مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (3) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (3) 2007

تقسية وتمتين الفولاذ العامل في درجات حرارة عالية

الدكتور نوفل الاحمد*

(تاريخ الإيداع 12 / 4 / 2007. قُبِل للنشر في 2007/8/27)

□ الملخّص □

إن المعالجات الحرارية تستخدم على أجزاء الآلات للحصول على مواصفات ميكانيكية جيدة. ولقد ركز هذا البحث على الفولاذ St 37 و St 52 المستخدم في صناعة أجزاء سلسلة نقل الخبز المعرضة إلى إجهادات قص وضغط. ولرفع كفاءة سلسلة نقل الخبز فقد كان لابد من إجراء بعض المعالجات الحرارية على عينات من هذين النوعين من الفولاذ بغية تحسين الخواص الميكانيكية لتقاوم الاحتكاك والشد والصدم.

وبعد دراسة نتائج التجارب والاختبارات تم تحديد نوع المعالجة الحرارية لكل عنصر من عناصر السلسلة بحيث يتلاءَم مع نوع الإجهاد المعرض له.

كلمات مفتاحية: الفولاذ العامل بدرجات حرارة عالية–المعالجات الحرارية– التآكل الساخن.

* أستاذ في قسم المعدات والآليات في كلية الهندسة التقنية بجامعة تشرين– طرطوس– سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (3) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (3) 2007

Hardening of Steel St 52 and St 37 for Usage in High Temperature Atmosphere

Dr. Nawfal Al-Ahmad*

(Received 12 / 4 / 2007. Accepted 278/2007)

□ ABSTRACT □

The heat treatment is used in order to obtain high quality of machine parts that are widely used in the bread making chains in furnaces at high temperatures and for long times.

Stresses exist during the work of the machine parts, mainly shear stress, and compressive stress. Some heat treatments methodare applied to specimen from of steel St 52 and St 37 to determine the different chain parts.

Key Words: Steel, High temperature working Parts, Heat treatment.

***Professor, Department Machines and Equipments, Faculty of Technology, Tishreen University, Tartous, Syria.**

1-مقدمة:

يعتبر الفولاذ من أهم المواد المستخدمة في المجالات الصناعية المختلفة. وقد كان على مر العصور العصب الرئيسي لمسيرة الحياة. فقد استخدمه الأقدمون في تأمين وسائل العيش لهم من أعمال زراعية وصناعية وغيرها وكذلك في الدفاع عن أنفسهم بتصنيع آليات الدفاع من الفولاذ. فقد صنعت السيوف والبنادق والمدافع، وتطورت صناعة الفولاذ لتدخل في أدق وأخطر التكنولوجيا في تصنيع الطائرات والصواريخ والمركبات الفضائية والمفاعلات النووية وغيرها.

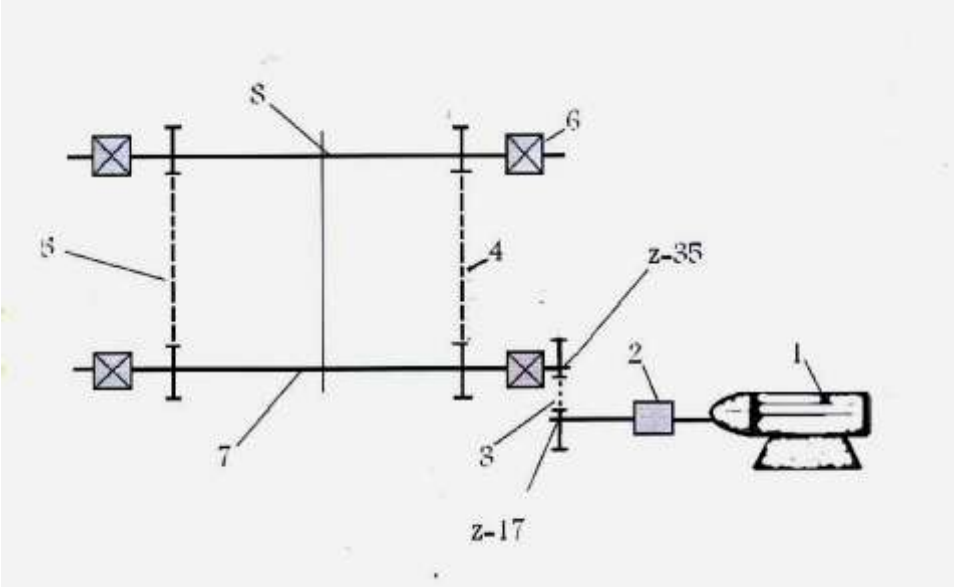
لقد تطورت صناعة الفولاذ على أيدي العرب إبان الحروب الصليبية، فكان السيف الدمشقي مضرب المثل في الصلابة والصلادة.فالسيف الدمشقي كان لغزا حير حدادي أوربا لعدة قرون فقد أثار خيالهم وأصابهم بالإحباط بآن واحد فلقد حاولوا عبثا تصنيع سيوف تحمل مواصفات السيف الدمشقي من صلابة ومتانة.لقد كان سر هذه السيوف يمثل مادة شيقة عند الكتاب الذين وصفوا ذهول الأوربيين أثناء حملتهم الصليبية على فلسطين أمام سيف صلاح الدين الذي فاق بمتانته وصلادته كل تصور.

ومع انتشار صناعة الفولاذ ودخولها كافة مرافق الحياة بدأت تظهر المشاكل المتعلقة بانخفاض كفاءة الأجزاء المصنعة من الفولاذ وخاصة التي تعمل بحركات دائمة و بدرجات حرارة مرتفعة.والسبب في ذلك هو تآكل هذه الأجزاء نتيجة الاحتكاك. إن التآكل هو عبارة عن عملية غادرة تتعرض لها الآلات، إما بسبب تعرضها للعوامل الجوية أو نتيجة احتكاكها بعضها ببعض.وقد قدرت الأموال المستخدمة في مكافحة التآكل وتبديل الآلات المتآكلة بحوالي 30% من الدخل القومي في الدول الصناعية.

إن التآكل يزداد بازدياد درجات الحرارة بفعل الأكسدة بسبب الأوكسجين ونواتج الاحتراق التي تساهم بشكل كبير في تزايد التآكل سواء أكانت صلبة أم غازية وتتمثل خطورة الماء الساخن في صعوبة التحكم بالأجواء العاملة وعدم التمكن من مراقبتها بشكل دائم بسبب الحرارة المرتفعة.

2- أهمية البحث وأهدافه:

لقد اختير البحث من صميم صناعة الخبز، فمن المعروف أنه في صناعة الخبز تستخدم سلاسل يوضع عليها العجين المقطع وهي تسير بواسطة محرك كهربائي، الشكل(1)، بسرعة بطيئة (حوالي 0.22 متر في الثانية) داخل بيت النار، فترتفع درجة حرارتها إلى حوالي 450°C ومن ثم تخرج السلسلة من بيت النار فتبرد.



الشكل(1): سلسلة نقل الخبز

1- محرك كهربائي.2- علبة سرعة.3-ازدواج مسنني.4-السلسة.5-الحصيرة

.6- محامل تدحرجية. 7,8- محاور.

وهكذا تتكرر العملية. بعد فترة من الزمن تنهار السلسلة وتحتاج إلى تبديل أو إصلاح.

إن سلاسل نقل الخبز في سوريا تصنع بشكل رئيسي من الفولاذ (St 37, St 52) وذلك لرخص ثمن هذه المواد وإن المدة التي تعمل بها السلسة المصنعة من هذه المواد قصيرة، لا تتجاوز الثمانية أشهر.

إن بناء السلسلة يتم في غالبية الأفران الآلية السورية من قبل تجار عاديين يسعون إلى الربح السريع في غياب الخبرات الفنية وتقييد القوانين الروتينية لطريقة الشراء إذ يعتمد على السعر الأرخص بغض النظر عن الجودة..ولجعل السلسلة تعمل لمدة أطول، كان لابد من إجراء بعض المعالجات الحرارية على عينات من هذين النوعين من الفولاذ بغية تحسين الخواص الميكانيكية لتقاوم الاحتكاك والشد والصدم الخ.. [1]. وقد تبين من خلال الزيارات الميدانية لأفران عديدة أن فقد أحد هذه العناصر يؤدي إلي تعطيل العمل مما يحتم إصلاح أو تغيير السلسلة.

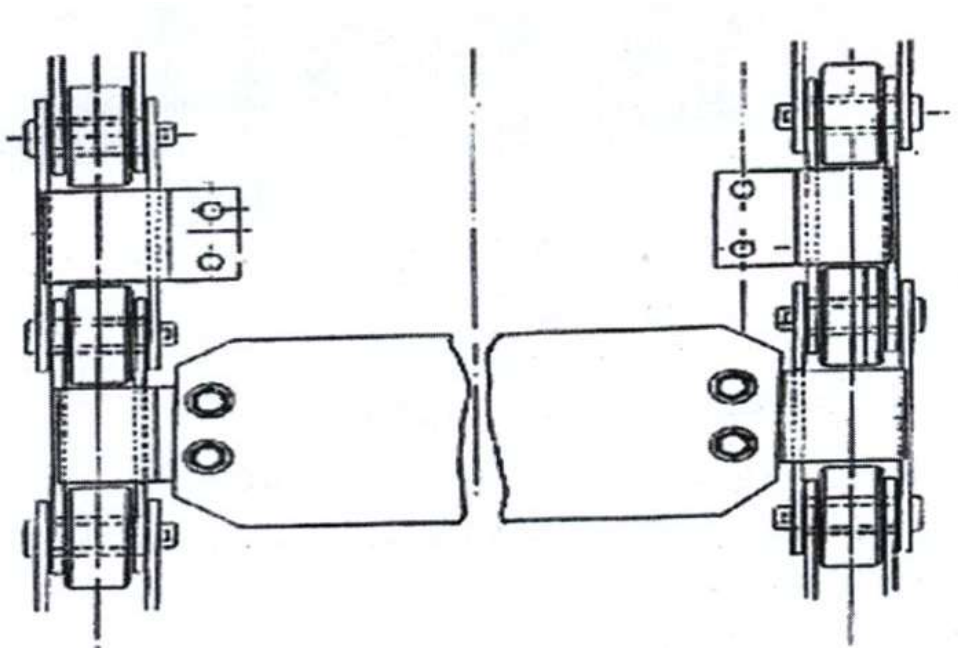
3- طريقة البحث ومواده:

لقد أجري هذا البحث في جامعة برلين التقنية TU Berlin معهد التعدين Metallurgy Institut في سياق مهمة البحث العلمي التي استمرت أربعة أشهر ومددت مدة شهرين على نفقة هيئة التبادل الأكاديمي الألماني (DAAD) لإكمال البحث. وقد استخدمت الأجهزة المتوفرة في مخبر المعهد لإجراء التجارب والاختبارات. وكذلك استخدمت آلات الورش التابعة للمعهد في تحضير العينات.

قبل الدخول بموضوع البحث يجب التعرف على أجزاء السلسلة:

1.3-عناصر السلسلة:

يبين الشكل(2) رسما تخطيطيا للسلسلة. فهي عبارة عن حصيرة تتألف من مجموعة من الصفائح تسمى بلاطات،أبعادها mm(1200 × 100) وسماكتها 3 mm.



الشكل(2): حصيرة السلسلة

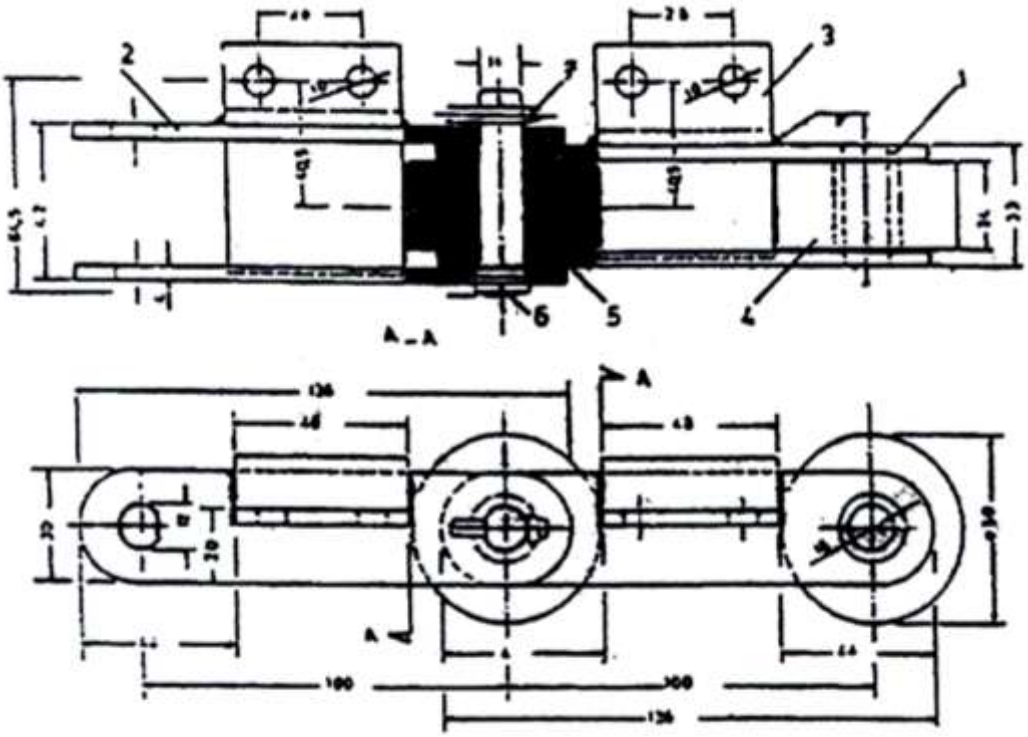
ويختلف عددها باختلاف طول السلسلة. تثبت هذه البلاطات من طرفيها على السلسلة بواسطة براشيم أو لوالب مع صواميل كما يظهر من الصورة رقم (1) والتي تبين أيضا ترابط عناصر السلسلة مع بعض.

الصورة رقم (1): ترابط عناصر السلسلة مع بعض

الشكل (3) يبين قطاعا للصورة (1)، فالبكرة (4) تتدحرج على السكة أي إن سطحها الخارجي معرض للاهتراء والبكرة تحوي الجلبة بداخلها حيث إن الجلبة تدور حول الوتد.

(ا) أي أن هناك حركة نسبية بين الوتد والجلبة. وإن أكثر الأجزاء عرضة للانهيار في هذه السلاسل هي البكرات والجلب والأوتاد المبينة بالصورة رقم (1). إن هذه الأجزاء متداخلة ومتواجدة في تماس وحركة فيما بينها.وقد

تبين من خلال الزيارات الميدانية لأفران عديدة أن فقد أحد هذه العناصر يؤدي إلي تعطيل العمل مما يحتم إصلاح أو تغيير السلسلة.



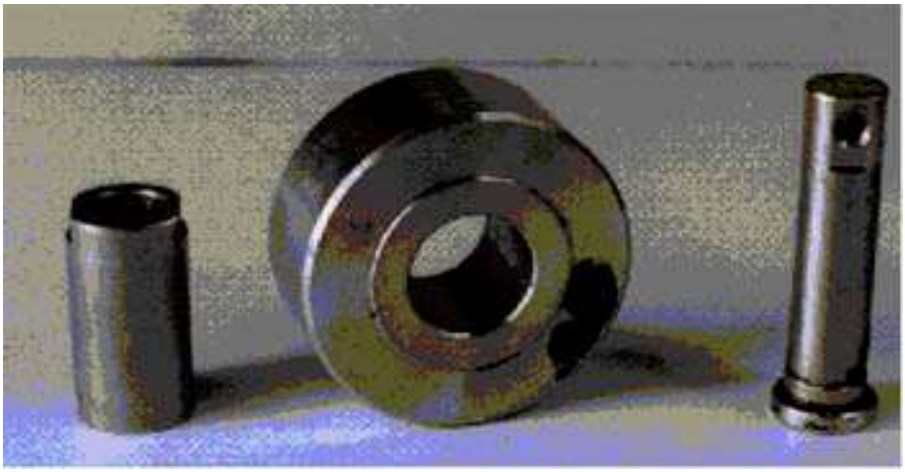
الشكل (3): تداخل عناصر السلسلة مع بعض(قطاع كامل).

1- صفيحة جانبيةلربط البكرات.2-صفيحة جانبية لربط الفقرات.3-صفيحة جانبية لربط البلاطة.4-البكرة

5- جلبة.6-الوتد.7-مسمار تامين الوتد من الخروج

2.3- إعطاب السلسلة:

بسبب الحركة الدائمة تتآكل عناصر السلسلة المبينة بالصورة رقم (2)

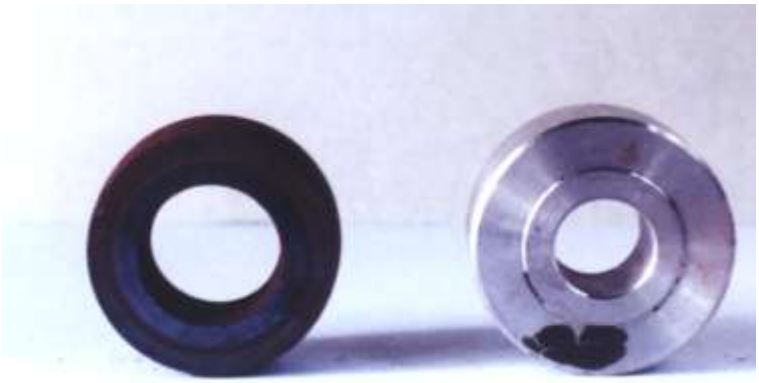


الصورة رقم (2): عناصر السلسلة المتحركة

فإما أن تتفلطح البكرة، انظر الصورة رقم (3) بسبب الاستعصاء بين الجلبة والوتد

الصورة رقم (3): تفلطح البكرة

أو تتوسع، انظر الصورة رقم (4) بسبب كبر الخلوص بينها وبين الجلبة



الصورة رقم (4): توسع البكرة

أو يتآكل الوتد بسبب إجهادات القص عند حدوث الاستعصاء أو تتآكل الجلبة على محيطها الخارجي بسبب كبر الخلوص بين الوتد والجلبة انظر الصورة رقم (5).

.

الصورة رقم (5): تآكل الوتد والجلبة

وعندما تبلغ هذه الظواهر حدا معينا تنقطع السلسلة ويقف العمل.

من خلال الزيارات الميدانية على أفران في عدة محافظات واستقصاء المعلومات حول المادة التي تصنع منها السلسلة وكيفية شراؤها، تبين أن مادة عناصر السلسلة من الفولاذ العادي الشائع الاستخدام، أي أنه من الفولاذ(St 37 أو ,St 52) وأن طريقة الشراء تتم عبر مناقصة من قبل تاجر أو عدة تجار يملكون الأموال لتسديد قيمة التأمين وشراء السلسلة من صناعيين ولا يملكون من الخبرة إلا الفوز بالمناقصة.

وبما أن المدة التي تعمل بها هذه السلاسل صغيرة (من 6–8 أشهر) فقد كان من المفيد إجراء تجارب على الفولاذ St37 و St52 بغية تحسين الخواص الميكانيكية[2] واستنتاج الحالة المثلى التي تعمل بها السلسلة أطول مدة. ممكنة.

4– برنامج التجارب:

لقد اقتطعت عدة عينات ثلاثية من هذه المواد وأجريت عليها تجارب بعد تعرضها إلى درجات حرارة مشابهة للتي تعمل بها في الفرن ولقد كان برنامج التجارب كما يلي:

1– التسخين المتواتر إلى درجة حرارة°450 درجة مئوية وتبريده إلى درجة الحرارة العادية.

2–التسخين الدائم (عدة ساعات) ولدرجة حرارة (°450) درجة مئوية.

3–التسخين لدرجة حرارة (°950) درجة مئوية وتغطيسها بالماء البارد وذلك للحصول على قساوة عالية.

4–إعادة التسخين إلى درجة حرارة (°180، °300، 450) درجة وتركها لتبرد في الفرن نفسه.

5–الكربنة، وضع القطعة في حوض يحوي على 90% فحم خشبي و10% كربونات الباريوم بأزمان مختلفة.

بعد إجراء هذه المعالجات الحرارية على العينات أخذت القياسات وحسب متوسطها وتم قياس مدى تأثير كل نوع من المعالجات الحرارية على الخواص الميكانيكية للعينات وهذه الخواص هي:

- ✓ القساوة
- ✓ الإجهاد الأعظمي.
- ✓ الاستطالة.
- ✓ استطالة الكسر.
- ✓ حد الخضوع.
- ✓ متانة الصدم.

وبعد إجراء القياسات المذكورة أعلاه وتقييمها كانت النتائج التالية:

القساوة:

القساوة لن تتأثر بتسخين العينات عدة مرات وتبريدها بشكل كبير.وهي تتناقص قليلا بعد وضعها (22) ساعة متواصلة في الفرن في درجة حرارة (°450) درجة مئوية. وعند تقسية العينات بالتبريد الفجائي ارتفعت القساوة من (127HV) إلى (267HV) قساوة فيكرز للفولاذ(St 37) ومن(186 HV) إلى (530HV) قساوة فيكرز للفولاذ (St 52).

عند إعادة تسخين العينات(في عملية التطبيع) إلى درجات حرارة مختلفة تتناقص القساوة بشكل ملحوظ. أما عند الكربنة فان القساوة ترتفع إلى حدها الأعظمي بعد أربع ساعات كربنة وتبقى بعد ذلك دون تغيير. وفي مقطع العينة تبلغ القساوة على السطح حدها الأعظمي فتتناقص نحو الداخل لتبلغ قيمتها الصغرى في الوسط.

حد المتانة–الاستطالة–استطالة الكسر–حد الخضوع في حالة تواتر التسخين:

عند تسخين العينات وتبريدها عدة مرات لن تتأثر المتانة إلا أن الاستطالة واستطالة الكسر تزداد قليلاً بازدياد عدد مرات التسخين. أما حد الخضوع فيتناقص بشكل طفيف بازدياد عدد مرات التسخين.

حد المتانة–الاستطالة–استطالة الكسر–حد الخضوع في حالة التسخين المتواصل:

عند تسخين العينات لدرجة حرارة (450^o) درجة مئوية وبقائها22ساعة في الفرن نلاحظ عدم تأثير ذلك على حد المتانة،الاستطالة واستطالة الكسر تزداد بشكل طفيف أما أجهاد الخضوع فيتدنى بشكل طفيف.

حد المتانة–الاستطالة–استطالة الكسر–حد الخضوع في حالة التقسية:

أثناء التقسية (التسخين لدرجة حرارة(450^o) والتبريد المفاجئ في الماء نلاحظ ازدياد حد المتانة للفولاذ (St 52) بشكل أكبر من الفولاذ(St 37) وإن الاستطالة واستطالة الكسر تتناقص بشكل ملحوظ ويتناقص كذلك حد الخضوع بشكل كبير خاصة للفولاذ(St 52).

حد المتانة–الاستطالة–استطالة الكسر–حد الخضوع في حالة التطبيع بدرجات حرارة مختلفة:

أثناء إعادة التسخين (التطبيع) بدرجات حرارة مختلفة[3] نلاحظ انخفاض حد المتانة وانخفاض التمدد بشكل طردي تقريباً وازدياد استطالة الكسر بشكل طفيف أما حد الخضوع فيبقى عالياً حتى درجات حرارة (350^o) درجة مئوية بعدها ينخفضst52.

حد المتانة– الاستطالة–استطالة الكسر–حد الخضوع في حالة الكربنة:

عند الكربنة نلاحظ أن المتانة تزداد بازدياد زمن الكربنة وتتناقص الاستطالة بشكل طفيف مع ازدياد زمن الكربنة حتى أربع ساعات بعدها تتناقص بشكل كبير، وكذلك تتناقص استطالة الكسر وحد الخضوع

حد المتانة–الاستطالة–استطالة الكسر–حد الخضوع في حالة فحص مقاومة الصدم:

إن مقاومة الصدمة تتناقص قليلاً بازدياد عدد مرات التسخين وكذلك بازدياد زمن البقاء بدرجة حرارة عالية أما عند التبريد الفجائي فإن مقاومة الصدم تنخفض.

وعند إعادة التسخين (التطبيع) تزداد مقاومة الصدم بارتفاع درجة حرارة التطبيع، وفي حالة الكربنة[4] فإن مقاومة الصدم تنخفض بشكل كبير حتى أربع ساعات تبقى بعدها ثابتة.

انطلاقاً من الإجهادا ت التي تتعرض لها عناصر السلسلة يمكن اختيار المعالجة المثلي لتحقيق نجاح عمل السلسلة.

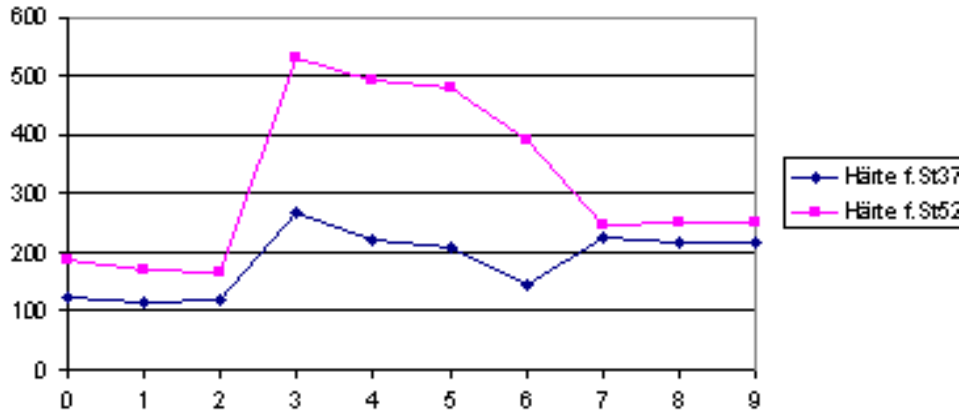
5–النتائج والمناقشة:

إن المعالجات الحرارية التي تمت وقيمت نتائجها كانت كما يلي:

- الحالة الأولى:الوضع الأصلي(0).
- الحالة الثانية:التسخين المتواتر (1).
- الحالة الثالثة: التسخين الدائم (2).
- الحالة الرابعة: التبريد المفاجئ(3).
- الحالة الخامسة:المراجعة بدرجة حرارة 180 درجة (4).
- الحالة السادسة: المراجعة بدرجة حرارة 300 درجة (5).

- الحالة السابعة:المراجعة بدرجة حرارة 450 درجة (6).
- الحالة الثامنة: الكربنة لساعة واحدة (7).
- الحالة التاسعة: الكربنة لمدة 4 ساعات (8).
- الحالة العاشرة:: الكربنة لمدة 7 ساعات (9).

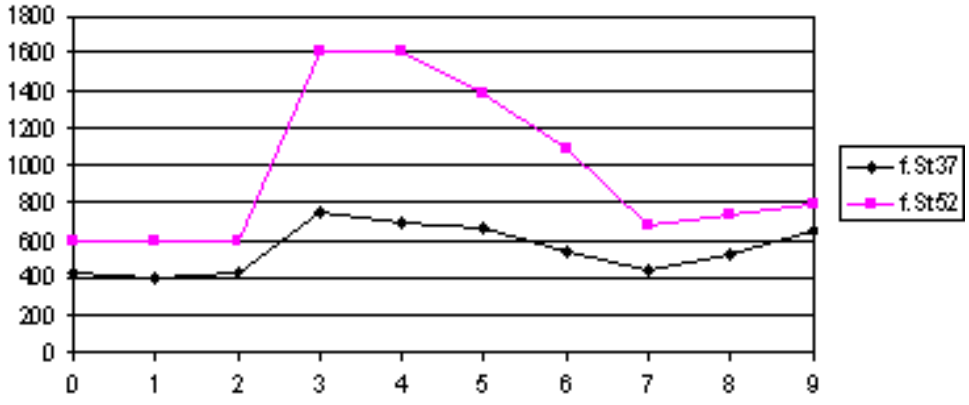
لقد أجريت القياسات لكل حالة من هذه الحالات ودونت في جداول وحصلنا على النتائج التالية بالنسبة للقساوة من المخطط البياني (4.1) نرى أن القساوة تبلغ أعظمها في الحالة رقم(3)



المخطط (4.1): القساوة في حالات المعالجة المختلفة

وبالنسبة للمتانة كانت النتيجة كما يظهر من المخطط(4.2)

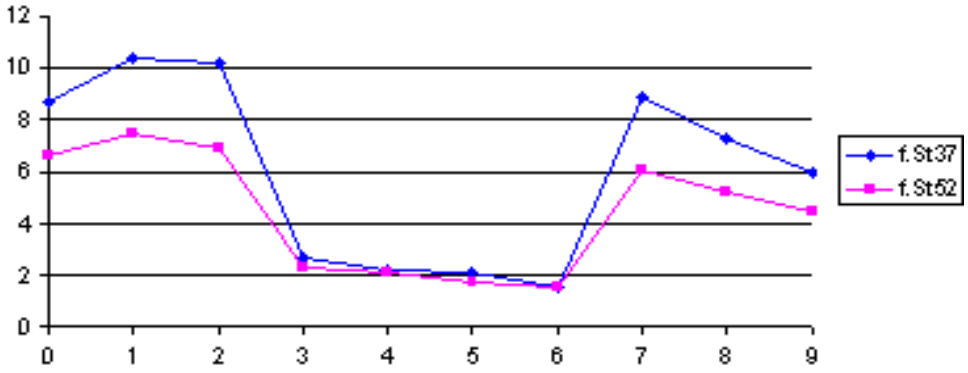
ومن هذا المخطط نجد أن المتانة في الحالة(3) تبلغ قيمتها العظمى.



المخطط (4.2): المتانة في حالات المعالجة المختلف

وبالنسبة للتمدد حصلنا على القيم التي رسم منها المخطط(4.3)

ومن هذا المخطط (نرى أنه في حالة المعالجات (3) و(4) و(5) و(6) يكون التمدد في حالته الدنيا

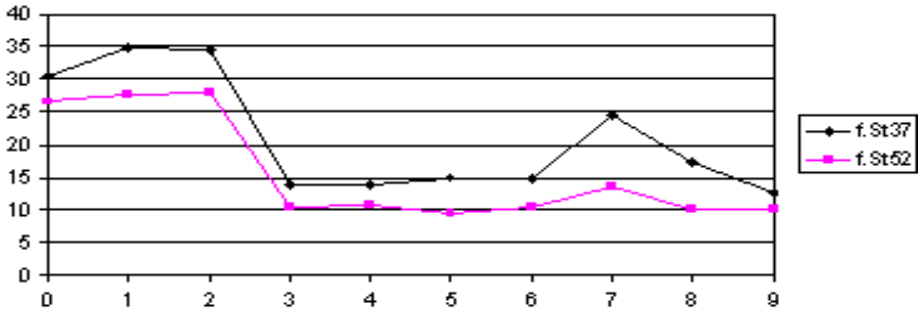


رقم حالة المعالجة

المخطط (4.3): التمدد في الحالات المختلفة.

وبالنسبة لتمدد الكسر كانت النتائج كما هي مبينة في المخطط (4.4)

من هذا المخطط نجد أن تمدد الكسر يبلغ قيمته الدنيا في الحالات (3) (4) (5)و(6)

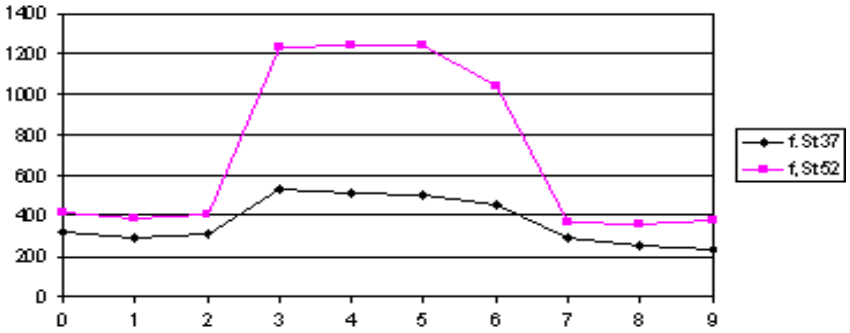


رقم حالة المعالجة

المخطط (4.4): تمدد الكسر في الحالات المختلفة.

وبالنسبة لإجهاد الخضوع فإن القياسات أعطت النتائج التالية:

المخطط رقم (4.5) يبين إجهاد الخضوع في المراحل المختلفة. ومنه يظهر أن إجهاد الخضوع يبلغ قيمته العظمى في الحالات (3) و(4) و(5).

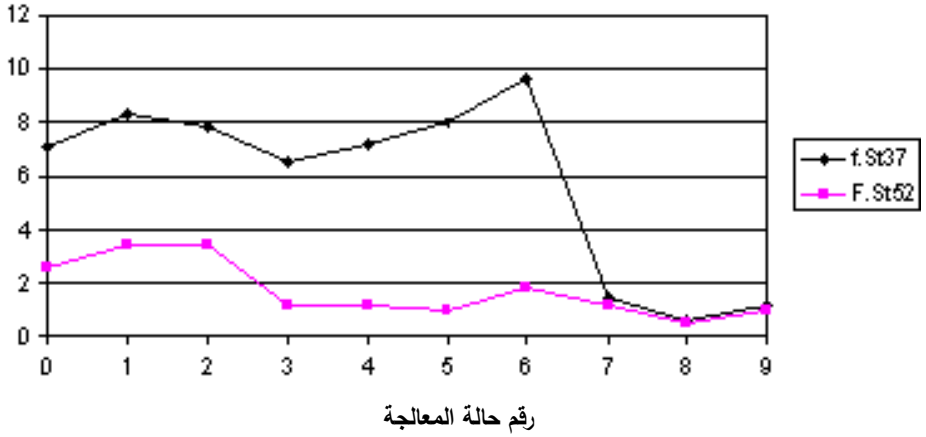


رقم حالة المعالجة

المخطط رقم(4.5): إجهاد الخضوع في المراحل المختلفة.

بالنسبة لمتانة الصدم فإن القياسات أعطت المخطط رقم(4.6)

من هذا المخطط نجد أن متانة الصدم تبلغ قيمتها العظمى في الحالة رقم (6)



المخطط (4.6):: متانة الصدم في الحالات المختلفة

6- الاستنتاجات والتوصيات:

باستعراض هذه النتائج وتطبيقها على عناصر السلسلة لكي تكون الحل الأمثل للمشاكل المذكورة سابقا والتي تتعرض لها السلسلة، يوصى معالجة عناصر السلسلة على النحو التالي:

أ- معالجة البكرات التدحرجية:

إن المدحرجات تتعرض إلى الاحتكاك والاهتراء، أي يجب أن تكون قاسية ويمكن أن تبلغ قساوتها العظمى(VH 270 فيكرز) للفولاذ(St37) و(530 HV) فيكرز للفولاذ (St 52) عند تسخينها إلى درجة حرارة 950° درجة مئوية ثم تبريدها فجائيا بالماء وإعادة التسخين إلى درجة حرارة (300°) درجة مئوية وتركها في الفرن لتبرد. إن الاستطالة واستطالة الكسر تبقى بهذه الحالة ثابتة وينخفض إجهاد الخضوع إلى حده الأدنى.

ب-معالجة الأوتاد:

إن الأوتاد معرضة إلى إجهادات قص وإلى صدمات، أي يجب أن تكون متينة ومقاومة للصدمات. إن معدن (St 37) غير ملائم أبدا وينصح باستخدام الفولاذ (St 52) بعد التسخين إلى درجة حرارة 950° درجة مئوية ثم تبريده بالماء بشكل فجائي وإعادة التسخين إلى(° 450) درجة مئوية ونبقيه بهذه الدرجة نصف ساعة يترك بعدها في الفرن ليبرد.

ج-معالجة الجلب:

إن الجلب يجب أن تكون على الوجه الداخلي قاسية لأنها تحتك بشكل متواصل مع الوتد، وبهذا يجب أن تكون قاسية بشكل كافي، وينصح باستخدام الفولاذ (St52) حيث إنه يمكن الحصول على قساة قدرها (530VH) فكرز وعند عملية التطبيع بدرجة حرارة (300°) درجة تبقى المتانة عالية (حوالي 1379 Mpa) ويبقى حد الخضوع ثابتاً وتزداد مقاومة الصدم أيضا.

ملاحظة:

إن التجارب التي أجريت اقتصرت على هذين النوعين من الفولاذ كونهما شائعي الاستعمال ورخيصين. يمكن الحصول على مواصفات أفضل فيما لو استخدمت الخلائط المعدنية. إلا أنها غالية الثمن.والجدير بالذكر أنه يفترض

أن تكون القطع المذكورة أعلاه منتجة بخلوصات وأبعاد روعي فيها التمدد بارتفاع درجة حرارتها بحيث لا يحدث أي استعصاء أثناء ارتفاع درجة الحرارة إلى الحد الأعلى.

المراجع:

1-AUTORENKOLLEKTIV. *Technologie der Waermebehandlung von Stahl*,.VEB Verlag fuer Grundstoffindustrie, Leipzig, 1979,525.

2-MACHERRAUCH. *Praktikum in Werkstoffkunde*. Friedrich Vieweg&Sohn, Brauenschweig /Wiesbaden1992,434.

3-LAEPPLE,V.,D.*Waermebehandlung des Stahls,Grundlagen,Verfahren und Werkstoffen*.Europa-Lehrmitte, 2002,360

4-LIEDTKE,D.and JOENSSON, R.*Waermebehandlung, Grundlagen und Anwendungen*, Exper-Verlag Berlin, 2002,410