دراسة تأثير نوع مساعد الصهر على الخصائص الميكانيكية لسبيكة براص (*70/30*)

د. مصطفى احمد رجب معهد تقني / بعقوبة
م.م. علاء احمد مجيد معهد تقني / بعقوبة

الخلاصة

تناول البحث دراسة الخصائص الميكانيكية للعينات باختلاف مساعدات الصهر واختلاف حالات السبائك المستخدمة في البحث . أوضحت نتائج البحث ان أفضل السبائك المنتجة باستخدام مساعدات الصهر المختلفة بعد عملية التشكيل وكما في التسلسل التالي:-

A > D > B > C > W

كما بينت النتائج ان مساعد الصهر نوع(A) أعطى افضل البنية المجهرية و الخصائص الميكانيكية بالمقارنة مع السبائك الاخرى .

مع الأخذ بنظر الاعتبار ان النتائج كانت ضمن المواصفات القياسية لسبيكة براص (70/30) التي أنتجت محليا والمشار إليها بالرمز (D).

Abstract

A laboratory investigations were carried out to study the mechanical properties of specimens for different fluxes types at different casting conditions, the results could be arranged in the following sequences:-

A > B > C > W

It was concluded that flux type (A) was the best in giving very acceptable results in both micro structural and mechanical tests compared to the other types. The results were within the standard specifications of the brass alloy (70/30) locally produced by the standard method symbolic (D).

الهدف من البحث:

يهدف البحث إلى دراسة تأثير ثلاثة أنواع من مساعدات الصهر (A,B,C) في تحضير سبيكة البراص(70/30) والسيطرة على نسب المتضمنات(Inclusions) في هذه السبيكة من خلال الفحوصات المجهرية والميكانيكية ، ودراسة تأثير عمليات التشكيل على الساخن والبارد على توزيع المتضمنات وبالتالي على الخواص الميكانيكية للسبيكة.

المقدمة(Introduction)

يعد البراص من السبائك المهمة التي يزداد استخدامها يوماً بعد آخر لما يمتاز به من خواص ميكانيكية ومقاومة جيدة للتآكل، ويستخدم البراص في أنابيب المبادلات الحرارية ومحطات الطاقة الكهربائية[1].

يعد النحاس من العناصر القليلة التي يمكن استخدامها في مجالات واسعة في هيئته النقية أو في هيئة سبائك. لذلك فأن أحد الصفات المميزة للنحاس تكمن في تكوينه الأعداد الكبيرة من السبائك المختلفة، ويعد البراص والبرونز أكثر السبائك أهمية في الصناعة ويمكن ترتيب الأنواع الأساسية لسبائك النحاس بالشكل الأتي[2]:-

1- سبائك (النحاس-خارصين)، وتسمى النحاس الأصفر(Brass).
2- سبائك (النحاس-القصدير)، وتسمى البرونز القصديري(Tin-Bronzes).
3- سبائك (النحاس-القصدير-الفسفور)، وتسمى البرونز الفسفوري(Phosphor-Bronzes).
4- سبائك (النحاس-الألمنيوم)، وتسمى برونز الألمنيوم(Aluminum-Bronzes).
5- سبائك (النحاس-نيكل)، وتسمى كوبرونيكل(Cupronickel).

سبيكة البراص(70/30) هي سبيكة قابلة للتشكيل على البارد وتصنع منها الصفائح المشكلة على البارد والأسلاك المسحوبة على البارد وتستخدم أيضا لأغراض السحب العميق والكبس وإنتاج الأنابيب.

تظهر هذه السبيكة بنية شجيرية(Dendritic Structure) للمحلول الجامد عندما تبرد بسرعة وينتج عن ذلك البنية ذات القلب غير المتجانس(Cored Section) ويمكن إزالة هذا اللب بالتلدين(Annealing) ويستحسن التلدين بعد التشكيل على البارد، حيث إن التشكيل يساعد على سرعة التجانس وتتولد بعد التلدين بنية بلورية متوائمة(Twinned Crystal Structure)[3,4].

لكي تتحمل السبيكة هذه المعاملة وخصوصاً السحب العميق وسحب الأسلاك والدرفلة على البارد فمن الضروري لهذا النوع من البراص أن يكون سليماً وخلياً من الشوائب وهذه الشوائب(Impurities) هي متضمنات رئيسية(Inclusions) كالخبث(أكاسيد أو سيليكات) أو فحم نباتي(Charcoal)[5].

إن وجود هذه الشوائب في السبيكة يؤدي إلى فشلها عند إجراء عمليات التشكيل لأنها

Comp. %	Cond.	Tensile Strength MPa	0.2%pr. Stress MPa	% elong.
90Cu , 10Zn	Soft	280	100	48
85Cu , 15Zn	Soft	310	130	40
70Cu , 30Zn	Soft	330	120	70
63Cu , 37Zn	Soft Hard	340 530	130 180	56 5
60Cu , 40Zn	Soft	380	160	40
62Cu , 37Zn	Soft	370	140	45

تصبح محصورة في المعدن المتجمد خصوصاً عندما تسبك في قوالب ذات مقطع عرضي صغير، وكذلك عمل الصبات(Ingots) في القوالب يجعلها عرضة لاحتوائها بعض الشوائب، ولظهور فجوة مخروطية(Piping) بعمق كبير تؤدي الى عدم سلامة مركز الصبة. ولسلامة الصبة من الضروري أن تسبك في قالب كبير نسبياً ليعطي تبريداً بطيئاً للصبة[6]. أن إضافة القصدير والألمنيوم إلى هذه السبيكة يؤدي إلى تحسين مقاومتها للتأكسد، فالسبيكة التي مكوناتها (76%نحاس و22%خارصين و2%ألمنيوم) تدعى سبيكة النحاس الأصفر الألومنيومي(Aluminum Brass)، أما السبيكة المحتوية على (70%نحاس و29%خارصين و1%قصدير) فتدعى سبيكة النحاس المقوى(Admiralty Brass) وتستخدم في صناعة المكثفات البحرية(Marine Condenser) وأنواع أخرى من المبادلات الحرارية، الجدول (1) يوضح الخواص الميكانيكية لسبائك البراص[3].

أما تأثير إضافة العناصر للبراص(70/30)، فقد وجد أن الألمنيوم يضاف بنسبة لا تتجاوز(2%) لتحسين المواصفات الميكانيكية، وبرغم أن إضافته تعطي ميوعة للسبيكة إلا إنه(قد تسبب تواجد متضمنات(Inclusions) وعيوب المسامية وبالتالي عدم سلامة المسبوكة وليس له تأثير على التشكيل على الساخن والبارد. أما بالنسبة إلى الحديد فأنه يجب أن لا يتجاوز(5%) حيث يظهر فعل تنعيم الحبيبات، ويؤدي إلى زيادة مقاومة الشد والصلادة[7].

الجدول (1) بعض الخواص الميكانيكية لسبائك البراص

الجانب العملي

المواد والأجهزة المستخدمة

معدن الصهر: عبارة عن-سبيكة براص(70/30)، الجدول أدناه يوضح التحليل الكيمياوي للسبيكة.

الجدول(2) التحليل الكيميائي لسبيكة البراص (70/30)

مساعدات الصهر: تم استخدام مساعدات الصهر المبينة مكوناتها بالجداول أدناه وقد أعتمدت نسبة الإضافة(1%)[7]، وزمن بقاء مساعد الصهر على سطح المنصهر(7) دقائق.

الجدول(3) نسب الخلط لمكونات مساعد الصهر (A)[8]

اسم المركب	الرمز	نسبة الخلط %
فلوريد الكالسيوم	CaF_2	44
كاربونات الصوديوم	Na_2CO_3	27
بوراكس	$Na_2B_4O_7$	23
سليكا	SiO_2	5.78
كلوريد البوتاسيوم	KCl	0.22

الجدول(

العنصر	Zn	Sn	Pb	Ni	P	Fe	Si	Mn	As	Sb	Al	S	Cu
النسبة	29.65	0.01	0.61	0.0008	0.0063	0.46	0.0051	0.075	0.0031	0.003	0.0062	0.0028	Rem

4) نسب الخلط لمكونات مساعد الصهر (B)[9]

اسم المركب	الرمز	نسبة الخلط %
سليكا	SiO_2	72.36
اوكسيد الألمنيوم	Al_2O_3	1.64
اوكسيد الحديديك	Fe_2O_3	0.08
اوكسيد الكالسيوم	CaO	6.67
اوكسيد المغنيسيوم	MgO	3.74
ثالث اوكسيد الكبريت	SO_3	0.36
اوكسيد الصوديوم	Na_2O	15.13
اوكسيد البوتاسيوم	K_2O	0.02

مساعد الصهر الكربوني (C): أستخدم الفحم النباتي (Charcoal) على شكل كتل صغيرة ومتوسطة تم الحصول عليه من (السوق المحلية) ثم تم طحنه وتحضيره على شكل مسحوق.

أجريت تجارب الصهر باستعمال فرن البودقة(Crucible Furnace)، وأعتمدت طريقة السباكة الرملية، وتم إعداد رمل مقالبة خاص بالتجارب بعد أن أضيفت له مادة رابطة هي(البنتونايت) وماء بنسبة(5%) لكل منهما، وقد أستخدم مشعل غازي لتجفيف القالب الرملي بعد المقالبة وقبل عملية صب المعدن المنصهر فيه.

كما استعمل نموذج المقالبة الموضح في الشكل(1) لصب صبات(Ingots) السبيكة براص(70/30)،وأجراء عمليات التشكيل بعد عمليات السباكة واستخدامها للأختبارات الميكانيكية للتعرف على الخواص الميكانيكية للسبائك المشكلة(as wrought) التي تمت سباكتها باستخدام الأنواع المختلفة لمساعدات الصهر(Fluxes). وقد أعتمد نظام الصب من الجانب(Side Gate System) لضمان دخول المعدن المنصهر بهدوء تام وسهولة خروج الغازات من القالب وكذلك فأن المعدن المنصهر يكون مستقراً، وأن نظام الصب هذا يستخدم للمصبوبات الصغيرة والمتوسطة للمعادن اللاحديدية[10].

وبعد تحديد مساعد الصهر الفعال في إزالة محتوى المتضمنات من السبيكة، فقد استخدم النموذج الموضح في الشكل(2) والخاص بصب عينات أختبار الشد لسبائك النحاس بالسباكة الرملية حسب المواصفة الأمريكية[11] لصب سبيكة البراص(70/30) لمعرفة الخواص الميكانيكية للسبيكة كمسبوكة(as cast). بعد صب النماذج في الشكل(1) و(2) فقد تم اجراء المعاملة الحرارية بعد عملية السباكة بدرجة حرارة (550)°م لمدة(6) ساعات[12].

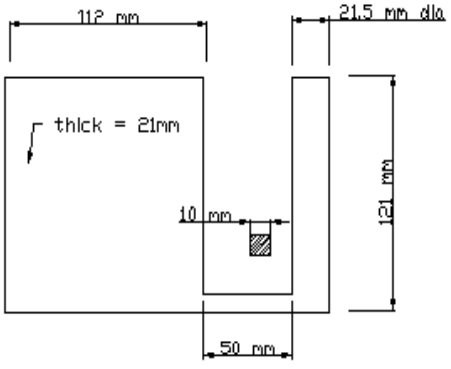
الفحوصات المجهرية:

تم تحضير العينات للفحص المجهري باستخدام جهاز التنعيم الرطب مع أوراق تجليخ بدرجات نعومة مختلفة هي(1200, 800, 400, 320, 120) ثم أجريت لها عملية الصقل باستخدام قماش خاص ومسحوق الألومينا، ومن ثم تم تنظيفها بالماء والكحول وتجفيفها لتهيئتها للفحص المجهري بدون اضهار(as polished)[13].

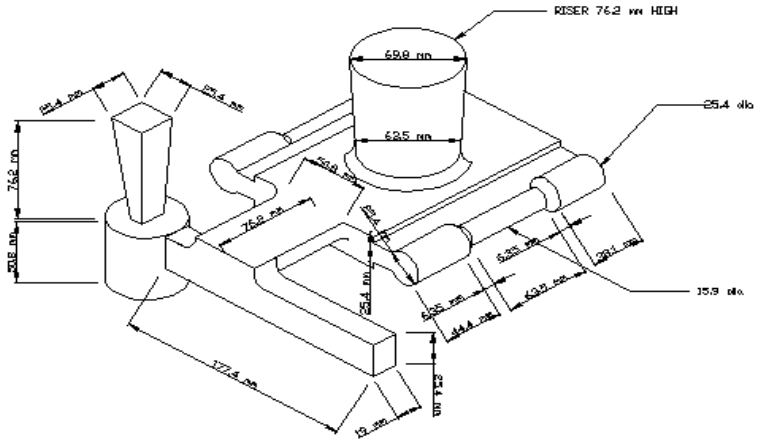
عينات الفحص المجهري:

1- أربع عينات، تمثل مسبوكات براص(70/30) منتجة باستخدام(براص 70/30) كمكونات للصهرة والمتغير نوع مساعد الصهر، قبل التشكيل.
2- أربع عينات، تمثل مسبوكات براص(70/30) منتجة باستخدام(براص 70/30) كمكونات للصهرة والمتغير نوع مساعد الصهر، بعد التشكيل.
3- عينة تمثل مسبوكات براص(70/30) منتجة باستخدام مساعد الصهر(A) وحسب المواصفة الأمريكية. وعينة للمنتج المحلي.

وقد تم تصوير العينات وحساب اطوال المتضمنات في(وزارة العلوم والتكنولوجيا- دائرة علوم المواد)باستخدام مجهر ضوئي نوع Nikon موديل Eclipse ME 600L مزود بكاميرا رقمية ونظام تحليل الصور على الحاسوب Lucia Image Version 4.81 الموضح في الشكل (3). وقد تم حساب اطوال المتضمنات في العينات باستخدام نظام مزود به حاسوب المجهر، وتصوير ثلاث مناطق لكل عينة(طرف outside، المنطقة بين الطرف والمنتصف intermediate، منتصف center) وبدون اظهار لمعرفة تركيز المتضمنات.

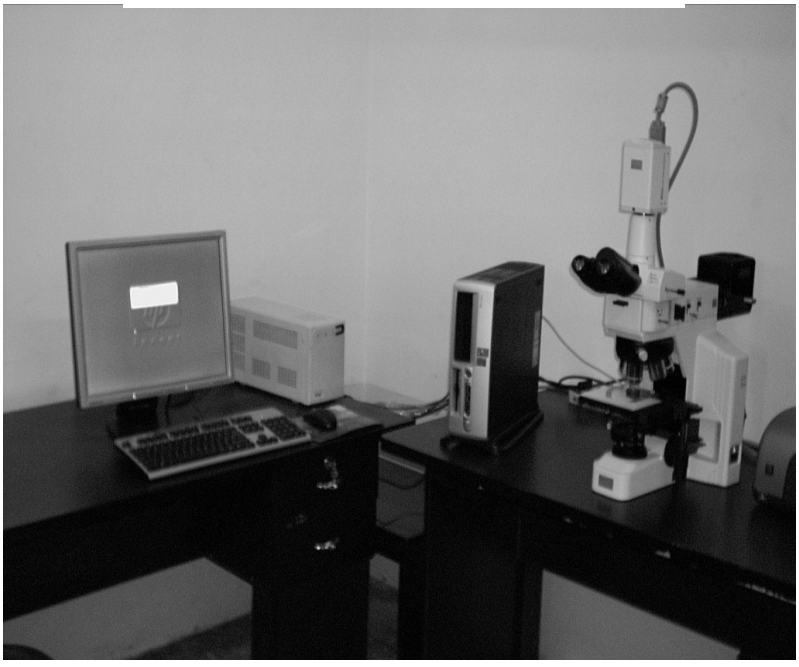


الشكل (1) نموذج المقالبة عند صهر سبيكة براص (70/30) باستخدام براص(70/30)كمكونات للصهرة



الشكل(2-a) نموذج صب عينات اختبار الشد لسبائك النحاس حسب المواصفة الأمريكية[11]

شكل (2-b) المسبوكة بعد عملية الصب



الشكل (3) المجهر الضوئي، نوع(Nikon)، المزود بكاميرا رقمية، ونظام تحليل الصور (Lucia Image, Version 4.81) المستخدم في الفحوصات الميتالورجية

اختبار الشد

تم اجراء اختبار الشد على جهاز الشد نوع(Instron 1195) عند سرعة لرأس الجهاز (cross head speed) تساوي (2)ملم/دقيقة، تمسك العينة من طرفيها وتشد بمعدل ثابت في جهاز الشد حتى حدوث الكسر.

الحمل المسلط والاستطالة يتم قياسهما مباشرةً على الورق البياني الخاص بالجهاز على شكل منحني (حمل- استطالة)، والذي يستفاد منه في رسم منحني (الإجهاد-الانفعال)، لغرض حساب مقاومة الخضوع عند انفعال (0.2%) ومقاومة الشد القصوى. وقد تم أجراء الاختبار بواقع ثلاث عينات لكل صبة من السبائك الآتية بعد التشكيل:

1- السبيكة براص (70/30) المنتجة بدون استخدام مساعد صهر ذي الرمز (W).
2- السبيكة براص (70/30) المنتجة باستخدام مساعد الصهر (A).
3- السبيكة براص (70/30) المنتجة باستخدام مساعد الصهر (B).
4- السبيكة براص (70/30) المنتجة باستخدام مساعد الصهر (C).
5- السبيكة براص (70/30) منتجة محلياً باستخدام مساعد الصهر (A)، ومشكلة على الساخن والبارد (70%)، ويرمز لها (D).
6- عينتان لسبيكة براص(70/30) منتجة باستخدام مساعد الصهر(A) حسب المواصفة الأمريكية كعينات مسبوكة(as cast) وملدنة.

الأشكال(4) و(5) توضح أبعاد عينات اختبار الشد.

قياس الصلادة

تم أجراء اختبار الصلادة بطريقة برينل وباستخدام حمل مقداره (62.5كغم) وقطر الكرة(2.5)ملم، وقد تم حساب قيمة الصلادة من القانون الآتي واخذ المعدل لأربع قراءات:

$$HB= 2P/\pi D(D-\sqrt{D^2-d^2})$$

إذ أن P: الحمل المستخدم (كغم)

D: قطر الكرة

d: متوسط قطر الأثر (ملم)

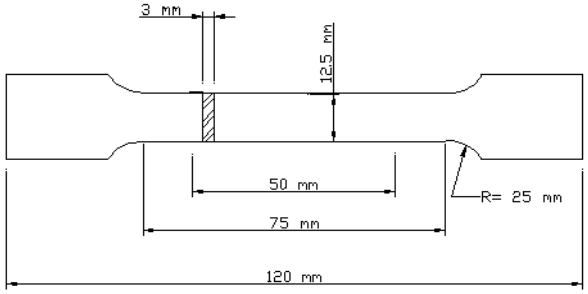
وقد أجري قياس الصلادة لعينة من كل صبة من السبائك التي تم أجراؤها في هذه الدراسة وكما يلي:

1- أربع عينات لسبائك براص (70/30) منتجة باستخدام(براص70/30)كمكونات للصهرة، المتغير هو نوع مساعد الصهر المستخدم في السباكة،قبل التشكيل.

2- أربع عينات لسبائك براص (70/30) بعد التشكيل على الساخن والبارد.

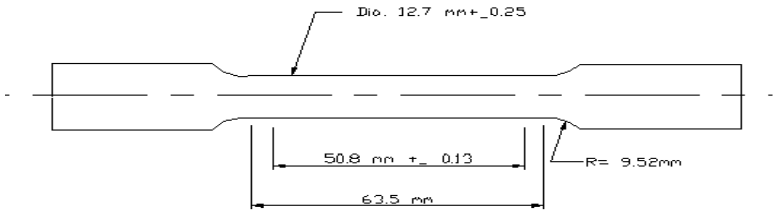
3- عينة من المنتج المحلي (D).

4- عينة لسبيكة براص(70/30)منتجة باستخدام مساعد الصهر(A) حسب المواصفة الأمريكية.



الشكل (٤) ابعاد عينة اختبار الشد حسب المواصفة البريطانية (B.S18) (14)

الشكل (5) أبعاد عينة أختبار الشد حسب المواصفة الأمريكية (ASTM B208)[11]



النتائج والمناقشة

سبيكة البراص (70/30) المنتجة بدون استخدام مساعد الصهر ذي الرمز (W):

الشكل (6-a) يوضح سبيكة براص (70/30) المنتجة بدون استخدام مساعد الصهر حيث يلاحظ ارتفاع محتوى المتضمنات الموجودة في هذه السبيكة حيث تتراوح أطوال المتضمنات في هذه السبيكة (5-87.5)مايكرون، ويعود السبب في ذلك إلى أن كمية الأكاسيد التي تشكلت خلال عملية الانصهار كانت عالية، بالإضافة إلى أن كمية الخارصين المضافة بنسبة (1%)، لتعويض الخارصين المتطاير أثناء عملية الصهر ساعدت في تصاعد الأكاسيد المحصورة ضمن منصهر السبيكة بفعل ضغط بخار الخارصين المتصاعد، إلا أن بعض الأكاسيد والمتضمنات الأخرى لم تطف' إلى سطح المنصهر لعدم استخدام مساعد صهر.

سبيكة البراص (70/30) المنتجة باستخدام مساعد الصهر (A):

يلاحظ من الشكل (6-b) إن محتوى المتضمنات في هذه السبيكة قليلة بالمقارنة مع السبيكة(W) الموضحة في الشكل(6-a) والسبب في ذلك يعود إلى استخدام مساعد الصهر في عملية الصهر وفاعلية مساعد الصهر(A) في إزالة المتضمنات من السبيكة، وقد كانت تتراوح أطوال المتضمنات في هذه السبيكة بين(1.25-13.75)مايكرون.

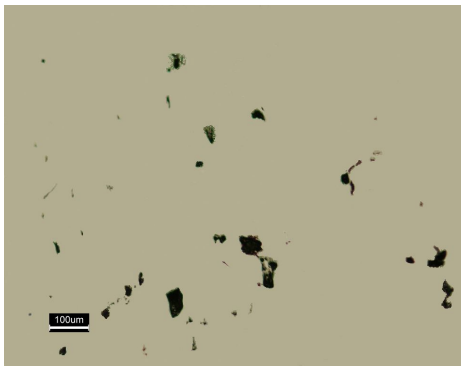
سبيكة البراص (70/30) المنتجة باستخدام مساعد الصهر (B):

الشكل (6-c) يوضح انخفاض محتوى المتضمنات لسبيكة براص (70/30) المنتجة باستخدام مساعد الصهر (B) بالمقارنة مع السبيكة(W) الموضحة في الشكل (6-a) حيث إن أطوال المتضمنات تتراوح بين(1.25-31)مايكرون وهذا يعطي مؤشراً على أن مساعد الصهر(B) ساعد على جمع المتضمنات وتكتلها وأن يطفو بها إلى سطح المنصهر.

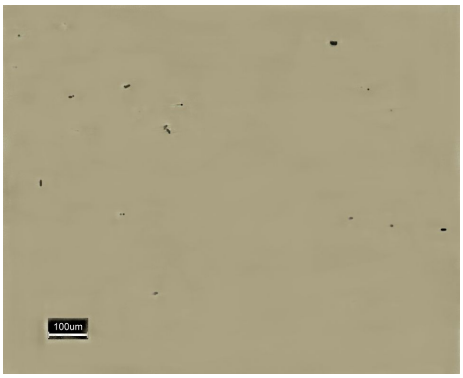
سبيكة البراص (70/30) المنتجة باستخدام مساعد الصهر (C):

الشكل (6-d) يوضح سبيكة براص (70/30) المنتجة باستخدام مساعد الصهر (C)، نلاحظ انخفاض محتوى المتضمنات في هذه السبيكة عن السبيكة (W) الموضحة في الشكل(6-a) حيث إن أطوال المتضمنات يتراوح بين(2.5-43.75)مايكرون. ويلاحظ من الشكل (6) لمختلف أنوع مساعدات الصهر A وB وC أن دور مساعد الصهر(A) كان

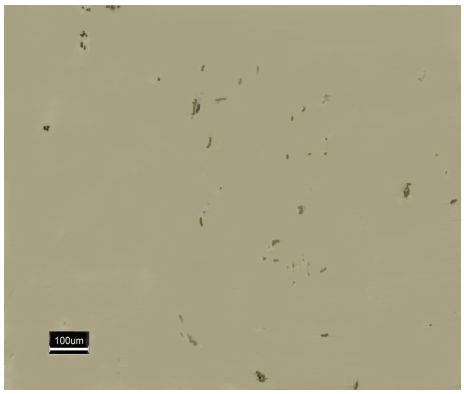
أكبر في التأثير على إزالة محتوى المتضمنات في سبيكة البراص (70/30) ثم يأتي مساعد الصهر (B) ثم (C).



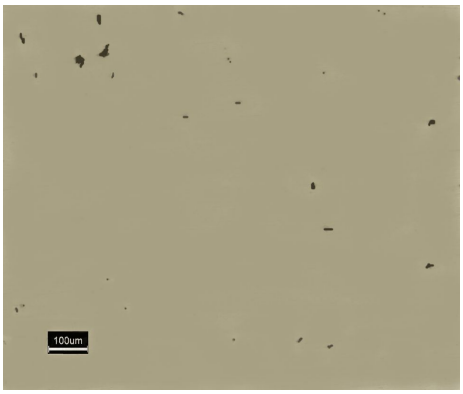
a- السبيكة المنتجة بدون استخدام مساعد صهر (W)



b- السبيكة المنتجة باستخدام مساعد الصهر (A)



c -السبيكة المنتجة باستخدام مساعد الصهر (B)



d- السبيكة المنتجة باستخدام مساعد الصهر (C)

شكل (٦) البنة المجهرية لسبائك براص (٧٠/٣٠) المنتجة بأستخدام (براص ٣٠ /٧٠) كمكونات للصهرة ومساعدات الصهر المختلفة واختلاف محتوى المتضمنات بأختلاف مساعد الصهر المستخدم والعينات المصقولة .

تأثير عملية التشكيل على أطوال المتضمنات لسبائك براص (70/30) المنتجة باستخدام مساعدات الصهر المختلفة

يبين الشكل (7) مقاطع لعينة من السبيكة (W) بعد أجراء عملية التشكيل على الساخن ثم التشكيل على البارد وبنسبة تخفيض مقدارها (40%)، حيث يلاحظ تباين توزيع المتضمنات على جميع مساحة المقطع بما يتناسب وكميتها قبل التشكيل، وذلك لكون هذه السبيكة تتضمن نسباً عالية من المتضمنات حجماً وعدداً.

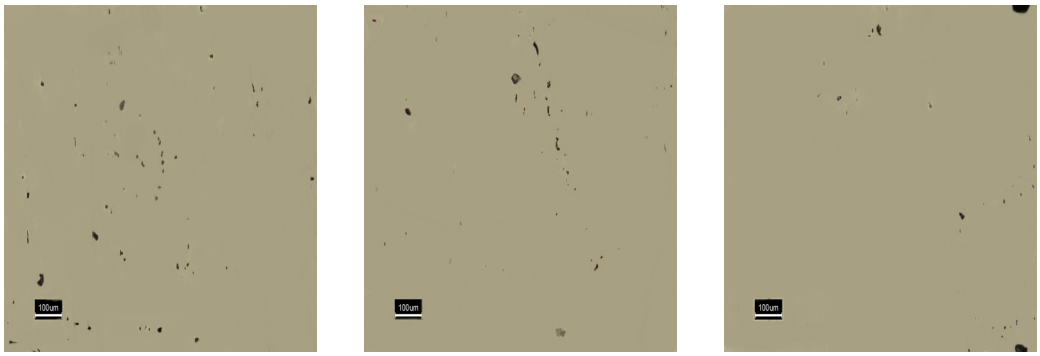
أما الشكل (8) فأنه يبين المتضمنات حجماً وتوزيعاً لسبيكة براص (70/30) منتجة محلياً ومشكلة على الساخن والبارد70%، حيث أن من مواصفات المعدن القابل للتشكيل أن تكون المتضمنات فيه بحجم صغير وموزعه توزيعاً منتظماً ولا تتركز في مناطق مختلفة وهذا ما نلاحظه في الشكل(8) للمناطق الثلاثة(a,b,c).

وقد أجريت عملية التشكيل على السبائك المعاملة بمساعدات الصهر الثلاث ويبين الشكل (9) مقاطع لعينات مشكلة على الساخن ثم البارد، الشكل (9-a) يوضح أن الدرفلة على الساخن بدرجة حرارة (850)°م لهذه السبيكة واختصار السمك من (145)ملم إلى سمك (11)ملم أدى إلى تكسير المتضمنات وتوزيعها بشكل منتظم مما سهل أجراء عملية الدرفلة على البارد بنسب انخفاض عالية بدون حدوث تشققات للمعدن وكانت أطوال المتضمنات تتراوح بين(2.5-28.75)مايكرون. وعند أجراء عمليات التشكيل على الساخن والبارد للمسبوكات المنتجة باستخدام مساعدات صهر مختلفة، حيث تم أجراء عملية التشكيل على الساخن بدرجة حرارة (750)°م بالكبس واختصار السمك من (12)ملم إلى سمك (6)ملم ومن ثم أجراء عملية الدرفلة على البارد من سمك (5)ملم إلى سمك (3)ملم. وكذلك يلاحظ بعد أجراء عمليات التشكيل على الساخن والبارد لسبائك براص (70/30) باستخدام مساعدات الصهر (AوBوC) قد ساعد على خفض أطوال المتضمنات في بعض السبائك وزيادة أطوالها في سبائك أخرى بما يتناسب وتوزيعها في السبائك قبل التشكيل، حيث إن تجمع المتضمنات في مناطق محددة حسب توزيعها في السبائك قبل التشكيل، وعند أجراء عملية التشكيل على الساخن بالكبس ساعد على سحق المتضمنات وتداخلها مع بعضها في بعض السبائك وتكسرها وإعادة توزيعها في سبائك أخرى، وأن كمية التشكيل على البارد(40%) ساعدت على إعادة توزيع المتضمنات في السبائك الموزعة فيها المتضمنات توزيعاً منتظماً، وتكسر المتضمنات المتداخلة وجعلها متقاربة مع بعضها في السبائك التي حدث فيها تداخل للمتضمنات. يوضح الشكل(9-b) انخفاض أطوال المتضمنات في هذه السبيكة بعد التشكيل حيث تتراوح بين(2.5-62.5)مايكرون، أما بالنسبة للسبائك في الشكل(9-c) و(9-d) و(9-e) فقد ازدادت أطوال المتضمنات وكانت

تتراوح بين(18.75-3.75)مايكرون و(50-3.75)مايكرون و(51.25-2.5)مايكرون على التوالي. يلاحظ أن أقل أطوال للمتضمنات بعد التشكيل كان في السبيكة المنتجة باستخدام مساعد الصهر A ثم B و C، ويعود السبب في ذلك إلى فاعلية مساعد الصهر(A) في تنقية السبيكة من المتضمنات. علماً إن الفروقات التي تم ملاحظتها على شكل وتوزيع المتضمنات في الشكل(9) يعزى إلى عدم استخدام الدرفلة على الساخن لعدم توفرها واقتصرت عملية التشكيل على الساخن بالكبس فقط.

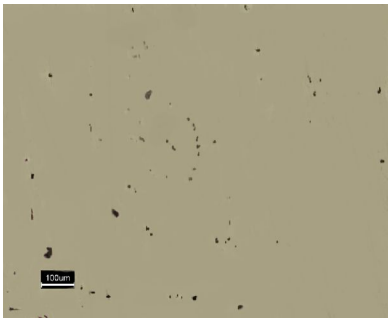
a- طرف العينة **b- المنطقة بين الطرف والمنتصف** **c- منتصف العينة**

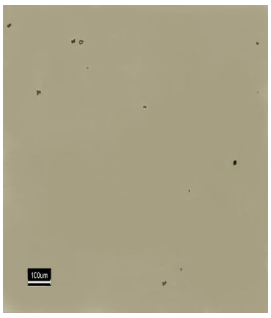
شكل (7) تغير تركيز المتضمنات لسبيكة براص (70/30) المنتجة بدون استخدام مساعد صهر ذي الرمز (W)ومشكلة على الساخن والبارد 40% ، العينة مصقولة



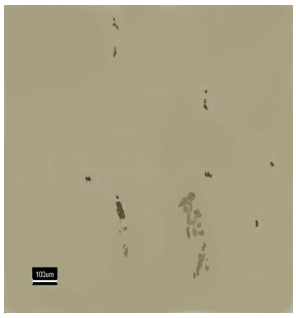
a- طرف العينة **b- المنطقة بين الطرف والمنتصف** **c- منتصف العينة**

شكل (8) تغير تركيز المتضمنات لسبيكة براص (٣٠ /٧٠) المشكلة على الساخن والبارد (٧٠%) ذي الرمز (D) المنتجة محلياً ، العينة مصقولة .



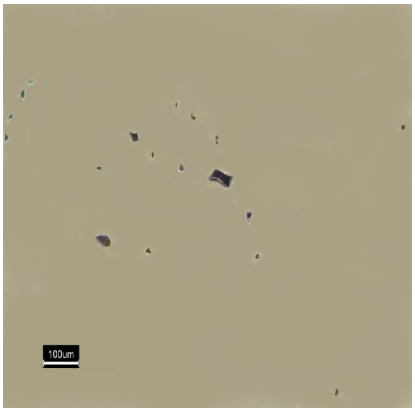


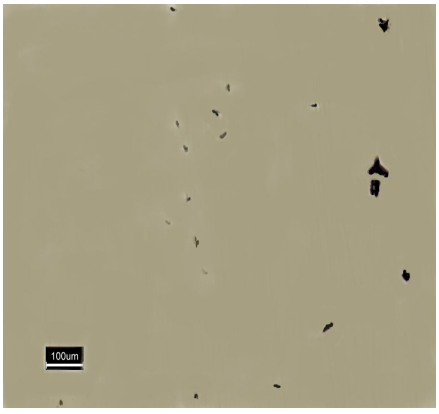
a- السبيكة (D) منتجة محلياً ومشكلة على الساخن والبارد 70%



c- السبيكة المنتجة باستخدام مساعد الصهر (A)

b- السبيكة المنتجة بدون استخدام مساعد صهر (W)





e- السبيكة المنتجة باستخدام مساعد الصهر (C)

d- السبيكة المنتجة باستخدام مساعد الصهر (B)

شكل (9) تغير حالة المتضمنات بعد التشكيل على الساخن والبارد (40%) لسبائك براص (70/30) العينات مصقولة

سبائك براص (70/30) المنتجه باستخدام مساعدات الصهر المختلفه

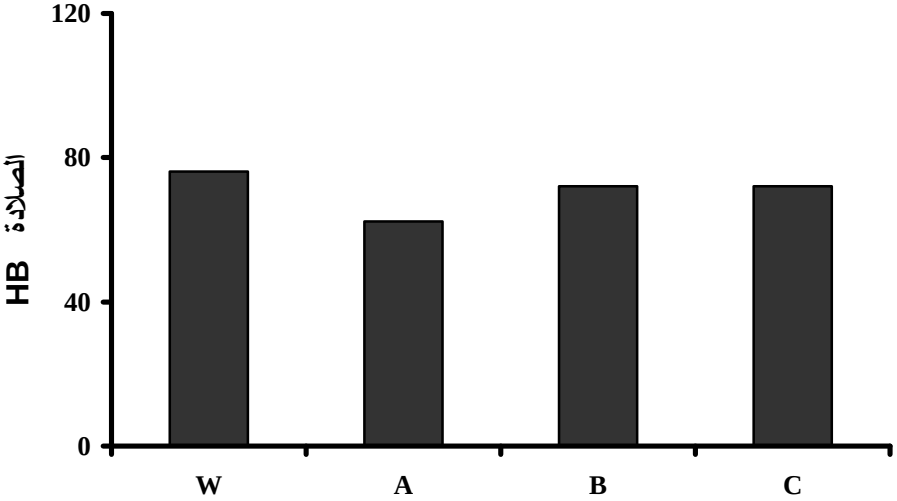
أن محتوى المتضمنات في السبائك عند الصهر قد انخفضت وقد تبع ذلك انخفاض في قيم الصلادة لهذه السبائك والشكل (10) يوضح ذلك.

سبائك براص (70/30) المنتجة باستخدام مساعدات الصهر المختلفة، بعد التشكيل على الساخن والبارد

يلاحظ أن قيمة الصلادة للسبيكة (W) هي أقل من السبائك الأخرى المنتجة باستخدام مساعدات الصهر المختلفة حيث بلغت(79HB) ويعود السبب إلى ارتفاع محتوى المتضمنات لهذه السبيكة قبل التشكيل الذي أعاق عملية التشكيل وتداخل الحبيبات مع بعضها البعض، بينما الارتفاع الملحوظ في قيمة الصلادة للسبيكة (A) والتي بلغت(94HB) كان سببه انخفاض محتوى المتضمنات لهذه السبيكة مما ساعد على استجابة السبيكة لعمليات التشكيل على الساخن والبارد وتداخل الحبيبات مع بعضها البعض لتصبح قيمة الصلادة لهذه السبيكة عالية إذا ما قورنت مع سبائك براص (70/30) المنتجة باستخدام مساعدي الصهر (BوC).

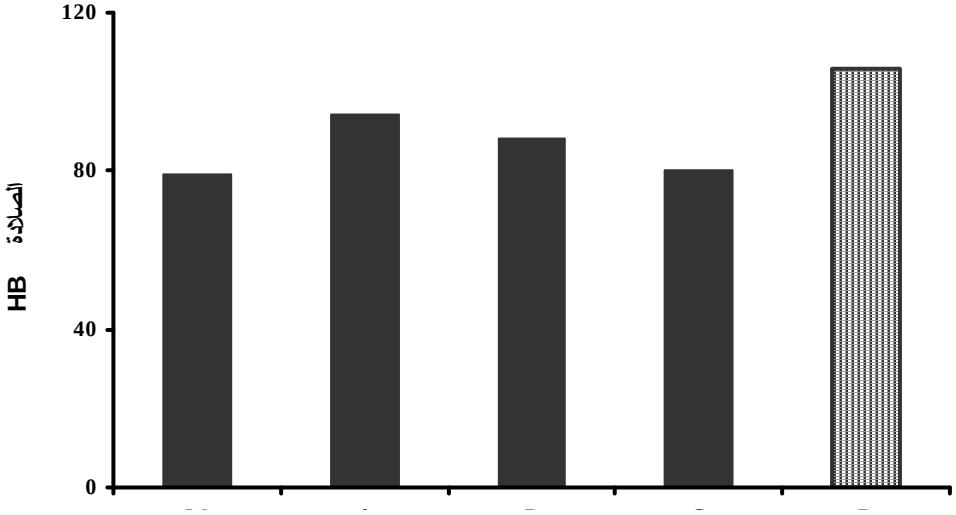
أما السبيكة (D) المنتجة محلياً فأن سبب ارتفاع قيمة صلادتها يعود إلى زيادة كمية التشكيل على الساخن والبارد والذي كان بنسبة70% مما ساعد على تكسر المتضمنات وتوزيعها بشكل منتظم في المسبوكة.

الشكل (6) يوضح تغير قيم الصلادة لسبائك براص (70/30) المنتجة باستخدام مساعدات الصهر المختلفة، بعد التشكيل على الساخن والبارد 40%.



السبائك المنتجة باستخدام مساعدات الصهر المختلفة

الشكل (10) يوضح تأثير نوع مساعد الصهر على قيم الصلادة



الشكل (11) تغير قيم الصلادة لسبائك براص (70/30) المنتجة باستخدام مساعدات الصهر المختلفة بعد التشكيل على الساخن والبارد 40%

تأثير نوع مساعد الصهر على الخواص الميكانيكية لسبائك براص(70/30) بعد التشكيل على الساخن والبارد40%

أن عدم استخدام مساعد الصهر في سبيكة براص (70/30) له تأثير كبير في زيادة محتوى المتضمنات في هذه السبيكة، حيث عند أجراء عمليات التشكيل فأن وجود هذه المتضمنات أدى إلى تكثف الأنخلاعات في مناطق مختلفة من المسبوكة لعدم تكسر هذه المتضمنات وتوزعها بشكل متجانس في المسبوكة، ويمكن ملاحظة ذلك من الشكل السابق (9) إذ أن المتضمنات كانت بحجوم كبيرة وغير موزعة توزيعاً منتظماً في السبيكة (W) مما أدى ذلك إلى انخفاض قيمة مقاومة الشد لهذه السبيكة وفشلها بأقل نسبة استطالة كما مبين في الجدول (5). بينما نلاحظ أن انخفاض محتوى المتضمنات في السبيكة (A) والذي يدل على كفاءة مساعد الصهر(A) المستخدم في ألسباكة بإزالة أكبر نسبة من المتضمنات من هذه السبيكة قد أدى إلى تداخل الحبيبات مع بعضها أثناء عمليات التشكيل وتكسرها وتحولها إلى حجوم صغيرة وموزعة بشكل متجانس في المسبوكة، مما أدى إلى ارتفاع قيمة مقاومة الشد إلى(605) نيوتن/ملم^2 ونسبة الاستطالة (9%) لهذه السبيكة بما يتناسب مع القيم القياسية لسبيكة براص (70/30) المدرفلة على البارد[15].

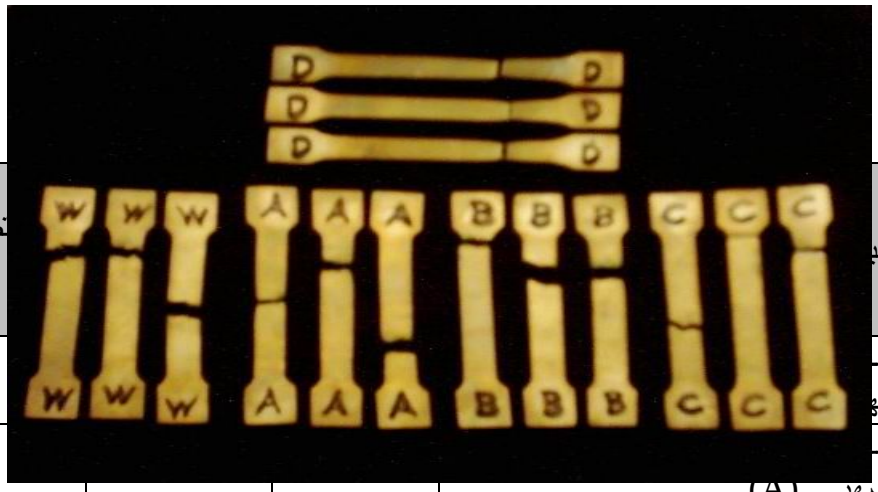
أما بالنسبة للسبيكة (B) فأن تكسر بعض المتضمنات أثناء عملية التشكيل أيضاً أدى إلى تحسن في قيمة مقاومة الشد (446) نيوتن/ملم^2 ونسبة الاستطالة (5%) لهذه السبيكة إذا ما قورنت مع السبيكة (W) وهذا يدل على أن مساعد الصهر(B) قد عمل على إزالة المتضمنات بشكل مناسب، مع حدوث انخفاض في الخواص الميكانيكية لهذه السبيكة.

أما السبيكة (C) فأن قيمة مقاومة الشد (421) نيوتن/ملم^2 ونسبة الاستطالة (3%)، برغم تكسر المتضمنات وتوزعها إلا أن توزيعها غير متجانس مما أدى إلى انخفاض قيمة مقاومة الشد ونسبة الاستطالة لهذه السبيكة.

أما بالنسبة للسبيكة (D) المنتجة محلياً فأن توزيع المتضمنات بشكل متجانس في السبيكة بسبب كمية التشكيل(70%) أدى إلى رفع قيمة مقاومة الشد إلى (626) نيوتن/ملم^2 ونسبة الاستطالة إلى (12%). الشكل (12) يوضح عينات اختبار الشد بعد الكسر.

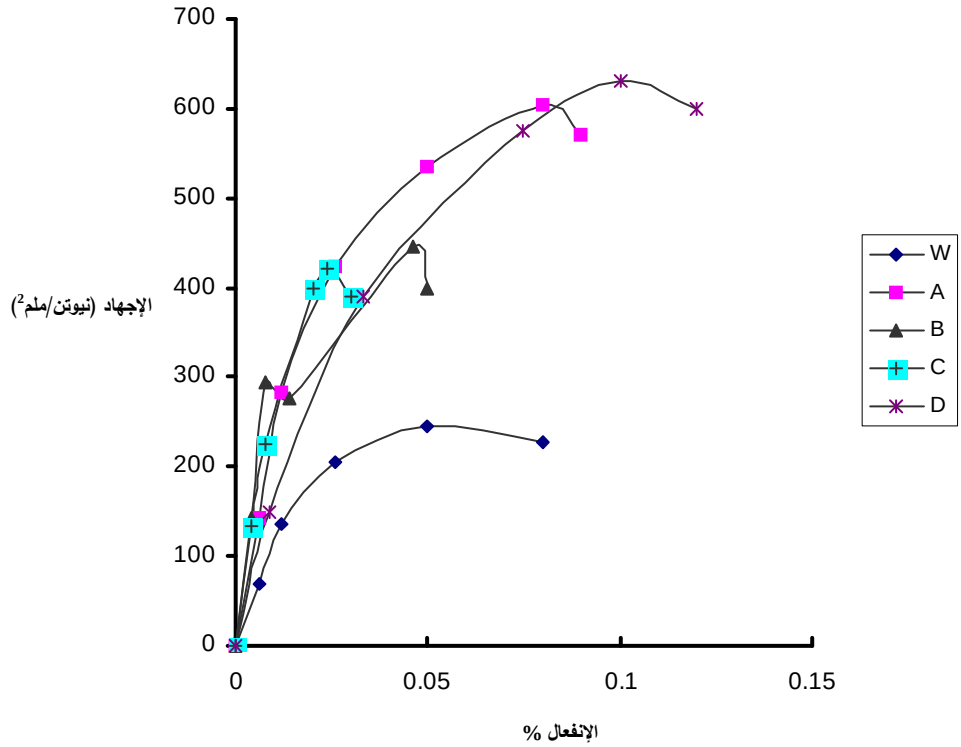
ويمكن ملاحظة التغير في منحنيات الإجهاد والانفعال للسبائك من خلال الشكل (13).

الجدول (5) يبين قيم الخواص الميكانيكية لسبائك براص(70/30) المنتجة باستخدام مساعدات الصهر المختلفة، بعد التشكيل على الساخن والبارد 40%



السبيـ			نطالة
السـ صهـ			
السـ الصهر (A)			
السبيكة المنتجة باستخدام مساعد الصهر (B)	446	365	5
السبيكة المنتجة باستخدام مساعد الصهر (C)	421	235	3
السبيكة (D) منتجة محليا ومشكلة على الساخن والبارد 70%	626	245	12

الشكل (12) عينات اختبار الشد بعد الكسر



الشكل (13) منحنى الإجهاد والإنفعال لسبائك براص (70/30) المنتجة باستخدام مساعدات الصهر المختلفة

تـاثير مسـاعد الصـهر (A) علـى محتـوى المتضـمنات والخـواص الميكانيكيـة لسبيكة براص (70/30) المنتجة حسب المواصفة الأمريكية (ASTM B208)

بعد التأكد من تجارب الصب السابقة وتحديد أفضل الظروف للحصول على أقل محتوى للمتضـمنات فـي السـبيكة، تـم لاحقـاً اعتمـاد أجـراء عمليـة صـب إضـافية تحقـق جميـع تلـك الظروف وبإتباع التصميم الوارد في المواصفة الأمريكية حيث يوضح الشكل(14) البنية المجهرية لسبيكة البراص(70/30) المنتجة باستخدام مساعد الصهر(A) حسب المواصفة الأمريكية لصب عينات اختبار الشد لسبائك النحاس بالسباكة الرملية، حيث يلاحظ انخفاض محتوى المتضمنات بشكل واضح ، وهذا يعتبر مؤشراً على كفاءة مساعد الصهر(A) في إزالـة المتضـمنات مـن السـبيكة، وكانـت أطـوال المتضـمنات فـي هـذه السـبيكة تتـراوح بين(16.25-1.2)مايكرون.

وقد تم إجراء اختبار الصلادة ووجد أن معدل الصلادة كان(61HB). أما بالنسبة لقيم مقاومة الشد ومقاومة الخضوع والنسبة المئوية للاستطالة التي تم الحصول عليها من اختبار

الشد، فقد بينت نتائج الاختبار إن مقاومة الشد كانت(225)نيوتن/ملم^{2} والمطيلية(50%)، ويلاحظ من خلال النتائج التي تم الحصول عليها إن استخدام مساعد الصهر (A) ساعد في تنقية السبيكة من المتضمنات والحصول على خواص ميتالورجية وميكانيكية تتوافق مع المواصفات القياسية للسبيكة والواردة في المواصفة الأمريكية(ASTM B19). يوضح الشكل (15) عينات اختبار الشد بعد الكسر.

a- طرف العينة **b- المنطقة بين الطرف والمنتصف** **c- منتصف العينة**

شكل (14) محتوى المتضمنات لسبيكة البراص(70/30) المنتجة باستخدام مساعد الصهر (A) حسب المواصفة الأمريكية

شكل (15) عينات اختبار الشد بعد الكسر

الأستنتاجات

1- مساعد الصهر (A) أدى إلى انخفاض كمية المتضمنات مما ساعد على تداخل الحبيبات مع بعضها عند أجراء عمليات التشكيل وبالتالي إلى زيادة في قيم مقاومة الشد والصلادة، بينما لم يحصل ذلك في السبيكة المنتجة بدون مساعد صهر والسبائك المنتجة بمساعدات صهر نوع (C,B).

2- أكبر معدل لأطوال المتضمنات كان في السبيكة المنتجة بدون استخدام مساعد صهر قبل وبعد التشكيل.

3- أظهرت النتائج أن السبيكة براص(70/30) المشكلة على الساخن والبارد بنسبة (40%) هي أفضل السبائك المنتجة باستخدام مساعدات الصهر المختلفة بعد عملية التشكيل وكما يلي:-

$$A > D > B > C > W$$

من حيث أقل معدل لأطوال المتضمنات في تلك السبائك.

المصادر

1- J.Crane and J.Winter, "Copper: Properties and Alloying". Encyclopedia of Materials Science and Engineering, Vol.2, M.B.Bever, Ed, Pergamon Press and the MIT press, 1986.

٢- بشير عبد علي جاسم،"قابلية التشكيل لصفائح(ألفا-براص)"،رسالة ماجستير،قسم هندسة الإنتاج والمعادن، الجامعة التكنلوجية ، ٢٠٠٣ .

3-R.A.Higgins, "Materials For The Engineering Technician", 2nd ed., Hodder and Stoughton,London, 1987

٤-ديفيز د.ج أويلمان ل.أ. ترجمة،د.جعفر طاهر الحيدري،السيد عدنان نعمه،"المعادن بنيتها وخواصها ومعاملاتها الحرارية"،الجامعة التكنولوجية، بغداد،١٩٨٩.

5- Metals, Handbook, "Casting", 9th ed., Vol.15, 1988.

6- C.M.Dozind, "Modern Methods of Analysis of Copper and Its Alloys", 2nd ed., 1963:J.H.Mendenhall.Understanding Copper Alloys, 1980.

7-Handbook, FOSECO, Foundry man's, 1975.

٨- سها سعيد، عادل مصطفى، براءة اختراع (تراكيب لإزالة الخبث من منصهرات النحاس والبراص)،شركة الباسل ألعامة،رقم براءة الاختراع ٢٩٩٩ في٢٠٠١/١١/١٧

٩-د. صالح أمين گرجي، د. وليد محمد صالح، د. طالب حسين ألشريفي،" خواص المواد الهندسية "،مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر،بغداد،١٩٩٠.

١٠- د. عبد الرزاق إسماعيل،د. نوفل محمد حسين،"تكنولوجيا ألسباكة"،الجامعة التكنولوجية ،بغداد،١٩٩٠.

11- Designation,"Standard Practice for Preparing Tension Test Specimens for Copper-Base Alloys for Sand Casting",ASTM,B208-82.

١٢ - د.منى خضير عباس،"دراسة تأثير إضافة الألمنيوم على بعض الخواص الميكانيكية لسبيكة البراص ألفا (٧٠/٣٠)" وقائع مؤتمر الهندسة الميكانيكية الأردني الدولي الرابع،٢٠٠١.

13- Metals, Annual Book of ASTM Standards, Vol.03:01, "Mechanical Testing; Metallography", 1988.

14- W. Bolton, "Engineering Materials Technology", 3rd ed.,Better worth, 1998.

15- Metals, Handbook, "Properties and Selection of Metals", 8th ed., ASM, Vol.1, 1979.