



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НІКОПОЛЬСЬКИЙ ТЕХНІКУМ
НАЦІОНАЛЬНОЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ АКАДЕМІЇ
УКРАЇНИ



МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

для самостійної роботи студентів з дисциплін:
"Основи металознавства", "Матеріалознавство і ТІМ",
"Матеріалознавство і конструкційні матеріали"
за розділом:

ЧАВУНИ

Нікополь, НТ НМетАУ
2002

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НІКОПОЛЬСЬКИЙ ТЕХНІКУМ
НАЦІОНАЛЬНОЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ
ВІДДІЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ

МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

для самостійної роботи студентів
з дисциплін: “Основи металознавства”
“Матеріалознавство і ТІМ”
“Матеріалознавство і конструкційні матеріали”
за розділом:

Ч А В У Н И

Уклав

Г.О.КОЗЛОВ

Рецензент

В.Л. ЧУДНА

Рекомендовано ПЦК
металургійних дисциплін та ПЦК
інженерної механіки

Затверджено методичною радою
технікуму

Нікополь, НТ НМетАУ
2002

ЗМІСТ

Загальні відомості	4
СІРИЙ ЧАВУН	
Змішана кристалізація	5
Вплив елементів на структуру чавуну	6
Вплив швидкості охолодження	7
Маркірування сірих чавунів	7
ЧАВУНИ З КУЛЯСТОЮ ФОРМОЮ ГРАФІТУ (високоміцні чавуни)	8
КОВКИЙ ЧАВУН	8
Зносостійкі чавуни	9
Жаростійкі чавуни	10
Жароміцні чавуни	10
Корозійнотривкі чавуни	10
Антифрикційні чавуни	10
ТЕРМІЧНА ОБРОБКА	11
Контрольні питання	12
Рекомендована література	13

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

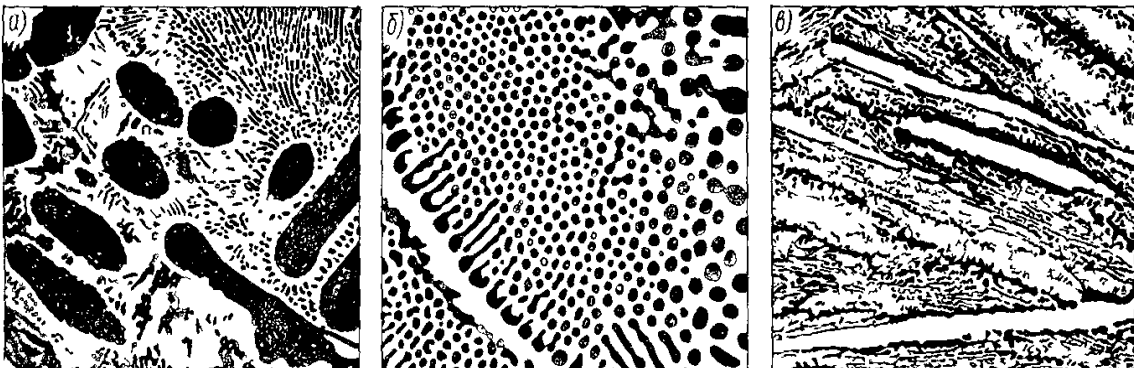
Чавуном називають сплави заліза з вуглецем із вмістом більш 2% С (точніше більш 2,14 % С - крапка Е на діаграмі Fe-Fe₃C). У залежності від стану вуглецю в чавуні розрізняють:

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

Білі чавуни з вмістом 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).

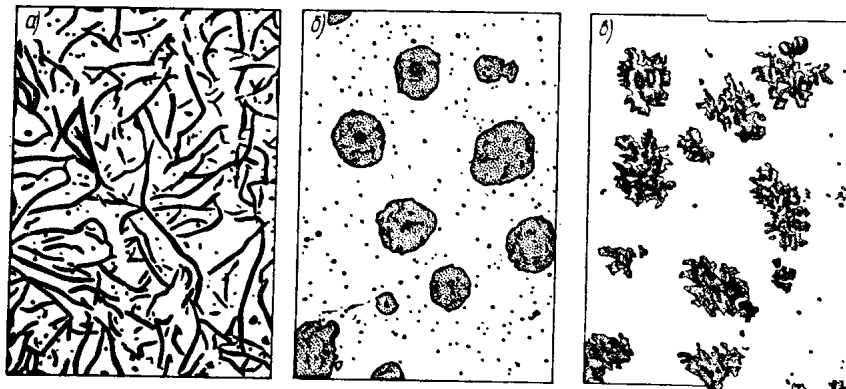
Білі чавуни зі змістом вуглецю від 4,3 до 6,67% мають структуру цементит первинний + ледебурит і називаються заевтектичними чавунами (мал. 1,в).



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

Рис. 1 - Мікроструктура білого чавуну

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);



а - пластинчаста форма графіту (сірий чавун);
б - куляста (високоміцний чавун);
в - пластівчаста (ковкий чавун); шліфи нетравленні; х 100

Рис. 2- Мікроструктура чавунів із різною формою графіту:

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 (див. мал. 3) характеризує утворення структур чавуна, у якому весь вуглець знаходиться у вільному стані у виді графіту, тобто немає цементиту й структура ферито-графітна (мал. 4, а).

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.

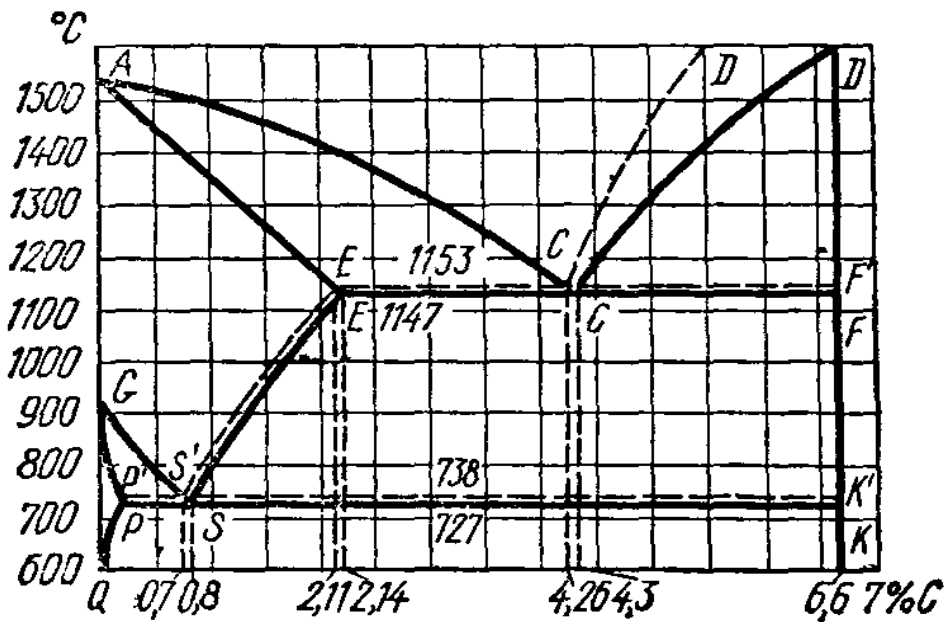


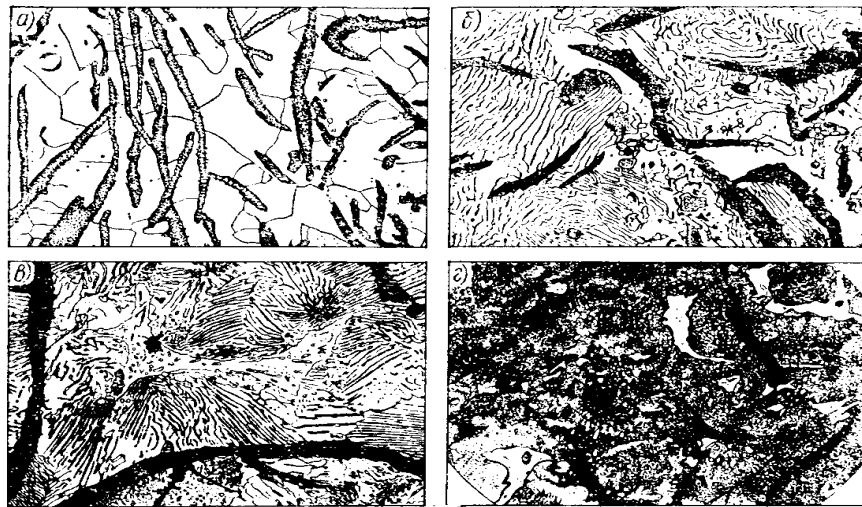
Рис.3 - Діаграма стану залізо - вуглець (у спрощеному вигляді)
суцільні лінії - цементитная, система пунктирні - графітна

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, у; 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).



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

Рис. 4 – Мікроструктура чавунів

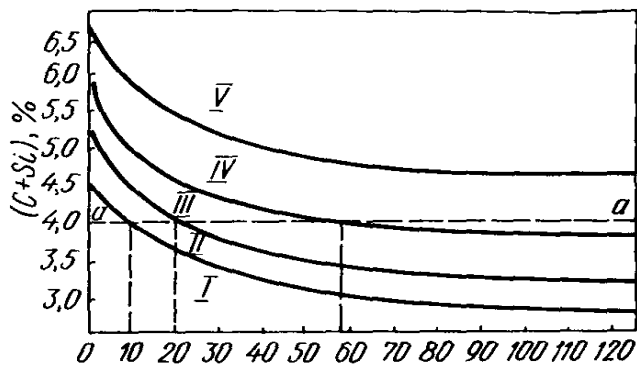
Кристалізація зазначених структур не може бути пояснена тільки однією з розглянутих діаграм станів (Fe-Fe₃C чи залізо - графіт). При утворенні цих структур іде змішана кристалізація по обох системах: графітної (Fe-C) і цементитної (Fe-Fe₃C).

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.

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.



Товщина стінки, мм

I – білий; II – половинчатий; III – сірий перлітний;

IV – сірий ферито-перлітний; V – сірий феритний

Рис.3 Структурна діаграма чавунів. Залежність структури чавунів від товщини стінки вилівка і суми вуглецю і кремнію

вводять такі елементи, як алюміній, мідь, хром, чи нікель кремній - понад 3,5%, марганець - понад 1%, то їх називають легованими чи спеціальними.

Вплив швидкості охолодження

На структуру чавуну значно впливає швидкість охолодження. При тому самому хімічному складі структура виходить різною у залежності від товщини вилівка. Отже, для одержання даної структури у вилівках 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.3 приведена структурна діаграма, що характеризує структури, що виходять у залежності від сумарного змісту вуглецю і кремнію у вилівках із різною товщиною стінок. Так, якщо деталі відлиті з чавуна складу $C + Si = 4\%$ (на діаграмі пунктирна лінія *a-a*), те 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.

Маркірування сірих чавунів

Сірі чавуни маркірують буквами СЧ, потім ставлять два двозначних числа: перше число показує межу міцності при розтяганні, друге - межа міцності при вигині. У ДЕСТ 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. Вилівки 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.

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 (ДЕСТ 7293-70).

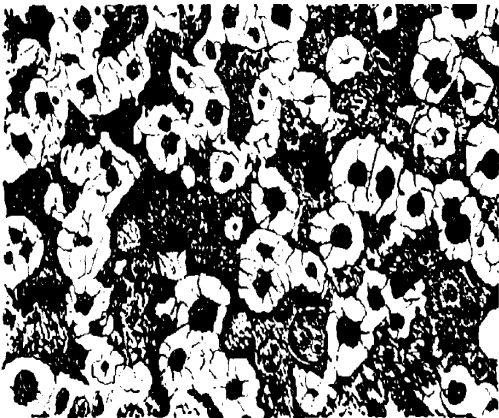


Рис.4 - Мікроструктура ферито-перлітного високоміцного чавуна, x 100

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. 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.

КОВКИЙ ЧАВУН

Ковкий чавун одержують у результаті тривалого відпала 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 *вуглицем 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°C);

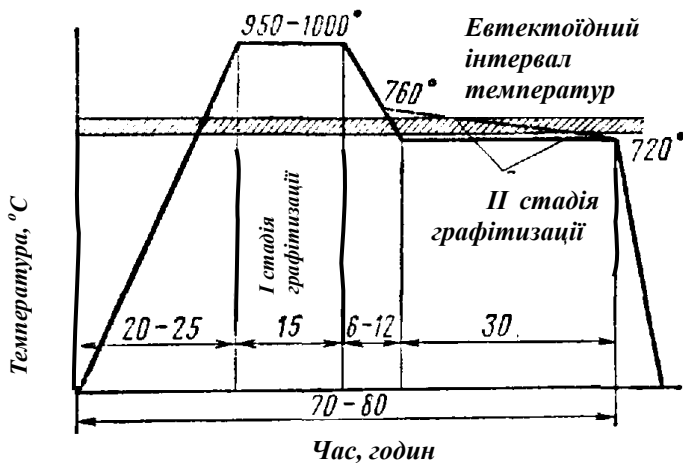


Рис. 5- Графік режиму відпалу білого чавуну для отримання ковкого чавуну

розкладання евтектоїдного цементиту відбувається на другій стадії графітизації, що проводять шляхом витримки при температурі нижче критичної (740-720°C), чи при повільному охолодженні в інтервалі критичних температур (760-720°C) (мал. 5).

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

Феритний ковкий чавун (мал. 6) 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)]. 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.

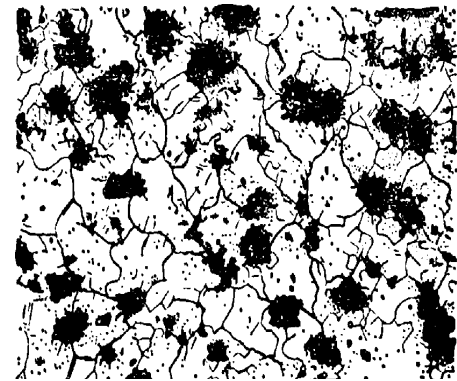


Рис.6 - Мікроструктура феритного ковкого чавуну, x100

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.

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.

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.).

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.

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.

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/м² (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/мм^2).

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.

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА

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

Відпал для зняття внутрішніх напружень (вилітків із сірого і високоміцного чавунів) проводять при температурі $500 - 650^\circ \text{C}$ (у залежності від чавуну) з витримкою 3 - 10 год. (у залежності від розміру вилітка).

Графітуючий відпал (вилітків з тих же чавунів) проводять:

а) при температурі $680-750^\circ \text{C}$ з витримкою 1 - 4 год. для графітації 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 $900-950^\circ \text{C}$ з витримкою 1 - 5 год. вилітків половинчатого чи вибіленого чавуна для графітації надлишкового цементиту чи цементиту ледебуриту й одержання структури перліт + графіт.

Нормалізацію (вилітків із сірого, високоміцного і ковкого чавунів) проводять при $850-950^\circ \text{C}$ 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 (вилітків із сірого, високоміцного і ковкого чавунів) проводять при нагріванні до $850-930^\circ \text{C}$ 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 $250-300^\circ \text{C}$ (для деталей, що працюють на знос) чи при $400-600^\circ \text{C}$.

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

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

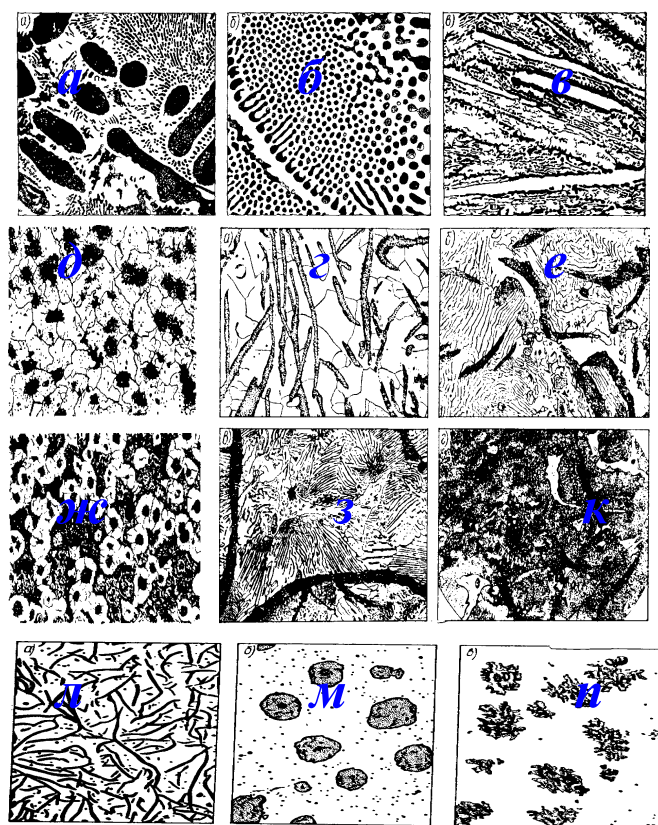
б) алітуванню для підвищення жаростійкості;

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

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

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

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. Визначте типи чавунів за наданими мікроструктурами (мал. 7)



Мал.7 – Мікроструктури чавунів

7. Технологія отримання ковких чавунів.
8. Побудуйте та охарактеризуйте графік графітизуючого відпалу чавунів.
9. Маркірування чавунів за ДЕСТами. Наведіть приклади та дайте необхідні роз’яснення.
10. Надайте характеристики способів термічної обробки чавунів.
11. Яким чином впливають на властивості чавунів добавки легуючих елементів?
12. За рахунок яких факторів можливо вплинути на структуру чавунного виливка?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Кузьмин Б.А. и др. Металлургия, металловедение и конструкционные материалы. Учебник для техникумов. Изд. 2-е перераб. и дополн. М. «Высшая школа», 1977. 304 с.

Лахтин Ю.М. Основы металловедения. Учебник для техникумов. М.: Металлургия, 1988. 320 с.

