

**СТРУКТУРУВАННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ  
ПРО ДІАГРАМУ СТАНУ ЗАЛІЗО-ЦЕМЕНТИТ  
ДЛЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ТЕХНОЛОГІЇ**

**Постановка проблеми.** Відомо, що техніко-технологічні знання поєднують природничо-наукові поняття, поняття про образи технічних об'єктів і поняття про функціональне призначення технічних об'єктів. Для системи середньої і вищої освіти характерне неналежне використання принципів наступності, політехнізму, природовідповідності та ін. при формуванні техніко-технологічних знань в учнів і студентів, що приводить до фрагментарності їхніх знань. Виникає низка логічних, смислових і протиріч процесу пізнання, бо навчальний матеріал, у такій ситуації, має для суб'єктів процесу навчання високий рівень труднощі і складності, що негативно відбивається, наприклад, на успішності майбутніх учителів технології.

**Аналіз попередніх досліджень.** Навчальна дисципліна «Матеріалознавство» є складовою технологічної підготовки майбутніх учителів технології, зокрема, на її матеріалі формуються компетенції в галузі термічної обробки сталі.

Для розуміння студентами фізико-хімічних основ термічної обробки сталі передбачено вивчення теми «Діаграма стану залізо-цементит». У навчальних посібниках [1, 4, 5] дана тема висвітлюється в контексті розкриття теорії сплавів, що помітно збільшує рівень труднощі і складності навчального матеріалу для студентів першого курсу. До того ж значна частина понять теорії сплавів не володіє політехнічними властивостями, які допомагають формувати в майбутніх вчителів технології технічний світогляд

шляхом використання розумової операції перенесення знань з однієї області техніки в іншу.

В. Атаманюк, В. Попович та ін. схиляються до думки, що студенти повинні вивчати дану тему з високим ступенем деталізації [1, 5]. Наприклад, В. Атаманюк для її реалізації широко залучив розумові операції аналізу і синтезу, зробивши декомпозицію діаграми стану залізо-цементит на три частини (перитектична, евтектична й евтектоїдна реакції), а потім об'єднав їх в одне ціле [1]. Інші автори, зокрема, Б. Кузьмін, М. Севрюков та ін. навпаки знижують ступінь деталізації опису діаграми стану залізо-цементит, нехтуючи перитектичною реакцією, не проводячи аналізу областей діаграми стану та розглядають лише деякі лінії (ліквідус, солідус, розчинності вуглецю в аустеніті) і критичні точки  $A_1$ ,  $A_3$ ,  $A_{ст}$  [4]. Наведені приклади висвітлюють типові погляди багатьох дослідників та викладачів щодо проблеми структурування навчального матеріалу про діаграму стану залізо-цементит.

**Мета статті** – сформувані на основі реалізації принципу політехнізму підхід до структурування змісту навчального матеріалу про діаграму стану залізо-цементит для майбутніх учителів технології.

**Виклад основного матеріалу.** Структурування змісту навчального матеріалу є одним із чинників його вдосконалення та виконується з метою збільшення ефективності процесу навчання. Результат, – поле знань, – умовний опис основних понять і категорій навчальної дисципліни в їх взаємозв'язку, представлений у вигляді тексту, таблиць, схем [2, 6]. Формування поля знань базується на виявленні понятійного апарату навчальної дисципліни.

М. Корець розглядає його як складову моделі інтеграції техніко-технологічних знань про виробництво й обробку конструкційних матеріалів для майбутніх учителів технології в єдину систему [3].

Основою структурування знань є укрупнення дидактичних одиниць засвоєння, методика згортання і розгортання навчального матеріалу за допомогою опорних схем. У дидактичному і методичному плані

структурування навчального матеріалу є процедурою, з допомогою якої поняття, закони, принципи тощо вбудовуються в певні зв'язки і відношення.

Основні принципи структурування навчального матеріалу такі:

- виділення цілісних, самостійних систем знань та їх структурних елементів;
- принцип ранжирування систем знань та їх елементів;
- принципи переривчастості та неперервності [2, 6].

Реалізація першого принципу дозволяє виділити в якості самої крупної системи знань дидактично впорядковану теорію (весь навчальний курс, тему) та вивести студентів на рівень цілісного сприйняття навчальної дисципліни чи теми. Відповідно до цього принципу викладач розробляє загальну блок-схему як цілісну систему на орієнтувальному рівні.

Реалізація принципу ранжирування дозволяє виділити в теорії рівні інформації, кожний з яких послідовно розкриває глибину пізнання об'єкта вивчення (від загального до часткового).

Принцип переривчастості полягає в обмеженні змісту (виділенні головного), а принцип неперервності – навпаки в більш глибокому проникненню у сутність навчального матеріалу.

Структурування навчального матеріалу з урахуванням наведених принципів визначає методику організації ефективної пізнавальної діяльності студентів.

Відомо, що навчальна інформація є селективною частиною наукових знань, систематизованими з урахуванням інтелектуальних можливостей та вікових особливостей її одержувачів. Проте реалізація принципу природовідповідності при засвоєнні студентами техніко-технологічних знань залежить від ступеня розвитку у них інтересу до такого типу знань, що ускладнює процедуру структурування навчального матеріалу.

Для структурування навчального матеріалу про діаграму стану залізо-цементит виберемо систему понять із політехнічними властивостями. Політехнічні властивості мають ті знання про діаграму стану залізо-

цементит, які можна використати для управління процесами термічної обробки сталей з метою одержання необхідних структур та властивостей сплавів. Рівень труднощі і складності навчального матеріалу можна зменшити шляхом реалізації принципів структурування у відповідних опорних блок-схемах і структурно-логічних схемах.

Відомо, що процеси термічної обробки сталей засновані на загальній теорії фазових перетворень – це дозволяє реалізувати принцип переривчастості, обмеживши поняттєву область «стальним кутом» діаграми та поняттями про тверді фази. Закономірності, засвоєні в цій поняттєвій області можна використати, свою чергу, для реалізації принципу неперервності при вивченні евтектичної і перитектичної реакцій.

Сукупність знань про перетворення аустеніту у контексті знань про термічну обробку сталей, має більший ступінь політехнізму в порівнянні зі знаннями про ферит і цементит та механічні суміші цих фаз. На основі даного судження ми ввели дидактичне поняття «життєвий цикл твердої фази» (на прикладі аустеніту) при охолодженні залізовуглецевого сплаву, а його об'єднання з поняттям «фазові перетворення» дозволило сформулювати структуру знань про «стальний кут» діаграми стану залізо-цементит (рис.1).

Фазові перетворення у твердому стані – це процеси перекристалізації, зумовлені поліморфними перетвореннями заліза та зміною розчинності вуглецю при зміні температури сплаву [1, 4, 5].

Здатність речовин існувати в декількох поліморфних модифікаціях із різною кристалічною структурою називається поліморфізмом (від грец. *polymorphos* – різноманітний). Поліморфні модифікації стійкі за певних умов (температури і тиску), тому їх зміна, – переохолодження сплаву, зумовлює поліморфні перетворення. Поліморфні модифікації, стійкі за невисоких температур, позначають грецькою літерою  $\alpha$ , більш високих -  $\beta$ ,  $\gamma$ .

Кристалізаційний механізм поліморфних перетворень – це утворення і ріст зародків нової фази (виникнення перших зародків нової фази, в яких атоми перебудовуються з однієї кристалічної ґратки в іншу; ріст зародків за

рахунок переходу атомів зі старої фази в нову; продовження утворення нових зародків).

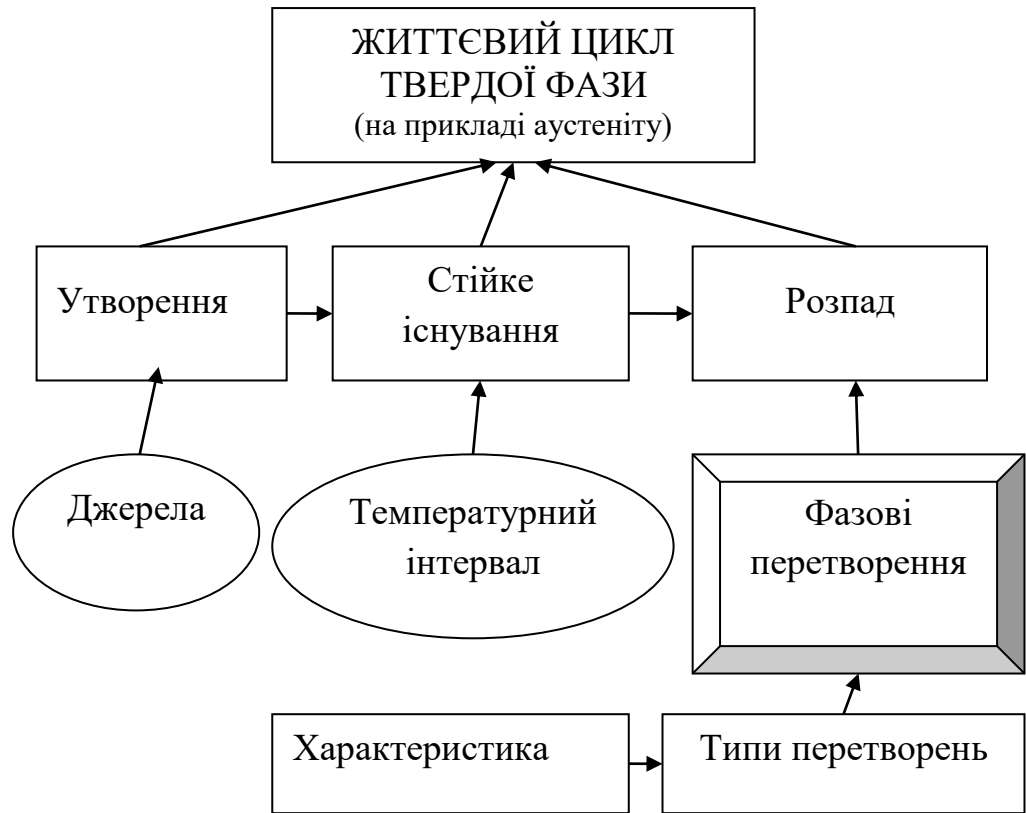


Рис.1. Структурно-логічна схема вивчення «сталю кута» діаграми стану залізо-цементит майбутніми вчителями технології

Існують причинно-наслідкові відношення між поняттям фазові та поліморфні перетворення, поліморфні перетворення та зміна розчинності вуглецю при охолодженні, переохолодження та поліморфні перетворення.

Поняття фазових перетворень є родовим для таких видових понять: поліморфні перетворення, евтектичні перетворення, евтектоїдні перетворення. Якщо врахувати, що евтектичне перетворення відбувається в чавунах, а ми розглядаємо лише «сталю кут» діаграми стану залізо-цементит, то структура поняття фазові перетворення в контексті даного дослідження буде двокомпонентна (див. рис.2) та може бути використана викладачами для пояснення причин розпаду аустеніту при повільному охолодженні сталю сплавів.

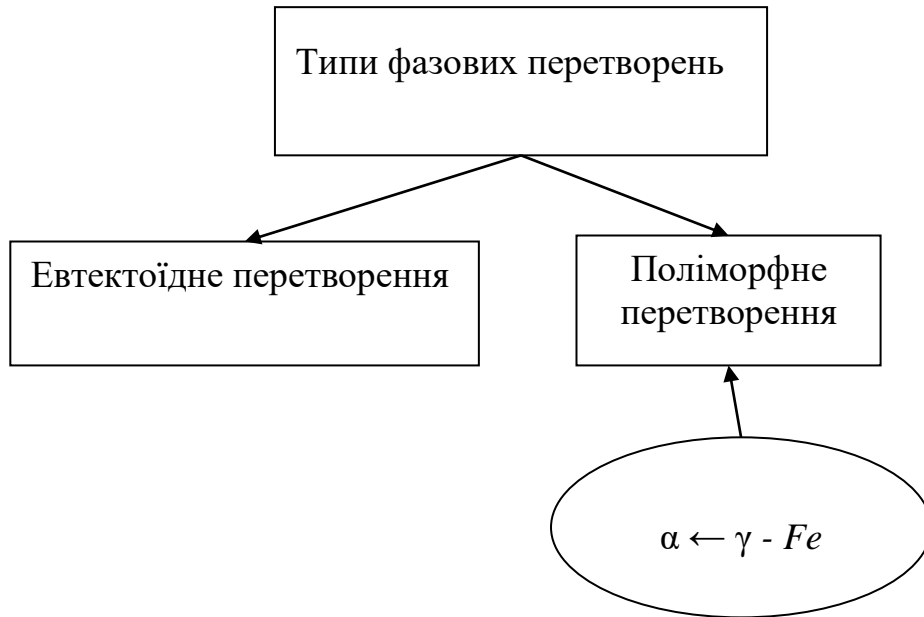


Рис. 2. Структура поняття «фазові перетворення»

Для характеристики фазових перетворень (див. рис.1) використовують такі елементи знань: критичні точки, фазовий склад, склад фаз, кількісне співвідношення фаз. Наведені поняття доцільно закріплювати і поглиблювати у процесі розв’язання задач із матеріалознавства, зміст яких буде розглянуто нами пізніше.

Висвітлимо варіант реалізації структури змісту навчального матеріалу. Відомо, що температури початку фазових перетворень у системі  $Fe - Fe_3C$  – це критичні точки  $A_1, A_2, A_3, A_4$  [від франц. *arrat* - зупинка (на термічних кривих)].  $A_1$  відповідає температурі евтектоїдного,  $A_2$  - магнітного,  $A_3$  -  $\alpha \leftrightarrow \gamma$  і  $A_4$  -  $\gamma \leftrightarrow \delta$  перетворення. У зв’язку з наявністю температурного гістерезису при поліморфних перетвореннях розрізняють критичні точки при нагріванні  $A_{ci}$  і охолодженні  $A_{ri}$ . (від франц. *choffage* - нагрівання і *refroidissement* – охолодження).

Евтектоїдне перетворення відбувається в точці S ( $727^\circ C$ ; 0,8 % C) за евтектоїдною реакцією



де  $A_S$  – тверда фаза аустеніт складу точки S;

$\Phi_F + Fe_3C$  – склад перліту.

Сплави, з вмістом вуглецю меншим або більшим евтектоїдного, називають до - і заевтектоїдними, а причинами розпаду аустенітної фази в них буде поліморфне перетворення заліза ( $\alpha \leftarrow \gamma -Fe$ ) та зміна розчинності вуглецю в аустеніті і фериті.

Початок розпаду аустенітної фази в доевтектоїдних сплавах відбувається за температур лінії GS, а заевтектоїдних – лінії SE (критичні точки  $A_{r3}$  і  $A_{ct}$ ) і цей процес двоетапний: 1) зародження і ріст кристалів фериту та незначне збільшення розчинності вуглецю в аустеніті (лінія GS) і фериті (лінія GM); 2) при охолодженні сплаву до температури критичної точки  $A_{r1}$  ( $727^\circ C$ ) вміст вуглецю в обох твердих фазах досягне граничного значення, відповідно 0,8% і 0,02% та відбудеться евтектоїдна реакція з утворенням перліту. Структура доевтектоїдного залізовуглецевого сплаву ферит + перліт.

Розпад аустенітної фази від критичної точки  $A_{ct}$  (на лінії SE) також проходить у два етапи: 1) зародження і ріст кристалів цементиту вторинного та зменшення розчинності вуглецю в аустеніті; 2) при температурі критичної точки  $A_{r1}$  ( $727^\circ C$ ) вміст вуглецю в аустеніті зменшиться до 0,8% (точка S) і відбудеться евтектоїдна реакція з утворенням перліту. Структура заевтектоїдного сплаву цементит вторинний + перліт.

Важливим у контексті розкриття змісту дидактичного поняття «життєвий цикл твердої фази» (на прикладі аустеніту) є питання про такі джерела утворення аустенітної фази при повільному охолодженні: перитектична реакція (необґрунтовано вилучена зі змісту деякими авторами навчальних посібників) і процес кристалізації з рідкої фази.

Умови протікання перитектичної реакції наступні: температура сплаву  $1499^\circ C$ , діапазон концентрацій вуглецю в сплаві – 0,1...0,5 %, результат – утворення аустеніту (лінія HJB).



де  $P_B$  – рідка фаза складу точки B;

$\Phi_H$  – тверда фаза ферит складу точки H;

$A_J$  – тверда фаза аустеніт складу точки J.

Процес кристалізації аустеніту з рідкої фази відбувається в залізвуглецевих сплавах з концентрацією вуглецю в діапазоні 0,5 ...2,14 % при досягненні температур лінії BC.

До основних властивостей твердих фаз належать стійкість у певному інтервалі температур та здатність до переходу однієї фази в іншу за певних умов. Температурний інтервал стійкого існування аустеніту різний для різних залізвуглецевих сплавів, але можна визначити в області NJESG мінімальну температуру існування аустенітної фази – точку S (727 °C; 0,8 % C) та максимальну температуру існування – точку J (1499 °C; 0,16 % C).

Основні елементи графічних знань про діаграму стану сплаву такі: точки, лінії, області. Точки відображають хімічний склад і температуру, лінії – початок і закінчення фазових перетворень, області – фазовий склад і структуру сплавів. З іншого боку, сукупність точок утворює лінії, а сукупність ліній утворює на діаграмі стану залізо-цементит області існування фаз. Між фазовим складом, структурою сплавів та їхніми властивостями існує причинно-наслідкове відношення. Інтеграція і диференціація графічних знань про діаграму стану залізо-цементит може здійснюватися на основі реалізації правил відрізків.

Умова навчальних завдань містить точку (точки) з координатами концентрація компонентів і температура, а невідоме – фазовий склад, склад фаз, структура сплаву, кількісне співвідношення фаз.

Процес розв'язання задач відображають структурно-логічні схеми: задана точка → конода → точки перетину з лініями, які обмежують область → проекції точок перетину на вісь концентрацій → склад фаз; задана точка → конода → точки перетину з лініями, які обмежують область → відрізки між точками перетину і заданою точкою → відношення протилежного до фази відрізка до сумарної довжини відрізків → кількість фази.



Розглянемо типове навчальне завдання, призначене для закріплення і поглиблення знань про фазовий склад і структуру сплавів. Дано точку з координатами  $C = 1,5 \%$ ,  $T = 900 \text{ }^\circ\text{C}$ . Визначити фазовий склад, склад фаз, кількісне співвідношення фаз.

#### Розв'язання

1. Фазовий склад (за перетином коноди меж області діаграми стану): аустеніт і цементит.

2. Склад фаз: аустеніт ( $C = 1,2 \%$  Fe = 98,8 %); цементит ( $C = 6,67 \%$  Fe = 93,33 %).

3. Співвідношення фаз:

$$\frac{Q_A}{Q_A + Q_{\delta}} = \frac{bc}{ac} = \frac{6.67 - 1.5}{6.67 - 1.2} = \frac{5.17}{5.47} = 0.94 \text{ \textasciitilde} 94\%$$

$$Q_{\delta} = 1 - Q_A = 1 - 0.94 = 0.06 \text{ \textasciitilde} 6\%$$

**Висновок.** Використання принципів структурування змісту навчального матеріалу (ранжирування, переривчастості і неперервності) для наповнення інформацією дидактичного поняття життєвий цикл твердої фази дозволяє, на нашу думку, реалізувати принцип політехнізму при вивченні майбутніми вчителями технології діаграми стану залізо-цементит, зменшивши при цьому рівень складності і трудності навчального матеріалу.

#### Література:

1. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навч. посібник / В.В. Атаманюк. – К.: Кондор, 2006. – 528 с.

2. Мартинюк А. П. Принцип структурування знань при управлінні якістю освіти / А. П. Мартинюк, О.С. Чапюк, А.С. Нісімчук // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. – Севастополь: СевНТУ, 2012. – Вип.127.– С. 24 – 28.

3. Корець М. Розробка технології інтегрування знань і умінь у майбутніх вчителів трудового навчання у процесі вивчення виробництва й обробки конструкційних матеріалів / М. Корець, А. Макаренко // Збірник

наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини. – Умань: ПП Жовтий О. О., 2010 – Ч.2. – С.303 – 308.

4. Кузьмин Б.А. Технология металлов и конструкционные материалы: учебник для машиностроительных техникумов / Б. А. Кузьмин, Ю. Е. Абраменко, В. К. Ефремов. – М.: Машиностроение, 1981. – 351 с.

5. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: навч. посібник / В. В. Попович. – Львів: Папуга, 2000. – 264 с.

6. Сохор А. М. Логическая структура учебного материала. Вопросы дидактического анализа / А. М. Сохор. – М.: Педагогика, 1974. – 192 с.

*У статті розглянуто можливість структурування змісту навчального матеріалу теми «Діаграма стану залізо-цементит» з метою підвищення рівня знань із матеріалознавства в майбутніх учителів технології.*

**Ключові слова:** *структурування змісту навчального матеріалу, життєвий цикл твердої фази, фазові перетворення.*

*В статье рассмотрена возможность структурирования содержания учебного материала темы «Диаграмма состояния железо-цементит» с целью повышения уровня знаний с материаловедения у будущих учителей технологии.*

**Ключевые слова:** *Структурирование содержания учебного материала, жизненный цикл твердой фазы, фазовые превращения.*

*The article deals with the possibility of constructing the content of teaching material topics «Diagram of the iron – cementite» to increase the level of knowledge about the materials in the future of technology.*

**Keywords:** *constructing of maintenance of educational material, life cycle of hard phase, phase transformations.*