

## Лекція 5 ВУГЛЕЦЕВА СТАЛЬ.

1. [Структура доєвтектоїдних, евтектоїдних і заєвтектоїдних сталей.](#)
2. [Маркування та застосування вуглецевих сталей.](#)

### Структура доєвтектоїдних, евтектоїдних і заєвтектоїдних сталей.

**Сталю** називається залізовуглецевий сплав, який містить вуглець від 0,025 до 2,14%, постійні технологічні ( $Mn \leq 0,9\%$ ;  $Si \leq 0,35\%$ ; S та P до 0,05%), приховані (N, O, H) та випадкові (Cu, Al, W, Ni) домішки.

Основним компонентом, який визначає будову та властивості вуглецевих сталей, є вуглець. Із збільшенням його вмісту в сталі утворюється більше твердої складової - цементиту, тому сталь стає міцнішою і твердішою, проте менш пластичною (рис. 41).

*Марганець і кремній* у названих кількостях є корисними домішками. Розчиняючись у фериті, вони зміцнюють його, підвищуючи міцність сталі.

*Сірка та фосфор* містяться в сталі, як наслідок доменного виробництва і є шкідливими домішками. Сірка розчиняється в залізі до 0,06% і утворює із залізом легкоплавку ( $988^\circ\text{C}$ ) евтектику (Fe – FeS), яка надає сталі червоноламкості - підвищує її крихкість при температурах гарячої обробки. Оскільки сірка в сталі знаходиться у вигляді евтектики FeS на границях зерен, то при обробці тиском при температурі від  $800$  до  $1100-1200^\circ\text{C}$  у цих місцях відбувається крихке руйнування сталі.

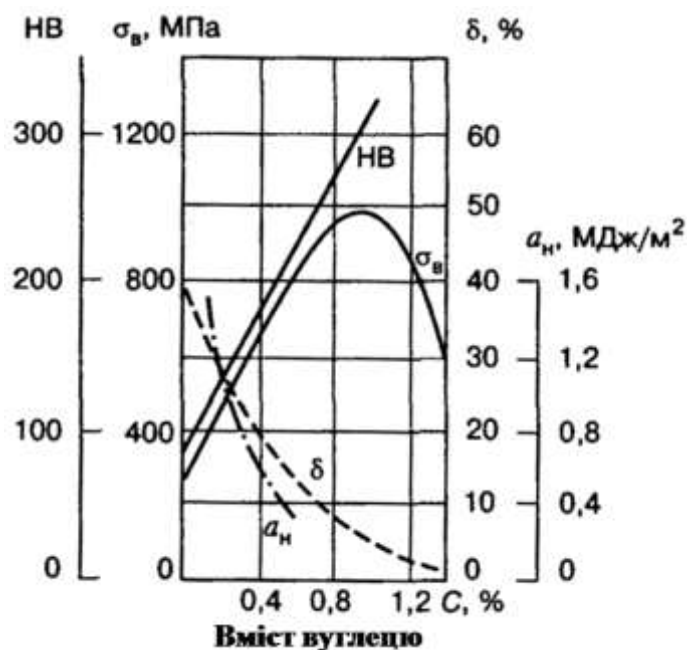


Рис. 41. Вплив вуглецю на механічні властивості сталі

*Фосфор* частково до 1,2% розчиняється у фериті, а інша частина утворює хімічну сполуку - фосфід заліза  $Fe_3P$ . Фосфор надає сталі

холодоломкості, тобто підвищує її крихкість при нормальній і, особливо, при пониженій температурі. У зв'язку з цим вміст сірки та фосфору в сталі суворо обмежують. Вміст S та P є одним з показників якості сталі.

Залежно від способу виробництва вміст кисню, азоту та водню в сталі може бути в межах від 0,0001 до 0,1 % (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст водню, азоту та кисню (%) у сталі при різних способах виробництва.

| Газ    | Спосіб виробництва сталі |                        |                        |                |
|--------|--------------------------|------------------------|------------------------|----------------|
|        | електросталь             | мартенівський основний | киснево - конверторний | бесемерівський |
| Водень | 0,0002-0,0006            | 0,0002-0,0006          | 0,0001-0,0003          | 0,0004- 0,0007 |
| Азот   | 0,008 - 0,010            | 0,004 - 0,006          | 0,001 - 0,003          | 0,010 - 0,014  |
| Кисень | 0,01-0,02                | 0,02-0,04              | 0,02-0,04              | 0,04-0,10      |

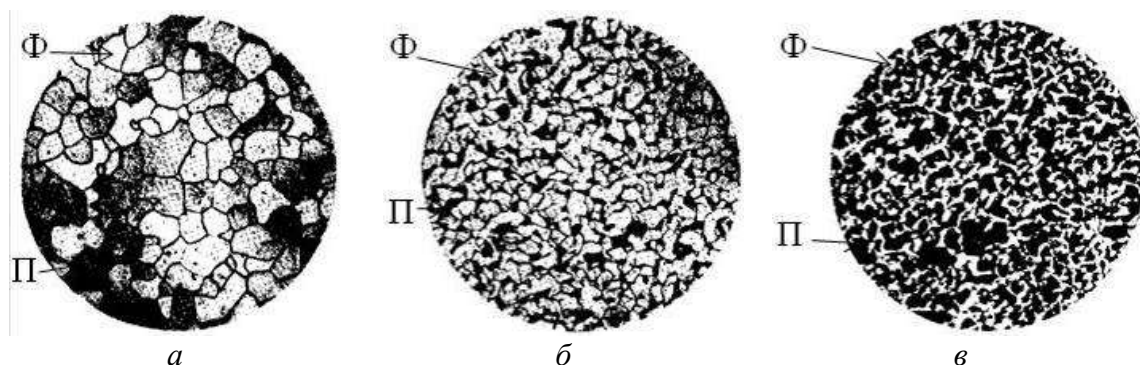
*Кисень і азот* знаходяться в сталі у вигляді оксидів і нітридів, які в більшості випадків знаходяться на границях зерен і надають крихкості сталі, тобто зменшують її пластичність. *Водень* не розчиняється у фериті і не утворює хімічних сполук. Але при швидкому охолодженні після гарячої обробки в інтервалі температур 200-20 °С у масивних деталях (товщина стінки більше 30 мм) він виходить на поверхню і утворює надриви (флокени).

За способом виробництва сталі поділяються на конвертерні (бесемерівські, томасівські, кисневі), мартенівські і електропідні;

За вмістом вуглецю - на низьковуглецеві ( $C \leq 0,25\%$ ); середньовуглецеві ( $C = 0,25-0,7\%$ ) і високовуглецеві ( $C \geq 0,7\%$ ).

За структурою у стані рівноваги сталі поділяються на *доевтектоїдні* (менше 0,8%С), *евтектоїдні* (0,8%С) та *заевтектоїдні* (від 0,8 до 2,14%С) (рис. 42).

Доевтектоїдні сталі мають структуру фериту (світлі зерна) і перліту (темні зерна) (рис. 42, а-в). Із збільшенням вмісту вуглецю кількість перліту зростає, а фериту зменшується. У доевтектоїдній сталі перліт у більшості випадків має пластинчасту форму, тобто складається з пластин фериту і цементиту, що чергуються. Щоб розрізнити цементит і ферит, сталь травлять розчином пікрату натрію, який зафарбовує цементит у темний колір. За структурою у доевтектоїдній сталі визначають вміст вуглецю за формулою:



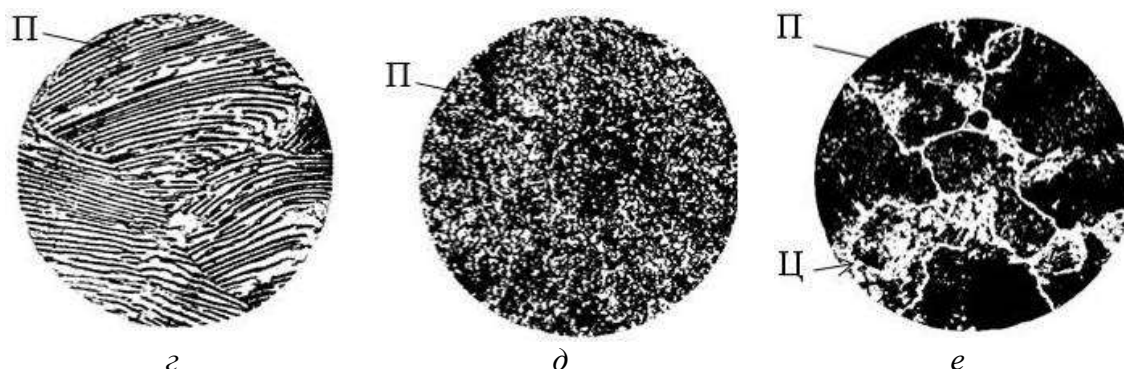


Рис. 42. Мікроструктура сталей залежно від вмісту вуглецю:  
*a* – *в* - доєвтектоїдні ( $C < 0,8\%$ ); *з*, *д* - евтектоїдні ( $C = 0,8\%$ );  
*е* - заєвтектоїдні ( $C$  від 0,8 до 2,14%);  
*a* – вміст  $C = 0,02\%$ ; *б* –  $C = 0,2\%$ ; *в* –  $C = 0,45\%$ ; *з*, *д* –  $C = 0,8\%$ ; *е* –  $C = 0,2\%$ ;  
 П – перліт; Ф – ферит; Ц – цементит

$$C = (F_{\text{п}} \cdot 0,8) / 100, \%$$

де  $F_{\text{п}}$  - площа (%), зайнята зернами перліту.

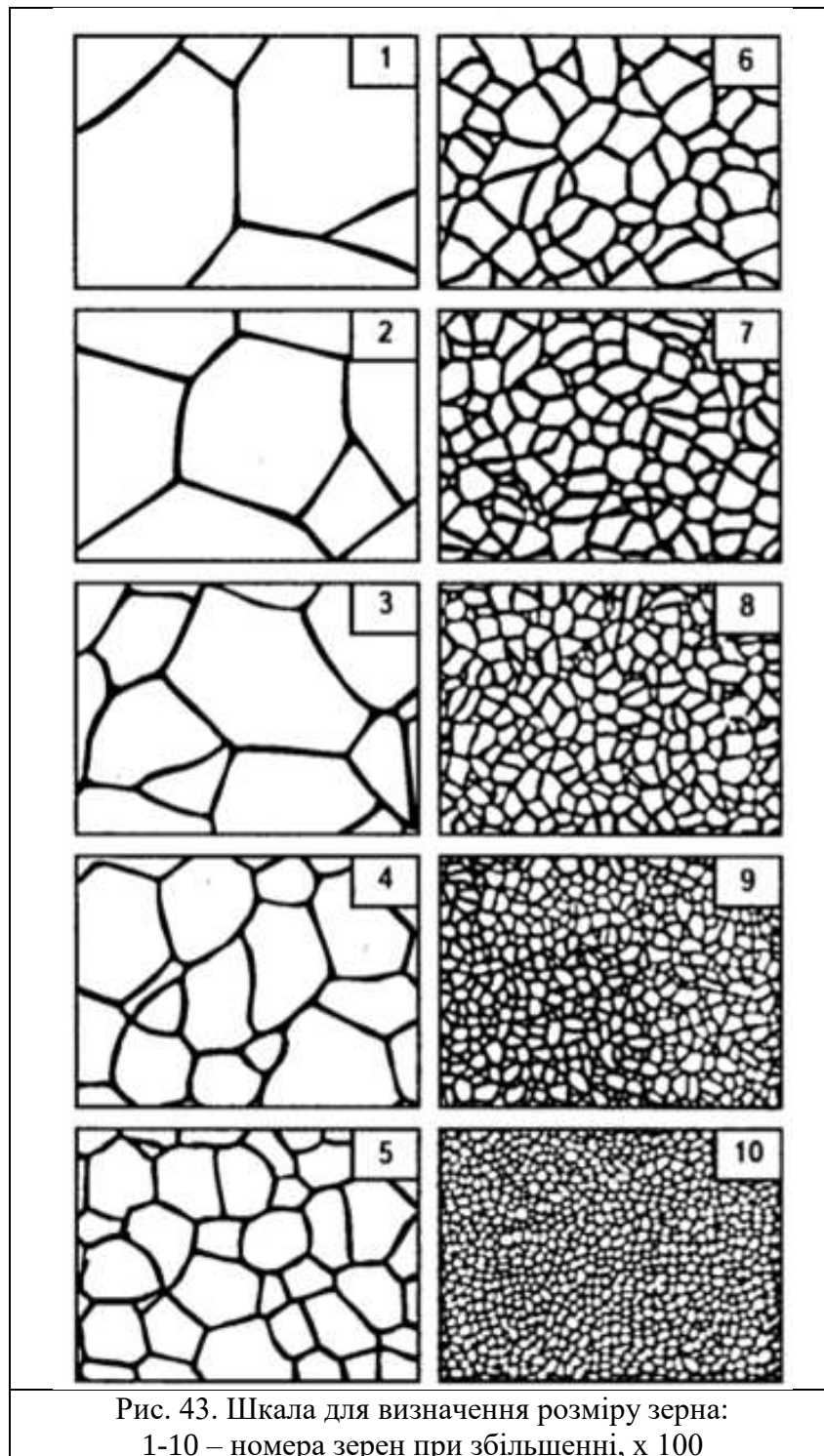
Структура евтектоїдної сталі - перліт (рис. 42, *з*, *д*). Розрізняють окрім перліту пластинчастого (рис. 42, *з*) і зернистий, у якому цементит має форму дрібних зерен, розміщених у фериті (рис. 42, *д*). Зернистий перліт більш пластичний і має меншу твердість (120-150 НВ) ніж пластинчастий – (160-220 НВ). Він утворюється у результаті часткового розчинення пластин цементиту та виділення на них кульок, наприклад, під час кування при температурі виділення вторинного цементиту, або при дуже повільному охолодженні або при дуже великій тривалості процесу охолодження (50-100 год при 650°C). Із зменшенням розміру цементитних пластин або кульок твердість і міцність перліту зростають.

Заєвтектоїдна сталь має структуру перліту і вторинного цементиту. Цементит може бути у вигляді зерен або світлої сітки на границях зерен перліту (рис. 42, *е*). Кількість вуглецю у заєвтектоїдній сталі можна визначити за формулою:

$$C = (F_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}} + F_{\text{ц}} \cdot C_{\text{ц}}) / 100,$$

де:  $F_{\text{п}}$ ,  $F_{\text{ц}}$  – відповідно площа, зайнята перлітом та цементитом, %;  
 $C_{\text{п}}$ ,  $C_{\text{ц}}$  - відповідно вміст вуглецю у перліті ( $C=0,8\%$ ) та цементиті ( $C=6,67\%$ ).

Як правило, максимальний вміст вуглецю в заевтектоїдній сталі обмежується 1,5%, оскільки при більшому вмісті вуглецю сталь стає дуже крихкою.



Величина та форма зерен у сталі - фактори, які впливають на її властивості. При подрібненні зерен збільшується міцність і пластичність сталі. Величина зерен сталі характеризується номером за стандартною шкалою (рис. 43). Сталь із зерном номерів 1-4 ( $0,222 \div 0,0788$  мм) вважається крупнозернистою, а 5-8 ( $0,0553 \div 0,0196$  мм) - дрібнозернистою.

Властивості вуглецевої сталі залежать від вмісту вуглецю, дисперсності, форми та розташування структурних складових. Крім того, наявність і кількість домішок має суттєве значення. Наприклад, вміст сірки та фосфору визначає якість вуглецевої сталі.

[На початок](#)

### **Маркування та застосування вуглецевих сталей.**

*За якістю* сталі розподіляються на сталі звичайної якості, якісні та високоякісні.

*Сталі звичайної якості* містять до 0,06% S і до 0,05% P і маркуються літерами Ст цифрами від 0 до 6 (умовний номер марки сталі). Поруч з номером марки вказують ступінь розкислення сталі: кп - кипляча сталь, пс - напівспокійна сталь, сп - спокійна сталь.

Сталі звичайної якості діляться на три групи: А, Б, В.

*Сталі групи А* - постачаються з гарантованими механічними властивостями та використовуються в такому стані, в якому їх виготовив металургійний завод. Марки - від Ст.0 до Ст.6. Літера А в марках групи не ставиться. МСт3- мартенівська, КСт.6 – конвертерна, тощо. Із зростанням цифри збільшуються її механічні властивості. Елементи конструкцій із таких сталей з'єднуються механічним кріпленням. Такі сталі не піддаються гарячій обробці тиском, термічно не зміцнюються і не зварюються.

*Група Б* - сталі постачаються з гарантованим хімічним складом, піддаються термічній і гарячій обробці тиском (кованням, штампуванням). Марки - БСт1кп; БСт3пс до БСт6сп.

*Група В* - сталі постачаються з гарантованими механічними властивостями та хімічним складом. Марки від ВСт.1 до ВСт.6. Сталі групи В можна піддавати термічній та гарячій обробці та зварювати.

*Якісні сталі* містять  $S < 0,040\%$  і  $P < 0,040\%$  і маркуються цифрами від 05, 08, 10, 15 30 - до 65, тощо. Цифри в марках сталей визначають вміст вуглецю в сотих долях відсотка. Наприклад, сталь 45 містить  $C \approx 0,45\%$ .

Якісні вуглецеві сталі використовують для виготовлення:

Сталі 05; 08; 10 – каністр, діжок, цистерн, кузовів автомобілів, дроту, стрічок.

Сталі 15; 20; 25 – деталей, які піддають хіміко – термічній обробці (цементация, нітроцементация, тощо). Із них виготовляють шестерні, пальці, вали, осі, кулачки та ін.

Сталі 40, 45, 50, 55 - шатунів, валів, осей та інших деталей, які працюють в умовах складних схем навантаження.

Сталі 60; 65 - пружин, ресор, робочих органів ґрунтообробних машин (борона, плуг, лапа культиватора, лопата, сапка тощо).

*Високоякісні сталі* містять  $S$  і  $P < 0,030 \%$  та мають літеру А у кінці марки.

Наприклад, сталь 20А –  $C = 0,17 - 0,24\%$ ,  $Mn = 0,35 - 0,65\%$ ,  $Si = 0,17 - 0,37\%$ ,  $S < 0,030\%$ ,  $P < 0,030\%$ . Використовують після нормалізації для виготовлення гаків кранів та муфт, після хіміко-термічної обробки - шестерні, пальці, вали тощо.

За методом придання форми та розмірів сталі можуть бути:

*Литі* – стальне фасонне литво (після цифр у марці сталі ставиться літера Л). Наприклад, Сталь 15Л - 55Л.

*Ковані* – поковки вільного кування та штампування.

*Прокатані* – прокат різного профілю (пруток, стрічка, лист, дріт, спеціальні профілі).

За призначенням сталі розподіляються на *конструкційні* (до 0,7 % С), *інструментальні* (0,7- 1,35 % С), *автоматні* та *котельні*.

*Конструкційні сталі* поділяються на *будівельні* та *машинобудівельні*.

*Конструкційні будівельні сталі*, це як правило, сталі звичайної якості.

*Конструкційні машинобудівельні сталі*, це як правило, якісні та високоякісні сталі.

Еталони структур перліту та фериту вуглецевої конструкційної сталі наведені у додатку IV.1.

*Вуглецеві інструментальні сталі* містять від 0,7 до 1,35 % С. Інструментальні сталі маркують У7, У7А, У8, У8А до У13, У13А.

Буква У - вуглецева. Число після У- середній вміст вуглецю в десятих частинах відсотка, буква А — сталь високоякісна. Наприклад:

Сталь У7 -  $C = 0,65 - 0,73\%$ ;  $Mn = 0,17 - 0,28\%$ ;  $Si = 0,17 - 0,33\%$ ;  $S < 0,028\%$ ;  $P < 0,030\%$ ;

Сталь У7А – вміст С, Мп, Si як у попередньої, а  $S < 0,018\%$ ,  $P < 0,025\%$ .

Інструментальні сталі використовують для виготовлення:

Сталь У7, У8 - ударного слюсарного інструменту (молотків, зубил, крейцмесера, вороткі, пробійники, накувальні, а також інструмент для обробки деревини (стамески, рубанка).

Зі сталей У9, У10 виготовляють різці, свердла по дереву, плашки, мітчики.

Зі сталей У12, У13 виготовляють ножовочні полотна, граверний інструмент, напилки, ножиці.

*Автоматні сталі* - це сталі, з яких виготовляють деталі на верстатах-автоматах. Основна вимога для сталей які обробляють на верстатах – автоматах, це отримання крихкої стружки. Для цього сталі спеціально легують сіркою (0,15-0,30%) та фосфором (0,05-0,15%). Крім того, ці сталі можуть бути леговані свинцем і селеном. Їх маркують буквою А, що стоїть на початку марки та цифрами, що вказують на вміст вуглецю в сотих частинах відсотка.

Наприклад: сталі А11; А12; А20; А30Г; АС30; А35Е.

Де Г- марганець; С – свинець; Е – селен.

*Котельні сталі* - це сталі для котлів, посудин високого тиску, парових котлів, камер горіння, судових топок, газових турбін тощо, які

повинні працювати при високому тиску і температурі від -40 до 450 °С та добре зварюватись. Для забезпечення таких властивостей до їх складу додають титан і додатково розкислюють алюмінієм. Вуглецеві котельні сталі маркують цифрою, яка вказує на вміст вуглецю в сотих частинах відсотка та буквою К.

Наприклад: сталь 12К; 15К; 16К; 18К; 20К і 22К з вмістом вуглецю від 0,08 до 0,26%, Si – 0,17 - 0,40%, Mn-0,35 - 1,0%, S < 0,04%, P < 0,04%. Постачають котельні сталі у вигляді листа завтовшки до 200 мм.

[На початок](#)