

امتحان الفصل الثاني للعام الدراسي 2016/2015

- السؤال الأول: (12 درجة)** ارسم بدقة مخطط التوازن المزدوج (الحرج والتام) لحائط الحديد والكربون، وارسم مرحلتي التبريد العينية الثلاث التالية، وارسم منحنيات تبريدها، مبيناً على هذه المنحنيات عناصر البنية المشكلة والتفاعلات الحاصلة:
- أ - خليطة تحوي (C % 0.5) تبلورت وتمت جميع التغيرات الصلبة فيها وفقاً لمخطط توازن الحرج.
- ب - خليطة تحوي (C % 3.5) تبلورت وفقاً لمخطط التوازن التام، وتمت جميع التغيرات الصلبة فيها وفقاً لمخطط توازن الحرج.
- ج - خليطة تحوي (C % 5.5) تبلورت وتمت جميع التغيرات الصلبة فيها وفقاً لمخطط توازن التام.
- السؤال الثاني: (12 درجة)** علل ما يلي:

- 1) يتمتع السمنتيت بالخاصية المعدنية (مثل الناقلية الكهربائية والبريق المعدني وغيره)، ويتمتع هذا المركب بصلابة سطحية عالية ولدونة منخفضة، ويتمتع السمنتيت أيضاً بالمقدرة على تشكيل محاليل معدنية صلبة تآلفية.
- 2) تتعلق سرعة تجانس الأوستينيت بصفة رئيسة بالبنية الأساسية للفولاذ، وتتعلق أبعاد حبيبات البيرليت بأبعاد حبيبات الأوستينيت المشكلة منها؛ وتتلصق بنية الناتج عن تحول الأوستينيت الانتشاري وخواص هذا التسكج بدرجة الحرارة التي يتم عندها التحول ومقدار فرط التبريد المتبع.
- 3) يختلف تركيب الليديبوريت في المجال الحراري (723-1147°C) عنه في المجال الحراري الأقل من (723°C)، ويختلف تركيب اليوتكتيك الغرافيتي في المجال الحراري (738-1153°C) عنه في المجال الحراري الأقل من (738°C)، ويختفي كل من الليديبوريت واليوتكتيك الغرافيتي إذا تبلورت خليطة الحديد والكربون وفقاً لمخطط التوازن التام وتمت التغيرات الصلبة فيها وفقاً للحرج.
- 4) تتباين درجة حرارة خطوط بداية التحول ونهايته إلى مارتنيسيت بين حالة وأخرى في الفولاذ الكربوني (الهيبر والهيبرويوتكتويدي)؛ وتؤثر العناصر السبائكية في المجال الحراري الذي يتم عنده التحول إلى مارتنيسيت وكمية الأوستينيت المتبقي في الفولاذ السبائكي.

**السؤال الثالث: (24 درجة)** أجب على الأسئلة الثلاثة التالية (8 درجات لكل سؤال):

- 1) ما هو المجال الحراري الذي يتم عنده التحول البيني، وما هو شكل البنية البلورية في هذه الحالة واختلافها عن مثيلتها البرليتية، وما هي ميزة هذا التحول، وكيف يتم تصنيف البينيت، وما هي أنواعه؟
- 2) تستخدم في الوقت الحاضر بعض المخططات البنيوية العملية بهدف تحديد نوع البنية النهائية لحديد الصب وفقاً لما يحتويه الأخير من عنصري الكربون والسيليسيوم، بين ذلك باختصار، وادعم إجابتك بالرسم.
- 3) بين (مع الرسم) كيف تؤثر العناصر السبائكية في التحولات الأوتروبية للحديد.

**السؤال الرابع:** خليطتان من الفولاذ الكربوني تبين لدى فحصهما مجهرياً أن الأولى عبارة عن فولاد هيبيويوتكتويدي والثانية عبارة عن فولاد هيبرويوتكتويدي، ونسبة البرليت في كل منهما (90 %)، والمطلوب: (12 درجة)

- 1 - ما هي عناصر البنية الأخرى في كل من الخليطتين نوعاً وكمياً. 2 - أوجد نسبة الفحم في كل من الخليطتين.
- 3 - ما هو نوع الأطوار المشكلة لكل من الخليطتين ونسبها.

أ. د. محمد علي سلامة

انتهت الأسئلة

دمشق في 2013/6/23



المقرر: علم المعادن

السنة: الثالثة - هندسة التصميم الميكانيكي؛ الدرجة: ستون

سليم تصحيح أسئلة امتحان الفصل الثاني للعام الدراسي 2016/2015

**السؤال الأول: (12 درجة)** ارسم مخطط التوازن المزدوج (الحرج والتام) لخلات الحديد والكربون، وادرس مراحل تبريد العيّنات

الثلث التالية، وأرسم منحنيات تبريدها، مبيّناً على منحنيات التبريد هذه عناصر البنية المتشكلة والتفاعلات الحاصلة:

١ - خليطة تحوي (C % 0.5) تبلورت وتمت جميع التغيرات الصلبة فيها وفقاً لمخطط التوازن الحرج.

ب - خليطة تحوي (3.5 % C) تبلورت وفقاً لمخطط التوازن التام، وتمت جميع التغيرات الصلبة فيها وفقاً لمخطط التوازن للحر.

ج - خليطة تحوي (C % 5.5) تهلورت وتمت جميع التغيرات الصلبة فيها وفقاً لمخطط التوازن النام.

ج - كَيْفَ تَكُونِي (0.9 % جَرْدُ) وَتَوَسُّعٌ فِيهِ يُوَدِّعُ الْبَنِينَ  
رِسْمُ الْمَخْطُوطِ كَامِلًا (6 دَرَجَاتٍ)، وَ(دَرْجَتَانِ) لِكُلِّ مَنْحَنِ تَبْرِيدٍ، بِحَيْثُ يُحْوِي مَنْحَنِ التَّبْرِيدِ عُنَاوِرَ الْبِنْيَةِ الْمُتَشَكِّلَةَ وَالتَّقَاعَلَاتِ

### الحاصلة أثناء تبريد العينة.

السؤال الثاني: (12 درجة) علل ما يلي، (3 درجات لكل تعليل):

(1) يتمتع السمنتيّات بالخاصية المعدنية (مثل الناقليّة الكهربائية والبريق المعدني وغيرها)، ويتمتع هذا المركب بصلادة

سطحية عالية ولدونة منخفضة، ويتمتع السمنتيت أيضاً بالمقدرة على تشكيل محاليل معدنية صلبة تبادلية.

**الحواب:** يكون كل من الحديد والكربون في حالة تشرّد داخل الهيكل الشبكي للسمنتيت، أي أن الكربون يتصرف

كمعدن وليس كشبه معدن، وهذا هو السبب في تمتع السمنتيّات بالخاصية المعدنية مثل الناقلية الكهربائية والبريق

المعدني، وغيرها (درجة).

يتمتع السمنتيت بصلادة سطحية عالية (أكثر من 800 HB) ولكن لدونته منخفضة جداً (تقارب من الصفر).

وسبب وجود هذه الخواص عند السمنتيت يتعلق إلى حد ما بالبنية المعقدة لهيكلة الشبكي (درجة).

أما السبب في تمتع السمنتيت بالمقدرة على تشكيل محاليل صلبة تبادلية، فيمكن في أن تحل ذرات لامعادن

كالاّزوت والأكسجين محل بعض ذرات الكربون وذرات معدنية كالمنغنيز والكروم والتنجستين وغيرها محل ذرات

الحديد. ويدعى المحلول الصلب المتشكل بهذه الطريقة بالسمنتيت السباكي وصيغته  $\text{Fe}_3\text{C}$  حيث:  $\text{me}$  تعني الحديد

أو أي معدن آخر يحل محل الحديد في عقد الهيكل الشبكي للسمنتيت (درجة).

(2) تتعلق سرعة تجانس الأوستينيت بصفة رئيسة بالبنية الأساسية للفولاذ، وتتعلق أبعاد حبيبات البرليت بأبعاد

حبيبات الأوستينيت المتشكلة منها؛ وتتعلق بنية الناتج عن تحول الأوستينيت الانتشاري وخواص هذا الناتج بدرجة

الحرارة التي يتم عندها التحول ومقدار فرط التبريد المتبع.

- تتعلق سرعة تجانس الأوستينيت بصفة رئيسة بالبنية الأساسية للفولاذ - أي بشكل حبيبات السمنتيت ومقدار

نعمومتها فكلما كانت حبيبات السمنيت أنعم (أي كلما كان السطح الكلي لهذه الحبيبات أكبر) تمت عمليات

التحول آنفة الذكر بسرعة أكبر وحصل التجانس بسرعة أكبر أيضاً. (درجة)

- تتعلق أبعاد حبيبات البرليت بأبعاد حبيبات الأوستينيت، ذلك لأن الأولى تتشكل من الثانية. فكلما كانت

حبيبات الأوستينيت أكبر، كبرت حبيبات البيرليت المتشكلة منها. تنمو حبيبات الأوستينيت أثناء التسخين فقط

(ولا تنعم هذه الحبيبات عند التبريد اللاحق). لذا فإن كلاً من درجة حرارة التسخين العظمى للفولاذ (وهو في

(١٥) سمعناه من أبي عبد الله (عليه السلام) قال: من ركب حرارة السجدين السجى لم يزل يزداد في

مجموعة لمت  
خليفة 11

الحالة الأوستينيتية) وقابلية حبيبات الأوستينيت للنمو بالوراثة، هما اللذان يحددان الحجم النهائي للحبيبة البرليتية. (درجة)

- تتعلق بنية الناتج عن تحول الأوستينيت الانتشاري وخواص هذا الناتج بدرجة الحرارة التي يتم عندها التحول، فبذ تم التحول عند درجة حرارة قريبة من الخط  $A_1$  (أي كان مقدار فرط التبريد صغيراً)، فإن الناتج هو بنية برليت خشنة مؤلفة من صفائح متعاقبة من الفريت والسمنتيت يمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئي. أما إذا تم التحول عند درجات حرارة أقل من السابقة (أي ازداد مقدار فرط التبريد)، فإن الناتج سوربيت. وينتج أنعم من البرليت، ويمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئي، ولكن بتكبير أكبر من السابق، وإذا ازداد مقدار فرط التبريد عن حدود الحالتين السابقتين كان الناتج عبارة عن بنية مؤلفة أيضاً من مزيج الفريت والسمنتيت، ولكنها أنعم بكثير من بنية البرليت والسوربيت، ولا ترى بالمجهر الضوئي، بل تحتاج إلى مجهر إلكتروني لفحصها، وتدعى هذه البنية التروستيت (درجة).

(3) يختلف تركيب الليديبوريت في المجال الحراري ( $723-1147^{\circ}\text{C}$ ) عنه في المجال الحراري الأقل من ( $723^{\circ}\text{C}$ ).  
ويختلف تركيب اليوتكتيك الغرافيتي في المجال الحراري ( $738-1153^{\circ}\text{C}$ ) عنه في المجال الحراري الأقل من ( $738^{\circ}\text{C}$ )، ويختلف الليديبوريت إذا تبلورت الخليطة وفقاً للمخطط التام وتمت التغيرات الصلبة فيها وفقاً للحرارة.  
الجواب: يتألف الليديبوريت من الأوستينيت والسمنتيت عند درجات الحرارة الأعلى من  $723^{\circ}\text{C}$ ، بينما يتألف عنصر البنية هذا من البرليت والسمنتيت عند درجات الحرارة الأقل، ذلك لأنه عند متابعة التبريد من درجة الحرارة  $147^{\circ}\text{C}$  وحتى درجة الحرارة  $723^{\circ}\text{C}$ ، يبدأ انفصال السمنتيت الثانوي من الأوستينيت الداخل في تركيب اليوتكتيك (الليديبوريت). ولا يمكن الكشف عن بنية هذا السمنتيت المنفصل، إذ يتحد هذا الأخير مع السمنتيت الموجود سابقاً في اليوتكتيك. وعندما يصبح تركيز الأوستينيت الداخل في تركيب اليوتكتيك مساوياً  $0.8\%$ ، وعند درجة الحرارة  $723^{\circ}\text{C}$  يتحول هذا الأوستينيت إلى برليت. من هنا نستنتج أنه عند درجة الحرارة التي أقل من  $723^{\circ}\text{C}$  يكون الليديبوريت مؤلفاً من السمنتيت والبرليت (درجة).

يتألف اليوتكتيك الغرافيتي من الأوستينيت والغرافيت عند درجات الحرارة الأعلى من  $738^{\circ}\text{C}$ ، بينما يتألف عنصر البنية هذا من الفريت والغرافيت عند درجات الحرارة الأقل، ذلك لأنه عند متابعة التبريد من درجة الحرارة  $1153^{\circ}\text{C}$  وحتى درجة الحرارة  $738^{\circ}\text{C}$ ، يبدأ انفصال الغرافيت الثانوي من الأوستينيت الداخل في تركيب اليوتكتيك الغرافيتي، ولا يمكن الكشف عن بنية هذا الغرافيت المنفصل، إذ يتحد هذا الأخير مع الغرافيت الموجود سابقاً في اليوتكتيك الغرافيتي. وعندما يصبح تركيز الأوستينيت الداخل في تركيب اليوتكتيك مساوياً  $0.7\%$ ، وعند درجة الحرارة  $738^{\circ}\text{C}$  يتحول هذا الأوستينيت إلى فريت وغرافيت. من هنا نستنتج أنه عند درجة الحرارة التي أقل من  $738^{\circ}\text{C}$  يكون اليوتكتيك الغرافيتي مؤلفاً من الفريت والغرافيت (درجة).

ويختلف كل من الليديبوريت واليوتكتيك الغرافيتي إذا تبلورت خليطة الحديد والكربون وفقاً لمخطط التوازن التام وتمت التغيرات الصلبة فيها وفقاً للحرارة: ذلك لأنه في هذه الحالة، وعند تبلور الخليطة وفقاً للمخطط التام، يتشكل اليوتكتيك الغرافيتي المؤلف من الأوستينيت والغرافيت، ولكن بمتابعة التبريد وفقاً للمخطط الحرج يبدأ تشكل السمنتيت الثانوي من الأوستينيت الداخل في تركيب اليوتكتيك الغرافيتي حتى الوصول إلى درجة الحرارة  $723^{\circ}\text{C}$ ، حيث يحدث التفاعل

اليوتكتويدي للأوستينيت المتبقي في هذا اليوتكتيك متحولاً إلى برليت. وهكذا، تصبح البنية النهائية مؤلفة من عنصري البنية البرليت والغرافيت (درجة).

(4) تتباين درجة حرارة خطوط بداية التحول ونهايته إلى مارتنيسيت بين حالة وأخرى في الفولاذ الكربوني (الهيبر) والهيبرويوتكتويدي؛ وتؤثر العناصر السبائكية في المجال الحراري الذي يتم عنده التحول إلى مارتنيسيت و كمية الأوستينيت المتبقي في الفولاذ السبائكي.

**الجواب:** تتباين درجة حرارة خطوط بداية التحول إلى مارتنيسيت بين حالة وأخرى في كل من الفولاذ الهين والهيبريوتكتويدي، وذلك تبعاً لنسبة الكربون في الفولاذ، إذ كلما ازدادت نسبة الكربون، انخفضت درجتا حرارة بدء التحول المارتنسيطي ونهايته (درجة)،. حتى أنه في بعض الحالات لا ينتهي التحول إلى مارتنيسيت في درجات الحرارة العادية نظراً لوجود بعض الأوستينيت المتبقي الذي لم يتحول إلى مارتنيسيت ويحتاج تحوله إلى التبريد في درجات الحرارة السالبة. ولهذا يمكن أن توجد في بعض مخططات التحول الإيزوثيرمي للفولاذ درجة حرارة بدء التحول المارتنسيطي فقط كون درجة حرارة انتهاء التحول تقع تحت درجة الصفر المئوي (درجة).

تؤثر العناصر السبائكية بشكل أساسي في المجال الحراري الذي يتم عنده التحول إلى مارتنيسيت، وينعكس هذا التأثير بدوره في كمية الأوستينيت المتبقية، تلك الكمية التي يتم عادةً تحديدها (أو ضبطها في الفولاذ السبائكي المعالج بالساقية "الفولاذ المسقى")، فهناك بعض العناصر (مثل الكوبالت والألمنيوم) التي ترفع من درجة حرارة بدء التحول المارتنيتي، وبالتالي تخفض من كمية الأوستينيت المتبقية، في حين بعض العناصر (مثل السيليسيوم) لا تؤثر، أما غالبية العناصر السبائكية فتخفض من درجة حرارة بدء التحول المارتنيتي، وبالتالي تزيد من كمية الأوستينيت المتبقية (درجة).

**السؤال الثالث:** (24 درجة) أجب على الأسئلة الثلاثة التالية، وادعم إجابتك بالرسم حيث يلزم (8 درجات لكل سؤال):

(1) ما هو المجال الحراري الذي يتم عنده التحول البيني، وما هو شكل البنية البلورية في هذه الحالة واختلافها عن مثيلاتها البرليتية، وما هي ميزة هذا التحول، وكيف يتم تصنيف البينيت، وما هي أنواعه؟

- إذا تم التحول الإيزوثيرمي للأوستينيت عند درجات حرارة أعلى من درجات الحرارة الموافقة لقمم المنحنيات C، فإن هذا يعني أن مقادير فرط التبريد ليست كبيرة، ويبدأ التحول من مراكز تبلور ليست بالكثيرة، وتنمو بلورات البرليت لتصلطم ببعضها بعضا ويتوقف نموها. أما إذا تم هذا التحول عند درجات حرارة أقل من درجات الحرارة الموافقة لهذه القمم فإن البنية المتشكلة ليست صفائحية (كما في البرليت)، وإنما هي بنية إبرية يكون نموها محدوداً، وتظهر مراكز تبلور جديدة باستمرار حتى نهاية التحول، وتدعى البنية المتشكلة في هذه الحالة البينية. ويتمتع التحول البيني بمزايا مشتركة ما بين التحول البرلتي والمارتنستي، ويتم هذا التحول في المجال الحراري الواقع أسفل مجال التحول البرلتي وأعلى من المجال المارتنستي (درجتان).

- وتكمن الميزة الأساسية للتحويل البيني في أن هذا التحول يحدث عندما تتعدم ظاهرة انتشار ذرات الحديد والعناصر السبائكية الأخرى، بينما تبقى هذه الظاهرة متوافرة (وبشدة) عند ذرات الكربون. ففي بداية التحول يبدأ الأوستينيت بالتخلي عن الكربون ويتشكل السمنتيت، وعندما تنخفض نسبة الكربون إلى حد معين في الأوستينيت، ويصبح الأخير فقيراً بالكربون يبدأ بالتحول إلى فريت (وأحياناً إلى مارتنيسيت كما تبينه بعض الأبحاث). وكلما كانت درجة الحرارة، التي يتم عندها التحول البيني، أعلى، ازداد فقر الأوستينيت بالكربون،

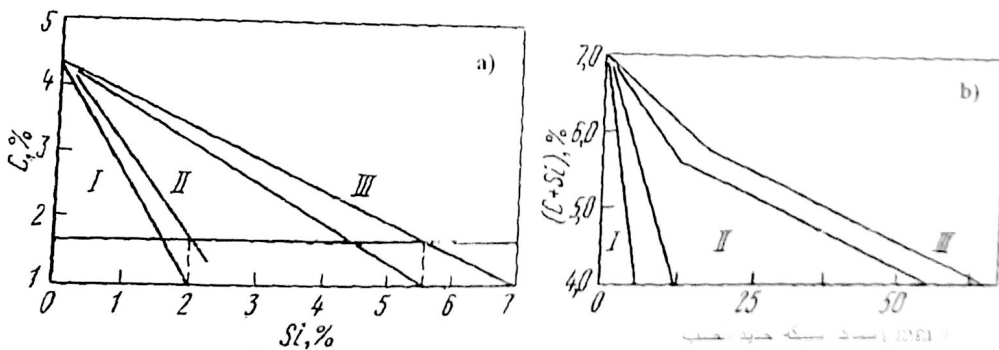
وكان تحولها إلى فريت (أو إلى مارتنيسيت) أسرع. ولهذا تتعلق البنية البلورية للبينييت بدرجة الحرارة التي يتم عندها هذا النوع من التحولات الانتشارية للأوستينيت (درجتان).

وعلى هذا الأساس يُصنف البينييت إلى نوعين (4 درجات):

- 1- البينييت العلوي: وهو البينييت الذي يتشكل في المجال الحراري بين  $(350-550^{\circ}\text{C})$  وتكون بنيته البلورية عبارة عن بورات متطاولة من الفريت وخطوط باعثة من السمنتيت. ويكون الفريت في هذا النوع من البينييت فقيراً جداً بالكربون.
  - 2- البينييت السفلي: وهو البينييت الذي يتشكل في المجال الحراري بين  $(M_s-350^{\circ}\text{C})$ ، ويتم فحص بنيته بالمجهر الإلكتروني، وهذه نسبة عبارة عن إبر من الفريت وصفائح من السمنتيت. وتكون نسبة الكربون في فريت البينييت السفلي أعلى منها في مثله في البينييت العلوي، مما يسبب تشوه الهياكل الشبكية في فريت البينييت السفلي.
- (2) تستخدم في الوقت الحاضر بعض المخططات البنيوية العملية بهدف تحديد نوع البنية النهائية لحديد الصب وفقاً لما يحتويه الأخير من عنصري الكربون والسيليسيوم، بين ذلك باختصار، وادعم إجابتك بالرسم،

هناك مخططان: (درجتان) لرسم كل مخطط و(درجتان) لشرح المخطط (المجموع 8 درجات)

تستخدم في وقت الحاضر بعض المخططات البنيوية العملية بهدف تحديد نوع البنية النهائية لحديد الصب وفقاً لما يحتويه الأخير من عنصري الكربون والسيليسيوم. فمثلاً، يظهر الشكل (a) أحد هذه المخططات، حيث يبدو في هذا المخطط كيف تتغير نسبة البنية المسبكة من حديد الصب سماكتها تساوي 50 مم وفقاً لتغير كل من نسبة الكربون والسيليسيوم بينما بقيت نسبة السيليوم في هذه المسبكة ثابتة وتساوي (0.5 %). ولكن التجارب الكثيرة، التي أجريت في هذا المجال أظهرت أنه في نسبة توحيد لحديد الصب يمكن أن تتباين البنية البلورية بين منطقة وأخرى على كامل السماكة لهذه السبيكة، إذ يمكن أن لا تحدث عملية تشكل الفريت دورها في المنطقة السطحية للسبيكة كما في داخلها، ذلك لأن سرعة تبريد سطوح السبيكة أعلى بكثير من داخلها، مما يؤدي إلى تشكل بنية تحوي السمنتيت في المناطق السطحية نظراً لقيم سرعة التبريد، بينما يتشكل الفريت داخل القطعة نظراً لانخفاض قيم هذه السرعة. ولهذا، يؤثر في البنية النهائية لحديد الصب كل من مجموع محتوى السيليوم والكربون وسماكة السبيكة. ولهذا، لتحديد البنية البلورية لحديد الصب الناتج يستخدم المخطط البنيوي المبين في الشكل (b).





السؤال الرابع: خليطتان من الفولاذ الكربوني تبين لدى فحصهما مجهرياً أن الأولى عبارة عن فولاذ هيبيروتكتويدي والثانية عبارة عن فولاذ هيبيروتكتويدي، ونسبة البرليت في كل منهما (90 %)، والمطلوب: (12 درجة)

1 - ما هي عناصر البنية الأخرى في كل من هاتين الخليطتين نوعاً وكماً. 2 - أوجد نسبة الفحم في كل من الخليطتين. 3 - ما هو نوع الأطوار المشكلة لكل من هاتين الخليطتين ونسبها.

(1) عنصر البنية الآخر في الفولاذ الهيبيروتكتويدي هو الفريت وفي الفولاذ الهيبيروتكتويدي هو السمنتيت الثانوي، ونسبة كل منهما (10 %) (درجتان)

(2) إيجاد نسبة الفحم في خليطة الفولاذ الهيبيروتكتويدي (3 درجات):

$$\frac{Fer.}{(0.8-X)} = \frac{Per.}{(X-0.02)} = \frac{1}{(0.8-0.02)} \Rightarrow \frac{0.10}{(0.8-X)} = \frac{0.90}{(X-0.02)} = \frac{1}{(0.8-0.02)} \Rightarrow X = 0.722\%$$

(3) إيجاد نسب الأطوار في خليطة الفولاذ الهيبيروتكتويدي (درجتان):

$$\frac{Fer.}{(6.67-0.722)} = \frac{cem.}{(0.722-0.006)} = \frac{100\%}{(6.67-0.006)} \Rightarrow$$

$$Fer. = \frac{5.948}{6.664} \times 100\% = 89.26\% , \quad Cem. = \frac{0.716}{6.664} \times 100\% = 10.74\%$$

(4) إيجاد نسبة الفحم في خليطة الفولاذ الهيبيروتكتويدي (3 درجات):

$$\frac{per.}{(6.67-X)} = \frac{cem.}{(X-0.8)} = \frac{1}{(6.67-0.8)} \Rightarrow \frac{0.90}{(6.67-X)} = \frac{0.10}{(X-0.8)} = \frac{1}{(6.67-0.8)} \Rightarrow X = 1.387\%$$

(5) إيجاد نسب الأطوار في خليطة الفولاذ الهيبيروتكتويدي (درجتان):

$$\frac{Fer.}{(6.67-1.387)} = \frac{cem.}{(1.387-0.006)} = \frac{100\%}{(6.67-0.006)} \Rightarrow$$

$$Fer. = \frac{5.283}{6.664} \times 100\% = 79.28\% , \quad Cem. = \frac{1.381}{6.664} \times 100\% = 20.72\%$$

أ. د. محمد علي سلامة

انتهت الأجوبة

دمشق في 2013/6/23

