

## دراسة تأثير تغلغل لحم التقسية السطحية على القساوة السطحية لمطارق كسارة الكلينكر في معمل اسمنت طرطوس

الدكتورة ميساء شاش\*

محمد حرفوش\*\*

(تاريخ الإيداع 5 / 11 / 2015. قُبِلَ للنشر في 19 / 6 / 2016)

### □ ملخص □

يتضمن البحث دراسة تجريبية لمعرفة تأثير تغلغل مادة اللحم على قيمة القساوة السطحية في لحامات التقسية السطحية لمطارق كسارة الكلينكر، من خلال تحضير عينات من معدن المطارق X120Mn12 نفسه، تم تقسيته سطحياً باستخدام أنواع مختلفة من قضبان لحم التقسية السطحية، وتم تغيير البارامترات الخاصة باللحم كشدة التيار وجهة القطبية. تم قياس نسبة التغلغل، واختبار العينات على القساوة، ودراسة العلاقة بين التغلغل والقساوة، وأثرها على مقدار التآكل الاحتكاكي. أظهرت الدراسة بأن تخفيض تيار اللحم خفّض الدخل الحراري الذي أدى الى تخفيض نسبة تغلغل اللحم، كما لوحظ ازدياد قيم القساوة السطحية للمعدن المقسى ومقاومة التآكل الاحتكاكي مع انخفاض نسبة التغلغل، في حين أن القطبية الموجبة لتيار اللحم أدت الى زيادة نسبة التغلغل وبالتالي انخفاض قيم القساوة السطحية، لكنها أعطت لحم ذو جودة عالية من ناحية تجانس الشكل وانخفاض العيوب. كما أظهرت النتائج أن زيادة نسبة الكروم والكربون في قضيب لحم التقسية تؤثر إيجاباً على قيمة القساوة.

الكلمات المفتاحية: اللحم، التقسية السطحية، التغلغل، X120Mn12.

\* استاذ مساعد - قسم المعدات والآليات-كلية الهندسة التقنية، جامعة تشرين فرع طرطوس.

\*\* مهندس ميكانيك تصميم وإنتاج في معمل اسمنت طرطوس.

## Study The Effect of Dilution on Hardness of Hardfacing Welding on The Hummers of Clinker Hammer Crucher in Tartous Cement Plant

Dr. Mayssa Chache\*  
Mohammed Harfoush\*\*

(Received 5 / 11 / 2015. Accepted 19 / 6 / 2016)

### □ ABSTRACT □

This study includes an experimental work to determine the effect of dilution on Hardfacing welding of clinker hammer crusher. In this work, samples have been prepared from the same metal type of hammer's, of which is X120Mn12. Then the samples had been hardfaced using deferent kind of hardfacing Shielded Metal Arc Welding electrodes, and using deferent welding parameters (current, polarity), the calculation and measuring of dilution had done and then performed the hardness tests, wear tests, and their relation with dilution.

This study showed that the reduction of heat input decreases dilution as the hardness of hardfaced samples increases and wear decreases.

Direct current electrode positive (DCEP) increase dilution as the hardness of hardfaced samples decreases and wear increases, but the quality of the welding became better. Results showed that percentage of chromium and carbon in electrodes have positive effect on hardness.

**Key words:** Hardfacing, dilution, X120Mn12, welding.

\* Associate professor at Equipments and Machinery Department, Faculty of Technology Engineering, Tishreen University, Tartous.

\*\* Mechanical Engineer in Tartous Cement Company.

## مقدمة

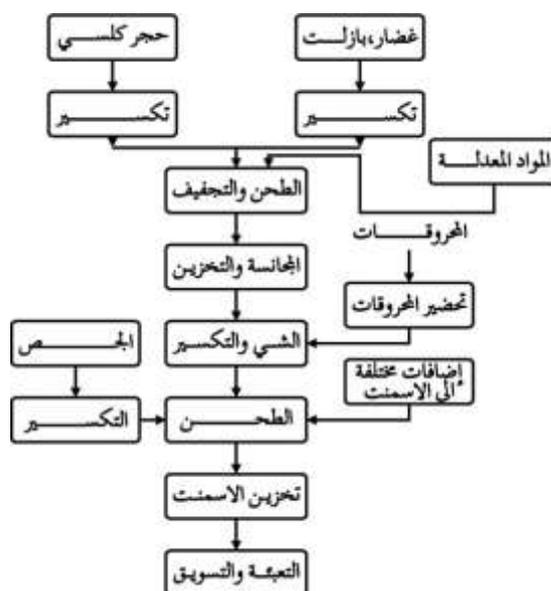
تشكل صناعة الاسمنت في سورية أهمية اقتصادية مستمرة، نظرا للحاجة الكبيرة للاسمنت المطلوب لإعادة الإعمار، الأمر الذي سيؤدي إلى زيادة الطلب على هذه المادة، بصورة تفوق القدرة الإنتاجية المحلية أضعافاً مضاعفة، وبالتالي يمكن العمل على محورين من أجل رفع إنتاجية مادة الاسمنت:

المحور الأول: إحداث معامل جديدة، وهذا يتطلب دراسات اقتصادية وتكاليف كبيرة وفترة زمنية طويلة.

المحور الثاني: صيانة المعامل الموجودة من خلال معالجة المشاكل التي تعاني منها، وخصوصاً أن هذه المشاكل لا تأتي من نقص المواد الأولية، وإنما مردّها الأساسي يعود إلى الأعطال المتكررة في الآلات العاملة وما يرافقها من توقف العملية الإنتاجية وبالتالي تناقص الإنتاج [1].

معمل الاسمنت هو خط إنتاجي متكامل، يبدأ من كسرة المواد الأولية، وينتهي بتخزين الاسمنت وتعبئته كما هو موضح في الشكل (1).

من تسلسل مراحل الخط الإنتاجي، نرى أن هناك أربع مراحل يتم فيها تكسير المواد، حيث يوجد نوعين من



الشكل (1) مخطط توضيحي لصناعة الاسمنت

الكسارات: كسارات أفقية مطرقية وكسارات مخروطية.

الكسارات الأفقية المطرقية: هي جزء رئيسي يؤثر على العملية الإنتاجية، حيث أن توقفها أو قلة كفاءتها تؤدي إلى خفض الإنتاج، وهذه الكسارات مزودة بمطارق تقوم بتكسير المواد بالصدم، وبالتالي تتعرض للتآكل نتيجة الاحتكاك بالجزيئات الناعمة بالإضافة لقوى الصدم بكتل كبيرة، لذلك فإن زيادة عمر المطارق يؤثر إيجاباً على إنتاجية الكسارة، وإن دراسة التقسية السطحية للمطارق تساعد في تحسين أداء المطارق وبالتالي استقرار العملية الإنتاجية.

## أهمية البحث وأهدافه

تأتي أهمية البحث من أهمية الكسارات في معامل الاسمنت ومدى تأثيرها في العملية الإنتاجية، فالهدف هو زيادة كفاءة مطارق كسارة الكلينكر الأفقية، وتقليل توقفات الكسارة المؤثرة سلباً على الطاقة الإنتاجية للفرن وعلى توقفه

في بعض الحالات، علماً ان كفاءة كسارة الكليكر وحجم حبيبات الكليكر تؤثر على كفاءة مطاحن الاسمنت التي تليها في العملية الإنتاجية، لذلك تم العمل على زيادة كفاءة مطارق كسارة الكليكر الافقية عن طريق التقسية السطحية باللحم للمطارق وبالتالي تقليل معدل الاهتراء وزيادة العمر الزمني التشغيلي للمطارق.

#### خصائص ومواصفات مطارق كسارة الكليكر المستخدمة في معمل اسمنت طرطوس:

يتم تركيب المطارق على محيط جسم الكسارة الافقية، ومهمتها تكسير كتل الكليكر كبيرة الحجم التي يزيد قطرها عن 3 cm، ويمكن تحديد مواصفات المطارق من خلال التركيب الكيميائي والخواص الميكانيكية. معدن المطارق هو فولاذ منغيزي اوستينيئي X120Mn12 [2] ويسمى Hadfield's Manganese steel، اجهاد الخضوع: 295 N/mm<sup>2</sup>، الاستطالة بعد الكسر: 25%، وتركيبه الكيميائي وفق الجدول (1).

جدول(1) يبين التركيب الكيميائي لمعدن المطارق

C	Si	Mn	Cr	P	S
1.10-1.30	0.30-0.50	12.0-13.0	≤ 1.5	≤ 0.1	≤ 0.04

ولهذا المعدن قابلية التصلد الانفعالي Work-hardening، وله مقاومة جيدة للصدم، ومقاومة جيدة للتآكل الاحتكاكي في حال تصلده انفعالياً. وله معامل تمدد حراري كبير وموصلية حرارية منخفضة.

#### خصائص ومواصفات قضبان لحم التقسية:

تم اختيار عدة أنواع من قضبان لحم التقسية قطر 3.2 مم وذات تراكيب كيميائية مختلفة وفق الجدول رقم (2).

جدول (2) يبين التركيب الكيميائي لقضبان لحم التقسية السطحية

الاسم وفق المواصفة الألمانية [3]	الاسم التجاري	C	Si	Mn	Cr	Mo	Nb
E 1-UM-350	UTP DUR 350	0.2	1.2	1.4	1.8		
E 6-UM-60	UTP DUR 600	0.5	2.3	0.4	9.0		
E 6-UM-60	UTP DUR 650 Kb	0.5	0.8	1.3	7.0	1.3	0.5

#### التركيب الكيميائي لمنطقة اللحم:

من أجل معرفة التركيب الكيميائي لمنطقة اللحم تم اخذ عدة قراءات بعد تجليخ لحم التقسية وصولاً الى نقطة تقع في مستوي سطح العينة قبل اللحم وكانت النتائج كما في الجدول رقم(3).

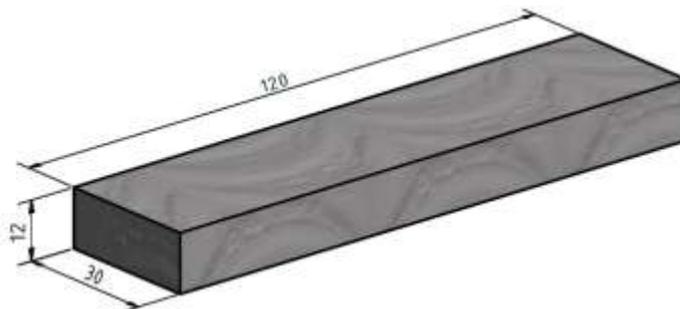
جدول(3) يبين التركيب الكيميائي لمنطقة اللحم.

التركيب	C	Si	Mn	Cr	Mo	Nb
قضبب اللحم						
DUR 350	0.6	0.8	7.2	1.6		
DUR 600	0.8	1.3	6.1	4.0		
DUR 650 Kb	0.8	0.5	7.0	3.8	0.6	0.2

يبين الجدول أن التركيب الكيميائي لمنطقة اللحم مختلف عن معدن الأساس و معدن قضبان اللحم.

**طرائق البحث ومواده:**

أجري البحث على عينات من صفائح الفولاذ المنغيزي الاوستنيتي ذات الأبعاد (120×30×12 مم) من معدن X120Mn12 كما هو مبين في الشكل (2).



**شكل (2) شكل وأبعاد عينة الاختبار**

تمت تقسية العينات تقسية سطحية باستخدام قضبان لحام مختلفة عن طريق إضافة طبقة من لحام التقسية على السطح العامل (السطح المراد تحسينه) كما هو مبين في الشكل (3). وتم تطبيق عدة قيم للتيار في المجال المسموح به لقضبان اللحام لعينات مختلفة، وتمت العملية باستخدام التيار المستمر بالقطب الموجب DCEP و التيار المستمر DCEN بالقطب السالب و باستخدام التيار المتناوب AC.



**شكل (3) لحام التقسية للعينة**

وتم اللحام بعدة قضبان E 1-UM-350 و E 6-UM-60 و \*E 6-UM-60 جدول (2).

**اختبار القساوة:**

تم تنظيف العينات المقساء بلحام التقسية السطحية من خبث اللحام وتجليخها بدرجة نعومة عالية بواسطة قرص جليخ درجة نعومته 180 حبيبة بالإنش يعطي سطح مصقول خشونته اقل من  $3 \mu\text{m}$ ، وبعد ذلك تم اختبار القساوة لكل العينات وبعده نقاط وأخذ متوسط القراءات باستخدام جهاز HARTIP 3000.

**اختبار التغلغل:**

تم اختبار التغلغل من أجل تحديد تأثير شدة التيار وقطبيته على نسبة التغلغل، وبالتالي على قيم القساوة، وذلك باستخدام قيم تيارات لحام وقطبية مختلفة لكل نوع من أنواع القضبان. حيث تم استخدام التيار المتناوب في لحام التقسية وتم تغيير قيمة شدة تيار اللحام المطبق على قضيب اللحام ضمن المجال المسموح به للقضيب، تم هذا الإجراء عند لحم العينة أفقياً وبسرعة لحام  $20 \text{ cm/min}$  [4]، ثم تم اللحام باستخدام التيار المستمر بالقطبية الموجبة لقضيب

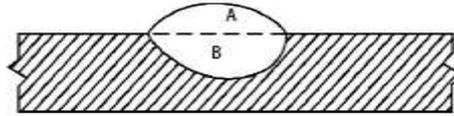
اللحم عند عدة قيم لتيارات اللحم ضمن الشروط نفسها، ثم تم اللحم باستخدام التيار المستمر بالقطبية السالبة لقضيب اللحم عند عدة قيم لتيارات اللحم ضمن الشروط نفسها.

ينتج التغلغل أثناء عملية اللحم بالقوس الكهربائي، حيث يذوب المعدن الأساس مما يؤدي الى تغيير نسبة المحتوى الخلطي في منطقة اللحم كما هو موضح في الجدول (3)، حيث يختلط كل من معدن قضيب اللحم مع المعدن الأساس كما هو موضح في الشكل (4). تحسب نسبة التغلغل من العلاقة (1) [4]:

$$\%Dilution = \frac{A}{A+B} \times 100 \quad (1)$$

حيث B: هي مساحة مقطع منطقة التغلغل.

A: مساحة مقطع القبة فوق منطقة التغلغل.



شكل (4) نسبة التغلغل

#### اختبار التآكل بالسفع بالرمل:

تم اختبار تآكل العينات المقساء باللحم من أجل تحديد مقاومة هذه العينات للتآكل الاحتكاكي، عن طريق سفعها برمل ذو مواصفات موحدة ومن نفس المصدر (رمل القريتين) ذو قساوة 7 MOH وحجم حبيبات يتراوح من 0.06-1مم، وكانت ظروف الاختبار ثابتة وموحدة وفق ضغط هواء 5 Bar ومدة تعريض زمنية 60 ثانية ومساحة سطح تعريض 15 cm<sup>2</sup> ومسافة 5 cm عن فوهة قبضة جهاز سفع الرمل وزاوية ورود 90° [5]. تم وزن العينات قبل وبعد عملية السفع بالرمل والحصول على معدل التآكل بكل cm<sup>2</sup> وفق العلاقة (2):

$$w = \frac{m_1 - m_2}{S} \quad (2)$$

حيث m: هي وزن العينة قبل التعريض للسفع(غرام).

m<sub>1</sub>: هي وزن العينة بعد التعريض للسفع (غرام).

S: هي مساحة السطح المعرض للتآكل سم<sup>2</sup>.

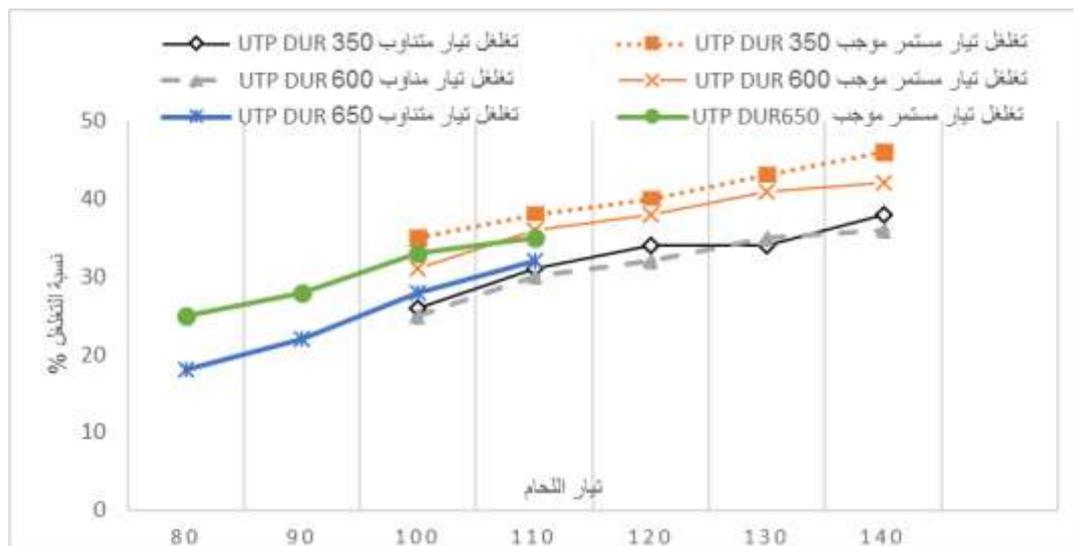
تم وزن العينات بميزان رقمي دقته 0.01 غرام، وكررت تجربة السفع ثلاث مرات مع أخذ ثلاث قراءات وحساب المتوسط للقراءات الثلاث.

#### • النتائج والمناقشة:

##### 1- نتائج اختبار التغلغل:

##### • تأثير شدة التيار على نسبة التغلغل:

تمت هذه المرحلة بتطبيق عدة قيم لتيار اللحم ضمن المجال المسموح وباستخدام القطب الموجب للتيار المستمر DCEP والتيار المتناوب AC. حيث استخدمت قيم التيار 100 – 140 A لكل من قضيب اللحم UTP DUR 350 و UTP DUR 600. في حين طبق مجال التيار 80 – 110 A على قضيب اللحم UTP DUR 650 Kb [6]. وتبين أن قيم نسب التغلغل كما هي مبينة بالشكل رقم (5)، حيث المحور الأفقي يمثل قيم شدة التيار، والمحور الشاقولي يمثل النسبة المئوية للتغلغل.



شكل (5) يبين تأثير تيار اللحام على التغلغل

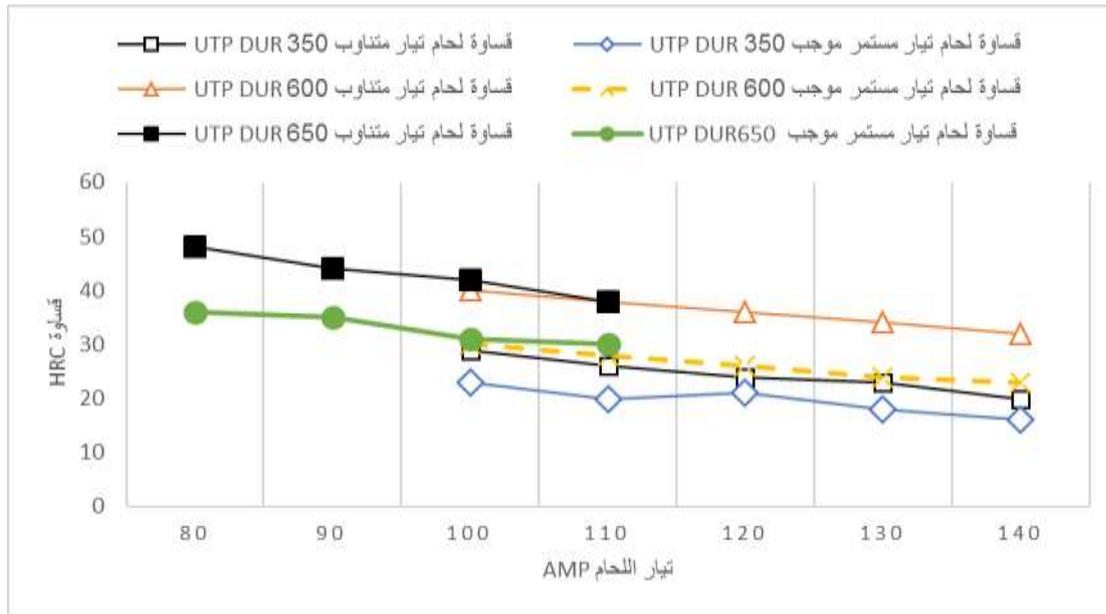
تبين من النتائج أنه كلما انخفض تيار اللحام المطبق على العينة كلما كانت نسبة التغلغل أقل. حصلنا على نسبة تغلغل لقضيب اللحام UTP DUR 650 Kb مساوية لـ 18% عند شدة تيار لحام متناوب 80 امبير، وازدادت نسبة التغلغل الى 30% عند شدة تيار متناوب 110 امبير، وعند تطبيق نفس شدة التيار لكن بقطبية موجبة DCEP كانت نسبة التغلغل 25% لقضيب اللحام نفسه، عند شدة تيار 80 امبير، و نسبة تغلغل 35% عند شدة تيار 110 امبير، نستنتج أنه عند تطبيق القطبية الموجبة DCEP تكون نسبة التغلغل أكبر مقارنة بالتيار المتناوب لنفس التيار المطبق على نفس القضيب، وهذا يعزى أنه كلما قل الدخول الحراري المطبق على العينة كلما كانت نسبة التغلغل أقل [7].

تسلك قضبان اللحام UTP DUR 350 و UTP DUR 600 نفس السلوك، فعند تطبيق تيار لحام صغير تكون نسبة التغلغل أقل، وعند القطبية الموجبة لتيار اللحام تكون نسبة التغلغل أكبر مقارنة بنفس التيار في الحالة المتناوبة.

تم استخدام القطبية السالبة DCEN لنفس قضبان اللحام فكانت النتيجة هي عدم التصاق معدن اللحام بالمعدن الأساس بشكل جيد وكانت جودة اللحام غير جيدة.

#### • تأثير شدة التيار على القساوة

تمت هذه المرحلة بتطبيق عدة قيم لتيار اللحام ضمن المجال المسموح باستخدام القطبية الموجبة DCEP والتيار المتناوب AC. حيث استخدمت قيم التيار 100 – 140 A لكل من قضيبي اللحام UTP DUR 350 و UTP DUR 600. في حين طبق مجال التيار 80 – 110 A على قضيب اللحام UTP DUR 650 Kb، وتم اختبار قساوة كل عينة من العينات وسجلت النتائج في الشكل رقم (6)، حيث المحور الأفقي يمثل قيم شدة التيار، والمحور الشاقولي يمثل القساوة السطحية مقاسة بالروكويل HRC.

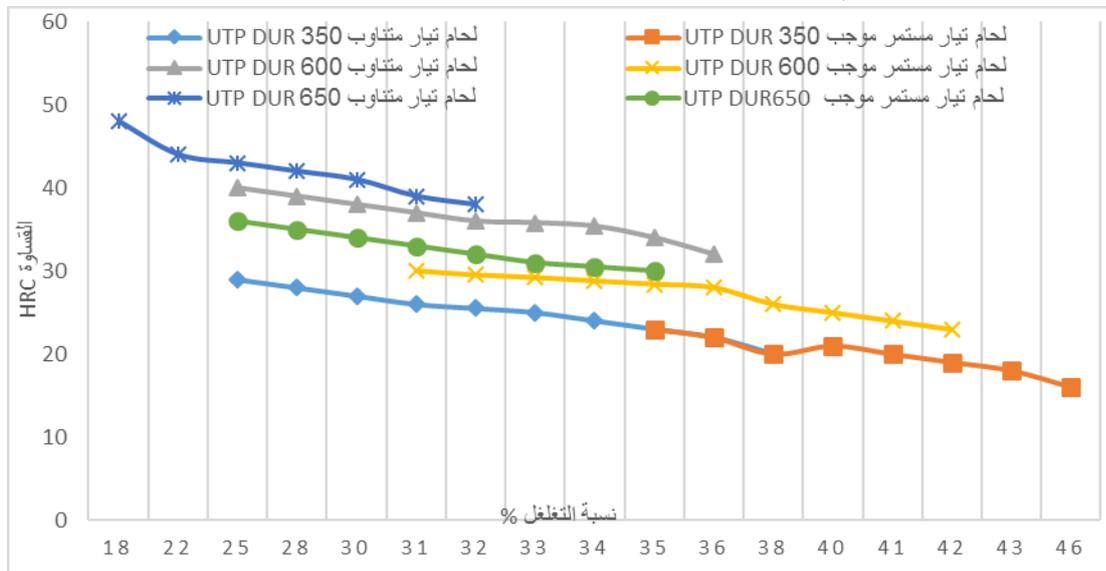


شكل (6) يبين تأثير تيار اللحام والقطبية على القساوة

تبين أنه كلما انخفض تيار اللحام كلما كانت قيمة القساوة أعلى، وذلك بسبب أن سرعة تبريد منطقة اللحام تكون أكبر، وعند تطبيق القطبية الموجبة DCEP تكون قيمة القساوة أقل مقارنة بالتيار المتناوب لنفس التيار المطبق على نفس القضيب، وذلك بسبب أن قيمة الدخل الحراري في حالة القطبية الموجبة تكون أكبر [8] وسرعة التبريد تكون أبطأ.

#### • أثر نسبة التغلغل على قيم القساوة:

من دراسة نتائج اختبار شدة التيار على التغلغل واختبار تأثير شدة التيار على القساوة والموضحين في الشكلين (5) و(6) نلاحظ العلاقة بين نسبة التغلغل والقساوة السطحية كما في الشكل رقم (7)، حيث المحور الأفقي يمثل نسبة التغلغل والمحور العمودي يمثل قيمة القساوة السطحية مقاسة بالروكويل HRC.

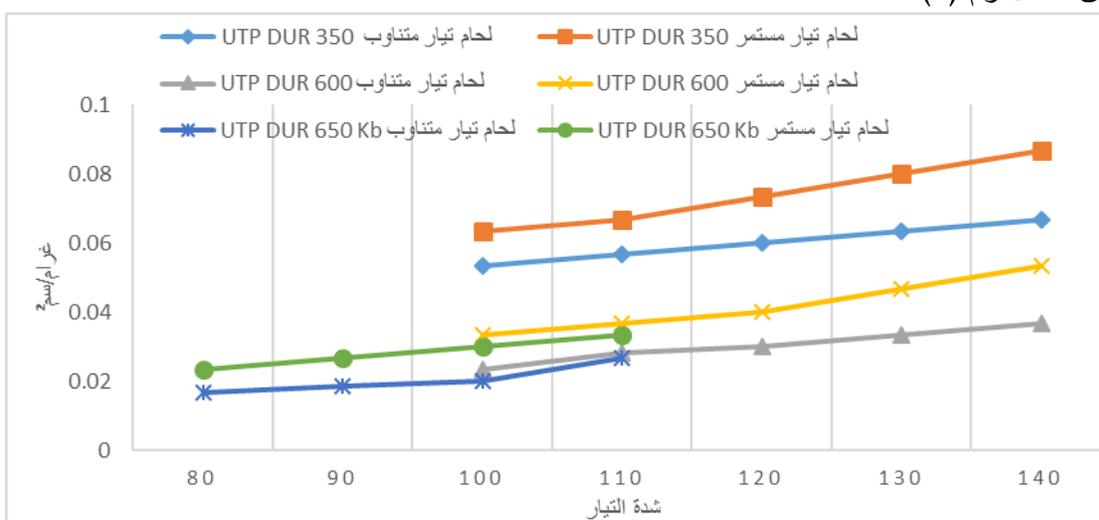


شكل (7) يبين تأثير نسبة التغلغل على القساوة السطحية

من النتائج تبين أنه كلما انخفضت نسبة التغلغل زادت المساواة السطحية للحام، وهذا ينطبق على جميع، قضبان اللحم المستخدمة. فعند نسبة تغلغل 18% لقضيب لحم UTP DUR 650 Kb تكون المساواة 48 HRC وعند نسبة تغلغل 32% تكون المساواة 39 HRC عند اللحم بالتيار المتناوب، و باقي القضبان في لحم التيار المتناوب و القطبية الموجبة سلكت نفس السلوك فعند انخفاض نسبة التغلغل تكون المساواة أكبر، وذلك بسبب أنه كلما انخفضت نسبة التغلغل كلما زاد المحتوى الخلائطي [ 9 ] و زادت نسبة كربيدات الكروم، وذلك لأن نسبة معدن قضيب اللحم القاسي في بركة الصهر تكون أكبر، وتبين أنه عند استخدام اللحم بالتيار المتناوب AC تكون قيمة المساواة أكبر مقارنة باستخدام القطبية الموجبة لقضيب اللحم DCEP وذلك لأن قيمة التغلغل أقل.

## 2- نتائج اختبار التآكل بالسفع بالرمل:

تم الاختبار بتعريض العينات للسفع بالرمل، وتم حساب الفقدان بالوزن لكل سم<sup>2</sup> من السطح المعرض فكانت النتائج وفق الشكل رقم (8).



شكل (8) تآكل العينات المقاسة المعرضة للسفع بالرمل

من النتائج تبين انخفاض نسبة التآكل للعينات الملحومة بتيار لحم منخفض، وييدي القضيب UTP DUR 600 مقاومة جيدة للتآكل الاحتكاكي، كون محتواه من الكروم والكربون مرتفع، ما يسبب تشكل كربونات الكروم [ 9 ]، والقضيب UTP DUR 650 Kb ييدي مقاومة ممتازة للتآكل الاحتكاكي بسبب تشكل كربونات الكروم والدخل الحراري المنخفض لقضيب اللحم، إذ يمكن لحامه بتيار أقل من تيار القضيبيين الآخرين وهذا خفض نسبة التغلغل لقضيب اللحم مع الحفاظ على جودة اللحم، و تبين أن القضيب UTP DUR 350 ييدي مقاومة أقل للتآكل الاحتكاكي مقارنة بالقضيبيين الآخرين، وذلك بسبب محتواه القليل من الكروم مقارنةً بباقي القضبان و مساواة معدن اللحم الأساسية له أقل.

## الاستنتاجات والتوصيات

من خلال ما تم عرضه نخلص إلى مجموعة من النتائج والتوصيات:

- 1 - كلما انخفض الدخل الحراري وتيار اللحام كلما انخفضت نسبة التغلغل.
  - 2 - القطبية الموجبة في تيار اللحام ترفع نسبة التغلغل وتخفض القساوة مع جودة لحام عالية.
  - 3 - كلما انخفض التغلغل كلما ارتفعت قيمة القساوة السطحية وزادت مقاومة التآكل الاحتكاكي.
  - 4 - زيادة نسبة الكروم والكربون في قضيب لحام التقسية تؤثر إيجاباً على قيمة القساوة.
- بناءً على النتائج السابقة يوصى بتخفيض قيمة تيار اللحام لقضيب التقسية السطحية إلى الحد الأدنى لتقليل الدخل الحراري ولزيادة القساوة السطحية وزيادة المقاومة للتآكل الاحتكاكي. ويفضل استخدام التيار المتناوب في حال وجود عامل ذو خبرة عالية؛ لأنه يقلل نسبة التغلغل ويرفع القساوة السطحية للمعدن المقسى باللحام. عدم استخدام تيار اللحام ذو القطبية السالبة في لحام التقسية السطحية لأنه اعطى لحام ذو جودة منخفضة لعدم التصاقه بالمعدن الأساس بشكل جيد ولأنه غير موصى فيه.

## المراجع:

- [1] الاسمنت في العالم -الانتاج-الاستهلاك-الاستيراد-التصدير، الاتحاد العربي للاسمنت و مواد البناء، ص3-37، تشرين الأول 1992
- [2] ASTM A0128\_A0128M-93R03 Standard Specification for Steel Castings, Austenitic Manganese.
- [3] Standards DIN 8555.
- [4] ROBERT, W; MESSLER, Jr. *PRINCIPLES OF WELDING*. Rensselaer Polytechnic Institute. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA ,2004.
- [5] Standards DIN-50324.
- [6] UTP Welding guide 2012.
- [7] ROBERT, W; MESSLER, Jr. *WELDING ENCYCLOPEDIA*. American Welding Society. Library of Congress,1997.
- [8] Chia-Ming Chang; Chi-Ming Lin; Chih-Chun Hsieh; Jie-Hao Chen; Weite Wu. *Micro-structural characteristics of Fe-40 wt%Cr-xC hardfacing alloys with [1.0-4.0 wt%] carbon content*. Elsevier B.V.2009.
- [9] Nouri,M ; Abdollah-zadeh,A ; Malek,F. *Effect of Welding Parameters on Dilution and Weld Bead Geometry in Cladding*. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran , 2007.