دراسة بعض الخواص الميكانيكية لحديد تسليح المصانع الليبية الخاصة ومطابقتها للمواصفة القياسية الليبية

"دراسة مقارنة لحديد تسليح مصنع سيدي السائح ومصنع زليتن"

د.محمد الرويمي د.معمر حميد د.فرج الضبيع م. عبدالرزاق الصغير
قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية– كلية الهندسة– الخمس– جامعة المرقب
E-mail: mselrawemi@elmergib.edu.ly

الملخص
يعد الحديد أحد الفلزات القوية وأكثرها أهمية للأغراض الهندسية وأبرزها قضبان التسليح المستخدمة في أعمال البناء. ونظراً للتنافس المستمر في السوق الليبي بين القطاعات العامة والخاصة، أُنشئت حديثاً بعض المصانع الخاصة لتصنيع حديد التسليح ومنها على سبيل المثال لا للحصر مصنع زليتن ومصنع سيدي السائح الخاصّين بتصنيع حديد التسليح. إلا أن الإختلاف في طرق التصنيع من حيث الجودة والمواصفات القياسية أصبح محل إهتمام للباحثين لما له من آثار إقتصادية على المؤسسة والمستهلك. وبالتالي يجب التأكد من ملاءمة استخدام حديد التسليح للأغراض الوظيفية التي يتم إستخدامه فيها، حيث أنه هناك عوامل هامـــة مثل مقاومة الشـد، مقدار الإستطالة والصلادة وكذلك نسب بعض العناصر مثل الكربـــون والكبريت والفسفور تلعب دوراً هاماً في تحديد كفاءة حديد التسليح.

تهدف هذه الدراســـة إلى إجراء مقارنة عملية لبعض الخـــواص الميكانيكيـــة وكذلك التحليـــل الكيميائي لعينات حديد التسليح (قطر 12 mm) المصـــنّعة من قبل المصنعين المذكورين سلفاً ومطابقتها للمواصفة القياسية الليبية. أظهرت نتائج الدراسة أن إجهاد الخضوع وأقصى إجهاد شد لكل من حديد مصنع سيدي السائح ومصنع زليتن، يندرجان تحت الصنف (ص30) في المواصفة القياسية الليبية وهو حديد متوسط المقاومة، وكما

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

أوضحت النتائج انخفاض كل من الوزن والقطر لكل من النوعين وكلاهما لم يكن ضمن نطاق المواصفة. إلا أن الصلادة أظهرت أن حديد مصنع سيدي السائح أعلى صلادة لاحتوائه على نسبة أعلى من الكربون وهذا ما أثبتته نتائج التحليل الكيميائي.

الكلمات الدالة: حديد التسليح، الخواص الميكانيكية، العناصر الكيميائية، الصلادة.

Abstract:
Iron is one of the most important metals used in engineering, most notably in reinforcing bars for construction work. Due to the continuous competition between the government and private sectors in the Libyan market, some factories have been established to manufacture reinforcing steel. One of these factories are Zliten and Sidi Saih. The difference between the manufacturing methods where quality and specifications are concerned has become an issue for researchers because of the economic effects on the factory and the consumer. Therefore, it is essential to ensure that rebar is functionally suitable. Many important factors, including tensile strength, elongation, hardness, and the ratios of some elements such as carbon, sulfur and phosphorus, play a vital role in determining the efficiency of reinforcing bars. The main aim of this study is to conduct a practical comparison of some mechanical properties and the chemical analysis of reinforcing bar samples (diameter 12 mm) that the aforementioned manufacturers produced and that conformed to the Libyan standard. The results of the study indicated that the yield stress and the maximum stress of the Sidi Saih and Zliten factories' steel fell under category (30) in the Libyan standard specifications. These are intermediate tensile forms of steel, and the results revealed that the weights and diameters of the two types fell outside the standard. On the other hand, the hardness test indicates that Sidi Saih factory steel is harder, because it contained a higher percentage of carbon. The chemical analysis confirmed this result.

Keywords: reinforcement steel, mechanical properties, chemical components, hardness.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

1. المقدمة

يُعَد حديد التسليح من السبائك الحديدية المنخفضة الكربون [2,1] ومن أهم المواد الداخلة في عمليات البناء، حيث يوجد في ليبيا العديد من المصانع الخاصة بصناعة حديد التسليح مما أدى إلى تنوع حديد التسليح في السوق الليبي واختلاف خواصه. فالخرسانة والتي تعتبر أساس البناء هي مادة قوية جداً في مقاومة الضغط ولكنها ضعيفة جداً في مقاومة الشد [3]، ولذا يتم اضافة حديد التسليح لزيادة مقاومة الشد للخرسانةلهذا السبب وجب الحرص على أن يكون حديد التسليح الموجود بالسوق الليبي المحلي ملبياً لمتطلبات المواصفات القياسية الليبية رغم تعدد مصادره وإختلاف مصانعه. أُجريت دراسة سابقة على أنواع أخرى من حديد التسليح ومدى مطابقتها للمواصفة القياسية الأمريكية ASTM [4]، إلا أن هذه الدراسة تهدف إلى معرفة مدى تطابق بعض خواص حديد التسليح الموجودة بالسوق المحلي مع المواصفات القياسية الليبية. وفقاً للمواصفات الليبية القياسية (م ق ل 2013:75) [5]. يوضح الجدول (1) النسب الكيميائية المسموح بها في حديد التسليح الليبي، كما يوضح الجدول (2) الخواص الميكانيكية المسموح بها.

الجدول (1). يوضح الحد الأقصى لنسب العناصر الموجودة في الصلب [5]

النوع	الرمز	القطر (mm)	الكربون %	السيلكون %	المنجنيز %	الكبريت %	الفوسفور %
الصلب الطري الأملس ذو نتوءات	ص25	10 – 6	0.25	0.30	0.90	0.05	0.05
صلب متوسط المقاومة ذو نتوءات	ص 30	40 – 6	0.35	0.30	0.90	0.05	0.05
صلب عالي المقاومة ذو نتوءات	ص 40	8 – 6	0.35	0.40	1.50	0.05	0.05
صلب عالي							

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

المقاومة ذو نتوءات	ص 42	6 – 40	0.44	0.40	1.50	0.05	0.05
*الصلب منخفض السبائك عالي المقاومة (قابل للحام)	ص 50	6 – 40	0.24	0.60	1.60	0.05	0.05

*بالإضافة إلى العناصر المبينة بالجدول تضاف عناصر أخرى مثل : الكروم، الموليبدينوم، النيكل، والتيتانيوم للصلب المصهور حسب اختيار المصنع لتحقيق الخواص الكيميائية المطلوبة [5].

الجدول (2). يوضح الخواص الميكانيكية لأسياخ الصلب [5]

النوع	الرمز	القطرmm	إجهاد الخضوع N/mm^2 (كحد أدنى)	مقاومة الشد N/mm^2 (كحد أدنى)
الصلب الطري الأملس ذو نتوءات	ص 25	6 - 10	250	390
صلب متوسط المقاومة ذو نتوءات	ص 30	6 - 40	300	420
صلب عالي المقاومة ذو نتوءات	ص 40	6 - 8	400	620
صلب عالي المقاومة ذو نتوءات	ص 42	10 - 40	420	620
صلب منخفض السبائك وعالي المقاومة (قابل للحام)	ص 50	6 - 40	500	550

2. الدراسة التجريبية

تم استخدام القطر الأسمي المتعارف عليه لأسياخ حديد التسليح بشكلها الطبيعي وهو 12 mm، على الرغم من أن القطر الفعلي وجد أقل من ذلك، حيث تم قياس القطر الفعلي "بدون نتوءات" لأسياخ التسليح قيد الدراسة بواسطة قدمة ذات ورنية دقة قياسها 0.02 mm لعدد ثلاث عينات من كل نوع من أنواع حديد التسليح ومن دفعات مختلفة Different Batches لتحديد نسب التجاوز في الأقطار، كما تم حساب وزن المتر الطولي لعينات حديد التسليح لمطابقتها لاحقاً بالمواصفة القياسية الليبية والمحددة بـ 0.888 kg/m يزيد أو يقل بمقدار (5%) كما ذكر في المواصفة [5].

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

1.2 التحليل الطيفي

تم إجراء هذا الاختبار بجهاز يعرف بجهاز التحليل الطيفي (ARL™ 7200 OPTICAL EMISSION SPECTROMETER–OES)، حيث تم أولاً تسخين العينات (عينة عشوائية من كل نوع) بطول حوالي 40 mm في الفرن الحراري لمدة تتراوح من (30–40) دقيقة وبدرجة حرارة تتراوح بين (700 °C– 600Cº)هذه العملية يراد بها الحصول على مقطع مساحي مناسب أثناء ضغطها باستخدام آلة الضغط وذلك عند تجهيزها لإختبار التحليل الكيميائي. بعد إخراج العينات من الفرن تم وضعهما في جهاز حمل (ضغط) وطبق عليهما حمل وصل إلى 40 طن لنحصل على الشكل المطلوب والموضح بالشكل (1). وللحصول على نتائج دقيقة تم صنفرة العينات للتخلص من الشوائب الموجودة على السطح، ثم وضعت العينات بعد تجهيزها في جهاز التحليل الطيفي.

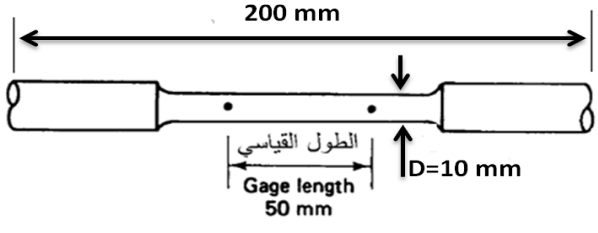
شكل (1). يوضح العينات قبل وبعد إجراء اختبار الضغط

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

2.2 إختبار الشد

تم اختبار 6 عينات (3 عينات من كل نوع) لأسياخ الحديد بقطر 12 mm ومن دفعات مختلفة للحصول على قراءات دقيقة. تم اجراء اختبار الشد على عينات اخذت من الحديد بشكله الأصلي كما هو منتج في المصنع وذلك باستخدام آلة الشد، حيث تم تطبيق حمل الشد على جميع العينات الى حين وصولها الى نقطة الكسر. تم تسجيل قيم إجهاد الخضوع وأقصى إجهاد شد. كما تم أيضاً إختبار 6 عينات (3 من كل نوع) ومن دفعات مختلفة لأسياخ بقطر 12 mm ولكن تم خرط مقطعها الدائري كما هو موضح بالشكل (2) إلى قطر 10 mm وذلك لتوحيد الأقطار وفقاً للمواصفة القياسية الليبية [5] كما هو موضح بالشكل (3).

الشكل (2). يوضح عينات حديد التسليح بشكلها القياسي



شكل (3). يوضح عينة قياسية لاختبار الشد

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

3.2 اختبار الصلادة

تم اختبار 6 عينات (3 من كل نوع) بطول حوالي 50 mm لأسياخ الحديد بقطر 12 mm، وبتمييز العينات عن بعضها لكل من عينة حديد التسليح لمصنع سيدي السائح ومصنع زليتن الخاص باستخدام إختبار روكويل Rockwell Hardness (Testing Machines–Model HR) كما هو موضح بالشكل (4). وعند تطبيق حمل 100 Kg كما هو موضح بالجدول إستناداً إلى المواصفة القياسية لجهاز روكويل والذي يحمل رأس كرة حديدية بقطر 1.588 mm. تم أخذ القراءة من الجهاز لكل عينة لمصنع سيدي السائح ومصنع زليتن الخاص أي (6) عينات مختبرة وكذلك تسجيل قيم الصلادة للعينات المختبرة.

شكل (4). يوضح وضع العينة في جهاز روكويل وتطبيق الحمل عليها

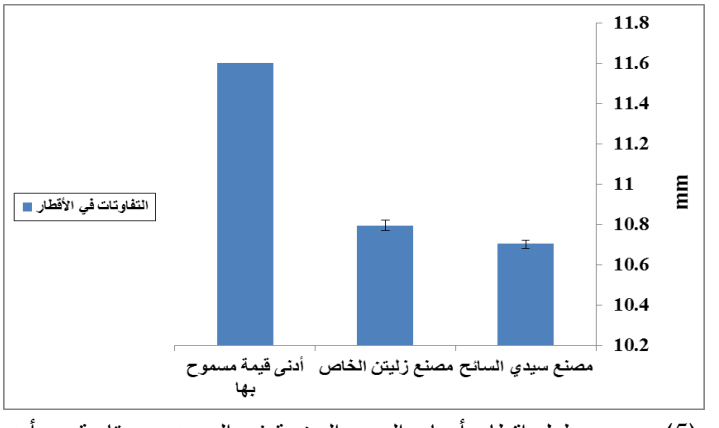
Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

3. النتائج والمناقشة

تم تحليل النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام برنامج أشرطة الخطأ (Error bars)، وذلك لتحديد نسبة الخطأ في القراءات التي تم تسجيلها وتحديد التفاوتات في القيم المتحصل عليها ومطابقتها للمواصفة الليبية القياسية لحديد التسليح الليبي.

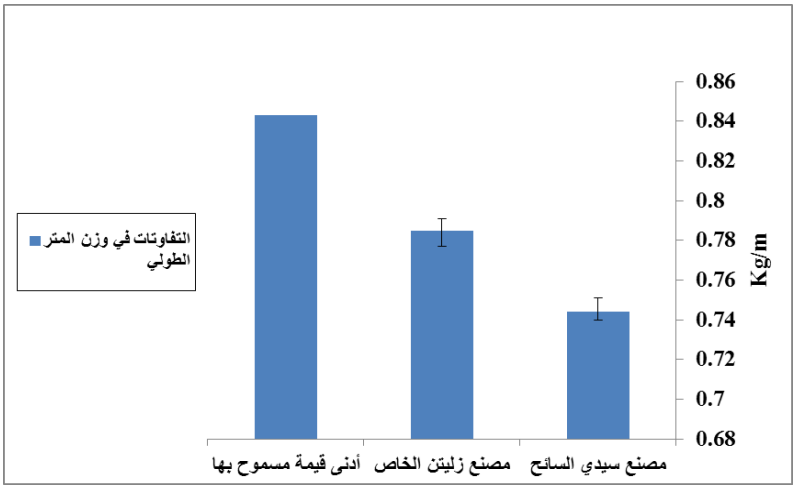
1.3 التفاوتات في أقطار أسياخ الحديد

لوحظ من خلال نتائج قياس أقطار الأسياخ الفعلية (دون نتوءات) أن قطر حديد تسليح مصنع زليتن الخاص أكبر من قطر حديد تسليح مصنع سيدي السائح كما هو موضح بالشكل (5)، وكلاهما لم يكن ضمن نطاق المواصفة والمحددة بـ (القطر الاسمي mm 0.5±). ويلاحظ أن النقص في قطر السيخ المنتج في مصنع سيدي السائح ومصنع زليتن الخاص يصل إلى 11% و10% على التوالي. كما يتضح من خلال النتائج الموضحة بالشكل (6) أن وزن المتر الطولي لحديد مصنع سيدي السائح ومصنع زليتن خرجا عن نطاق المواصفة والمحددة بـ 0.888 ± 0.04 (Kg/m).



الشكل (5). يوضح طول اقطار أسياخ الحديد المنتجة في المصنعين مقارنة مع أدنى قيمة مسموح بها في المواصفة

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

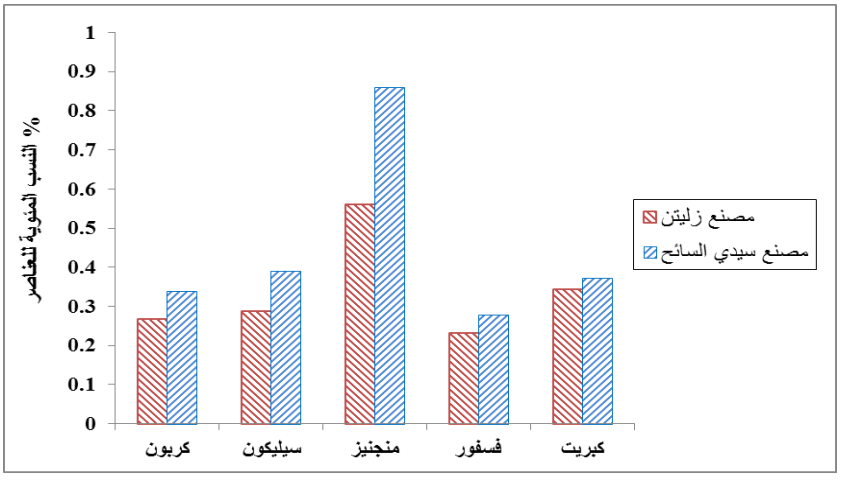


الشكل (6). يوضح وزن المتر الطولي للعينات مقارنة مع أدنى قيمة مسموح بها في المواصفة

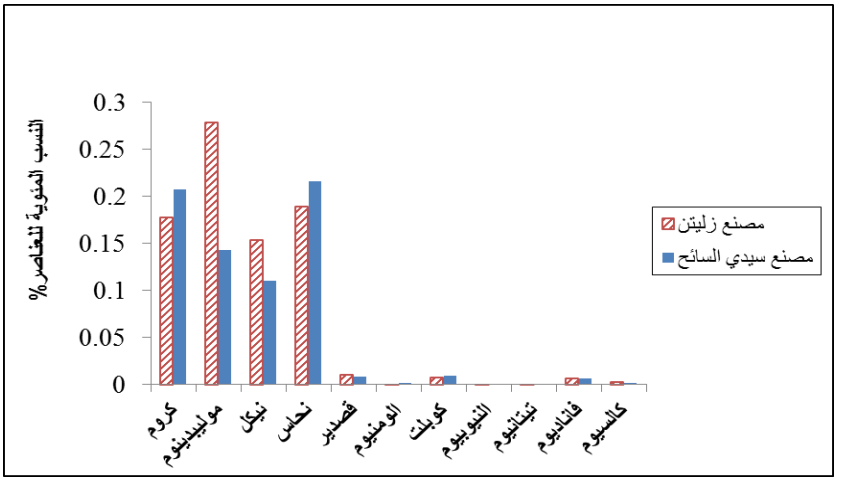
2.3 العناصر الكيميائية

يتضح من خلال النتائج الموضحة بالشكلين (7)، (8) أن النسب المئوية للعناصر الكيميائية لحديد مصنع سيدي السائح ومصنع زليتن الخاص تبين أن كلاهما يندرج داخل نطاق المواصفة (ص 30) وهي أسياخ حديد متوسط المقاومة، كما هو موضح بالجدول (1). ويمكن القول أيضاً أن حديد التسليح يعد من المعادن الحديدية المنخفضة الكربون [6]. وأيضاً نلاحظ أن النسب المئوية للعناصر الكيميائية لحديد مصنع سيدي السائح أعلى من مصنع زليتن الخاص ويعود السبب إلى نوع الخردة التي يستخدمها المصنع.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية



الشكل (7). يوضح النسب المئوية للعناصر الكيميائية الموجودة في أنواع حديد التسليح قيد الدراسة

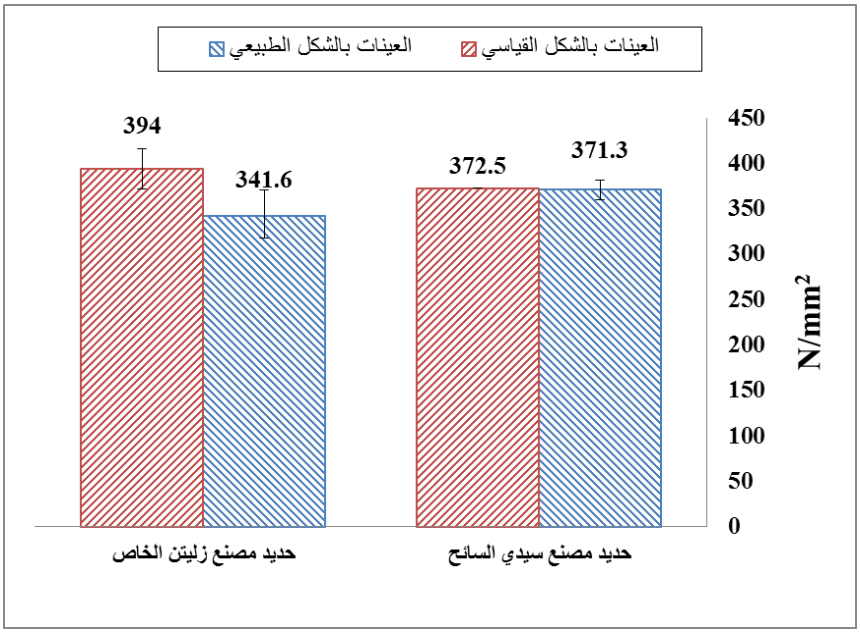


الشكل (8). يوضح باقي النسب المئوية للعناصر الكيميائية الموجودة في أنواع حديد التسليح قيد الدراسة

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

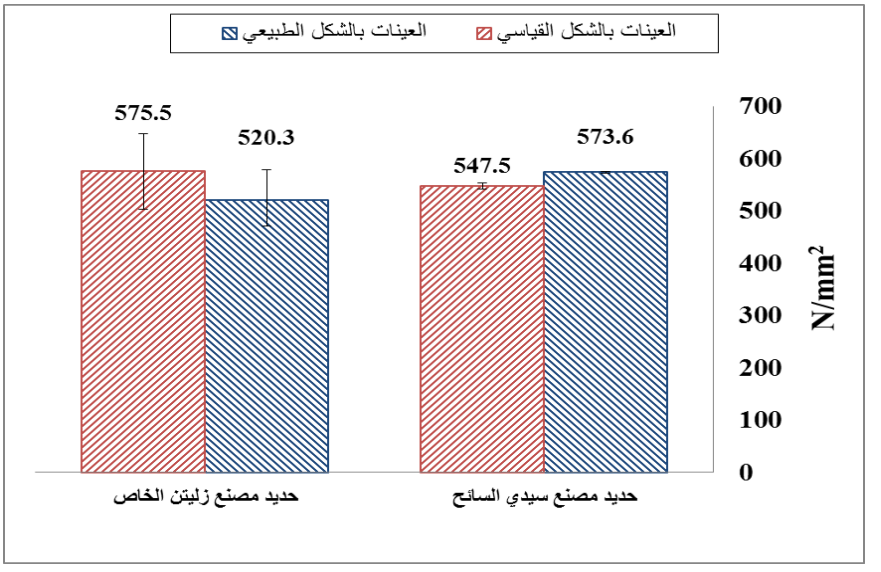
3.3 نتائج اختبار الشد

يتضح من خلال النتائج الموضحة بالشكل (9) والشكل (10) أن متوسط قيم إجهاد الخضوع وأقصى إجهاد شد لحديد تسليح مصنع سيدي السائح متقاربة سواءً بالشكل الطبيعي أو القياسي، وذلك لعدم وجود فارق كبير في قطر العينات سواءً في وضعها الطبيعي أو القياسي. حيث أن قيمة الإجهاد تعتمد على مساحة المقطع، وهو على غرار مصنع زليتن الذي في وضعه الطبيعي قطره أكبر من قطر حديد تسليح مصنع سيدي السائح في الوضع ذاته. إلا أن النتائج أوضحت بأن كلاهما داخل نطاق المواصفة تحت الصنف (ص 30) وهي أسياخ حديد متوسط المقاومة، كما هو موضح بالجدول (2).



الشكل (9). يوضح إجهاد الخضوع لعينات بالشكل القياسي والطبيعي

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

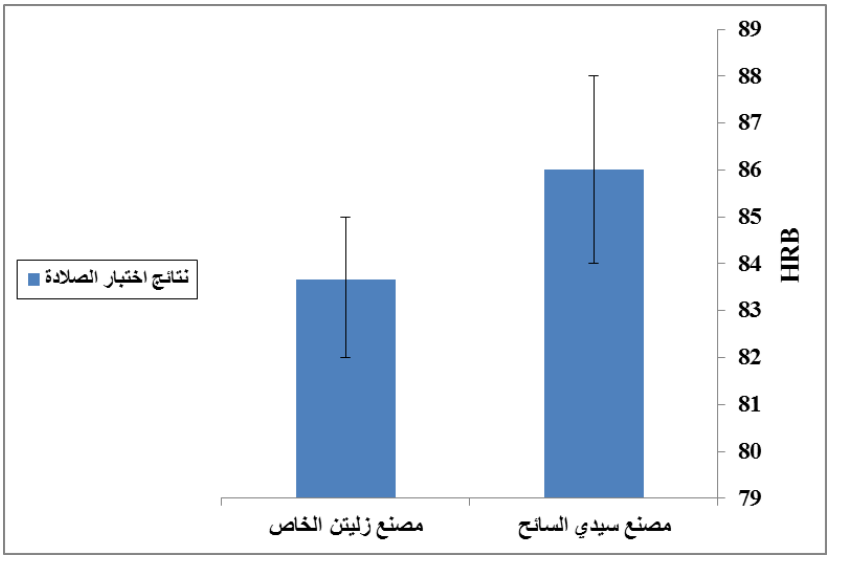


الشكل (10). يوضح أقصى إجهاد شد لعينات بالشكل القياسي والطبيعي

4.3 نتائج اختبار الصلادة

لوحظ في الشكل (11) أن متوسط صلادة حديد التسليح لمصنع سيدي السائح أكبر من متوسط صلاة حديد التسليح لمصنع زليتن، وذلك لزيادة نسبة الكربون في حديد تسليح مصنع سيدي السائح عن حديد تسليح مصنع زليتن.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية



الشكل (11). يوضح نتائج إختبار الصلادة لمصنع سيدي السائح ومصنع زليتن

4. الإستنتاجات

بناءً على النتائج المتحصل عليها في هذا البحث يمكن إستنتاج الآتـي:-

1. احتواء حديد مصنع سيدي السائح على نسبة كربون أعلى من حديد مصنع زليتن.
2. احتواء حديد مصنع سيدي السائح على نسب عالية من عناصر المنجنيز والنحاس والكروم وذلك لتأثره بنسب الخردة الموجودة به.
3. حديد مصنع سيدي السائح وحديد مصنع زليتن كلاهما يندرج تحت المواصفة (ص 30) وهي أسياخ حديد تسليح متوسط المقاومة.
4. إنخفاض أوزان وأقطار أسياخ حديد التسليح لكلا المصنعين بشكل ملحوظ.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

5. زيادة نسبة الكربون إلى حد ما يزيد من قيمة إجهاد الخضوع وأقصى مقاومة شد.

5. التوصـــــيات

1. مراقبة وضبط أقطار وأوزان حديد التسليح والتحقق منها.
2. إجراء المزيد من التجارب على أنواع أخرى من حديد التسليح الموجود بالسوق الليبي.
3. إجراء بعض الإختبارات الأخرى ومنها على سبيل المثال إختبار الثني واختبار مقاومة التآكل.
4. إجراء إختبار البنية المجهرية لعينات حديد التسليح التي تم دراستها في هذا البحث.
5. مقارنة النتائج المتحصل عليها في هذا البحث بنتائج حديد تسليح المصانع الليبية العامة (الشركة الليبية للحديد والصلب– مصراتة).

المـــــراجـع

[1]. سعيد، نجم، (2000)، *المواد الهندسية*، طرابلس، ليبيا: مكتبة طرابلس العلمية العالمية، (ط.1).

[2]. شحادة، مصطفي، وعوض، عبدالوهاب، (1987)، *خواص مواد البناء واختباراتها*، بيروت، لبنان: دار الراتب الجامعي، (ط.1).

[3]. الشافعي، شريف،(2011)، *هندسة وتكنولوجيا الخرسانة*، القاهرة، جمهورية مصر العربية: دار الكتب العلمية، (ط.1).

[4]. أحمد عجينة، محمد حدود، (2016)، *دراسة ومقارنة الخواص الميكانيكية لأنواع حديد التسليح الموجودة في السوق الليبي*: المؤتمر الأول للعلوم والتقنية، ليبيا– الزاوية.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

[5]. المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية الليبية، (2013)، *أسياخ الصلب لتسليح الخرسانة*، (ط.1).

[6]. شحادة، إبراهيم، (2005)، *خواص المواد*، القاهرة، جمهورية مصر العربية: دار الفجر للنشر والتوزيع، (ط.1).

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية