

البنية البلورية وآلية الربط لوصلة لحام تبريس الفولاذ / الفولاذ المقاوم للصدأ باستخدام

أسلاك لحام مختلفة

راند كاظم سالم

هندسة اللحام
الكلية التقنية – بغداد

شذى زناد درويش

قسم الميكانيك
معهد اعداد المتدربين – بغداد

فاضل عباس هاشم

قسم الهندسة الميكانيكية
كلية الهندسة – جامعة ذي قار

المستخلص

يهدف البحث الى دراسة امكانية ربط الفولاذ المقاوم للصدأ الاوستنايتي نوع AISI316L والفولاذ المنخفض الكربون A283 Grade C كل على حدة ومع بعضهما البعض بطريقة لحام التبريس (Braze Welding) باستخدام معدات القوس الكهربائي المغطى SMAW ومعدات اللحام الغازي OFM و أربع أنواع من أسلاك اللحام DIN ELCuSi3 ، DIN – SCuZn40Si ، و DIN ENi-BG11 ، لوصلات لحام ذات ربط تتاكيبي (Square-Butt Joint) وبفتحات لحام مختلفة 2 ملم ، 5 ملم و 7 ملم ، مع ثبات كل من سمك المعدن 5 ملم وتيار اللحام 100 أمبير ولفولتية 22 فولت . أجريت تحوطات مختلفة شملت البنية المجهرية والاختبارات الميكانيكية ، اختبار الشد ، واختبار الحني .

اتضح ان اسلاك اللحام المختلفة حققت ربطاً للمعادن المتشابهة وغير المتشابهة . وتبين من الفحوصات المجهرية ان الربط في لحام التبريس بالطريقة الغازية وباستخدام سلك SCuZn40Si مع فتحة لحام 5 ملم يكون مشابهاً الى لحام المونة Brazing ، حيث يظهر طور الربط عند المنطقة الفاصلة بين معدن الحشو والمعدن الاساس . اما معدات القوس الكهربائي وللأسلاك ELCuSn7 و ELCuSi3 مع فتحة لحام 5 ملم فانه يكون الربط وسطياً بين لحام المونة ولحام القوس الكهربائي . اما عند استخدام السلك ENi-BG11 لنفس الطريقة وبفتحات لحام 2 ملم ، 5 ملم ، 7 ملم ، فيكون الربط مشابهاً لما يحصل في لحام القوس الكهربائي . أظهرت نتائج الشد والحني إن اعلى مقاومة شد وحني تكون في حالة السلك ENi-BG11 للوصلات المتشابهة وغير المتشابهة .

Abstract

The aim of this work is to study the possibility of braze welding of austenitic steel AISI316L , Low carbon steel A 283 Grade C , and austenitic stainless steel to low carbon steel by using Shielded Metal Arc Welding and oxyfuel gas welding equipment .

Specimens with square-butt joint design and 2,5, and 7 mm gaps were joined using four different types of filler metal DIN SCuZn40Si , DIN ELCuSn7 , DIN ELCuSi3 , and DIN ENi-BG11. Other factors were kept constant at 100 A , 22 V , and 5 mm of metal thickness . Microstructures and mechanical tests (Tensile test and Bending text) were performed to study the properties of welding specimens . From microscopic examination , it was found that the bonding by braze using OFW with SCuZn40Si filler was similar to that of brazing process . On

the other hand the bonding result from braze using SMAW with ELCuSi3 and ELCuSn7 were intermediate between brazing and electric arc welding while the use of ENi-BG11 filler by SMAW shows a bond exactly as that of electric arc welding. Results show that maximum tensile strength and bending force can be achieved by ENi-BG11 filler .

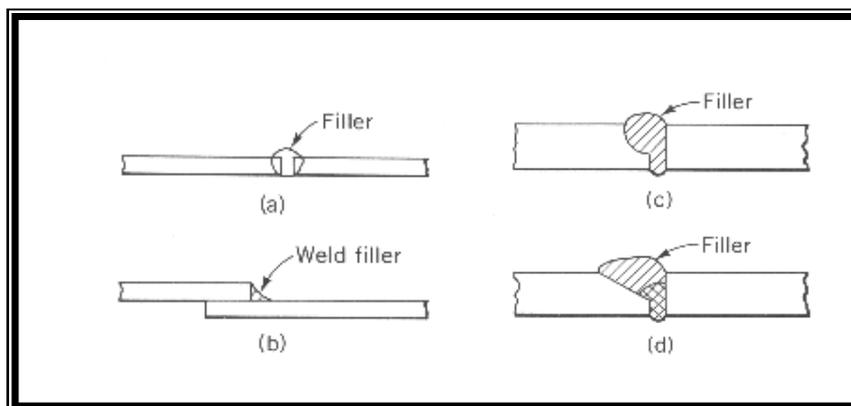
١ . المقدمة

يتم لحام التبريس (Braze Welding) باستعمال معدن حشو لا حديدي (Non-Ferrous Filler Metal) بدرجة حرارة أعلى من (450 C) وأقل من درجة انصهار المعدن الاساسي . يختلف لحام التبريس عن لحام المونة (Brazing) وذلك بأن المعدن السائل للحشو لا يتحرك بالخاصية الشعرية (Capillary Action) وانما يتم ملئ الفراغ بين حافتي وصلة اللحام . المعدن الاساس لا ينصهر وان حدث فسيكون بمقدار محدود جداً . يتم اللحام بترسيب معدن الحشو المنصهر في وصلة اللحام [1 ، 2 ، 3 ، 4] . استخدم هذا النوع من اللحام في تصليح الشقوق والاجزاء المكسورة من حديد الزهر [5 ، 6] . كذلك يمكن لحام المعادن غير المتماثلة باستخدام مواد حشو قياسية [7] تستخدم سبيكة البراص 60% نحاس و 40% خارصين كمعدن حشو ويضاف الى تلك السبيكة قليل من القصدير او السليكون او الحديد لتحسين خاصية الانسياب وتقليل تبخر الخارصين وتحسين مقاومة اللحام وصلادته . الجدول 1 يبين ذلك [8] . اما تصميم وصلة اللحام فتكون كما في الشكل 1 [9] . ويتم استخدام مساعدات الصهر المستخدمة في لحام المونة مع تنظيف وصلة اللحام قبل البدء في عملية اللحام [4 ، 5] . تستخدم شعلة اللحام الغازي (Oxyfuel Gas Torch) في لحام التبريس في الاعم الاغلب ، ويمكن استخدام مصادر أخرى للتسخين كالفوس الكربوني والمعدني وفوس التنكستن [7] .

الجدول (1) . التركيب الكيماوي لانواع معادن الحشو في لحام التبريس[8].

AWS Class-	Composition % (total other element 0.50% max)									
Ification	Cu(a)	Zn	Sn	Mn	Fe	Si	Ni(b)	P(c)	Al(c)	Pb(c)
RBCuZn-A	57-61	Rem	0.25-1.00	(d)	(d)	(d)	.....	.....	0.01	0.05
RcuZn-B	56-60	Rem	0.8-1.1	0.01-0.50	0.25-1.2	0.04-0.15	0.2-0.8	.....	0.01	0.05
RcuZn-C	56-60	Rem	0.8-1.01	0.01-0.50	0.25-1.2	0.04-0.15	.....	.....	0.01	0.05
RBCuZn-D	46-50	Rem	.....	.....	.....	0.04-0.15	9.0-11.0	0.25	0.01	0.05

(a) Including Silver. (b) Including Cobalt. (c) Maximum ; included in the 0.50% max total of other elements
(d) Included in the 0.50% max total of other elements .



الشكل (1). انواع تصاميم الربط في لحام التبريس [9].

تتم عملية اللحام بشكل أساسي عندما يحصل انصهار أولي لسلك الحشو على سطحي وصلة اللحام وتسمى بالقصدرة (Tinning) او التبليل (Wetting) الذي يساعد ويتم عملية اللحام بالترسيب (ملئ) وصلة اللحام [4] . اما تحليل ذلك فيعود الى ان سطحي وصلة اللحام تستقبل طبقة رقيقة (بضع مايكرومترات) من معدن الحشو المنصهر وبطاقة شد سطحية واطنة (Low Surface Tension) ويعتمد الربط على القوى الذرية (Atomic Forces) عند السطح البيني [4,3,1] . كذلك يحدث انتشار مكونات معدن الحشو الى داخل المعدن الاساسي وبالمقابل يحدث انتشار مكونات المعدن الاساسي الى منطقة الحشو [4,3,1] . ويدخل هذا النوع من انواع اللحام في صناعة الاثاث ، السيارات و في الصيانة للاجهزة والمعدات وخاصة المكائن الثقيلة وكذلك في بناء المتدحرجات في المحركات الكهربائية الضخمة وغير ذلك .

الهدف من هذه الدراسة لتبيان لحام التبريس لوصلات متشابهة وغير متشابهة من الفولاذ المنخفض الكربون نوع A283 Grade C والفولاذ المقاوم للصدأ الاوستنايتي AISI316L باستخدام أسلاك لحام من معادن لا حديدية وبدرجات انصهار مختلفة وهي : S-CuZn40Si ، ELCuSn7 ، ELCuSi3 و ENi-BG11 . لمعرفة التداخلات المعدنية وآلياتها اثناء عملية اللحام من خلال دراسة البنية المجهرية والخواص الميكانيكية لوصلة اللحام باستخدام معدات اللحام الغازي OFW ومعدات القوس الكهربائي المعدني المغطى SMAW .

٢. الجانب العملي

لغرض تحقيق اهداف البحث تم استخدام الاجهزة والمعدات الاتية : ماكينة لحام قوس كهربائي يدوي نوع Lincolin وأخرى نوع ESAB ، ماكينة تفريز لتهيئة العينات ، مقص هيدروليكي لتقطيع العينات ، معدات اللحام الغازي ، جهاز تحليل طيفي (Spectrometer نوع ARL) ، جهاز اختبار الشد والحني (Fritsch Gmb 600 KN) ، جهاز التنعيم والصلق نوع (Hergon MP 200) لتحضير عينات الفحص المجهرية ومجهري ضوئي مزود بجهاز حاسوب مع كاميرا رقمية نوع Nikon

تم اجراء تحليل المعادن المستخدمة في الشركة العامة للمعدات الهندسية الثقيلة وكما في الجدول 2 ، والجدول 3 [10] . اما التركيب الكيميائي للاسلاك المستخدمة في اللحام فأنها حسب المواصفة العالمية DIN1723 و DIN8573 كما في الجدول 4 [12،11] . تقطع صفائح الفولاذ المقاوم للصدأ AISI316L والفولاذ A283C بالابعاد 5 x 150 x 300 ملم لغرض اجراء الفحوصات الميكانيكية . اما العينات ذات الابعاد 5 x 50 x 50 ملم فأنها أستخدمت لغرض اجراء الفحص المجهرى . تنظف صفائح الفولاذ بواسطة القصف الرملي (Sand Blast) اما الفولاذ المقاوم للصدأ فأنه ينظف بالكحول .

الجدول (٢) . التركيب الكيميائي للفولاذ المقاوم للصدأ (AISI 316L) والفولاذ المنخفض الكربون (A283GradeC) مقارنة مع المواصفة القياسية (ASTM) و(AISI) للمعدنين [10] .

ELEMENT	LOW CARBON STEEL (A283 C)		STAINLESS STEEL (316L)	
	Nominal %	Actual %	Nominal %	Actual %
C	≤0.24	0.21	0.03	0.028
Mn	≤0.9	0.35	2.0	1.21
P	0.04	-	0.045	-
S	0.05	-	0.03	-
Si	0.4-0.5	0.11	1.00	0.24
Cr	-	<0.011	16.0-18.0	18.5
Ni	-	<0.018	10-14	10.44
Mo	-	<0.007	2-3	2.01
Cu	≤0.2	≤0.226	-	-
Nb	-	<0.004	-	0.018
Ti	-	0.003	-	0.010
Co	-	<0.004	-	0.14
Al	-	0.002	-	-
N	-	0.001	-	-
W	-	0.006	-	-
Fe	Rem	Rem	Rem	Rem

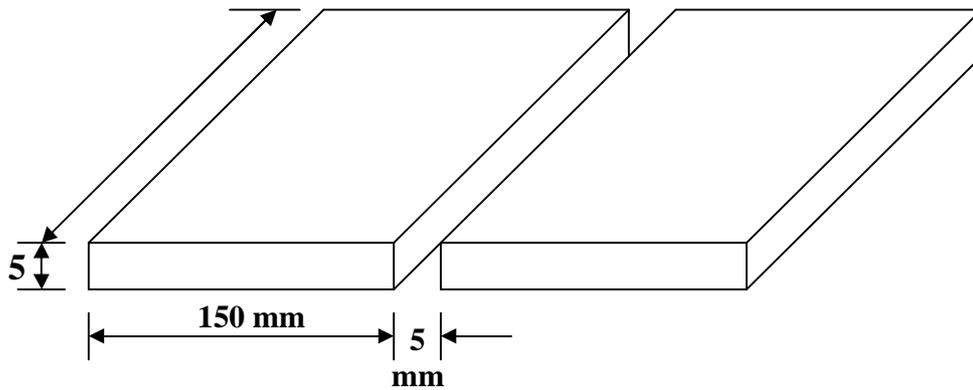
الجدول (3) . بعض الخواص الميكانيكية للفولاذ المقاوم للصدأ والفولاذ المنخفض الكربون مقارنة مع المواصفة القياسية (ASTM) و (AISI) [10] .

MECHANICAL PROPERTIES	STAINLESS STEEL (316L)		LOW CARBON STEEL (A283 C)	
	Actual	Nominal	Actual	Nominal
Tensile Strength Mpa	584	485 min	416	380- 450
Yield Strength (N/mm ²)	230	170 min	277	205 min
Elongation% (50.8mm)	46	40 min	28	25 min

الجدول (4) . التركيب الكيميائي لاسلاك اللحام (SMAW) [11] و (OFW) [12] .

ELECTRODE TYPE	Si	Mn	Cu	P	Fe	Sn	Ni	Zn	C	MELTING TEMP °C
EL-CuSi 3	3.0	1.5	96.0	0.02	-	-	-	-	-	~1065
EL-CuSn7	-	0.5	93.0	0.1	0.5	7.0	-	-	-	~1050
ENi-BG11	0.6	0.8	-	-	4.0	-	94.0	-	1.0	~1455
S-CuZn40Si	0.2- 0.4	0.5- 0.8	59- 61	-	<0.1	0.25 -0.4	-	Rem	-	890-910

يتم تهيئة القطع لعمليات اللحام المختلفة كما في الشكل 2 (Square Butt Joint) . ولغرض المحافظة على استقامة وابعاد الربط يتم تثبيت القطعتين بنقطة لحام قبل البدء بالعمل . عمليات اللحام تتم لقطع متشابهة من الفولاذ بطريقة SMAW بفتحة لحام 5 ملم باستخدام ثلاث أنواع من أسلاك اللحام ELCuSi3 , ELCiSn7 و ENi-BG11 ، قطر السلك 3.2 ملم ، فولتية اللحام 22 فولت وتيار لحام 100 أمبير بقطبية معكوسة DCRP . وقد اجريت عملية لحام غازي OFW لنفس الفولاذ ولكن بسلك SCuZn40Si وشعلة متعادلة .

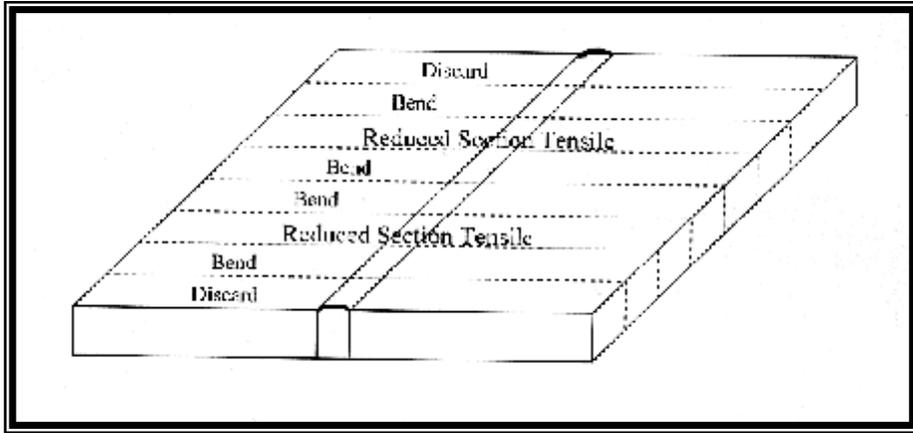


الشكل (2) . وضعية القطع في اثناء اللحام .

أجريت نفس الخطوات السابقة على قطع متشابهة من الفولاذ المقاوم للصدأ باستخدام الاسلاك الاربعة في أعلاه تم لحام قطع من الفولاذ المقاوم مع الفولاذ بنفس الاسلاك السابقة وكما موضح في الجدول 5 .
ثم يتم لحام قطع كما جاء في أعلاه ولكن بابعاد العينات الخاصة بالفحص المجهري 5 x 50 x 5 ملم وبالاسلاك الاربعة ولكن بفتحات لحام 2 ملم ، 5 ملم و 7 ملم للحصول على 36 ملحومة تمثل كل حالات البحث . تم تقطيع العينات الملحومة حسب المواصفة AWS وكما في الشكل 3 [3] .

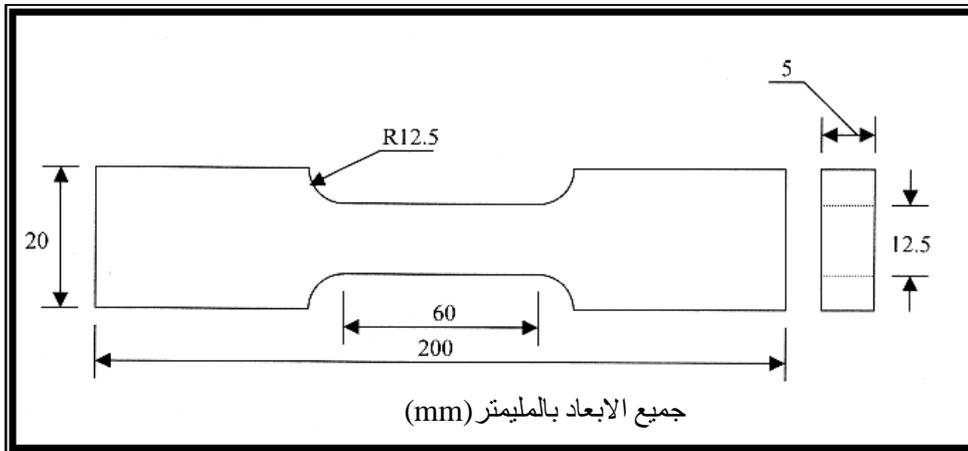
الجدول (5) . انواع اسلاك اللحام المستخدمة في لحام المعادن المختلفة بالطرائق المختلفة.

ت	المعدن الاول	المعدن الثاني	طريقة اللحام	سلك اللحام
1	C.St	C.St	SMAW	EL-CuSi3
2	C.St	C.St	SMAW	EL-CuSn7
3	C.St	C.St	SMAW	ENi-BG11
4	C.St	C.St	OFW	S-CuZn40Si
5	St.St	St.St	SMAW	EL-CuSi3
6	St.St	St.St	SMAW	EL-CuSn7
7	St.St	St.St	SMAW	ENi-BG11
8	St.St	St.St	OFW	S-CuZn40Si
9	C.St	St.St	SMAW	EL-CuSi3
10	C.St	St.St	SMAW	EL-CuSn7
11	C.St	St.St	SMAW	ENi-BG11
12	C.St	St.St	OFW	S-CuZn40Si

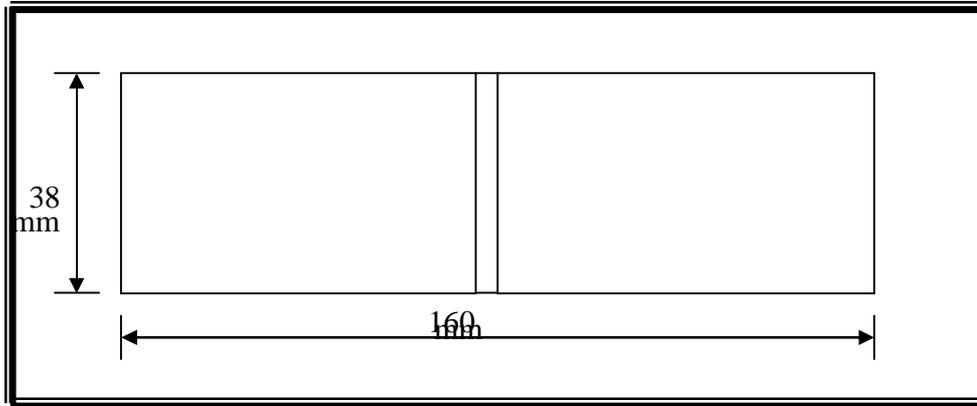


الشكل (3) . نموذج العينة التي جرى عليها الاختبار [3].

تم تحضير عينات الشد وفق المواصفة العالمية ASTM كما في الشكل 4 [11] . أما عينات الحني والتي تشغل حسب المواصفة ASTM حسب الشكل 5 [14] . ويتم اظهار عينات الفحص المجهرى (Etching) باستخدام محلول اظهار مكون من 30 (ml HCL , 10 ml FeCl₃ + 120 MI Methanol) [15] . تم استخدام مجهر ضوئي في الجامعة التكنولوجية .



الشكل (4) . أبعاد عينة فحص الشد القياسية [11].



الشكل (5) . ابعاد عينة فحص الانحناء القياسية [14].

٣ . النتائج والمناقشة

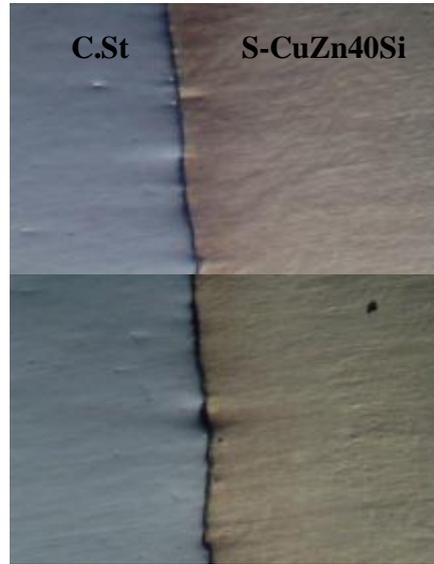
من الصفات الاساسية لهذا النوع من اللحام ان حافتي وصلة اللحام لا تتغير بشكل عام (تبقى متعامدة) . والطريقة المستخدمة بعملية اللحام هي معدات اللحام الغازي . من الصفتين في اعلاه يمكن مناقشة نتائج البحث . تأتي التطبيقات أحياناً بطرائق لحام عدة وقد تغير بأساسيات بعض الطرائق لاجاد بدائل . في حالة استخدام اللحام الغازي كطريقة للتسخين فأن حافات جانبي وصلة اللحام لم تتأثر كثيراً كما في الشكل 6 ، عند التدقيق نرى انه فقط الشكل 6-b تأثرت فيه الحافات اما الاشكال a , c , d ، فأنها لم تتأثر ، حيث في هذا الشكل المسافة بين حافتي وصلة اللحام كانت 5 ملم .

بينما الشكل 7 فأننا نجد الحافات قد تأثرت وذلك يعود الى ان المسافة بين حافتي وصلة اللحام هي 2 ملم ، وتفسير ذلك يعود الى ان اقتراب حافتي وصلة اللحام الى حدود 2 ملم يؤدي الى انصهار جانبي وصلات اللحام وتداخلها مع الحشو المستخدم . وهذا يبين لنا ان هذا اللحام بمسافة اكبر من 2 ملم تبقى حافات وصلة اللحام دون تأثير يذكر .

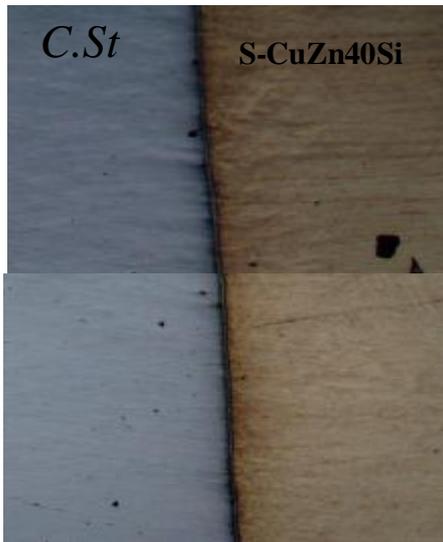
ينصح من الاشكال 8 و 9 ان استخدام معدات طريقة اللحام SMAW مع أسلاك ELCuSi3 , ELCuSn7 وبمسافة لحام 2 ملم حصول تداخل كبير بين المعدن المترسب وكتل من المعدن الاساس وعدم ظهور واضح لحافتي وصلة اللحام .



(b)



(a)

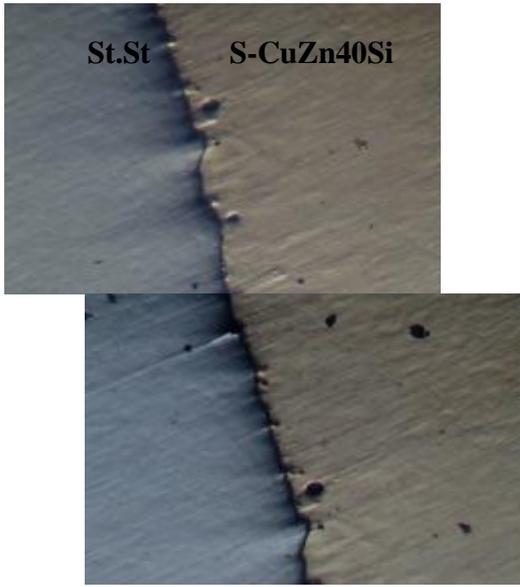


(d)

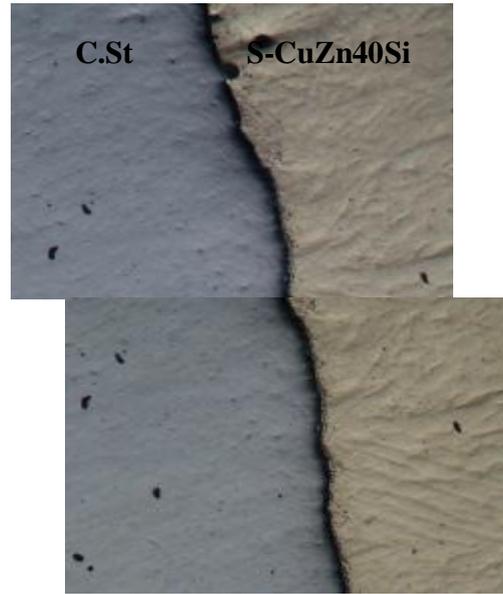


(c)

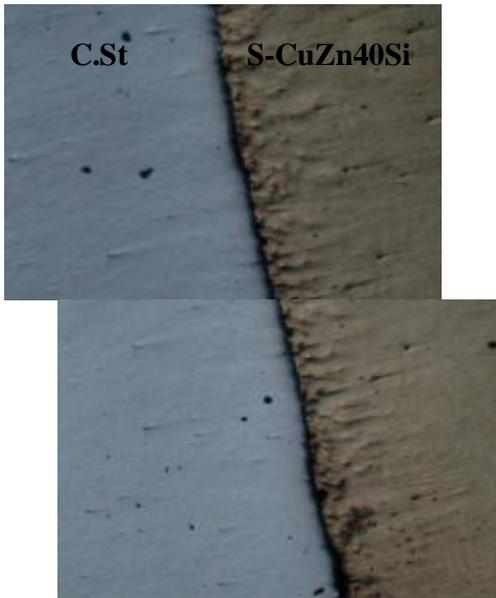
الشكل (6) . الحد الفاصل لوصلات لحام مختلفة ملحومة بطريقة (OFW) بفتحة لحام (5mm) باستخدام سلك لحام
St.St جهة (C.St-St.St)- c (St.St-St.St) -b (C.St-C.St) – a (S-CuZn40Si)
St.St جهة (C.St-St.St)-d جهة C.St التكبير X70 .



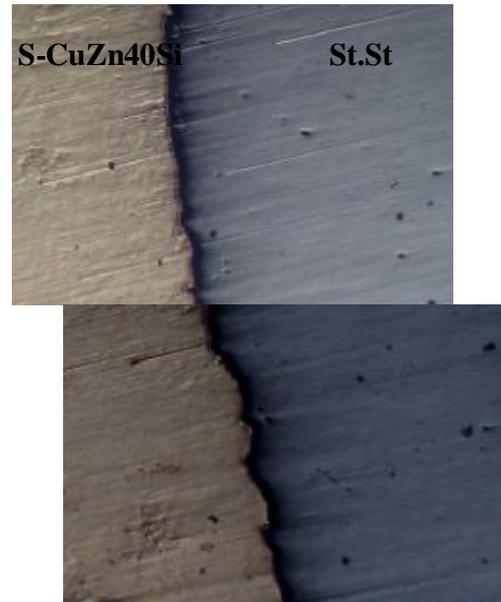
(b)



(a)

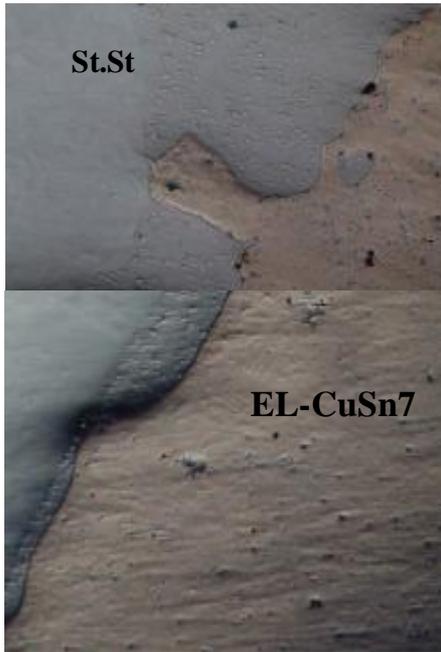


(d)

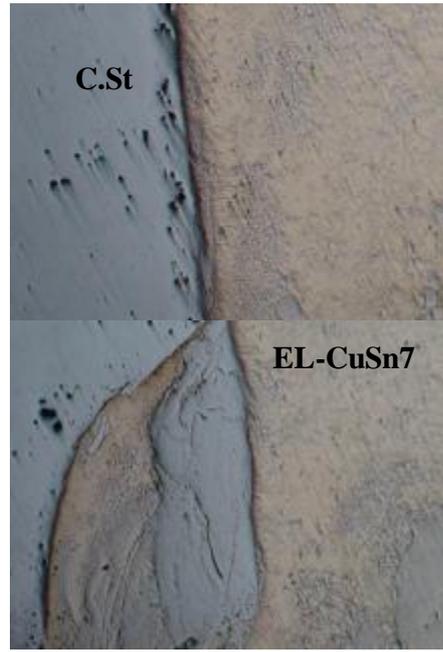


(c)

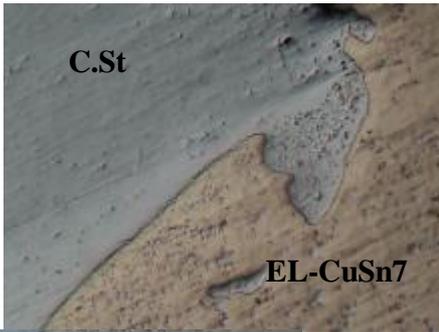
الشكل (7) . الحد الفاصل لوصلات لحام مختلفة ملحومة بطريقة (OFW) بفتحة لحام (2mm) باستخدام سلك لحام-S (C.St-St.St)-d St.St جهة (C.St-St.St)-c (St.St-St.St)-b (C.St-C.St)-a CuZn40Si) جهة C.St التكبير X70 .



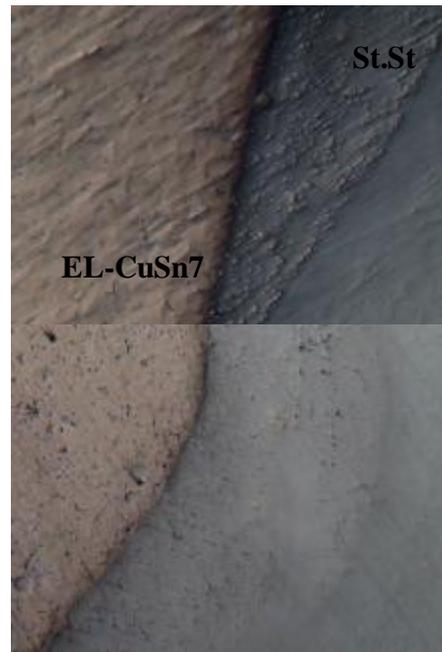
(b)



(a)

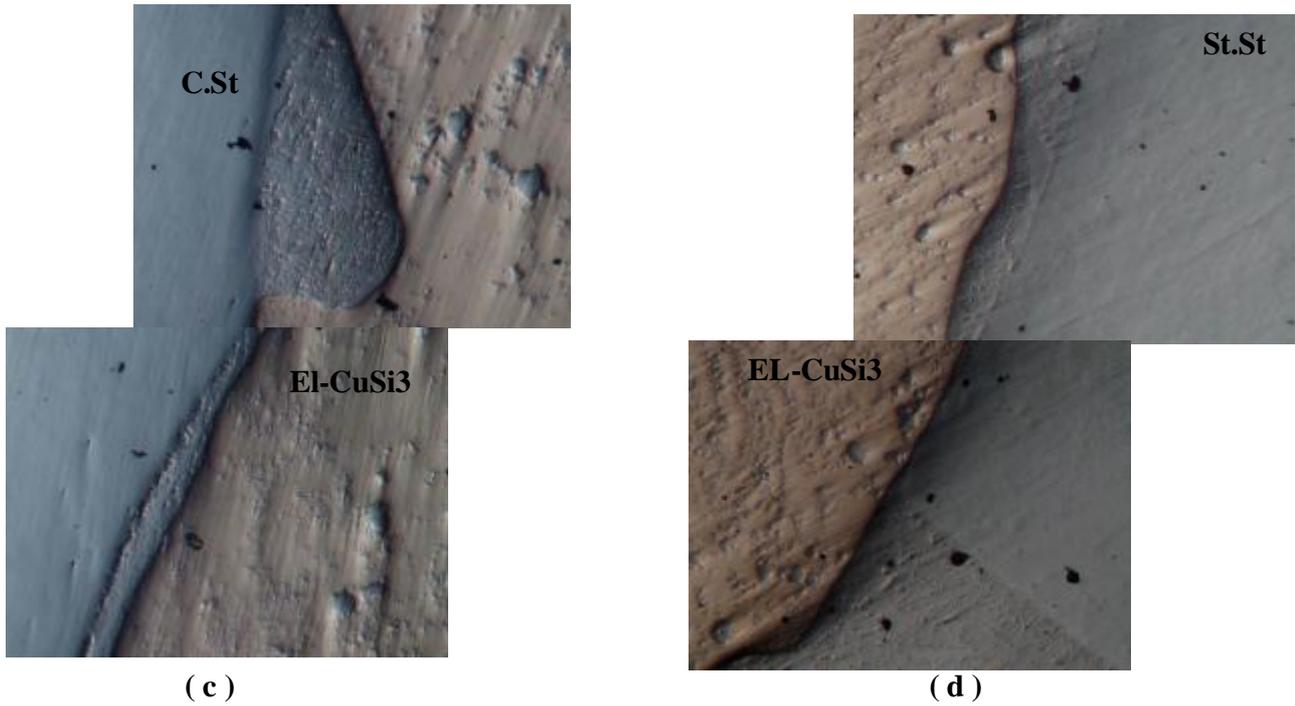
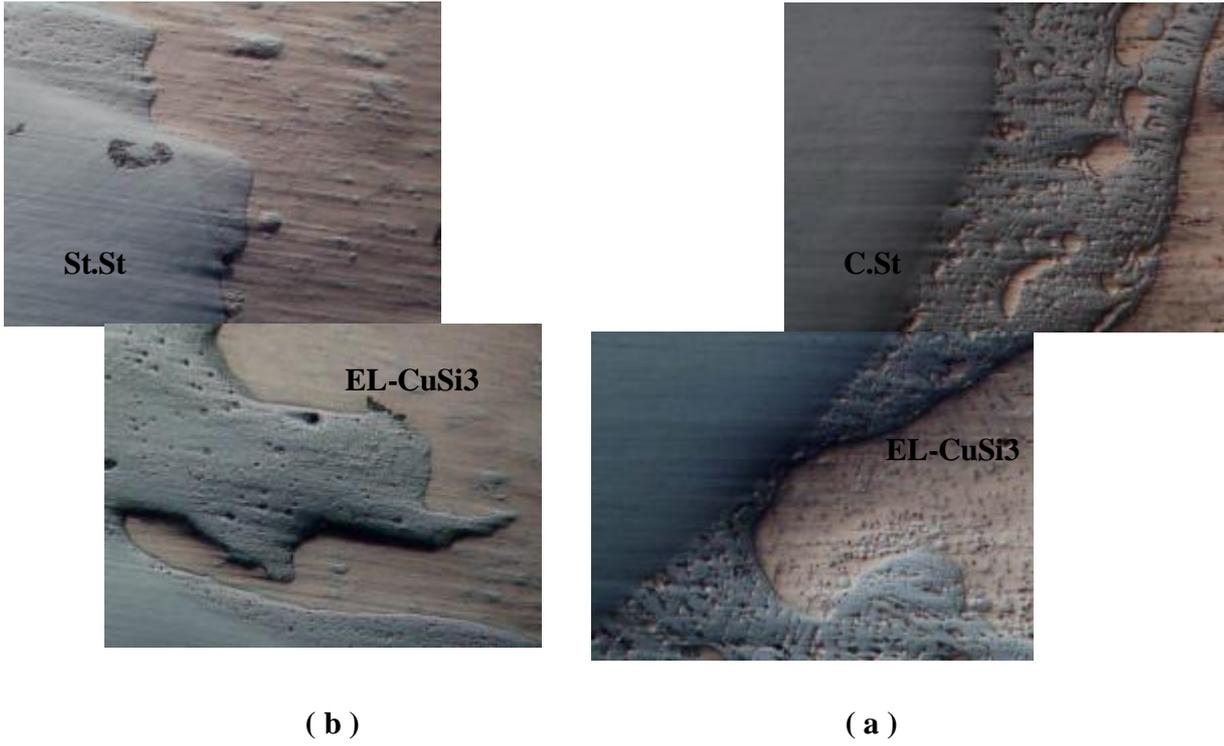


(d)



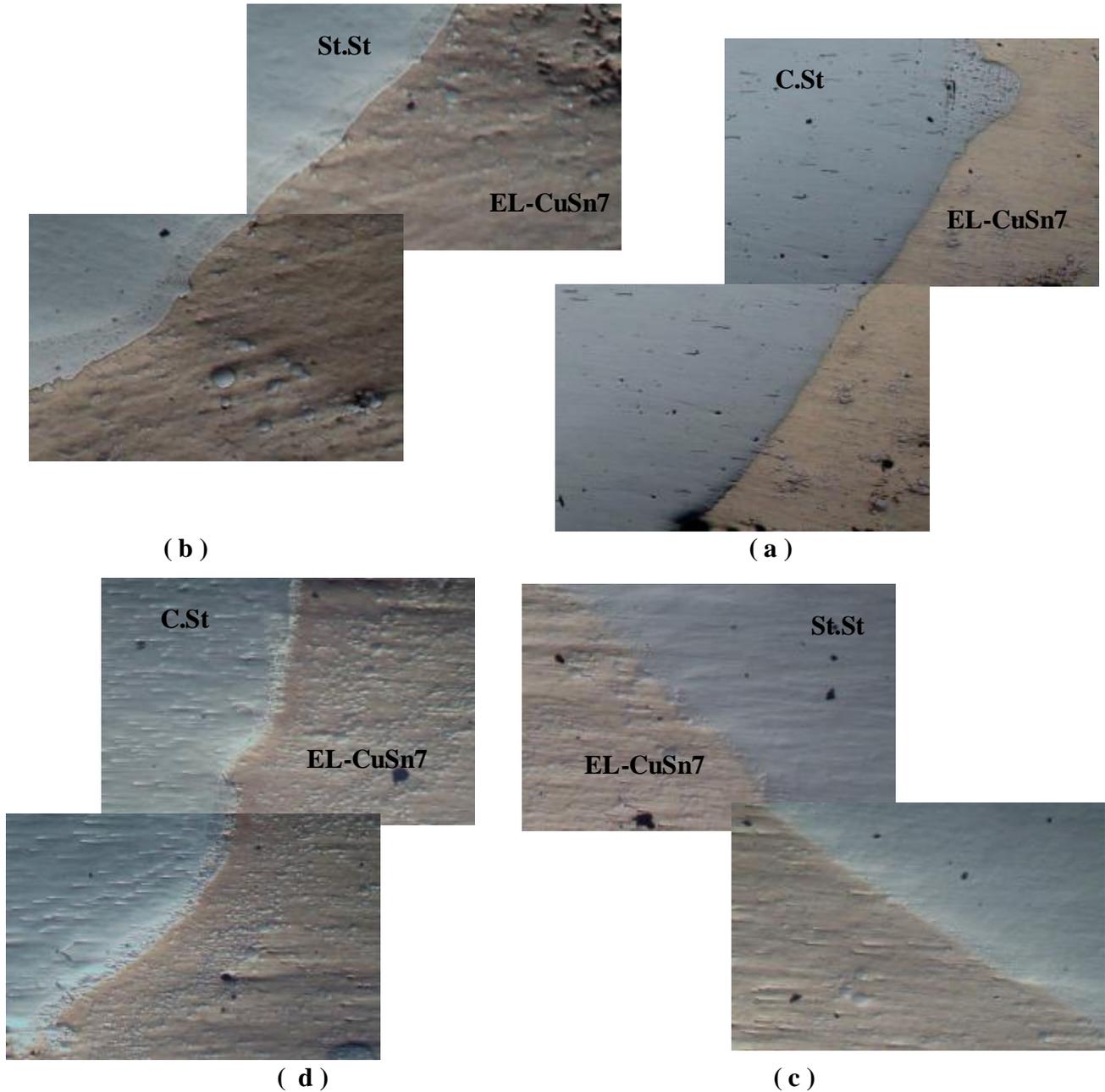
(c)

الشكل (8) . الحد الفاصل لوصلات لحام مختلفة ملحومة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (2mm) باستخدام سلك لحام St.St جهة (C.St-St.St)-c (St.St-St.St)-b (C.St-C.St)-a (EL-CuSn7) جهة C.St جهة (C.St-St.St)- d . التكبير X70 .

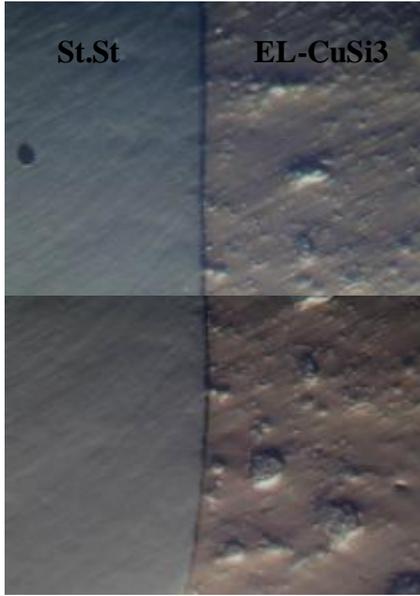


الشكل (9) . الحد الفاصل لوصلات لحام مختلفة ملحومة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (2mm) باستخدام سلك لحام (EL-CuSi3) -a (C.St-C.St) -b (St.St-St.St) -c (C.St-St.St) -d (C.St-St.St) جهة St.St التكبير X70.

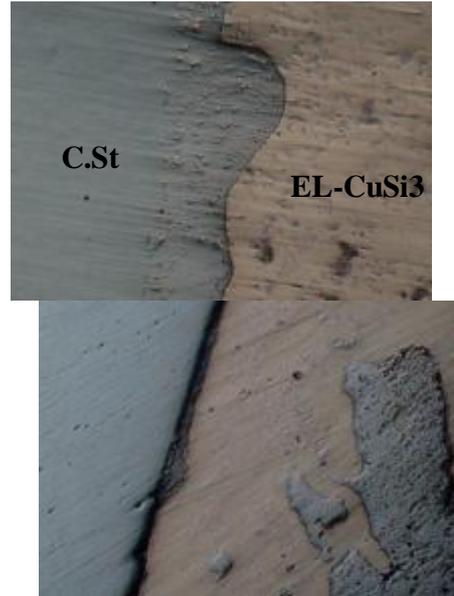
اما اذا كانت مسافة اللحام 5 ملم كما في الاشكال 10 و 11 فيلاحظ وجود تداخل بين المعدن المترسب والاساس مع ظهور واضح للحافة بين المعدن الاساس والمعدن المترسب والمتداخل مع بعض من المعدن الاساس ، ولكن تكون هذه الحافة مائلة كما في الشكل 10 وحادة كما في الشكل b11 ومائلة بشكل حاد كما في c وبين هذا وذاك في الاشكال a ، d في الشكل 11 . هذا دليل واضح على ان استخدام معدات طريقة اللحام نوع SMAW في لحام التبريس يعطي حافات حادة وقد يكون فيها ميلان لكي تقترب العملية من بقاء حافتي جانبي وصلة اللحام دون تأثير .



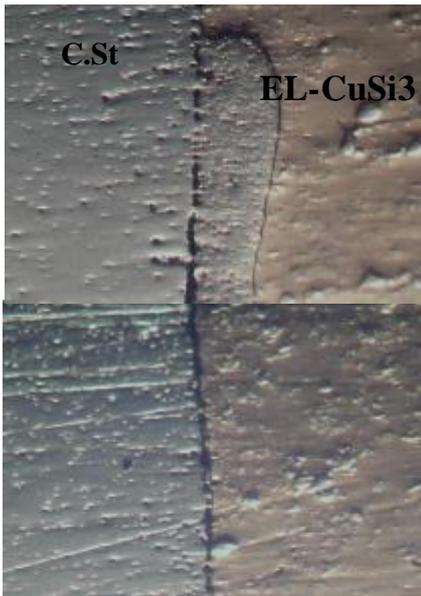
الشكل (10) . الحد الفاصل لوصلات لحام مختلفة ملحومة بطريقة(SMAW) بفتحة لحام (5mm) باستخدام سلك لحام St.St جهة C.St-St.St)-a (C.St-C.St) - b (St.St-St.St)-c جهة St.St جهة C.St-St.St)-d جهة C.St التكبير X70 .



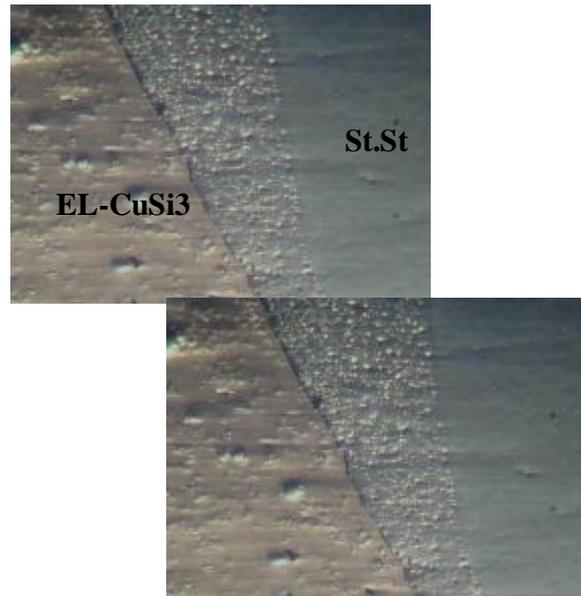
(b)



(a)



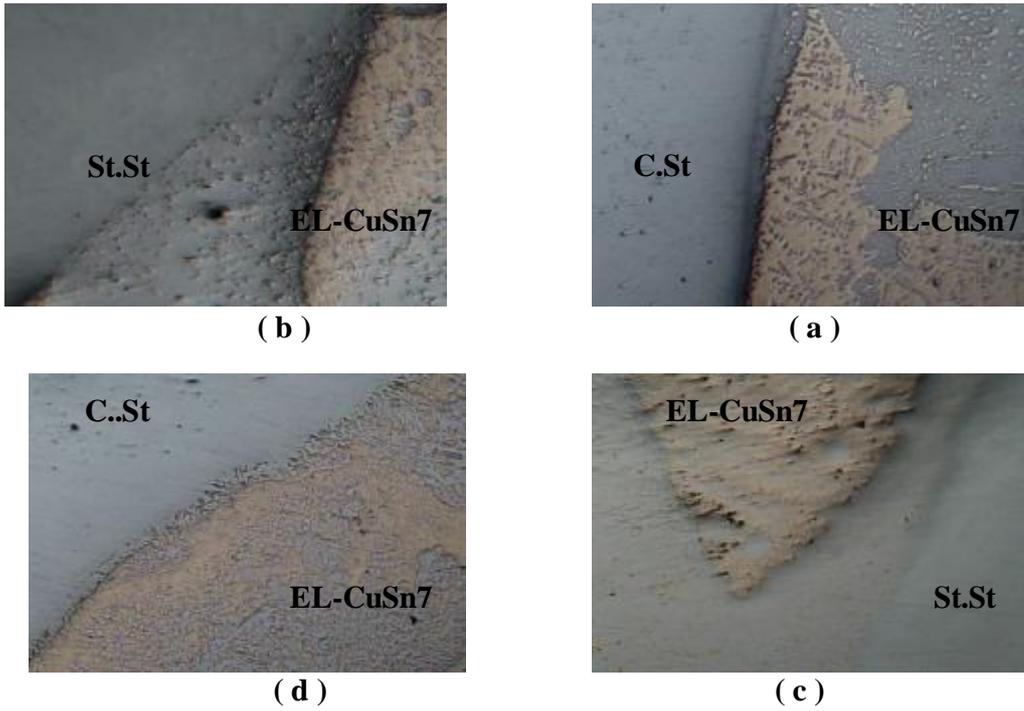
(d)



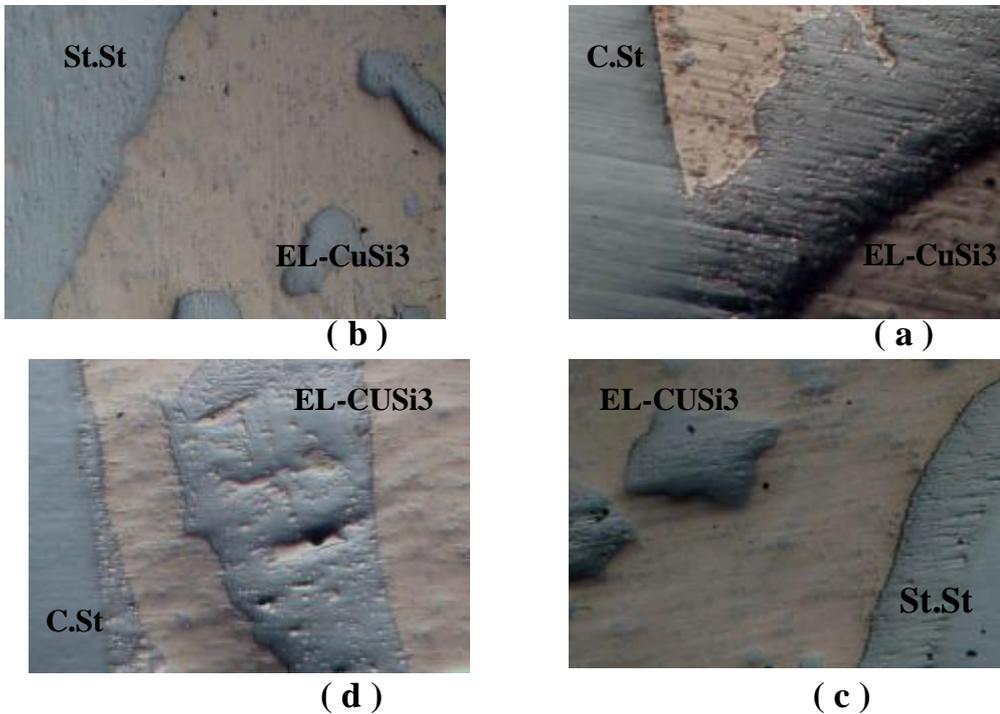
(c)

الشكل (11) . الحد الفاصل لوصلات لحام مختلفة ملحومة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (5mm) باستخدام سلك لحام (EL-CuSi3) -a (C.St-C.St) -b (St.St-St.St) -c (C.St-St.St) -d St.St جهة C.St التكبير X70.

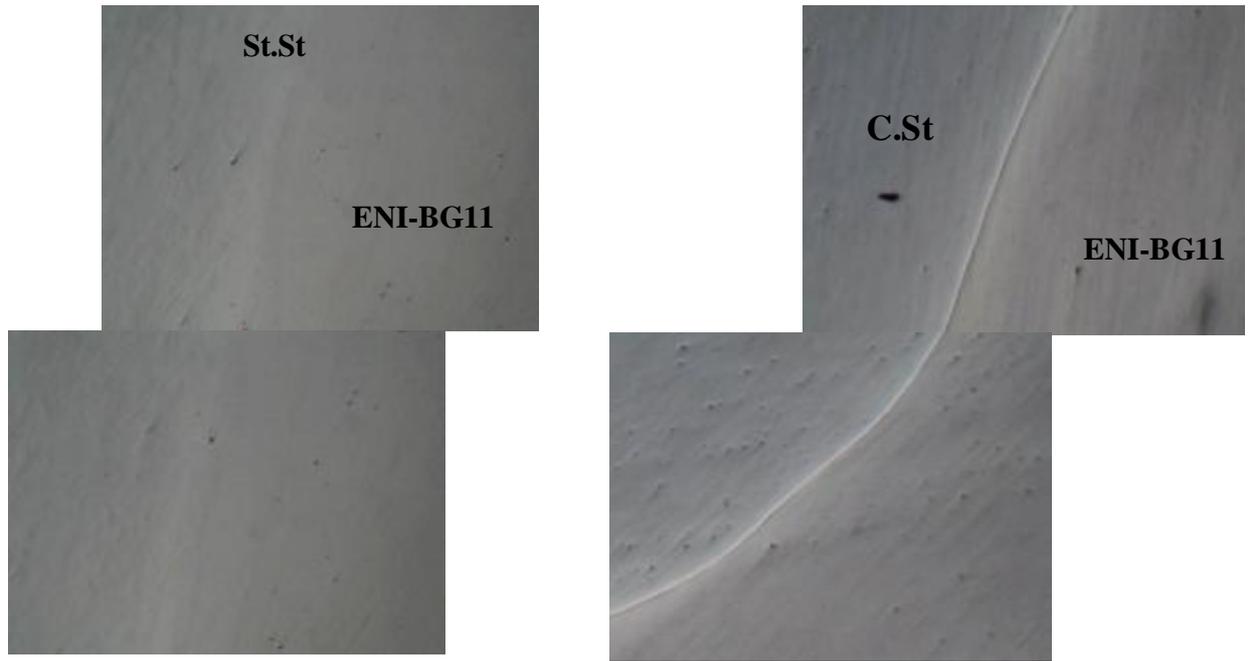
عند زيادة المسافة الى 7 ملم كما في الاشكال 12 و 13 ، يلاحظ ان عملية التداخل اصبحت عالية ولا يوجد وصف دقيق لحافتي اللحام وهذا يعطي استنتاجاً واضحاً ان المسافة 5 ملم هي أفضل مسافة كي تبقى الحافات متعامدة نوعاً ما . اما في حالة استخدام سلك اللحام نوع ENi-BG11 فان استنتاجاً واحداً تم الحصول عليه من خلال الشكل 14 .



الشكل (12) . الحد الفاصل لوصلات لحام مختلفة ملحومة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (7mm) باستخدام سلك لحام (C.St-St.St-d St.St جهة (C.St-St.St)-c (St.St-St.St)-b (C.St-C.St)-a (EL-CuSn7) (جهة C.St التكبير X70 .

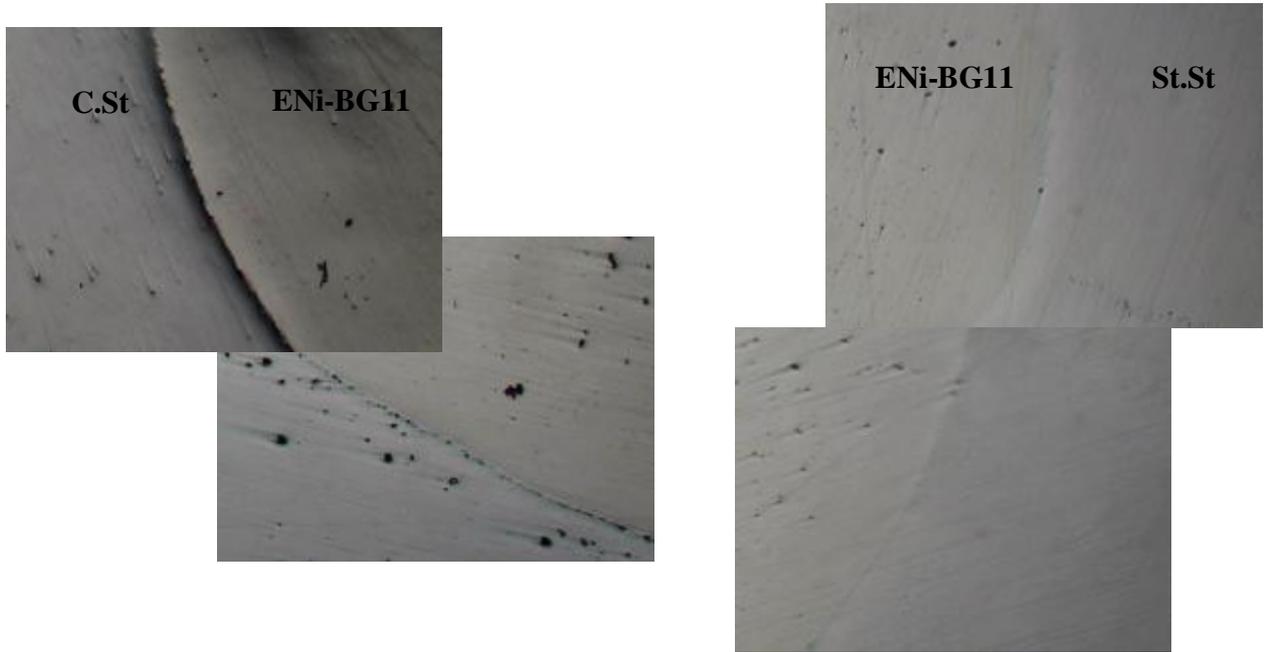


الشكل (13) . الحد الفاصل لوصلات لحام مختلفة ملحومة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (7mm) باستخدام سلك لحام (C.St-St.St-d St.St جهة (C.St-St.St)-c (St.St-St.St)-b (C.St-C.St)-a (EL-CuSi3) (جهة C.St التكبير X70 .



(b)

(a)



(d)

(c)

الشكل (14). الحد الفاصل لوصلات لحام مختلفة ملحومة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (2mm) باستخدام سلك لحام (ENi-BG11)-a (C.St-C.St)-b (St.St-St.St)-c (C.St-St.St)-d جهة St.St جهة C.St التكبير X70 .

ان الحافات المقوسة دليل على حدوث تداخل بشكل واسع كون درجة انصهار السلك عالية (1050 C) ، وكذلك هنالك إلفة عالية بين نوع السبيكة المترسبة ونوع السبيكة في المعدن الاساس حيث يتبين لنا ما يلي :

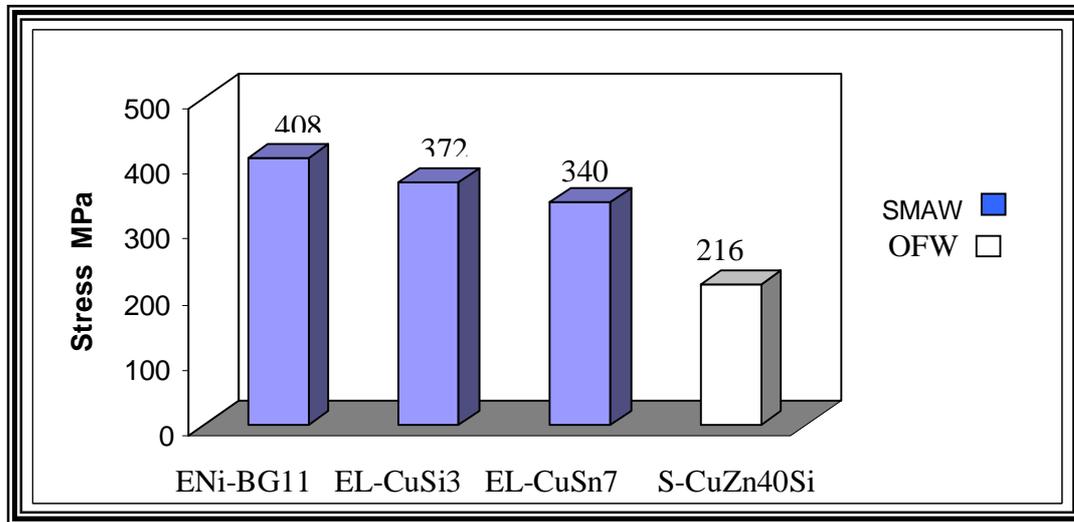
أ. ان المسافة 5 ملم بين جانبي وصلة اللحام هي أفضل مسافة لتحقيق بقاء الحافة دون تأثير بينما هذا لا يعني شيء عندما نقارن ذلك مع نتائج مقاومة الشد والحني .

ب. ان الاسلاك ELCuSi3 و ELCuSn7 اظهرت إلفة غير عالية مع الاساس المعدني ، مما أدى الى تداخل عشوائي وظهور حافات عشوائية وغير منتظمة .

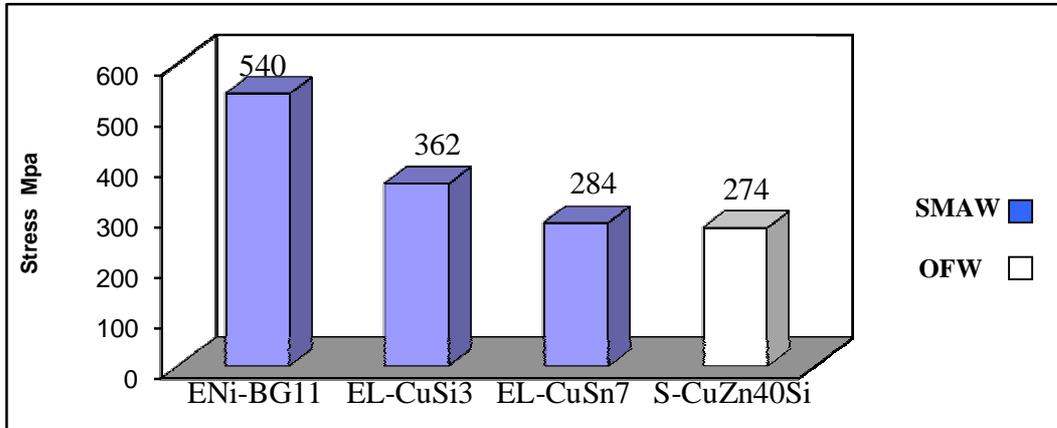
ج. ان السلك ENi-BG11 أعطى تداخل منتظم لوجود الالفة الكيميائية العالية بين السلك والاساس مما أعطى حافات متناسقة ومقوسة .

د. مما جاء في أعلاه يتضح لنا انه كلما كانت الحافات منتظمة ، فان ذلك يعطي تداخلاً منتظماً بين المعدن الاساس والمعدن المترسب .

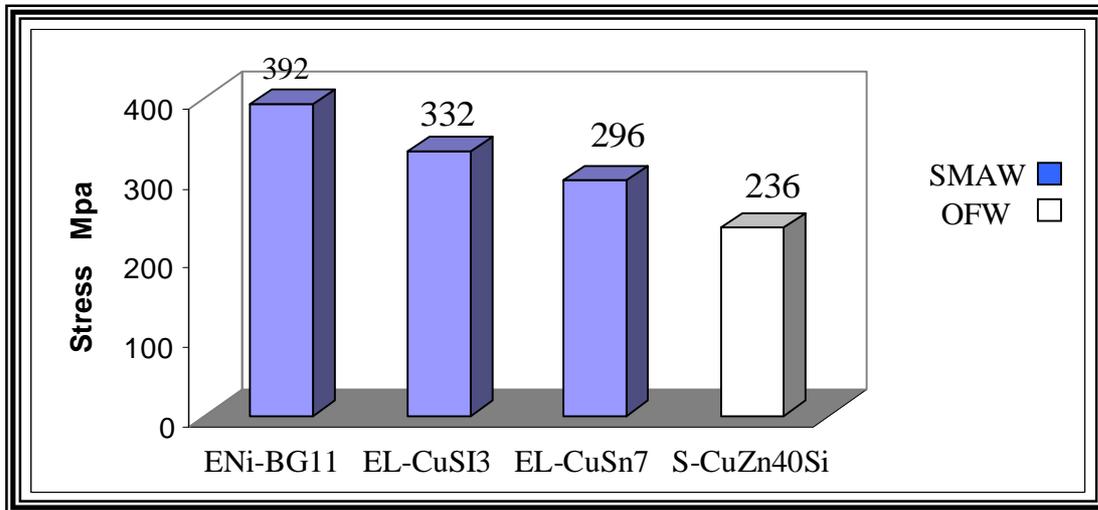
ان النتائج التي تم الحصول عليها من اجراء تجارب الشد والحني تؤكد ما تم تحليله فيما سبق ، حيث انها تكون أقل في حالة استخدام معدات طريقة اللحام الغازي ، بينما تكون أعلى عند استخدام معدات طريقة القوس الكهربائي المعدني المغطى .
الاشكال 15 ، 16 ، 17 ، 18 ، 19 و 20 تؤكد ذلك .



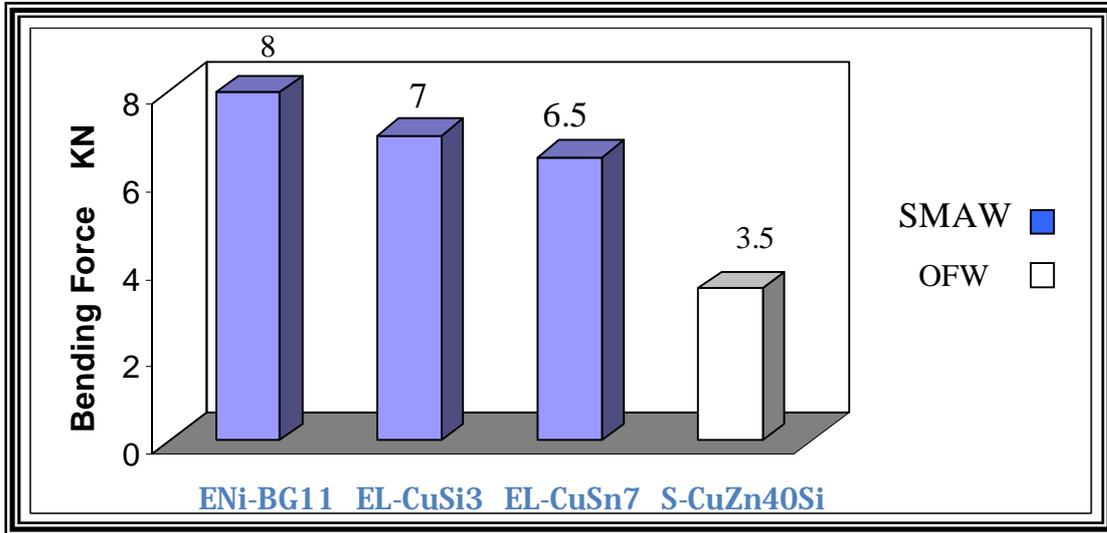
الشكل (15) . بيانات اختبار الشد (U.T.S) لوصلات لحام متشابهة من (C.St A283-C) ملحومة بطريقتي (SMAW) و (OFW) باستخدام اسلاك لحام مختلفة .



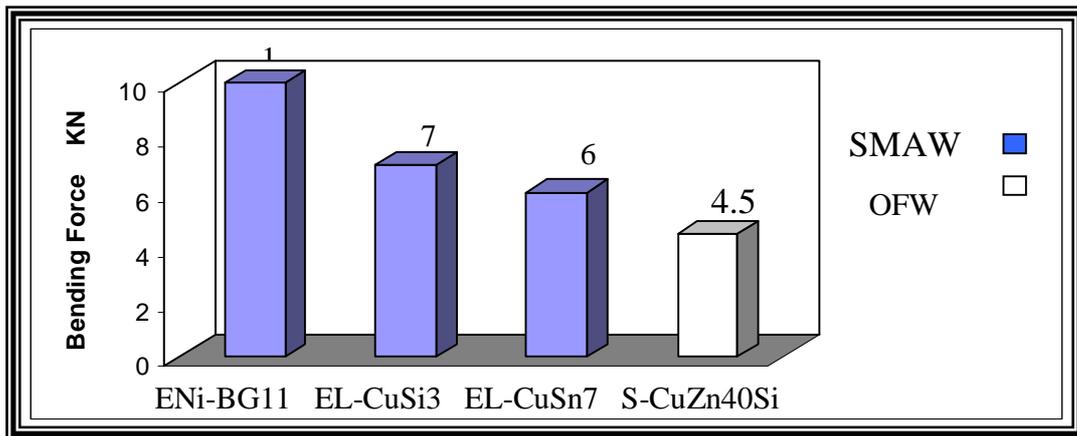
الشكل (16) . بيانات اختبار الشد (U.T.S) لوصلات لحام متشابهة من (St.St 316L) ملحومة بطريقتي (SMAW) و (OFW) باستخدام اسلاك لحام مختلفة .



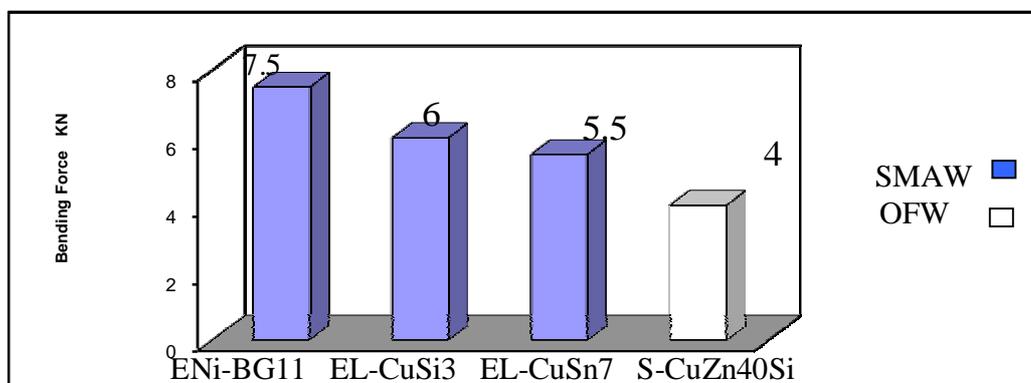
الشكل (17) . بيانات اختبار الشد (U.T.S) وصلات لحام غير متشابهة من (St.St316L) و (CSt A283-C) بطريقتي (SMAW) و (OFW) باستخدام اسلاك لحام مختلفة .



الشكل (18) . بيانات اختبار الانحناء لوصلات لحام متشابهة (C.StA283-C) ملحومة بطريقتي (SMAW) و (OFW) باستخدام اسلاك لحام مختلفة .

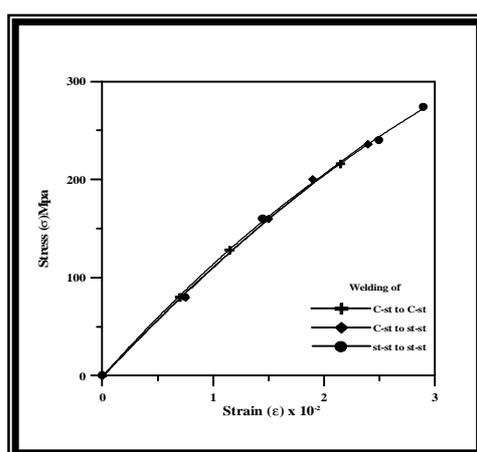


الشكل (19) . بيانات اختبار الانحناء لوصلات لحام متشابهة (St.St 316L) بطريقتي (SMAW) و (OFW) باستخدام اسلاك لحام مختلفة .



الشكل (20) . بيانات اختبار الانحناء لوصلات لحام غير متشابهة (C.St A283-C) بطريقتي (SMAW) و (OFW) باستخدام اسلاك لحام مختلفة .

ان مقاومة الشد والحني تكون منخفضة دائما في حالة استخدام سلك البراص مع معدات طريقة اللحام الغازي ، بينما تكون مقاومة السلك EL-CuSi3 أفضل من السلكين SCuZn40Si و ELCuSn7 مع العلم ان عملية اللحام بمعدات SMAW ، بينما تكون متانة وصلة اللحام في الاعلى في حالة استخدام السلك ENi-BG11 ولجميع حالات الربط المختلفة . اما الشكل 21 فإنه يوضح العلاقة بين الاجهاد والانفعال لوصلات لحام ملحومة بمعدات OFW وباستخدام سلك البراص ولجميع حالات الربط المختلفة ، ومنه يتبين لنا ان مقاومة الشد أعلى في حالة لحام الفولاذ المقاوم للصدأ الى الفولاذ المقاوم للصدأ ولنفس الطريقة ..

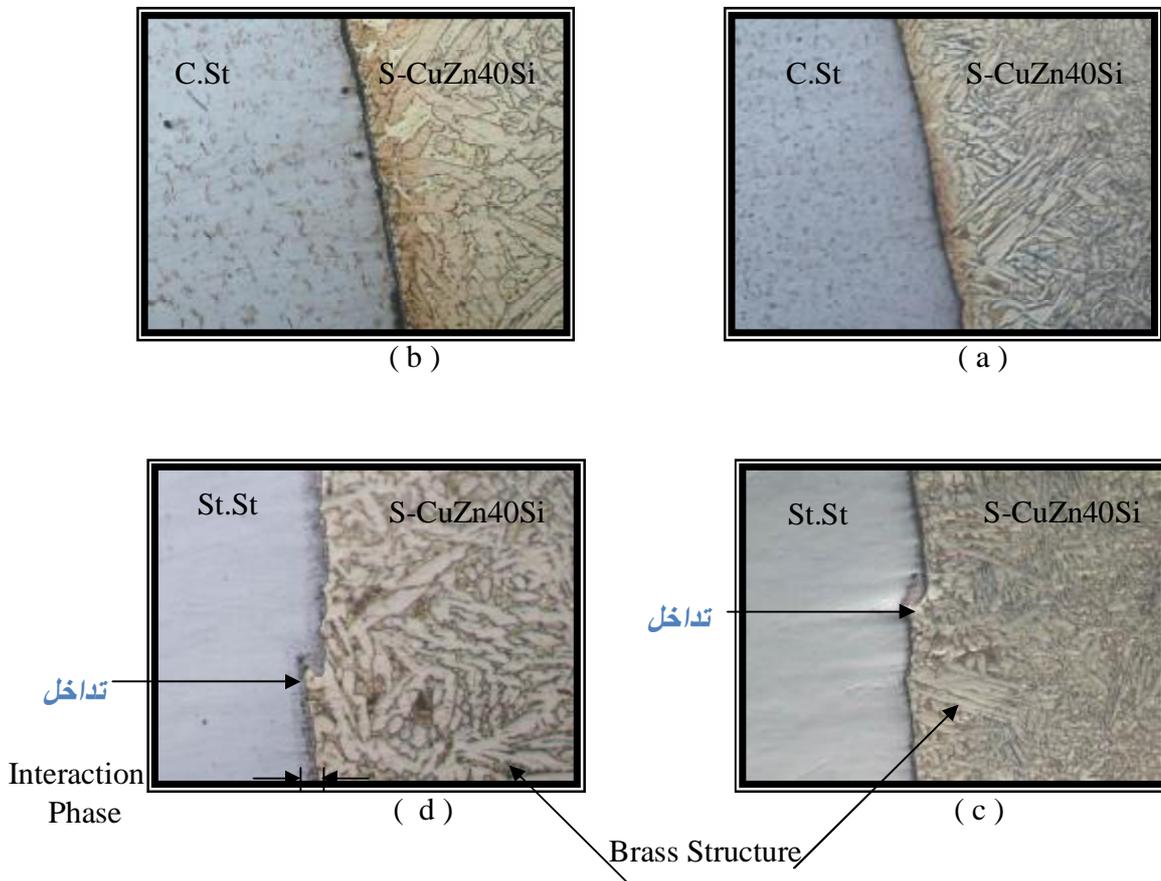


الشكل (21) . العلاقة بين الاجهاد والانفعال لوصلات متشابهة وغير متشابهة ملحومة بطريقة (OFW) باستخدام سلك لحام (S-CuZn40Si) .

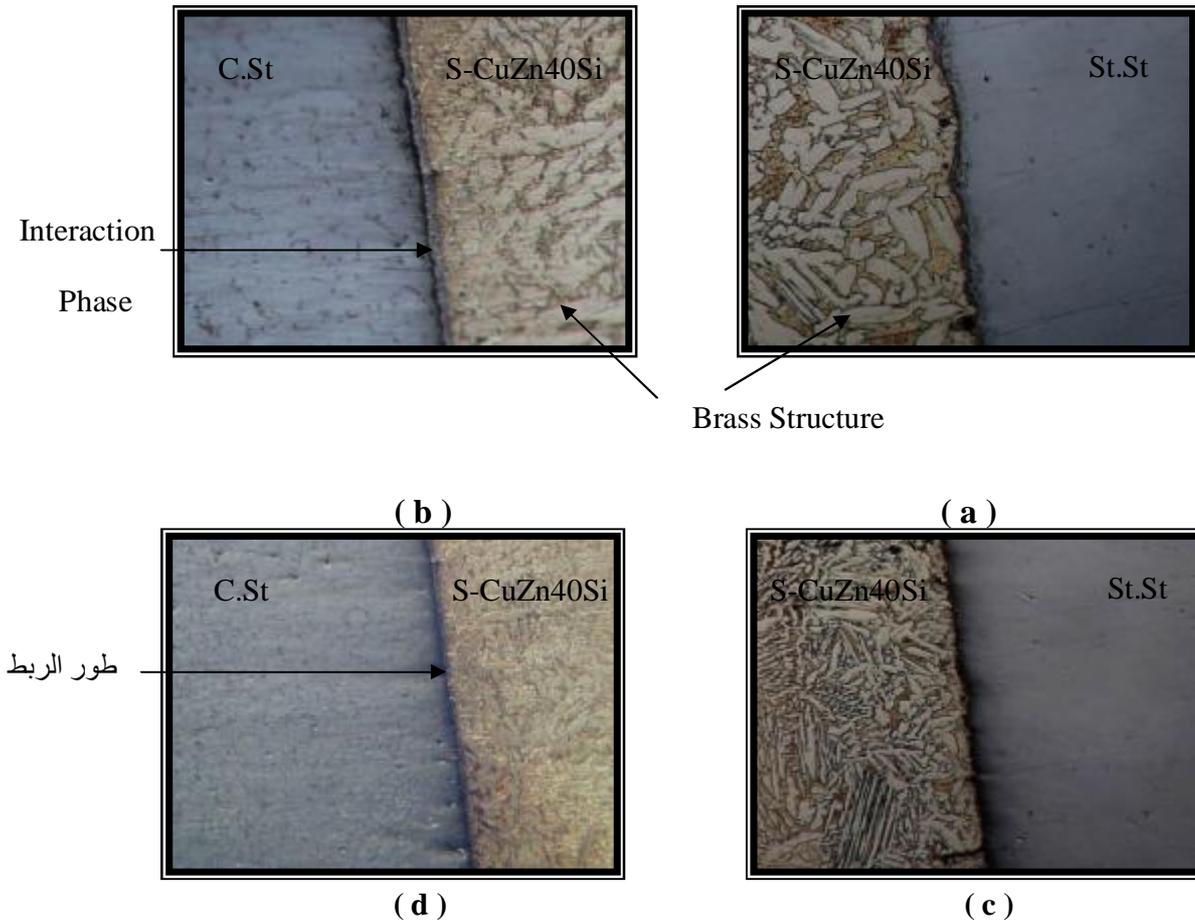
٤ . آلية الربط

بالاستعانة بالاشكال 22 ، 23 يتضح لنا ما يأتي :

أ. تم اعتماد الفراغ بين جانبي وصلة اللحام قبل عملية اللحام بـ 5 ملم ، لأنها أفضل مسافة تحقق تعامد الحافات .
 ب. ان أساس الربط في هذا النوع من أنواع اللحام هو ذاته الذي يبني عليه في لحام المونة (Brazing) بواسطة طور الحالة السائلة (Liquid phase Welding) أي بنظرية اللحام الالتصاقية (Adhesive Bonding) .
 بحدوث التبلل (Wetting) بين المترسب والاساس ثم يحدث الانتشار (Diffusion) . ان آلية الربط سوف تزداد وهذا ما يبينه الشكل 22 وبالذات الشكل d . حيث يتضح ظهور طور عند خط اللحام الفاصل (Interaction phase) مع تداخل واضح ولجميع الاشكال أعلاه .



الشكل (22) . البنية المجهرية لوصلات لحام متشابهة ملحومة بطريقة (OFW) بفتحة لحام (5mm) باستخدام سلك لحام . X180 (St.St-St.St)-d X70 (St.St-St.St)-c (C.St-C.St)X180-b X70 (C.St-C.St)-a (S-CuZn40Si)

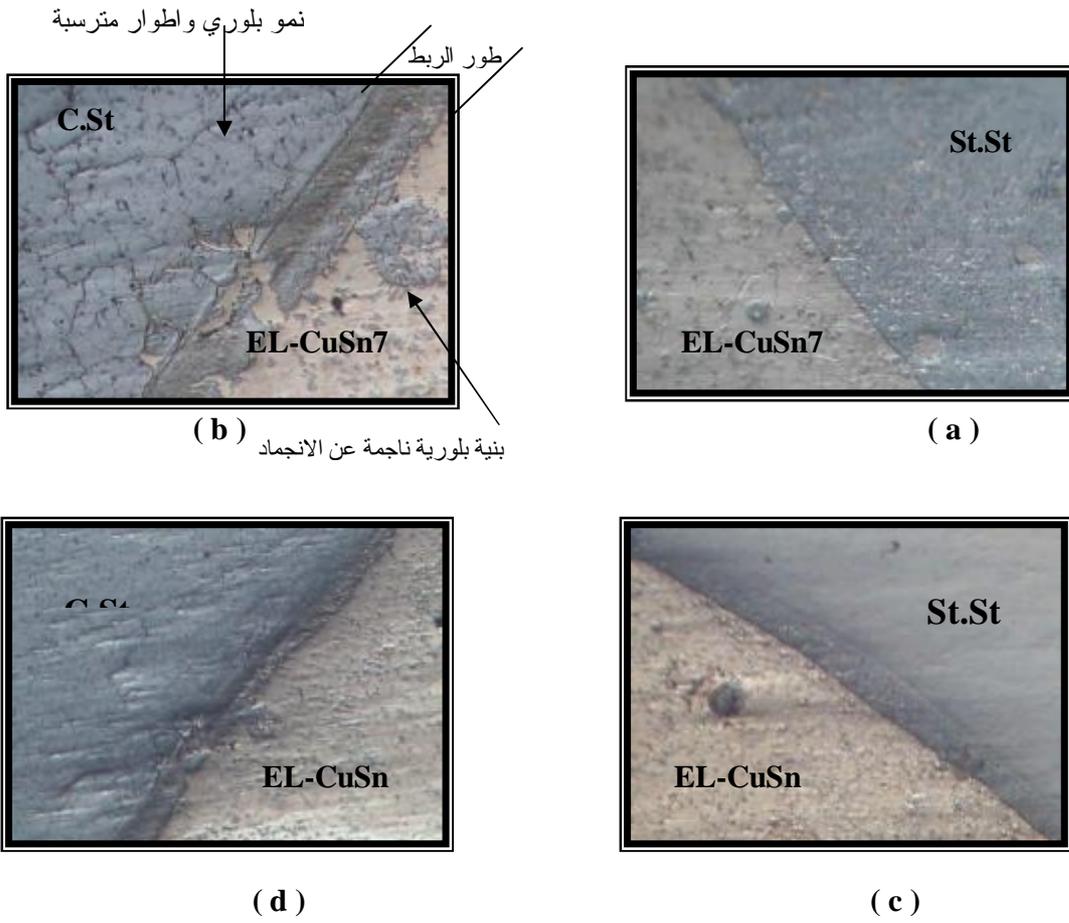


الشكل (23) . البنية المجهرية لوصلة لحام غير متشابهة ملحومة بطريقة (OFW) بفتحة لحام (5mm) باستخدام سلك لحام (S-CuZn40Si) -a (C.St-St.St) جهة St.St X180 -b (C.St-St.St) جهة C.St X180 -c (C.St-St.St) جهة St.St X70 -d (C.St-St.St) جهة C.St X70 .

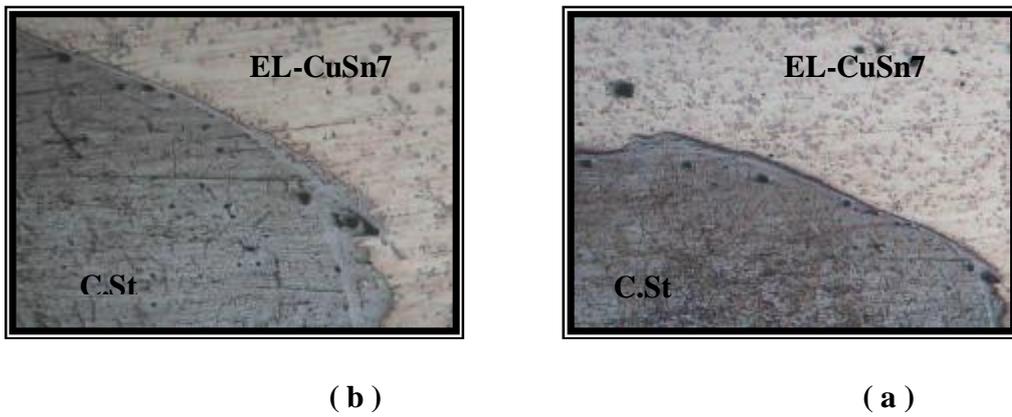
ج. ان الطور السائل عند استخدام سلك البراص مع معدات اللحام الغازي يتجمد على شكل تراكيب من البراص (Brass Structure) . تختلف تلك البنية تبعاً لقرتها من المصدر الحراري أو بعدها حيث يحسم الموضوع لتلك البنية معدل التبريد كما هو واضح بالاشكال السابقة .

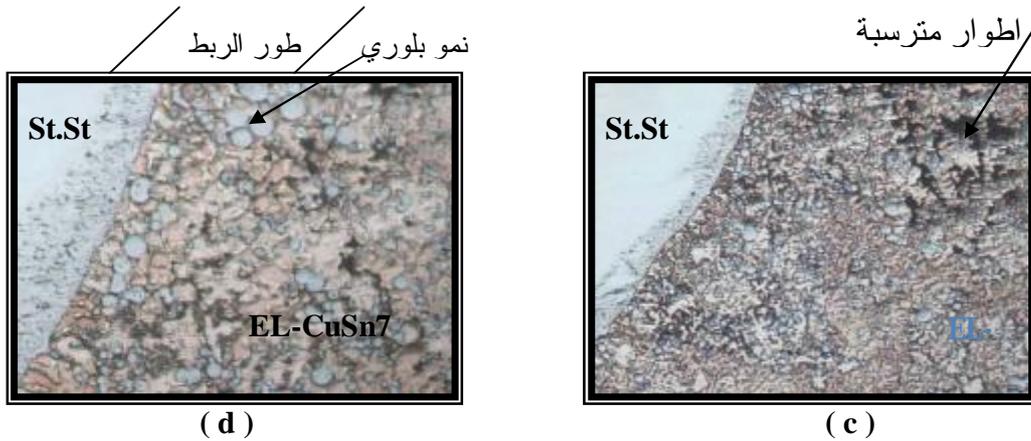
د. تكون آلية الربط للتبريس وبمعدات اللحام الغازي مشابهة تماماً لطريقة لحام المونة مع بنية تعتمد على صفات الطور السائل المترسب ومعدل التبريد التي تختلف فيه عملية اللحام .

هـ . اما في حالة لحام التبريس لمعدات القوس الكهربائي SMAW فإن آلية الربط تختلف كلياً عن آلية استخدام معدات اللحام الغازي OFW ، حيث تكون بين آلية الربط في لحام المونة وآلية الربط في لحام القوس الكهربائي . حيث يلاحظ وجود مناطق مرطبة (Wetting) كما في الشكل 24 b مع تداخل واضح بين المترسب والمعدن الاساس كما في الاشكال 24 ، 25 ، 26 ، و 27 .

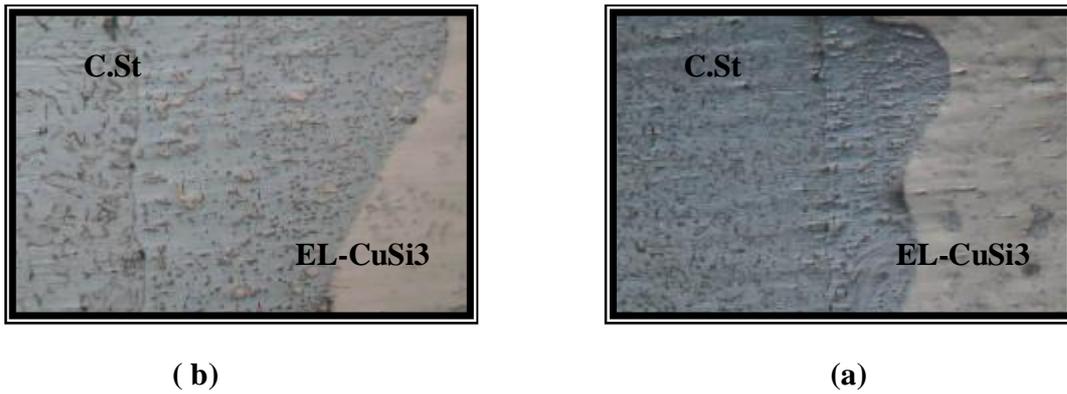


الشكل (24) . البنية المجهرية لوصلة لحام غير متشابهة ملحومة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (5mm) باستخدام سلك لحام (EL-CuSn7) (C.St-St.St)-a جهة St.St (C.St-St.St)-b X180 جهة C.St (C.St--c X180 جهة St.St) (C.St-St.St)-d X70 جهة C.St .

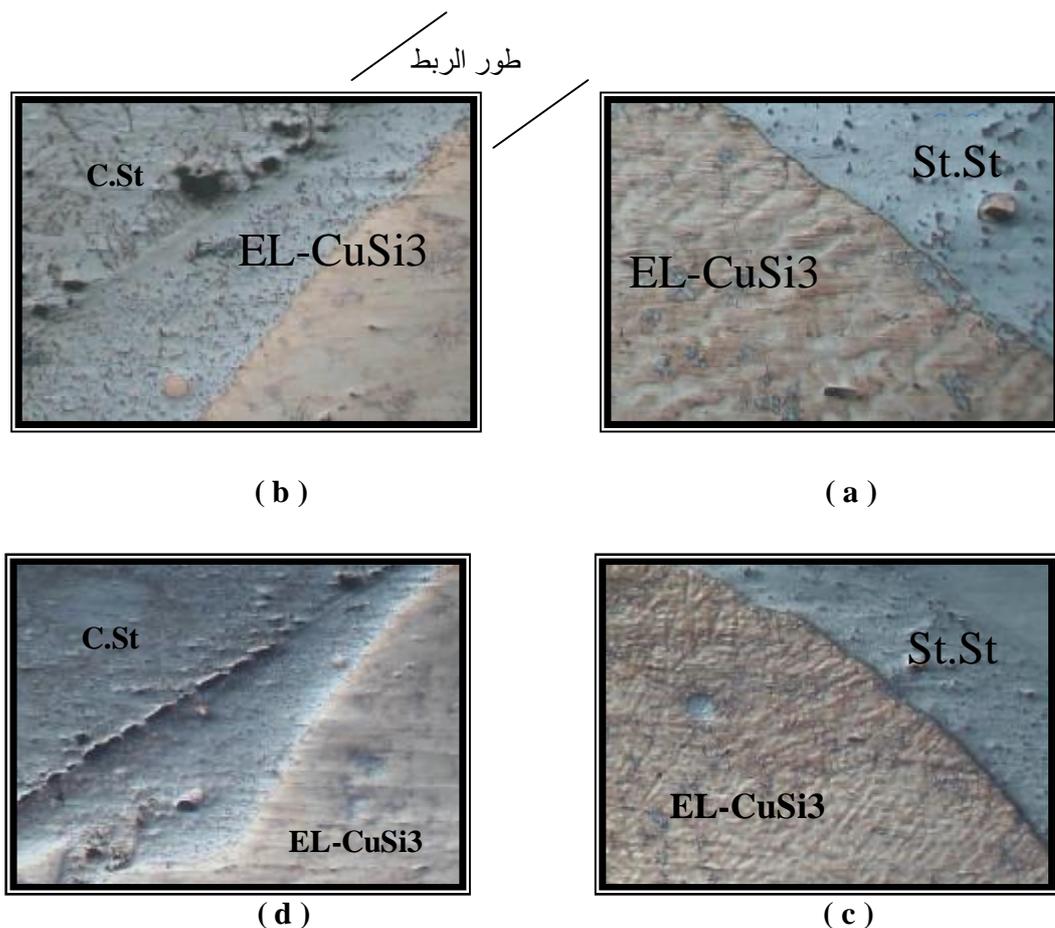




الشكل (25) . البنية المجهرية لوصلات لحام متشابهة ملحومة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (5mm) باستخدام سلك لحام X180 (St.St-St.St)-c X70 (St.St-St.St)-c X180 (C.St-C.St)-b X70 (C.St-C.St)-a (EL-CuSn7) .

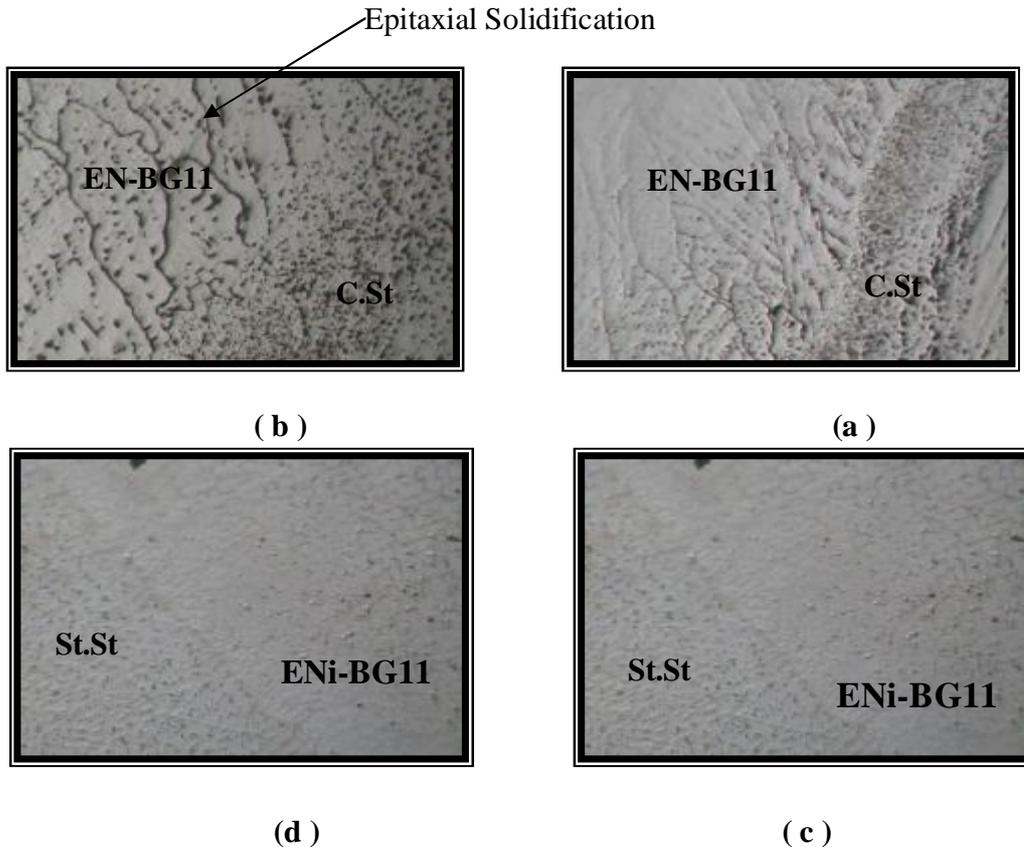


الشكل (26) . البنية المجهرية لوصلات لحام متشابهة ملحومة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (5mm) باستخدام سلك لحام (St.St--d X70 (St.St-St.St)-c X180 (C.St-C.St) -b X70 (C.St-C.St)-a EL-CuSi3) . X180 St.St)

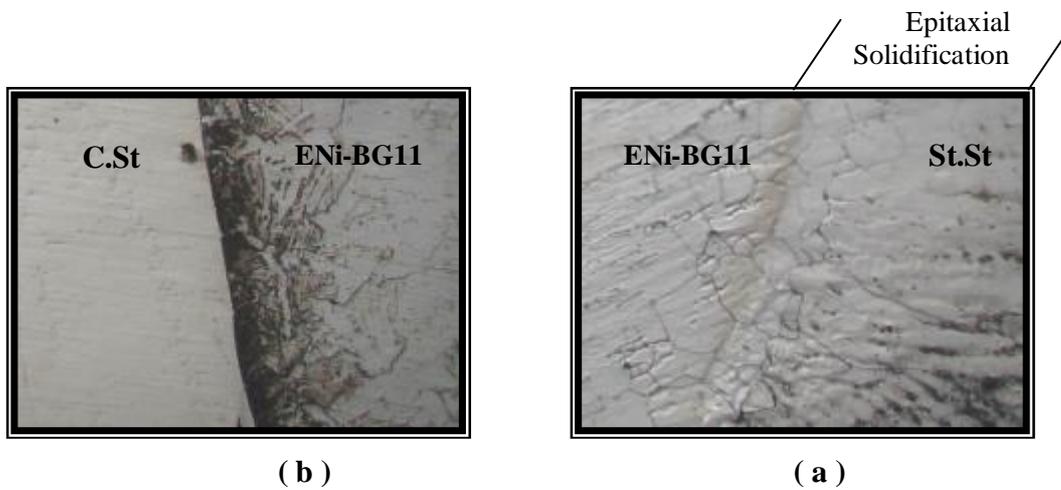


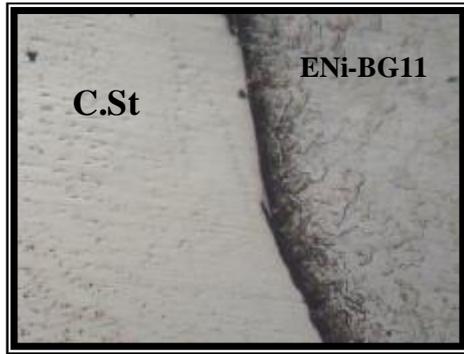
الشكل (27) . البنية المجهرية لوصلة لحام غير متشابهة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (5mm) باستخدام سلك لحام (EL-CuSi3) (C.St-St.St)-a جهة St.St X180 (C.St-St.St)-b جهة C.St X180 (C.St-St.St) - c جهة St.St X70 (C.St-St.St) - d جهة C.St X70 .

و . وجود مناطق مشابهة لما يحصل في عمليات السباكة كما في الشكل 25 - c - d وكذلك الشكل 26 ، حيث يلاحظ اطوار مترسبة ونمو بلوري في المنطقة القريبة من الطور المسؤول عن الربط .
 ي . اما آلية الربط عند استخدام سلك اللحام نوع ENi-BG11 بمعدات القوس الكهربائي SMAW فأنها تكاد تكون مشابهة تماماً لما يحصل في لحام القوس الكهربائي كما هو واضح بالاشكال 28 و 29 حيث تكون البنية على الخط الفاصل من نوع (Apitazial solidification) ، (شكل 28 - b) وهذا دليل قاطع على ما جاء في أعلاه .

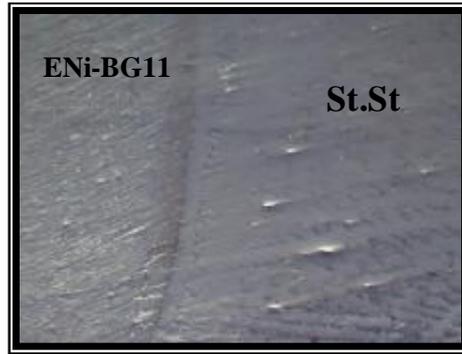


الشكل (28) . البنية المجهرية لوصلات لحام متشابهة ملحومة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (5mm) باستخدام سلك لحام (ENi-BG11) -a (C.St-C.St) X70 (C.St-C.St) -b X180 (C.St-C.St)-c X70 (St.St-St.St)-d X180 (St.St-St.St)-d .





(d)



(c)

الشكل (29) . البنية المجهرية لوصلة لحام غير متشابهة ملحومة بطريقة (SMAW) بفتحة لحام (5mm) باستخدام سلك لحام (ENi-BG11) (C.St-St.St)-a جهة St.St X180 (C.St-St.St)-b جهة C.St X180 (C.St-St.St)-c جهة St.St X70 (C.St-St.St)-d جهة C.St X70 .

٥ . الاستنتاجات

- أ. أفضل فراغ بين جانبي وصلة اللحام يحافظ على حافتي الوصلة هو 5 ملم .
- ب. نوع السلك ودرجة انصهاره يحدد بقاء او تغير حافتي وصلة اللحام .
- ج. يبين السلك ENi-BG11 ولجميع فتحات اللحام 2 ملم ، 5 ملم و 7 ملم تداخلاً منتظماً لوجود الافة الكيميائية بين المترسب والاساس .
- د. يظهر السلكين ELCuSn7 و ELCuSi3 افة غير عالية مع الاساس مما أدى الى ظهور حافات مانلة او حادة وبعض التداخلات بين المترسب والاساس .
- هـ. تمتلك الوصلات الملحومة بالسلك ELCuSi3 مقاومة شد وحمي أعلى من الوصلات الملحومة بالسلك ELCuSn7 بمعدات القوس الكهربائي . كذلك أعلى من الوصلات الملحومة بالسلك SCuZn40Si بمعدات اللحام الغازي . اما الوصلات الملحومة بالسلك ENi-BG11 فتعطي مقاومة شد وحمي أعلى من الاسلاك الثلاثة المذكورة في أعلاه .
- و. اثبتت العلاقة بين الاجهاد والانفعال للوصلات الملحومة لمعدات القوس الغازي ، ان مقاومة الشد للوصلات المتشابهة من الفولاذ المقاوم للصدأ أعلى من الوصلات الاخرى .
- ي. آلية الربط للحام التبريس بمعدات اللحام الغازي وللسلك SCuZn40Si مشابهة لآلية الربط في لحام المونة . اما عند استخدام معدات القوس الكهربائي والسلك ELCuSi3 والسلك ELCuSn7 فإن الآلية تكون ما بين الربط بالمونة والربط بالقوس الكهربائي . اما آلية الربط بمعدات القوس الكهربائي وللسلك ENi-BG11 فإنها تكون مشابهة لآلية الربط بالقوس الكهربائي .

٦. المصادر

- [1] Kearns, W.H., 1978 ,“Welding Processes Arc and Gas Welding and Cutting, Brazing and Soldering ” , Welding Handbook , 7th edition , Vol 2 AWS .
- [2] WWW. Esab. Com , 2005, " Braze Welding , Welding Handbook " .
- [3] Khanna , O. P., 1980 ,“ Welding Technology ” , J.C. Kapoor, Delhi .
- [4] Agarwal , R.L. and Manghnani ,T. ,1981,“ Welding Engineering ” ,Khanna Publishers , Delhi .
- [٥] د. عبدالرزاق اسماعيل خضر , 1993 , " تكنولوجيا اللحام " , الجامعة التكنولوجية .
- [6] Levi ,.E.E,2004, “ Braze Welding with Low Heat” , Welding – Dvisers.Com .
- [7] Kearns ,W.H .,1982, “ Metals and Their Weldability ” , Welding Handbook , 7th edition , Vol 4 .
- [8] Metal Handbook, 1971 ,“ Welding , Brazing and Soldering ”, American Society For Metals (ASM) ,8th edition,Vol 6.
- [9] Little ,.R.L., 1973,“ Welding and Welding Technology ” , McGraw – Hill .
- [10] American Society For Testing Material , 1975," ASTM Standard " , 4 th edition .
- [11] Consumables For Manual and Automatic Welding , 2001 , " Welding Handbook Esab " .
- [12] DIN, Handbook 8 , Welding 1,1986 ,“ Standards Dealing with Filler Metal , Manufacture Quality and Testing ” , Berlin .
- [13] “The Procedure Handbook of Arc Welding”12th edition, The Lincoln Company of Canda LTD , (1973) .
- [14] ASME ,1986,“Boiler and Pressure Vessel Code An American National Standard” , Section II .
- [15] Petzow ,.G. , 1975,“Metallographic Etching” ,American Society For Metals .