التجربة رقم (2)

أ ـ إسم التجربة :

(تلدين إزالة الإجهاد Stress Relief Annealing)

ب ـ الغرض من التجربة :

1 . إزالة الضغوط الداخلية المتبقية والناتجة من عمليات التصنيع السابقة كالتشكيل على البارد ، اللحام أو السباكة .
2 . التقليل من صلادة المعدن .
3 . زيادة المطيلية للمعادن التي تعرضت للتشكيل .

جـ ـوصف الجهاز :

في عملية إزالة الإجهادات نستخدم عدد من الأجهزة كما مبين أدناه :

1 . جهاز اختبار الصلادة ، كما مبين في الشكل رقم (1) .
2 . فرن تسخين كهربائي خاص للعينات المعدنية ، كما مبين في الشكل رقم (2) .
3 . عينات معدنية تعرضت إلى عمليات تشكيل .

شكل رقم (1) : جهاز اختبار الصلادة الرقمي .

شكل رقم (2) : الفرن الكهربائي .

د- خطوات العمل:

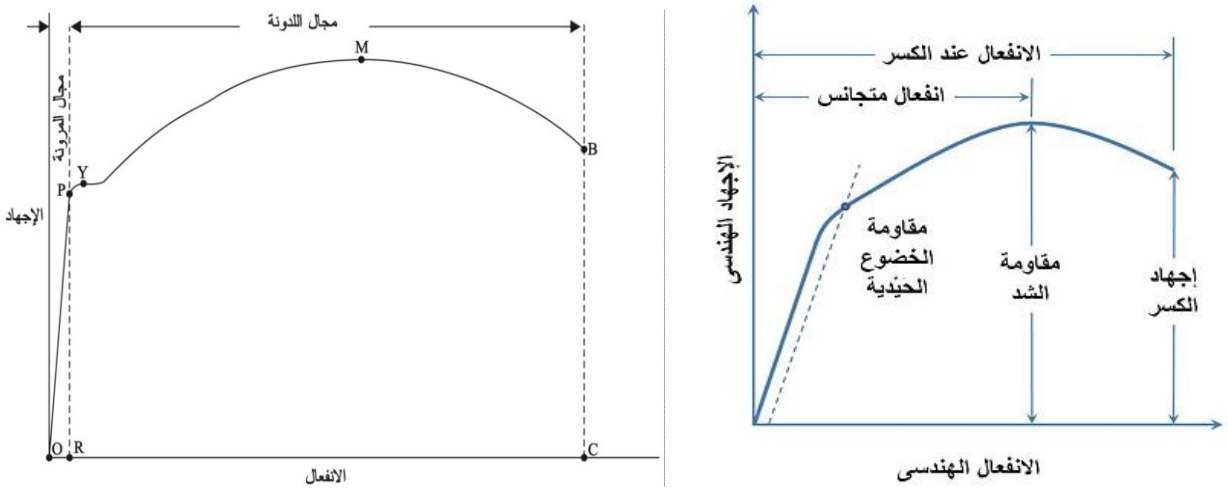
تتضمن طريقة العمل عدة مراحل تتلخص بما يلي :

1 . نختار عينات معدنية مشكلة على البارد .
2 . نقيس الصلادة للعينات بواسطة جهاز قياس الصلادة الرقمي .
3 . نضع العينات في الفرن ويتم تسخينها إلى درجة حرارة أقل من درجة حرارة (A_1) ولا تزيد عن (650 م°) .
4 . يتم إبقاء العينات في هذه الدرجة لمدة تعتمد بشكل كبير على نسبة الإجهادات المتبقية . فكلما كانت الإجهادات المتبقية عالية سوف نحتاج إلى زمن أقل وبالعكس .
5 . تبريد العينات إلى درجة حرارة الغرفة (تبريد بطيء) إلى أن تصل درجة حرارة الفرن إلى (100 م°) ثم التبريد في الهواء حتى الوصول إلى درجة حرارة الغرفة .
6 . نقوم بقياس الصلادة للعينات مرة ثانية .

- **تتلخص مصادر الجهود الداخلية في المعدات بما يلي :**

1 . الجهود الناتجة من عمليات التشكيل على الساخن والتي يعقبها تبريد غير متجانس بعد الانتهاء من هذه العمليات (جهود حرارية) .
2 . الجهود الناتجة من عمليات التشكيل على البارد ، مثل الدرفلة والسحب على البارد (جهود ميكانيكية) . عندما تكون هذه الإجهادات اكبر من حد المرونة فإنها تؤدي إلى حصول التشوه اللدن وزيادة مقاومة الخضوع ، وعند بلوغ هذه الإجهادات مقدارا يساوي مقاومة الفشل القصوى أو بالأحرى المقاومة القصوى أو لدى تجاوزها هذه المقاومة يحدث الفشل أو الكسر إذا لم يسبق ذلك تشوه لدن يزيد بعضا من هذه الإجهادات .
3 . الجهود الناتجة من إجراء بعض المعاملات الحرارية مثل الإصلاد بالإخماد (تكوين المارتنسايت) أو نتيجة تغيرات في الأطوار .
4 . الجهود الناتجة خلال عمليات اللحام حيث تتعرض مناطق اللحام إلى تسخين مفرط ، في حين تبقى الأجزاء البعيدة عن هذه المناطق باردة أو لا تسخن إلى درجات عالية .
5 . كما تحدث إجهادات داخلية في المعدات التي تتعرض إلى الحرارة بشكل غير متجانس أو التي تتعرض إلى إهتزازات شديدة أثناء نقلها من مكان إلى آخر .

* إن الإجهادات الناتجة من هذه العوامل سوف تشترك مع الإجهادات الداخلية الموجودة أصلا في هذه المعدات ، وقد تؤدي بذلك إلى حصول التشوه اللدن فيها أو حتى إلى كسرها . كما مبين في الشكل رقم (3) .



شكل رقم (3) : يبين سلوك المواد عند تعرضها إلى إجهادات خارجية .

● أنواع الإجهادات الداخلية في الفولاذ بعد معاملته حراريا :

1 . **إجهادات من النوع الأول :** يمكن لهذه الإجهادات أن تظهر بين مناطق مختلفة من القطعة المعالجة حراريا وكلما زاد التدرج الحراري عبر مقطع القطعة إرتفعت قيم هذه الإجهادات .

2 . **إجهادات من النوع الثاني :** تظهر هذه الإجهادات داخل الحبيبة الواحدة على الحدود الفاصلة بين الحبيبات المتجاورة ، وتظهر بسبب تباين قيم معاملات التمدد الحراري لهذه الأطوار .

3 . **إجهادات من النوع الثالث :** يمكن أن تظهر هذه الإجهادات داخل حجم لا تتعدى أبعاده بضع خلايا بلورية فعندما تذوب ذرة ما ذوبانا صلبا في الهيكل الشبكي للمعدن المعالج حراريا فإن هذه الذرة تحدث حولها إنحرافات مرنة لهذا الهيكل الشبكي مما يؤدي إلى ظهور إجهادات في هذا الهيكل والهياكل المجاورة له .

** تعد الأشعة السينية الطريقة الرئيسية المستخدمة في دراسة الإجهادات الداخلية وقياسها .

● نظرية تلدين إزالة الإجهاد (Stress Relief Annealing) :

◄ يجري التلدين لإزالة الإجهادات بتسخين الفولاذ إلى أقصى ما يمكن من درجات الحرارة والتي تؤدي إلى انخفاض ملحوظ في مقاومة الخضوع ، إلا إنها يجب أن لا تتجاوز درجة الحرارة الحرجة السفلى (A_1) ، وذلك لتفادي حصول التحول في البنية المجهرية كما هو معروف . لذا فأن التلدين لغرض إزالة الجهود يجري عادة بتسخين الفولاذ الكربوني بأنواعه إلى درجات الحرارة بين (500 – 650 م°) كما مبين في الشكل رقم (4) .

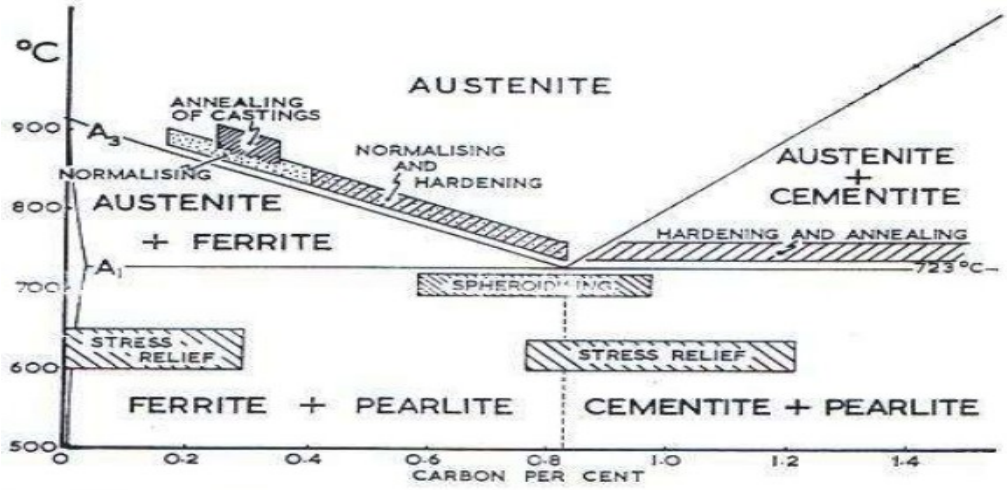
◄ لا يفضل التسخين في درجات تتجاوز (650 م°) نظرا لإمكانية حدوث ما يسمى بإزالة الكربون من السطح .

◄ لدى الحاجة إلى إزالة الجهود من المعدات التي تمت مراجعتها سابقا (Tempering) فأن التسخين يجب أن يجري بطبيعة الحال تحت درجة الحرارة التي تمت فيها هذه المراجعة .

◄ ويستعمل التلدين لإزالة الجهود أيضا من المعدات التي تمت معاملتها بالتطبيع ، وذلك لإزالة الجهود الناتجة نتيجة التبريد في الهواء .

◄ كما تستعمل المعاملة لإزالة الجهود الناتجة في مناطق اللحام في الملحومات ، ويجري ذلك أحيانا بإستعمال الشعلة الأوكسي – استيلينية للتسخين الموضعي للمناطق القريبة من منطقة اللحام والتي تتراكم فيها عادة هذه الجهود .

◄ في كل الأحوال يجب أن يجري التسخين لإزالة الجهود ببطء وبشكل متجانس ، حيث بخلافه قد تتكون رافعات جهود (Stress Raiser) بسبب الجهود الحرارية المتكونة نتيجة لذلك .كما يجب أن يكون التبريد اللاحق بعد التخمير بطيئا لتفادي تكوين جهود جديدة .



شكل رقم (4) : يوضح درجات حرارة تلدين إزالة الإجهادات

● **تشمل عملية إزالة الإجهادات (Stress Relief Annealing) مرحلتين رئيسيتين هما :**

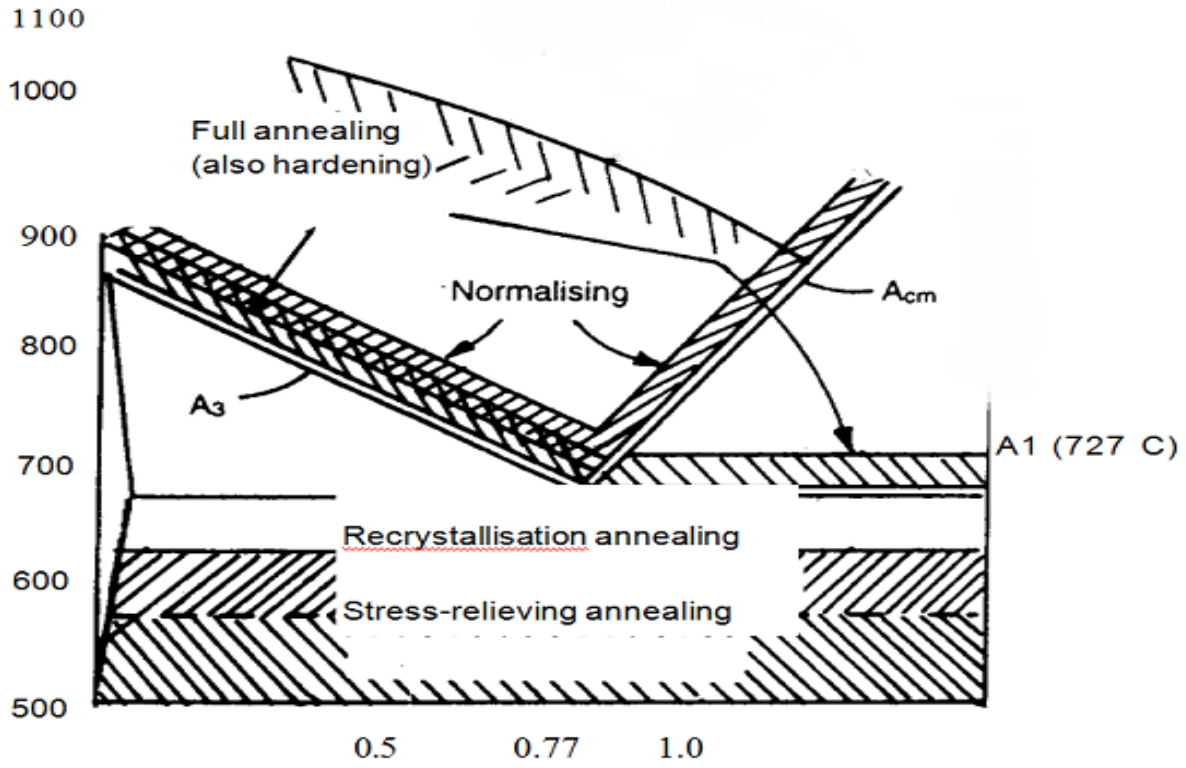
1 . الإستعادة (Recovery) :

وتبدأ هذه المرحلة بدرجة تقارب (50 م°) وتعتبر عملية تهيئة للبنية البلورية للمعدن لإعادة التبلور ويجب أن نلاحظ إن في هذه العملية لا يحدث تغير في الصفات الميكانيكية .

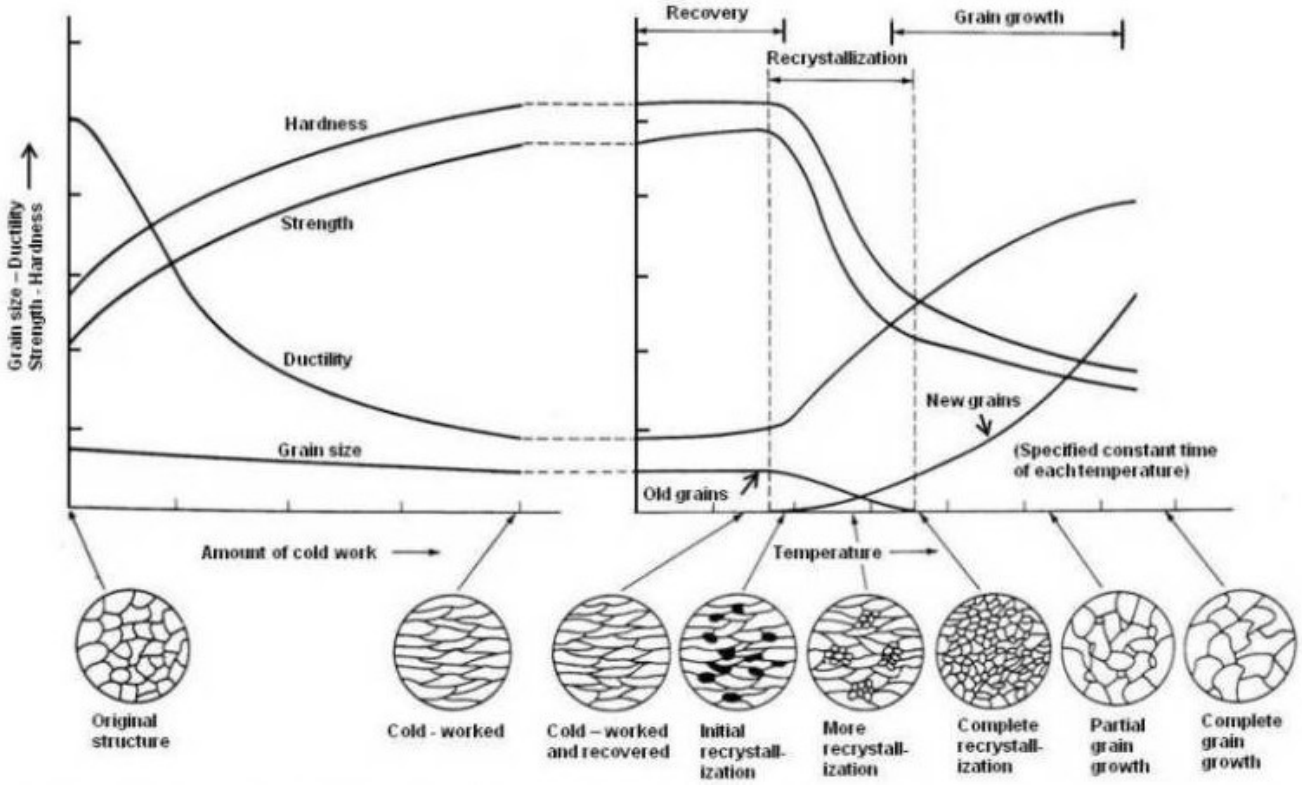
2 . إعادة التبلور (Recrystallization) :

تتضمن هذه المرحلة عملية تنويه في مناطق تلاقي البلورات مع بعضها وتكوين حدود بلورية جديدة للبلورات الجديدة وهذه العملية تمثل إعادة تبلور للمعادن وحصول إنخفاض بالصلادة والإجهاد وزيادة بالإستطالة والمطيلية وبحالة متوازنة بحيث نحصل على أفضل ترابط خواص .كما مبين في الشكل رقم (5) والشكل رقم (6) .

وهناك مرحلة لاحقة وهي عملية (Grain Growth) تأتي نتيجة الزيادة في الدرجات الحرارية أو الإبقاء في الفرن لفترات زمنية طويلة ويجب تجنب هذه المرحلة لأنه في هذه المرحلة يحصل ضعف في الخواص التي تم الحصول عليها في المرحلة السابقة والخواص المعدنية وحجم البلورات ونوع المعاملة .



شكل رقم (5) : يوضح منطقة إعادة التبلور



شكل رقم (6) : يبين تأثير إزالة الإجهادات على الخواص الميكانيكية للمواد المعدنية .

نموذج القراءات :

يتم أخذ ثلاث عينات وقياس الصلادة لها قبل وبعد إجراء عملية التخمير عليها .

	العينة الأولى		العينة الثانية		العينة الثالثة	
	قياس الصلادة قبل إزالة الإجهادات	قياس الصلادة بعد إزالة الإجهادات	قياس الصلادة قبل إزالة الإجهادات	قياس الصلادة بعد إزالة الإجهادات	قياس الصلادة قبل إزالة الإجهادات	قياس الصلادة بعد إزالة الإجهادات
1						
2						
3						

هـ . الحسابات :

يتم مناقشة النتائج المستحصل عليها من العينات التي أجريت عليها المعاملة الحرارية وتقديمها في تقرير مفصل .