جامعة البعث
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة المعادن

الدرجـــــــة: سبعون

سلم تصحيح امتحان مقرر علم المعادن/3/ لطلاب السنة الرابعة (الفصل الثاني 2022-2023)

السؤال الأول: (30درجة)

ارسم مخطط التحول البرويوتكتويدي واليوتكتويدي لفولاذ هيبويوتكتويدي و هيبريوتكتويدي أثناء التبريد البطيء رسم مخططان فقط مع بيان الأطوار وشرح مبسط.

عند تبريد الفولاذ الهيبويوتكتويدي من درجات حرارة الأوستنيت وعند تخطي الخط GOS (درجة الحرارة A_{r3}) على مخطط التوازن يبدأ تحول الأوستنيت إلى فريت ، وبشكل مشابه يبدأ انفصال السمنتيت الثانوي تحت الخط ES (درجة الحرارة A_{cm}) الوقع ضمن مجال الهيبريوتكتويد (الشكل 6 – 21) .

يتبع هذه التحولات تحول الباقي من الأوستنيت إلى برليت وذلك عندما تنخفض درجات حرارة التبريد إلى ما دون درجة الحرارة الحدّية A_1 دون أن تؤثر على بلورات الفريت أو السمنتيت الثانوي التي تشكلت ضمن مجال التحولات البرويوتكتويدية .

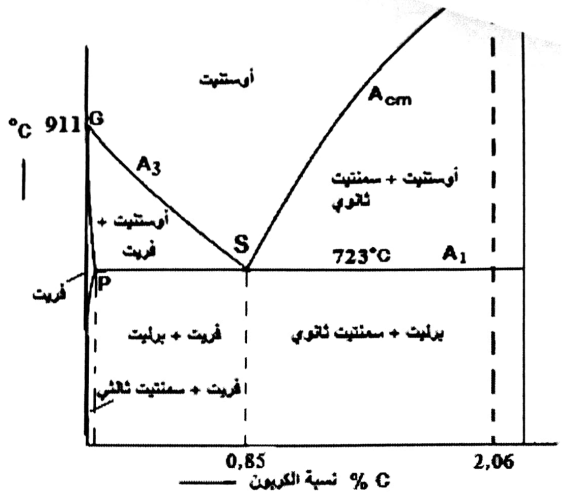
إذن يمكننا تعريف التحولات البرويوتكتويدية للأوستنيت بأنها تلك التحولات التي تحدث في درجات الحرارة الواقعة فوق درجة حرارة خط اليوتكتويد (فوق A_1) . إذا كانت نسبة الكربون في الفولاذ أقل من 0.85 % (أي الفولاذ الهيبويوتكتويدي) يتم تحول الأوستنيت إلى فريت ، حيث يبدأ هذا التحول مباشرة تحت الخط GS (تحت A_3) ويستمر انفصال الفريت حتى درجة الحرارة A_1 ، حيث يصبح تركيز الباقي من الأوستنيت مطابقاً لتركيز نقطة اليوتكتويد S. أما إذا كانت نسبة الكربون في الفولاذ أكثر من 0.85 % (الفولاذ الهيبريوتكتويدي) يبدأ السمنتيت الثانوي بالانفصال عن الأوستنيت مباشرة تحت الخط SE (تحت A_{cm}) ويستمر هذا التحول حتى درجة الحرارة A_1 ، حيث يصبح تركيز الباقي من الأوستنيت أيضاً مطابقاً لتركيز نقطة اليوتكتويد S . ويتحول الباقي من الأوستنيت في كلا الحالتين السابقتين إلى برليت

4

مدرس المقرر

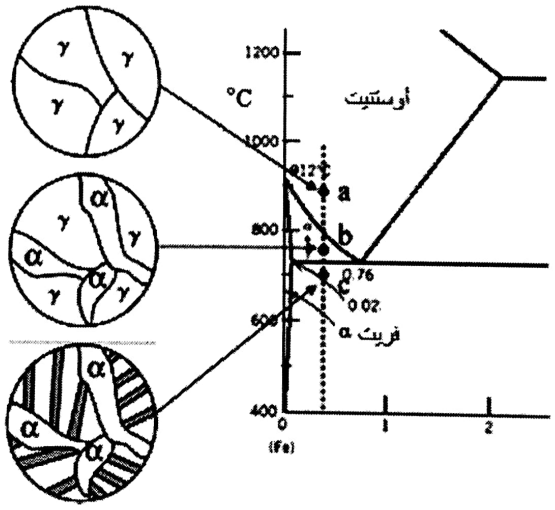
الدكتور وردان وحّود

د. محمد عباس



كل 6 – 21 جزء من مخطط التوازن للحديد والكربون يوضح التحولات البرويوتكتويدية

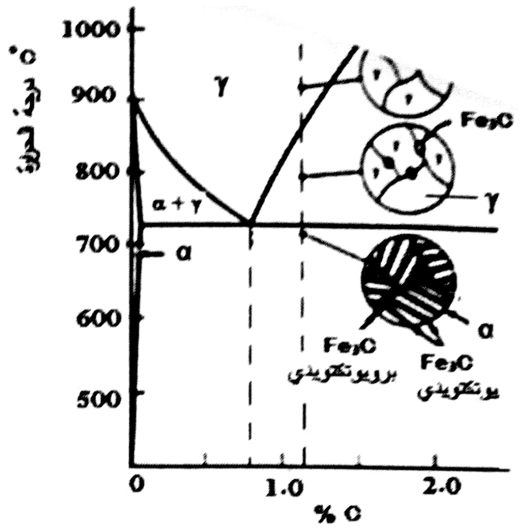
عند تبريد الفولاذ الهيبويوتكتويدي ببطء بحيث يكون الوقت متسعاً لحدوث التحول الانتشاري بالكامل ، يبدأ الفريت بالانفصال والتجمع على حدود بلورات الأوستنيت . تأخذ ذرات الكربون بالهجرة من المناطق التي تشكل فيها الفريت إلى وسط بلورات الأوستنيت الذي يتزايد فيه تركيز الكربون بشكل تدريجي ، ونتيجة لذلك يصبح تركيز الباقي من الأوستنيت عند درجة الحرارة الحدّية A_{r1} مطابقاً لتركيز اليوتكتويد والذي يتحول بدوره إلى البرليت كما هو موضح في



الشكل 6 – 22 مخطط التحول البرويوتكتويدي واليوتكتويدي لفولاذ هيبويوتكتويدي وتفكك الأوستنيت إلى فريت وبرليت ناتج عن التبريد البطيء .

مدرس المقرر

الدكتور وردان وخود



مخطط التحول البرويوتكتويدي واليوتكتويدي لفولاذ هيبريوتكتويدي وتفكك الأوستنيت إلى سمنتيت ثانوي وبرليت ناتج عن التبريد البطيء .

السؤال الثاني: (10درجة)

يصنف الفولاذ السبائكي حسب بنية التوازن إلى خمسة أقسام ... ماهي مع الشرح ؟

آ. **فولاذ هيبويوتكتويدي** : تتكون بنيته من البرليت ومن الفريت السبائكي الذي يتشكل من تحول الأوستنيت بين درجتي الحرارة $A_3 - A_1$.

ب. **فولاذ يوتكتويدي** : تتكون البنية من البرليت .

ج. **فولاذ هيبريوتكتويدي** : تتكون بنيته من البرليت والكربيد الثانوي ، الذي ينفصل عن الأوستنيت نتيجة انخفاض قابلية الأوستنيت لإذابة الكربون .

د. **فولاذ ليدبوريتي** : هو الذي يحوي ليدبوريت في يوتكتيك الطور السائل .

بعد التشكيل على الساخن تستقل الكربيدات وتتكور ، وبذلك تتكون البنية من الأوستنيت وجزيئات الكربيد الحُبيبي (عند درجات حرارة التشكيل) . يمكن أن تصل نسبة الكربيد في هذه الأنواع من الفولاذ إلى 35% .

هـ. **فولاذ فريتي** : يتشكل عند الفولاذ الذي يحوي نسبة كربون صغيرة ونسبة كبيرة من العناصر السبائكية التي تسبب تضيق مجال الطور γ ، يمكن لذلك أن يؤدي إلى اختفاء هذا الطور كلياً من الفولاذ ويبقى فقط الطور α .

و. **فولاذ أوستنيتي** : الفولاذ الذي يحتوي على نسبة كبيرة من العناصر السبائكية التي تسبب توسيع مجال الطور γ يبقى عند درجات الحرارة العادية بدون تحول وتبقى البنية أوستنيت .

مدرس المقرر

الدكتور وردان وخّود

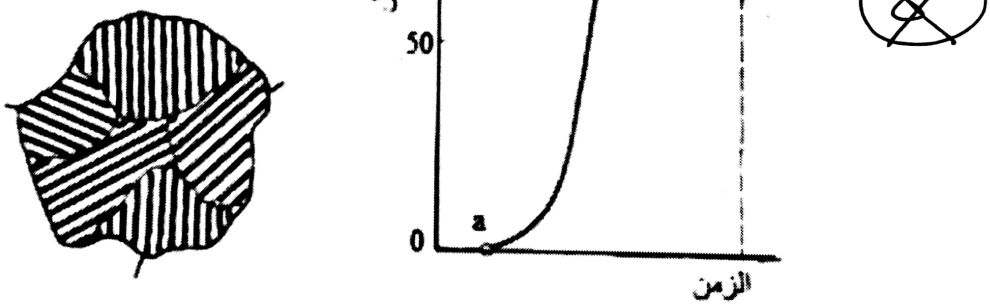
...طريقة رسم مخطط التحولات الايزوترمية انطلاقاً من مخطط ميكانيزم التحول البرليتي.

- ميكانيزم التحول البرليتي :

لتوضيح هذه الظاهرة نقوم بدراسة تحول الأوستنيت الانتشاري إلى البرليت الذي يتم حسب العلاقة الآتية :

$$Fe\gamma_{(c)} \longrightarrow Fe\alpha + Fe_3C$$

نلاحظ من هذه العلاقة أن هناك اختلاف كبير في نسبة الكربون الموجودة في الأطوار الجديدة المتشكلة حيث إن نسبته في السمنتيت تكون 6.67% C بينما تكون نسبته في الفريت أقل من 0.02% C . إذن فإن عملية تحول الأوستنيت إلى برليت مرهونة بالعمليات الانتشارية المترافقة . كلما كانت درجة التبريد كبيرة ازداد الفرق في القدرة الحرة بين الأوستنيت والبرليت ، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة سرعة التحول ، ولكن من ناحية أخرى يؤدي ازدياد درجة التبريد إلى انخفاض سرعة انتشار الكربون وهذا بدوره يسبب إبطاء عملية التحول .



الشكل 6 – 29 ميكانيزم التحول البرليتي

مدرس المقرر

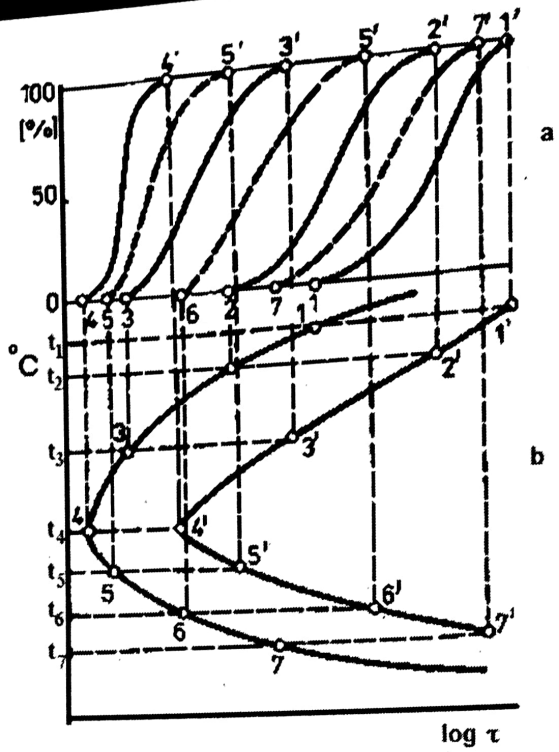
الدكتور وردان وخود

تتم عملية تشكل البرليت مثل بقية التحولات من خلال نشوء بذور الطور الجديد ونموه خلال مجال زمني محدود يوضّحه منحنى يمثل آلية التحول الشكل (6 – 29) . إذا قمنا بتبريد الأوستنيت إيزوثرمياً أي عند درجة حرارة ثابتة نجد أن العلاقة بين كمية البرليت المتشكلة وزمن التحول الموضحة في الشكل ، حيث إن النقطة a تمثل بداية التحول الذي يكون بطيئاً ، ثم تتزايد سرعة التحول حتى تصبح أعظمية عندما تصل نسبة التحول إلى 50% بعد ذلك تأخذ هذه السرعة بالتناقص حتى انتهاء التحول عند النقطة b وتصبح البنية بكاملها من البرليت .

لو قمنا بتبريد مجموعة من العينات من درجة حرارة الأوستنيت تبريداً ايزوثرمياً بدرجات تبريد مختلفة وقمنا برسم المنحنيات الكيناتيكية لكل منها (الشكل 6 – 30 a) نلاحظ أن سرعة التحول تكون بطيئة عند العينة التي كان فرط التبريد فيها صغيراً . تزداد سرعة التحول عند العينة الثانية التي تعرضت لفرط تبريد أكبر من سابقتها ، وبالتالي تكون الفترة الزمنية اللازمة لبدء التحول وانتهائه عندها أصغر . وهكذا نجد عند بقية العينات بازدياد فرط التبريد تزداد سرعة التحول حتى درجة معينة ثم تعود وتتباطأ كما أوردنا سابقاً .

لو نقلنا زمن بداية التحول a_x وزمن نهايته b_x إلى مخطط يوضح العلاقة بين درجة التبريد ولوغارتم الزمن اللازم للتحول (°C – log τ) فإننا نحصل على مخطط جديد يدعى مخطط التحولات الإيزوثرمية يظهر عليه منحنى يمثل بداية التحولات ومنحنى آخر يمثل نهاية التحولات (الشكل 6 – 30 b) الذي سنبحثه لاحقاً .

بالإضافة إلى الشكل الصفائحي للبرليت المتشكّل يمكننا الحصول على شكل آخر وهو البرليت الحُبيبي (الشكل 6 – 31) . مثلاً عند تحول الأوستنيت غير المتجانس الذي يحوي بقايا من جزيئات الكربيدات التي لم تنحل فيه بشكل كامل فإن هذه الجزيئات تكون على شكل بذور تبلور جاهزة مما يؤدي إلى تبدّل في ميكانيزم التحول البرليتي ويتشكل برليت حبيبي . يتعلق توزع جزيئات الكربيدات بدرجة التبريد وبالتالي بشروط الانتشار لكن يمكننا التحكم بشكل البنية البرليتية عن طريق المعالجات الحرارية والحصول على البنية الحُبيبية التي تكون ملائمة من أجل تشغيل القطع الفولاذية .



الشكل 6 – 30 علاقة فرط التبريد بسرعة تحول الأوستنيت
وطريقة إنشاء مخطط التحولات الايزوثرمية

السؤال الرابع: (10درجة)

من سبائك الألمنيوم القابلة للتشكيل والتقسية .... سبائك الدورالومين (Dural) تحدث عنها !

1 – الدورالومين (الدورال) Dural : هو خليطة مكونة من Al – Cu – Mg يضاف إليها كمية صغيرة من Mn . يمكن تقسيته بالمعالجة الحرارية والحصول على GP zone أو الطور S′ و Θ′ . على الرغم من أن المنغنيز لا يدخل في تركيب طور الترسيب ولكنه يسهم في مقاومة هذه الخلائط ضد تأثير الظروف الخارجية ، و يحسّن خواص الدورال الميكانيكية . يُعد الحديد من الشوائب التي تتواجد في الدورال ويسبب تخفيض اجهاد مقاومته وقابليته للتشكيل . عند تشكل المركب Al_7Cu_2Fe الذي يذوب في الألمنيوم ينخفض تأثير التصلد عند التعتيق ، لذلك يجب ألا تتجاوز نسبة الحديد 0.5 – 0.7 % Fe . يُستخدم الدورال في العديد من المنتجات الصناعية مثل الصفائح واللفائف والمقاطع والزوايا وغيرها .