Високу зносостійкість має високо-хромистий чавун, наприклад, марки ИЧХ12ГЗМ (12 - 14% Cr; 2,8 - 3,8% Mn; 0,4 - 0,8% Mo), який застосовується для дробильних валків, куль кульових млинів і ін.

11. Жаростійкі чавуни

До них відноситься хромистий чавун зі вмістом хрому від 0,5 до 30%; наприклад: чавун марки ЖЧХ -30 (28-32% Cr), який застосовується для деталей печей і вагранок, фурм і інших деталей , що працюють при високих температурах (до 900°C); кременистий чавун марки ЖЧС-5,5 (5-6% Si), який застосовується для виготовлення деталей, що працюють при температурах до 800°C, для рам одвірок мартенівських печей, деталей казанів і ін.; алюмінієвий чавун марки ЖЧЮ-22 (19 -25% Al), що має найбільш високою жаростійкістю і використовується для деталей, що працюють при температурах до 1150°C (жужільні фурми доменних печей, плавильні тиглі й ін.).

12. Жароміцні чавуни

До них відноситься, наприклад, чавун з кулястим графітом марки ЧН11М7Х2Ш (10-12% Ni; 5-8% Mn; 1-2,5% Cr), що має високими жароміцними властивостями і використовується для деталей дизелів, компресорів по скрапленню газів і ін.

13. Корозійнотривкі чавуни

Ці чавуни бувають низько - і високолеговані. Низьколегований чавун, наприклад, марки ЧН1ХМД (0,7 - 1,5% Ni; 0,2 - 0,6% Cr; 0,3 - 0,6% Mo; 0,2 - 0,5% Cu) застосовують для деталей, що працюють при підвищених температурах у газових середовищах (блоки і голівки циліндрів двигунів внутрішнього згоряння й ін.). Високолеговані чавун - це кременисті сплави (феросиліди), що містять 14—18% Si (наприклад, марка З 17), стійкі у всіх кислотах і лугах. Їх застосовують для виготовлення деталей насосів, устаткування для концентрованих сірчаної й азотної кислот і ін.

14. Антифрикційні чавуни

У якості антифрикційних підшипникових матеріалів застосовують сірі, високоміцні і ковкі чавуни. Основна металева маса таких чавунів є перлітною чи перліто-феритною.

Антифрикційні сірі перлітні чавуни, леговані хромом (0,2 - 0,4%) і міддю (1,5 - 2%) - марка АЧС-1; леговані хромом (0,2 - 0,4%), нікелем (0,2 - 0,4%), титаном (0,03 - 0,1%) і міддю (0,3 - 0,5%) - марка АЧС-2 і перліто-феритний чавун, легований титаном (0,03 - 0,1%) і міддю (0,3 - 0,5%) - марка АЧС-3 рекомендується застосовувати при тиску до 500 МН/м^2 (50 кгс/мм²).

Антифрикційні чавуни з кулястим графітом марок АЧВ-1 (перлітний) і АЧВ-2 (перліто-феритний) застосовують у вузлах тертя при підвищених тисках до 1200 МН/м^2 (120 кгс/мм²).

Антифрикційні ковкі чавуни - це перлітний чавун, легований міддю (1-1,5%) - марка АЧК-1 і перліто-феритний чавун - марка АЧК-2.

Перлітні чавуни (з вмістом перліту не менш 80%) марок АЧС-1, АЧС-2, АЧВ-1, АЧК-1 призначені для роботи в парі з термічно обробленими (загартованими чи нормалізованими) валами, а перліто-феритні (50-80% перліту) - з термічно не обробленими валами.

15. Термічна обробка

Чавунні виливки піддають відпалу (для зняття внутрішніх напружень і графітізуючому відпалу), нормалізації, загартуванню з відпуском.

Відпал для зняття внутрішніх напружень (виливків із сірого і високоміцного чавунів) проводять при температурі 500 – 650° С (у залежності від чавуну) з витримкою 3 - 10 год. (у залежності від розміру виливка).

Графітізуючий відпал (виливків з тих же чавунів) проводять:

а) при температурі 680-750°С с витримкою 1 - 4 год. для графітізації цементиту перліту й одержання замість структури перліт + графіт структури ферит + перліт + чи графіт ферит + графіт, що знижує міцність і твердість і поліпшує оброблюваність чавуну на металорізальних верстатах; б) при температурі 900-950°С с витримкою 1 - 5 год. виливків половинчатого чи вибіленого чавуна для графітізації надлишкового цементиту чи цементиту ледебуриту й одержання структури перліт + графіт.

Нормалізацію (виливків із сірого, високоміцного і ковкого чавунів) проводять при 850-950°С для збільшення кількості зв'язаного вуглецю в результаті розчинення частини графіту в аустеніті з одержанням перлітного чавуну (замість феритного чи ферито-перлітного чавуну), що підвищує твердість і зносостійкість чавуну.

Загартування (виливків із сірого, високоміцного і ковкого чавунів) проводять при нагріванні до 850-930°С з витримкою 0,5-3 год. для прогріву і насичення аустеніту вуглецем (тому витримка тим триваліша, чим більше в чавуні фериту і менше перліту), з охолодженням у воді чи маслі з одержанням структури мартенсит + графіт із твердістю HRC55-60. Відпуск проводять при 250-300°С (для деталей, що працюють на знос) чи при 400-600°С.

Крім звичайного загартування чавунні виливки піддають також ізотермічному і поверхневому загартуванню.

а) азотуванню для підвищення твердості, зносостійкості і корозійній стійкості. (звичайно азотують виливок з легованого і високоміцного чавунів);

б) алітуванню для підвищення жаростійкості;

в) дифузійному хромуванню для підвищення твердості, зносостійкості, жаростійкості і корозійній стійкості.

Режими хіміко-термічної обробки чавуну в основному аналогічні режимам обробки сталі.

Завдання та питання для самоконтролю:

1. Який сплав називається чавуном?
2. За якими ознаками класифікуються чавуни? Надайте порівняльні характеристики чавунів.
3. Охарактеризуйте металеву основу чавунів різних типів.
4. Побудуйте діаграму стану “Fe-C” та охарактеризуйте утворення різних типів основ на прикладі кристалізації типових сплавів.
5. Охарактеризуйте вплив форми графіту на властивості чавунів.
6. Надайте характеристики способів термічної обробки чавунів.
7. Яким чином впливають на властивості чавунів добавки легуючих елементів?
8. За рахунок яких факторів можливо вплинути на структуру чавунного виливка?

Рекомендована література

1. ДСТУ 2891-94 Чавун для виливків. Терміни та визначення.
2. В. В. Хільчевський, С. Є. Кондратюк, В. О. Степаненко, К. Г. Лопатько. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. — К.: «Либідь», 2002. С. 104.
3. Чавун. // Етимологічний словник української мови: У 7 т. / Редкол. О. С. Мельничук (голов. ред.) та ін. — К.: Наук. думка, 1983. — Т. 6: У — Я / Уклад.: Г. П. Півторак та ін. — 2012. — С. 274.
4. Donald B. Wagner (1993). Iron and Steel in Ancient China. BRILL. pp. 60 — 81, 335—340. ISBN 978-90-04-09632-5 (англ.)
5. Чугун // Большая советская энциклопедия : в 30 т. / главн. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : «Советская энциклопедия», 1969—1978.
6. Металлургия чугуна. Ефименко Г. и др. Изд. 2. — К.: Вища школа, 1974. С. 13.
7. В. Попович, А. Кондир, Е. Плешаков та ін. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Практикум: Навч. посібник. — Львів: Світ, 2009. — 552 с.
8. Мовчан В. П., Бережний М. М. Основи металургії. — Дніпропетровськ: Пороги, 2001. — 336 с.
9. Основи металургійного виробництва металів і сплавів / Чернега Д. Ф., Богушевський В. С., Готвянський Ю. Я. та ін.; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. — К. : Вища школа, 2006. — 503 с.

ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА (МЕТАЛИ): ЧАВУНИ

**Методичні вказівки
для самостійного вивчення дисципліни**

ШИГИМАГА Віктор Олександрович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 1,39

Наклад 100 пр.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44