------مجلة علوم الرافدين، المجلد 25، العدد 1، ص97-104، 2014------

إستخدام الماء الممغنط في تقسية الفولاذ CK45

خلدون طارق إسماعيل
المعهد التقني
الموصل

(أستلم 6 / 3 / 2013 ؛ قُبل 16 / 7 / 2013)

الملخص

أجريت في هذا البحث عملية تقسية اعتيادية لفولاذ CK45 باستخدام الماء الممغنط بوصفه وسط تقسية بدلا عن الماء الاعتيادي. عرض الماء الاعتيادي إلى مجال مغناطيسي ذي شدتين مختلفتين الأولى 1000كاوس والثانية 2000 كاوس ولفترات زمنية مختلفة تراوحت من ساعة واحدة إلى 5 ساعات بمعدل جريان 4 غالون بالدقيقة. أجريت عملية التقسية الاعتيادية للعينات. وجد بأن صلادة الفولاذ تزداد طردياً بزيادة شدة المجال المغناطيسي والفترة الزمنية إلى أن تصل أعلاها عند مجال مغناطيسي شدته 2000 كاوس ولفترة زمنية مقدارها (5) ساعة كمحدوديات عليا في بحثنا هذا.

الكلمات الدالة: الماء الممغنط، الفولاذ CK45.

Using Magnetized Water to Harden the CK45

Khaldoon T. Ismail
Technical Institute
Mosul

ABSTRACT

CK45 steel has been hardened using magnetized water as a hardening media. The water has been exposed to a magnetic field of 1000 Gauss and 2000 Gauss respectively for periods of 1 to 5 hours, with flow rate 4 gal/min. The method ordinary hardening has been used in this research.

It was found that the hardness increased directly with increasing the magnetic field and the exposure time and it reaches its maximum value at magnetic field intensity of 2000G and exposure time of 5 h. as maximum limits in this research.

Keywords: magnetized water, CK45 Steel.

المقدمة

تحتاج معظم المعادن إلى تقسية قبل دخولها مجال الاستفادة منها، والغرض من ذلك هو تحسين الخواص الميكانيكية لهذه المعادن. ويمكن تحديد أنواع هذه التقسية بصورة موجزة فهي تصنف إلى الأنـواع الآتيـة (Branfitt and Arlon, 2002):

1. التقسية الاعتيادية (Ordinary Hardening) أو التقسية في وسط واحد. وهي ابسط أنواع التقسية وتستخدم بشكل واسع عمليا. وفيها يتم تسخين المادة إلى درجة حرارة التقسية (Hardening temperature) ومن ثم تغطس المادة في محلول تبريد وتبقى فيه لحين حصول تبريد تام. وغالبا ما يستخدم الماء في عمليـة تبريد فولاذ الكاربون، بينما يستخدم الزيت لمعظم فولاذ السبائك والأجزاء الصغيرة ذات الأبعاد التي يقل قطرها عن (5) ملم.
2. التقسية المتقطعة (Interrupted Hardening) وتتم هذه التقسية في وسطين، إذ تبرد العينة أولا بالمـاء عند درجة حرارية أكثر قليلاً من درجة حرارة تكوين المارتنسايت (Martensite formation)، وكقاعدة عامة تتراوح هذه الدرجة الحرارية ما بين (300-400) درجة مئوية، ومن ثم تنقل العينة بـسرعة إلـى الزيت أو إلى الهواء أحيانا. تكون عملية التبريد في هذه الطريقة اقرب إلى طريقة التبريد الجزئي؛ ولهذا فان التقسية في هذه الطريقة تقلل من الإجهاد المتبقي (Residual Stress) للعينة بصورة كبيرة مقارنة مع طريقة التقسية الاعتيادية. تستعمل هذه الطريقة في تقسية العدد اليدوية المصنوعة مـن الفـولاذ عـالي الكاربون.
3. التقسية بالتدريج (Stepped Hardening) أو التطبيع الابتدائي للفولاذ. وفيها تسخن العينة إلـى درجـة حرارة التقسية ثم تبرد إلى درجة حرارة أكثر قليلاً من درجة حرارة تكوين المارتنسايت وتبقى عند هـذه الدرجة الحرارية لفترة قليلة ثم تبرد بالماء.
4. التقسية عند درجة حرارية ثابتة (Isothermal Hardening) وفيها تسخن العينة إلى درجة حرارة التقسية ثم تبرد بسرعة في منطقة تحويل وسطية وتبقى في هذه المنطقة لفترة زمنية كافية ثم تبرد فـي الهـواء. وتعتمد هذه الطريقة على لزوجة مائع المنطقة الوسطية.

الماء الممغنط

يعرف الماء الممغنط بصورة مبسطة بأنه الماء الممر في مجال مغناطيسي أو الماء الموضوع داخله أو بقربه مغناطيس لفترة زمنية معينة، فتعرض الماء للمجال المغناطيسي يؤدي إلى تغير الكثير من الخـواص الفيزياوية للماء كون الماء سائلاً مستقطباً (Ibrahim, 2006) و (Ichiro and Ozeki, 2006).

تعتمد عملية إكساب الماء للخواص الجديدة بعد تعرضه للمجال المغناطيسي على المتغيرات الآتية:

1. معدل جريان الماء خلال المجال المغناطيسي.
2. وجود الماء في المجال المغناطيسي.

3. شدة المجال المغناطيسي.

والماء الممغنط على ثلاثة أنواع إعتماداً على طريقة الترسيب الداخلي للماء نتيجة لتسليط مجالات مغناطيسية مختلفة؛ وعلى كمية الطاقة المكتسبة في هذا الترسيب الجديد مما يؤدي حدوث فروقات واضحة في الخواص الفيزياوية؛ لكل منها استخداماته الخاصة والأنواع الثلاثة هي (Kronenberg, 2005):

أ- ماء ممغنط شمالي القطب.

ب- ماء ممغنط جنوبي القطب.

ج- ماء ممغنط ثنائي القطب.

ويمكن الحصول على هذه الأنواع من الماء الممغنط من خلال تحديد مسار الملفات الخاصة بالمغنطة. ويعد الماء الممغنط ثنائي القطب الأكثر استخداماً نظرا لتأثيره المتعادل.

ويمكن إجمال أهم خواص الماء الممغنط بالنقاط الآتية (Pang and Deng, 2008):

1- تزداد سعة امتصاص الماء للايونات بحوالي 5-8% عند مجال مغناطيسي ذو شدة 1000كاوس، في حين تزداد السعة لتصبح النسبة بحدود 19-28% عند شدة مجال مغناطيسي 3000 كاوس.

2- تزداد التوصيلية الكهربائية (E_c).

3- انخفاض ملموس في قوة الشد السطحي.

4- انخفاض في اللزوجة.

5- زيادة نسبة الأوكسجين المذاب بنسبة 10%.

6- تغيير في سرعة التفاعلات الكيمياوية.

وفيما يلي مقارنة بين قيم الخواص الفيزياوية للماء الاعتيادي والماء الممغنط في الجدول (1) (Kronenberg, 2005).

الجدول 1: أهم خواص الماء العادي والممغنط

	الخاصية	الماء الاعتيادي	الماء الممغنط	الوحدة
1	PH	7.42	7.53	-----
2	E_C	0.82	0.85	-----
3	معامل الانكسار	1.3339	1.3340	-------
4	الشد السطحي	70.07	66.62	داين/سم
5	الكثافة	0.9979	0.9971	غم/مل
6	اللزوجة	0.714	0.688	سنتي ستوك
7	درجة التبخر	0.72	0.69	غم/ساعة

الهدف من الدراسة

مقارنة الصلادة الحاصلة للفولاذ CK45 نتيجة استخدام الماء الاعتيادي والماء المعـالج مغناطيـسيا وسطاً للتبريد.

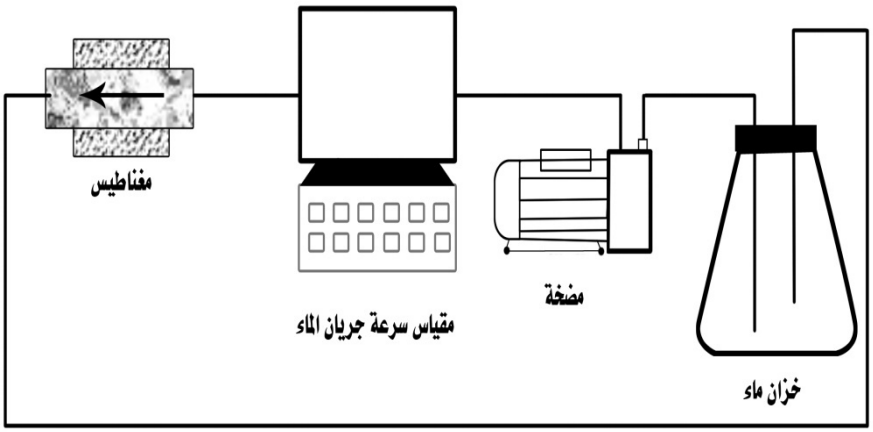
المواد وطرائق العمل

1- استخدمت (11) عينة اسطوانية مـن الفـولاذ متوسـط الكـاربون CK45DIN ذات قطـر 20 ملـم وارتفاع 30 ملم. وحدد التركيب الكيمياوي للعينات قيـد الدراسـة باسـتخدام جهـاز التحليـل الكيميـاوي BrukerS-1 TURBO^{SD} الجدول(2).

الجدول 2: النسب المئوية لمكونات العينات قيد الدراسة

رمز العنصر	Fe	Mn	Si	C	Cr	Sn	Cu	P
النسبة المئوية	98.02	0.72	0.63	0.53	0.04	0.03	0.02	0.01

2- حضر ماء ممغنط ثنائي القطب باستخدام الجهاز الموضح في (الشكل1)، وذلك بتسليط مجال مغناطيسي شدته 1000 كاوس على ماء مقطر جار بمعدل 4 غالون/دقيقة ولفترات زمنية امتدت من ساعة واحدة إلـى (5) ساعات ؛ ومن ثم زيدت شدة المجال المغناطيسي لتصبح 2000 كاوس ولنفس الفترات الزمنية وبـنفس معدل الجريان. وبذلك يصبح عدد عينات الماء المعالج مغناطيسيا عشر عينات فـضلاً عـن عينـة المـاء الاعتيادي، ليصبح عدد العينات(11).



الشكل 1 : جهاز مغنطة الماء.

3- وضعت عينات الفولاذ الـ (11) في فرن حراري ورفعت درجة الحرارة إلى درجـة حـرارة تقـسية مقدارها (870) درجة مئوية لمدة (40) دقيقة.

4- رُقمت العينات المعدنية من (1-11)، بحيث أخذت العينة المقساة بالماء الاعتيادي الرقم (11)، في حين رقمت العينات المقساة بالماء المعالج مغناطيسيا من (1-10) بحيث رقمت العينة المقساة بالماء الممغنط لمدة ساعة وبشدة مجال (1000) كاوس الرقم (1) والعينة المقساة بالماء المعالج مغناطيسيا لمدة (2) ساعة وبشدة مجال مغناطيسي (1000) كاوس الرقم (2) وهكذا لبقية للعينات إلى رقم (5). أما العينـة المقـساة بالمـاء المعالج مغناطيسيا لمدة ساعة وبشدة مجال مغناطيسي قدره (2000) كاوس فقد أخذت الـرقم (6) والعينـة المقساة بالماء المعالج مغناطيسيا لمدة (2) ساعة وبشدة مجال قدره (2000) كاوس أخذت الرقم (7)، وهكذا لبقية العينات الأخرى إلى رقم (10).

5- بعد اكتمال عملية التقسية تم تحضير العينات وبالشكل الآتي:

أ- أجريت عملية تنعيم (Grinding) للعينات بورق صقيل ذو درجة نعومة

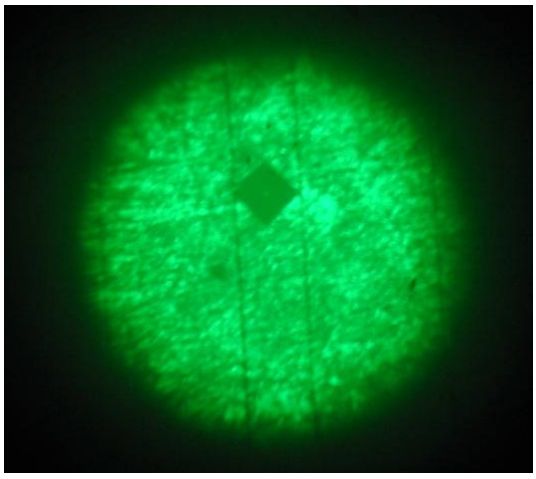
180 ← 220 ← 400 ← 600 ← 1200.

ب- صقلت (Polishing) العينات باستخدام محلول أوكسيد الألمنيـوم(Al_2O_3) فـي المـاء بنـسبة 15% وباستخدام جهاز الصقل (Universal Rotary) واستخدام ورق كتان بدرجة نعومة (1) مايكرون.

ج- أُجريت بعدها عملية الإظهار (Etching) باستخدام محلول نيتال 2%.

د- ثم فحصت العينات مجهريا باستخدام المجهر الضوئي وبقوة تكبير 200.

6- تم بعدها حساب الصلادة المجهرية (Micro-hardness) للعينات.



الشكل 2: يمثل المعين الناتج لعملية قياس الصلادة. قوة تكبير×200.

الحسابات والمناقشة

استخدم جهاز فيكر (Micro-hardness Vicker's Tester) لتحديد قطر المربع الناتج عن تسليط حمـل مقداره 1.5 كغم لمدة 15 ثانية، ثم طبقت المعادلة الآتية لإيجاد قيم الصلادة (Cain, Tubal):

$$H_v = 1.854 \frac{p}{d^2} \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

حيث تمثل H_v الصلادة، p تمثل الحمل المستخدم وهنا =1.5 كغم ، وأخيرا d تمثل معدل قطر المربع الناتج عن تأثير الحمل (بالملي متر).

والجدول (3) يوضح قيم d المستحصل عليها ولكلا المجالين المغناطيسيين المستخدمين في البحث:

الجدول 3: يوضح قيم d_1 و d_2 المقاسة

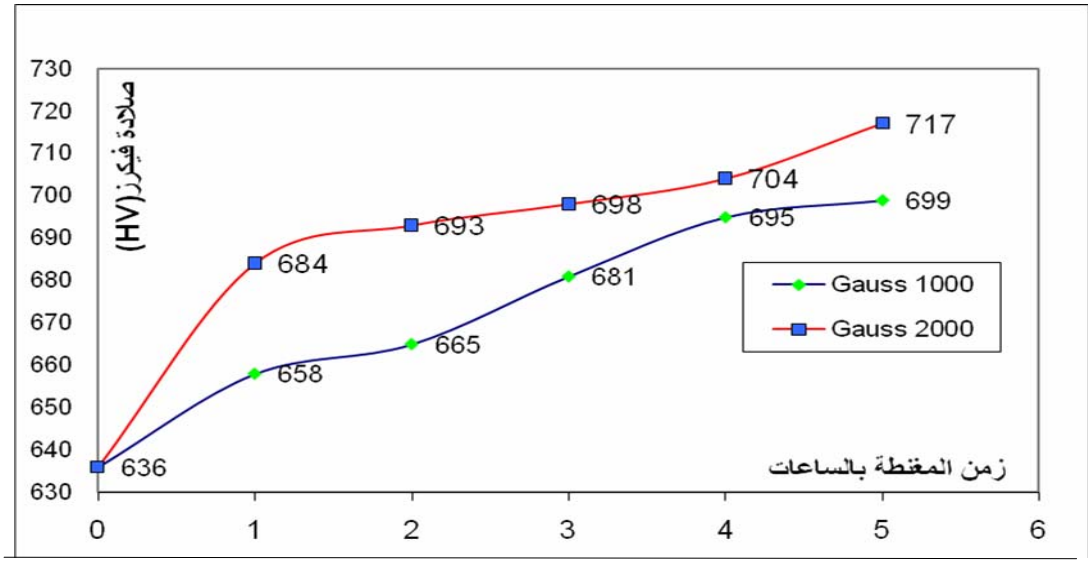
زمن المغنطة/ساعة		0	1	2	3	4	5
1000 Gauss	d_1	0.06612	0.065	0.06469	0.06393	0.06324	0.06311
	d2	0.06614	0.06501	0.06465	0.06387	0.06328	0.06305
	d average	0.06613	0.06501	0.06467	0.06390	0.06326	0.06308
2000 Gauss	d1	0.06618	0.06479	0.06339	0.06316	0.06284	0.06229
	d2	0.06614	0.06472	0.06331	0.06308	0.06286	0.06226
	d average	0.06616	0.06476	0.06335	0.06312	0.06285	0.06228

وبحساب الصلادة حسب المعادلة (1) اعلاه فان النتائج يمكن ادراجها كما في الجدول(4).

الجدول 4: يمثل القراءات الخاصة بالطريقة

المغنطة بالساعات	صلادة فيكر (H_V) لشدة مجال(1000 Gauss)	النسبة المئوية لزيادة الصلادة	صلادة فيكر (H_V) لشدة مجال(2000 Gauss)	النسبة المئوية لزيادة الصلادة
0	636	0	636	0
1	658	3.5	684	7.5
2	665	4.5	693	9
3	681	7	698	10
4	695	9.2	704	10.7
5	699	10	717	12.7

ومن رسم زمن تمغنط الماء بالساعات مقابل الصلادة لكل من الشدتين يظهر (الشكل 3).

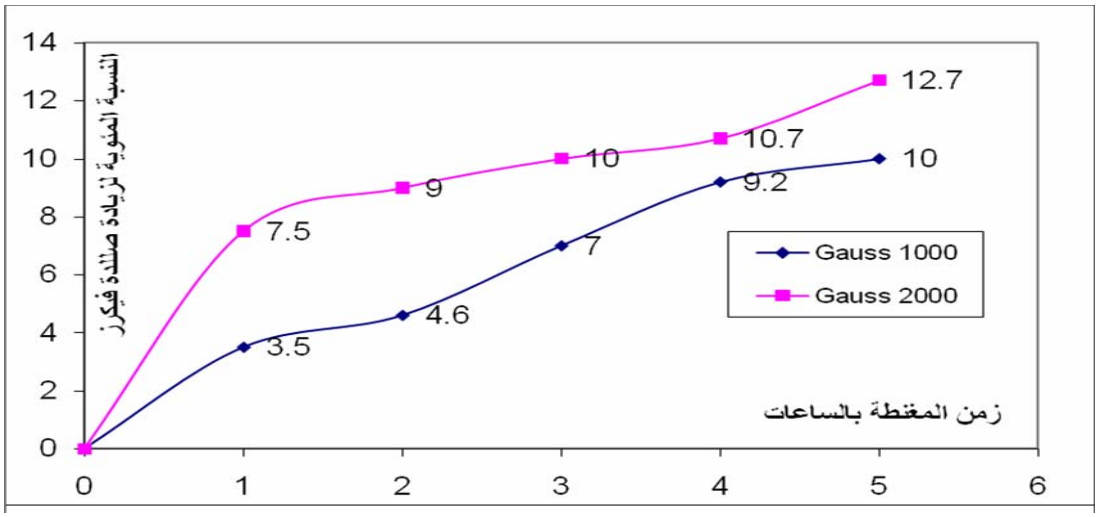


الشكل 3: العلاقة بين عدد ساعات تمغنط الماء والصلادة.

يتبين من (الشكل 3) أن الصلادة عندما زمن المغنطة صفر، أي عند استخدام الماء الأعتيـادي، هـي =636، ثم تبدأ بالازدياد بزيادة عدد ساعات المغنطة؛ أي أنها تتناسب تناسباً طردياً مع زيادة زمن تعـرض الماء للمؤثر الخارجي وهو المجال المغناطيسي المسلّط، كما تزداد الصلادة بازدياد شدة المجال المغناطيسي المسلط.

ويمكن ان تعزى الزيادة في الصلادة إلى انخفاض لزوجة وسط التقسية الأمر الذي يـؤدي إلـى زيـادة سرعة التبريد وبذلك تزداد الصلادة (Philip, 2010) و (Holysz *et al*., 2007).

ومن رسم زمن المغنطة مقابل النسبة المئوية لزيادة الصلادة يظهر (الشكل 4).



الشكل 4: النسبة المئوية للزيادة في الصلادة

يتبين من (الشكل 4) أن الصلادة تزداد بنسب جيدة نسبيا إذ تبلغ 12.7% عند استخدام شدة مجال مغناطيسي2000 كاوس؛ و10% عند شدة مجال مغناطيسي 1000كاوس عند تعرض الماء للمجال المغناطيسي لمدة (5) ساعات. وهذه تمثل أعلى زيادة في الصلادة في هذا البحث. حيث يمكن اختبار الصلادة عند زيادة شدة المجال المغناطيسي لأكثر من 2000 كاوس.

وأخيرا، يمكن القول بأن استخدام الماء المعالج مغناطيسيا في تقسية الفولاذ CK45 يؤثرفي زيادة صلادة الفولاذ بالنسب المبينة في الجدول (4) وهي نسب جيدة نسبيا.

المصادر

Branfitt, B.L.; Arlon, O. Ben, S. (2002). "Metallorgapher's Guide Practical and Procedure Irons and Steels". The ASM International, pp. 214-228.

Cain, T. (1990). "Hardening Tempering and Heat Treatment". 3rd ed., Argus Books, pp.84-90.

Holysz, L.; Szczes, A. ; Chibowski, E. (2007). Effects of static magnetic field on water and eletrolyte solutions. *J. Collid Interface Sci.* **361**, 996-1002.

Ibrahim, I.H. (2006). Biophysical Properties of Magnetized Distilled Water. *Egypt. J. Sol*., **29**(2),850-857.

Ichiro, O.; Ozeki, S. (2006). Does magnetic treatment of water change its properties. *J. Phy. Chem*. B.**110**, 1509-1512.

Kronenberg, K.J. (2005). "Magneto Hydrodynamics; The effect of Magnets on Fluids". GMX. International.1st ed. pp. 121-125.

Pang, Xiao-Feng; Deng, B. (2008). The changes of macroscopic featuresand microscopic structures of water under influence of magnetic field. *Physica.*, B**403**, 3571–3577. J. homepage**: www.elsevier.com/locate/physb**

Philip, A.S. (2010). "Fundamentals of Corrosion Mechanisms, Causes, and Preventative Methods". CRC Press, pp. 85-86.