السبائك منخفضة الانصهار كنماذج تعليمية وصناعية بين التشكيل بالصب والتشكيل بالترسيب الكهربي

Low fused alloys as an educational and industrial aid
Practices in casting and electrodeposition forming

ا.م.د/ السيد انور الملقي
م.د/ محمد العوامي محمد
قسم المنتجات المعدنية والحلي - كلية الفنون التطبيقية- جامعة حلوان

ملخص البحث:

تعتبر السبائك المعدنية من الخامات الهامة فى صناعة العديد من المنتجات لصفاتها التي تميزها عن المعادن الاصلية المكونة لها ، ومن هذه الصفات درجة الانصهار التي غالبا ما تنخفض في السبيكة عنها في المعادن المنفردة ومن هذه السبائك مايعرف بالسبائك ذات درجات الانصهار المنخفضة والتي تتراوح بين ٤٧ ° م و ١٤٩ ° م وهو ما نتج عنه استخدام هذه السبائك في عمل عديد من النماذج حيث يمكن التعرف على وايجاد نماذج سريعة التجهيز وسهلة الاعداد لعملية التشكيل بالترسيب الكهربي وآمنة لصب النماذج التعليمية. اهم السبائك التى يمكن استخدامها فى اعداد هذه النماذج هي سبائك البزموت مثل البزموت والقصدير(١٠٣ ° م) البزموت والقصدير والرصاص(٩٥ °م) البزموت والرصاص والقصديروالانديوم(٥٦ ° م)، سبائك الإنديوم مثل الانديوم والقصدير(١١٥ ° م) - الانديوم والرصاص والقصدير(٣٠ ° م)، سبائك الكادميوم مثل الكادميوم والرصاص(١٤٠ ° م)- الكادميوم والرصاص والقصدير والفضة (٢١٦ ° م)، سبائك الجاليوم مثل الجاليوم والانديوم(١٥ ° م) الجاليوم و الانديوم والقصدير(١٠ ° م). وقد توصلت الدراسة الى ان الدرجة المنخفضة لانصهار هذه السبائك تجعلها مفيدة جدا كقوالب للتشكيل بالترسيب الكهربي للمنتجات المصنوعة من النحاس والنيكل واحيانا الذهب وسبائكه- و نماذج هذه السبائك تنتج بالصب كبديل هام وضروري للنماذج الغير موصلة للكهرباء والتي تحتاج الى خطوات كثيرة لجعل سطحها موصل كهربيا. يمكن استخدام السبائك منخفضة الانصهار في التطبيقات العملية لمقررات صب المعادن (السباكة) التى تدرس فى مجال تقنيات التصنيع لسهولة صهرها واستخدامها في تحقيق نتائج سريعة وآمنة عند عمل النماذج المختلفة مع الطلاب.

المقدمة:

تعد السبائك المعدنيه من الخامات المهمه فى صناعة العديد من المنتجات ، وذالك لصفاتها الطبيعيه والكيميائيه والميكانيكيه والتي تختلف كثيرا عن المعادن الاصلية المكونة للسبيكة ، وتصنف السبائك طبقا لانظمة التكوين الى السبائك الثنائية العناصر ، ويوجد السبائك الثلاثية والرباعية والخماسية ..... الخ ، ولكل عنصر من هذه العناصر دور كبير فى تحديد الصفات الاساسية لتلك السبيكة ، فهناك من العناصر حين وجودها فى السبيكة يكون دوره زيادة فى صلادة السبيكة وهناك من يكون دوره زيادة فى معامل الشد الضغط أو اللدونه ، أو تقليل درجة انصهار السبيكة وهذا هو موضوع البحث ، والذى بدوره يتمركز على اهم المعادن التى توضع فى السبيكة فتعمل على تقليل درجة انصهارها على حسب نوع المعادن الموجودة فى السبيكة ، وعددها ، ونسبة كل عنصر من هذه العناصر ، وبذالك نحصل على سبيكة جيدة فى كثير من الخواص ، وذات درجات انصهار قليلة جدا مما يساعد على استخدامها بطرق شتى في عمل نماذج ومنتجات مختلفه تحتاج الى هذه الخصائص ، والتي من اهما سهولة التشكيل بطرق بسيطة واقتصادية موفرة للطاقة وكذالك التشكيل بالترسيب الكهربي عليها مباشرة دون الحاجة الى معالجة سابقة مثل المواد الغير موصلة للتيار الكهربى كالشمع و..... الخ ، التى تستخدم فى ذلك المجال بطرق كثيره وصعبه وطويله وذلك للانها غير موصلة للتيار الكهربى ، وانما فقط لكونها سهلة التشكيل وقليلة فى درجة انصهارها ٠

ان هذه السبائك المنخفضة فى درجات انصهارها والتى تصل الى أقل من ١٠٠ درجة مئوية ، والتى يمكن صهرها فى اى مكان دون الحاجة الى تجهيزات خاصة ، تعطى فرصة كبيرة للاستخدام كنماذج فى عديد من المجالات التعليمية (تدريس تكنولوجيا السباكة ومادة تكنولوجيا التغطية والترسيب الكهربي) والصناعية على حسب مواصفات النموذج المطلوبه ٠

- لذلك كانت الحاجة الى نماذج معدنية سريعة التجهيز وسهلة الاعداد لاستخدامها فى عمليات التشكيل بالترسيب الكهربى وآمنة لصب النماذج التعليمية٠

وتهدف الدراسة الى

- نصتيف السبائك ذات درجات الانصهار المنخفضة
- تحليل لاهم السبائك التى يمكن استخدامها فى اعداد النماذج.
- مقارنة للسبائك المنخفضة فى درجات انصهارها بين الاستخدام فى عملية التشكيل بالترسيب الكهربى والتشكيل الصب لعمل نماذج تعليمية ، تستخدم لتحقيق هذه الاهداف المنهج الوصفي.

١- ما هى السبائك المنخفضة درجات الانصهار

يمكن تعريف السبيكة بانها خليط من اثنين أو أكثر من العناصر (معدنية أوغير المعدنية تنصهر معا) احدهم على الاقل معدن وعلى مر التاريخ من صنع المنتجات المعدنية ، قد تم صنع السبائك واستخدامها لتشكيل الأسلحة والتماثيل و القطع النقدية، والحلي. ([1])

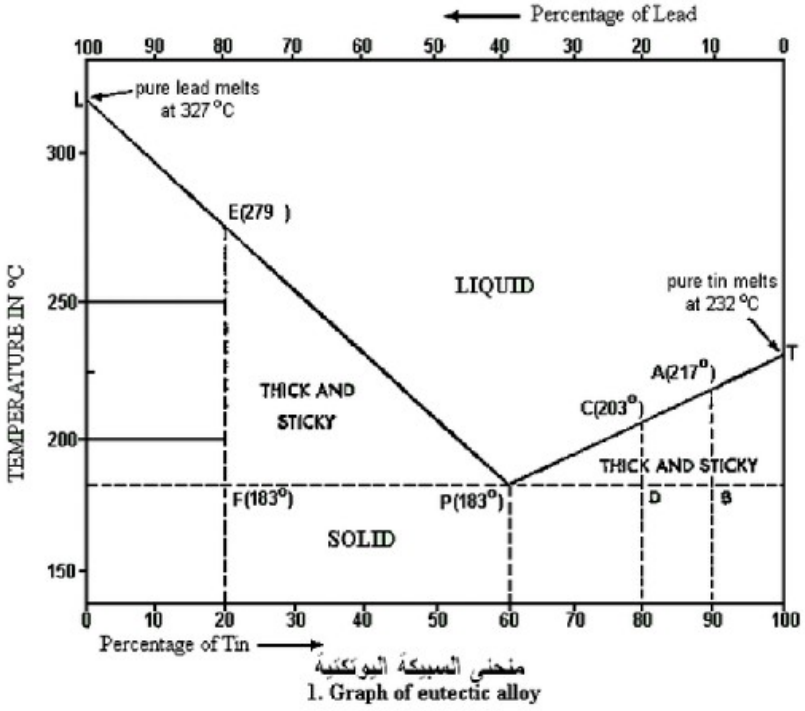
وعند خلط الزنك مع النحاس المصهور من شأنه أن ينتج سبيكة من النحاس الاصفر سهلة الصب و ذات درجة انصهار أقل من النحاس النقي . لذا جاء البحث لدراسة درجات صهر المعادن و السبائك من أجل استخدام سبائك ذات درجات انصهار منخفضة في العديد من المجالات.

السبائك منخفضة الانصهارFusible alloys هي المواد التي تذوب في أقل من ١٤٩ ° مئوية،اي أقل بكثير من درجة

انصهار سبيكة اللحام من القصدير والرصاص اليوتكتية .
السبائك منخفضة الانصهار تصنف إما سبائك يوتكتية أو غير يوتكتية واذا كانت السبائك يوتكتية فان نقطة الانصهار تتزامن مع نقطة التجمد واذا كانت السبائك غير يوتكتية فانها ذات مدى واضح بين نقاط الانصهاروالتجمد والتي تكون فيها السبائك لينة والبزموت هو العنصر الرئيسي في تكوين العديد من هذه السبائك وهو يؤثر في خفض درجة انصهار السبيكة.
وتشمل السبائك منخفضة الانصهار مجموعة من السبائك الثنائية، الثلاثية، الرباعية، وكذالك الخماسية التي تحتوي على البزموت والرصاص والقصدير والكاديوم والإنديوم.
ويوجد أكثر من ١٠٠ سبيكة معدنية بيضاء تذوب في درجات حرارة منخفضة نسبيا اقل من درجة انصهار سبيكة اللحام اليوتكتية للقصدير والرصاص(١٨٣ درجة مئوية، أو ٣٦٠ ° F) وقد تصل درجات انصهار هذه السبائك إلى ٤٧ درجة مئوية
والعديد من هذه السبائك مستخدمة في تطبيقات صناعية مختلفة معتمدة في ذلك علي التكوين اليوتكتي للسبيكة منها انظمة اطفاء الحرائق الاتوماتيكية ،والتحكم في المراجل البخارية والافران وعمل النماذج التعليمية والصناعية المختلفة وغيرها من الاستخدامات.

ملحوظة

(السبائك اليوتكتية هي مخلوط من المعادن له درجة انصهار اقل من اي معدن منفرد مكون لها ، والسبيكة اليوتكتية ذات تركيب حبيبي غير متجانس ولذلك فمن المرجح ان تكون هشة وعرضة للتشوه والتاكل)



1. Graph of eutectic alloy

شكل (١)

من اهم خصائص هذه السبائك انها قابلة للاستخدام مرات عديدة ولذلك خواصها الميكانيكية غالبا ما تعتمد على الفترة الزمنية التي قد انقضت منذ الصب، فضلا عن ظروف الصب و معدل التصلب . ظروف الاختبار تؤثر أيضا على قيم الخواص الميكانيكية. وعلى سبيل المثال يمكن لعديد من هذه السبائك تظهر هشة عندما تتعرض لصدمة مفاجئة ولكنها تحتفظ باللدونة العالية في ظل بطء معدلات الاجهاد.
في بعض السبائك يحدث لها انكماش جزئيا عادي بسبب التبريد بعد التصلب ، على سبيل المثال، سبائك البزموت تحتوي على ٣٣-٦٦ ٪ الرصاص معرضة للتمدد بعد التصلب و خلال الاطوار المتتابعة .
تظهر بعض هذه السبائك ليس لها أي انكماش او تمدد سريعا وهي لا تزال دافئة ولكنها تظهر انكماش طفيف خلال الدقائق القليلة الأولى للتصلب ثم تبدأ في التمدد ؛في البعض الآخر ، والتمدد لا يبدأ حتى بعد مرور بعض الوقت على السبائك التي قد بردت إلى درجة حرارة الغرفة.
كل من الخصائص الثلاث - التمدد، الانكماش، او عدم تغير الحجم - يمكن أن توفر مزايا محددة ، اعتماداعلى التطبيق. على سبيل المثال، نمط وود(wood) يستخدم لصنع قوالب ذات أبعاد أكبر من تلك المطلوبة للتعويض عن انكماش الصب عند التصلب و أثناء التبريد إلى درجة حرارة الغرفة.
عموما قدرة هذه السبائك على تحمل الاحتكاك جيدة بالرغم من بعض التشوه الذي قد يحدث عند التعرض للضغط لفترات طويلة بالاضافة الى ذلك ان الصلادة وبعض الخواص الميكانيكية الاخرى قد تتغير بمرور الوقت والسبب في ذلك ربما يحدث للتغيرات في التركيب البنائي الناتجة عن التمدد او الانكماش.
قدرة هذه السبائك على الانصهار في درجات حرارة منخفضة يجعلها مثالية للاستخدام في تطبيقات عديدة مثل:- الأجهزة الحرارية مثل اجهزة الاحمال الزائدة- وصلات الامان، والصمامات، لحام سبائك ذات درجات الحرارة المنخفضة الانصهار مثل سبائك القصدير والرصاص و عمليات لحام بالماكينات من خلال الثقوب للطبقات سميكة متعدد الدوائر المطبوعة الالكترونية. **(2)**

٢- اهم السبائك المستخدمة في اعداد النماذج

من العناصر المكونة لهذه السبائك المنخفضة الانصهار هي:
- البزموت Bismuth - القصدير tin -- الانديوم Indium -

الرصاص lead - الجاليوم Gallium- - الكادميوم Cadmium. والجدول (١) يوضح بعض خصائص المعادن المكونة للسبائك المنخفضة الانصهار.(2)

جدول (١)

العنصر	العدد الذري	الكثافة بالجرام/سم٣	درجة الانصهار (مئوية)	درجة الغليان (مئوية)
البزموت	٨٣	٩,٧	٢٧١	١٦١٠
الكادميوم	٤٨	٨,٦٥	٣٢٠	٧٦٧
الجاليوم	٣١	٥,٩	٣٠	٢٤٠٣
الانديوم	٤٩	٧,٣١	١٥٦	٢٠٧٣
الرصاص	٨٢	١١,٣٤	٣٢٧	١٧٥٠
القصدير	٥٠	٩,٣	٢٣٢	٢٦٠٣

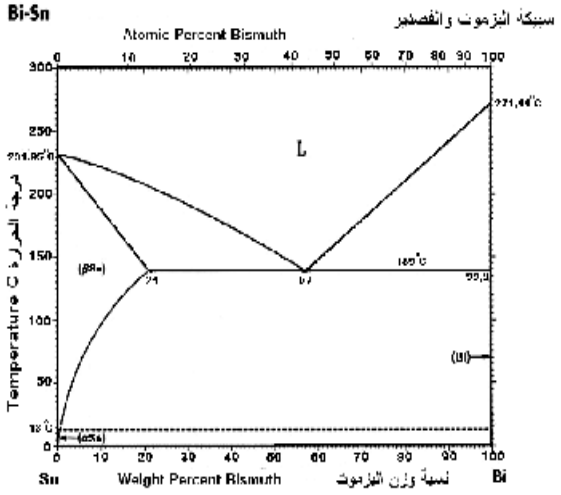
٢-١- سبائك البزموت Bismuth alloys

هذه السبائك هي الاقل تكلفة من معظم السبائك ذات درجات الانصهار المنخفضة والاكثر امانا نظرا لوجود عنصر البزموت الغير سام – ولذلك تستخدم سبائك البزموت والقصدير في شبكات المياه الصالحة للشرب ويوضح شكل (١) منحنى سبيكة البزموت والقصدير ذات درجة انصهار ١٣٩درجة مئوية وجدول (٢) يوضح بعض سبائك البزموت المنخفضة الانصهار.

٢-٢- سبائك الإنديوم Indium alloys

وهي سبائك تتكون من الانديوم والرصاص والقصدير وأحيانا يضاف اليها الفضة- وهي ذات درجات انصهار تتراوح بين ١١٨ الى٢٦٠ درجة مئوية حيث ان سبيكة الانديوم والقصدير اليوتكتية درجة انصهارها ١١٨ درجة مئوية.

هذه السبائك ذات أداء مميز جدا عند درجات حرارة التشغيل التي لا تتجاوز ١٢٠ درجة مئوية و هي فريدة من نوعها، لانخفاض درجة ذوبانها، ولدونتها المعدنية وهي مستخدمة في بعض سائك الذهب تحت ضغط منخفض نسبيا، مقاومة ممتازة للإجهاد عند المعالجات الحرارية الأقل من درجة انصهارها ويوضح شكل (٢) منحنى سبيكة الانديوم والقصدير ذات درجة انصهار ١٢٠درجة مئوية وجدول(٣) يوضح بعض سبائك الانديوم المنخفضة الانصهار.



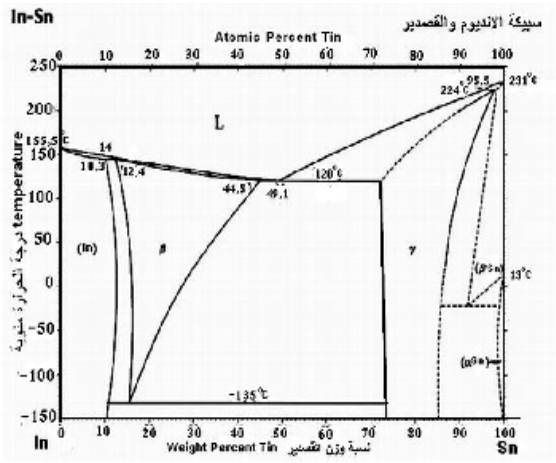
شكل (١)

جدول (٢)

السبيكة	نسبة البزموت %	نسبة الرصاص %	نسبة القصدير %	نسبة الانديوم %	نسبة الكاديوم %	درجة الانصهار(مئوية)
البزموت والرصاص	٥٥,٥	٤٤,٥	-	-	-	١٢٤
البزموت والقصدير	٤٠	-	٦٠	-	-	١٠٣
البزموت والرصاص والقصدير	٥٢,٥	٣٢	١٥,٥	-	-	٩٥
البزموت والقصدير والرصاص	٤٦	٢٠	٣٤	-		١٠٠
البزموت والقصدير والانديوم	٥٧	١٧	-	٢٦	-	٧٩
البزموت والرصاص والقصديروالكاديوم	٥٠	٢٦,٧	١٣,٣	-	١٠	٧٠
البزموت والرصاص والقصديروالكاديوم	٥٠	٢٥	١٢,٥	-	١٢,٥	٧٢
البزموت والرصاص والقصديروالانديوم	٤٩	١٨	١٢	٢١	-	٥٦
البزموت والرصاص والقصديروالانديوم والكاديوم	٤٧,٧	٢٢,٦	٨,٣	١٩,١	٥,٣	٤٧

جدول (٣)

السبيكة	الانديوم%	الرصاص%	القصدير%	الفضة%	درجة الانصهار(مئوية)
الانديوم والرصاص والفضة	٨٠	١٥	-	٥	١٤٢
الانديوم والرصاص	٧٠	٣٠	-	-	١٦٥
الانديوم والرصاص	٦٠	٤٠	-	-	١٧٣
الانديوم والقصدير	٥٢	-	٤٨	-	١١٨
الانديوم والرصاص والقصدير	٢٦	٣٦,٥	٣٧,٥	-	١٣٤
الانديوم والرصاص والقصدير	٢٠	٢٦	٥٤	-	٣٠
الانديوم والقصدير	٥٠	-	٥٠	-	١١٥



شكل (٢)

٢-٣- سبائك الكادميوم Cadmium alloys

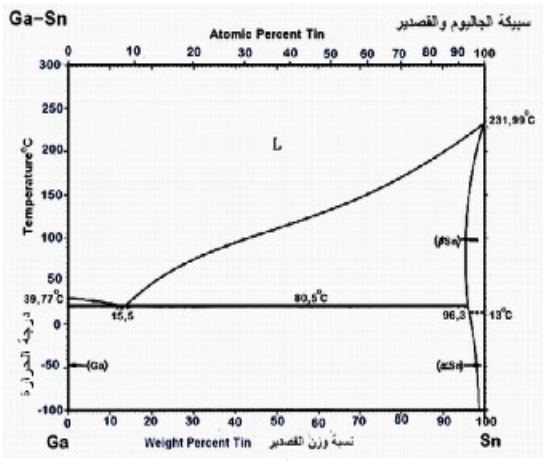
سبائك الكادميوم من أفضل أنواع السبائك ذات درجات الانصهار المنخفضة والأكثر ملائمة لعمليات لحام عديد من المعادن مثل الذهب والفضة والالومنيوم وبعض المعادن الأخرى التي من الصعب لحامها وجدول(٤) يوضح بعض سبائك الكادميوم المنخفضة الانصهار. **([2])**

٤- سبائك الجاليوم Gallium alloys

سبائك الجاليوم ذات درجات انصهار منخفضة جدا لدرجة انه يمكن تذوب في درجة حرارة الغرفة. هذه السبائك يمكن استخدامها لتحل محل الزئبق في عديد من التطبيقات مثل الترمومترات الحرارية، كما ان سبائك الجاليوم والإنديوم لها توصيلية مميزة للكهرباء وهي قابلة للتشكيل في قوالب بسهولة ويغطي سطحها طبقة رقيقة غير ظاهرة للعين المجردة تحمي باقي السبيكة من التآكل و يوضح شكل (٤) منحنى سبيكة الجاليوم والقصدير ذات درجة انصهار ٢٠,٥درجة مئوية ويوضح جدول(٥) بعض سبائك الجاليوم ذات درجات انصهار منخفضة جدا **([3])**

جدول (٤)

السبيكة	نسبة الكادميوم %	نسبة الرصاص %	نسبة القصدير %	نسبة الفضة %	درجة الانصهار(مئوية)
الكادميوم والرصاص	٧٠	-	٣٠	-	١٤٠
الكادميوم والقصدير	١٨	٣٢	٥٠	-	١٤٥
الكادميوم والرصاص والقصديروالفضة	١	٣٢	٦٥	٢	٢١٦



شكل (٣)

تنخفض درجة الانصهار الى اقل درجة ممكنة من أي خليط من المعادن الآتية:
البزموت٥٠%الرصاص٢٥% قصدير ١٢,٥% الكادميوم ١٢,٥% ودرجة انصهار هذه السبيكة حوالي ٧٠ درجة مئوية وهي أقل من درجة غليان الماء.
ويوضح شكل (٥) كيف يذوب سلك من السبيكة في كوب ماء ساخن.
وتعد غالبية السبائك عن طريق خلط المعادن في حالة منصهرة، ثم يصب الخليط في قوالب معدنية أو رملية ثم يترك ليتصلب.
عموما العنصر الرئيسي يصهر الأول ، ثم تضاف إليه العناصر الأخرى وينبغي أن تذوب تماما فمثلا عند صنع سبيكة اللحام نصهر أولا الرصاص ثم يضاف إليه القصدير والمواد المساعدة ثم تصب السبيكة في شكل قضبان. **(4)**
بعض السبائك المعدنية لا تذوب بهذه الطريقة اي لا تختلط ببعضها لتشكيل سبائك مفيدة فمثلا
عند إضافة الألومونيوم بدلا من القصدير إلى الرصاص فإن المعدنين لا يختلطا ولكنها تتصرف مثل الزيت والمياه عندما يلتقيان وعند الصب فإن المعادن سوف تنفصل في طبقتين، ويكون الرصاص الثقيل طبقة سفلى والألومنيوم أعلاه.

اعداد السبائك المنخفضة الانصهار

بالاختيار الدقيق للمكونات، من الممكن صنع سبائك ذات درجات انصهار منخفضة بشكل غير عادي فمثلا السبائك اليوتكتية المعقدة والمكونة من ٤ او٥ عناصر مختلطة لذلك

جدول (٥)

السبيكة	نسبة الجاليوم %	نسبة الانديوم %	نسبة القصدير %	درجة الانصهار (مئوية)
الجاليوم والانديوم	٧٥,٥	٢٤,٥	-	١٥,٧
الجاليوم والانديوم والقصدير	٦٢,٥	٢١,٥	١٦	١٠,٧

شكل (٥)

٤- خطوات تجهيز السبائك كنماذج للتشكيل بالصب

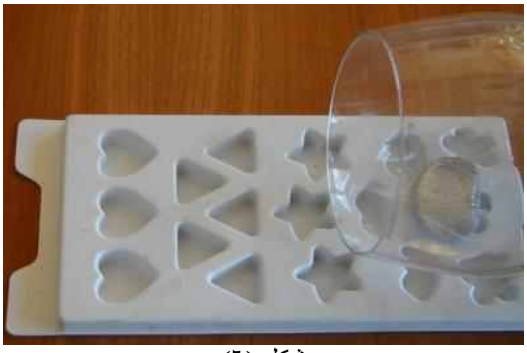
٤-١- اعداد مصدر الطاقة (فرن الصهر).

٤-٢- اختيار المعادن المكونة للسبيكة.

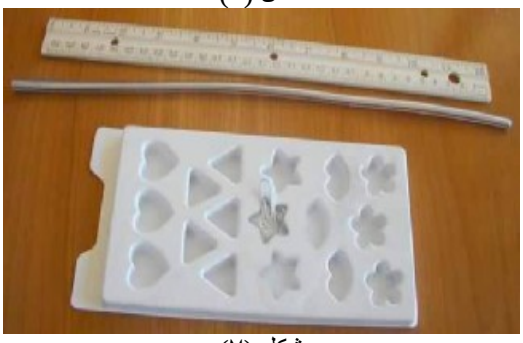
٤-٣- صهر المعدن الرئيسي المكون للسبيكة.

٤-٤- اضافة العناصر الاخرى الى المعدن الرئيسي لتكوين السبيكة.

٤-٥- صب السبيكة في قالب النموذج المطلوب كما في شكل (٦)و(٧)و(٨) وهي توضح مدى سهولة التعامل مع السبائك ذات درجة انصهار منخفضة حتى انها تذوب في كوب ماء ساخن وتصب من خلاله في قالب مصنوع من رقائق البلاستيك اوالمطاط .



شكل (٦)



شكل (٧)

شكل (٨)

٥- اهم نصائح التشغيل:

٥-١- ان تراعي مع الطلاب التعود على حساسية استخدام اذرع التحكم أثناء الصب.

٥-٢- أن يعرف الطلاب يجب عدم صهر المعادن أكثر من خمس مرات لان ذلك يؤدي إلى وجود شوائب التي يمكن أن تعوق البدء في الصب ، مما قد يؤدي إلى تسرب بعض منها الى القوالب ومن ثم النماذج الناتجة و ذلك لان إعادة الاستخدام يدخل الشوائب من مصادر مثل أجزاء من خامة القوالب الموجودة في النماذج المنصهرة و الشحوم والزيوت العالقة باليدين.

٥-٣- كما يجب باستمرار استخدام ملعقة او اداة لكشط الملوثات من سطح المعدن المصهور.

٥-٤- من المهم باستمرار ان نتدرب جيدا على تفريغ وعاء الصب (البوتقة) تماما من المعدن المصهور لازالة الملوثات الغير مرغوب فيها وخاصة عند صهر نفس المعادن مرة اخرى.

٥-٥- تظل البوتقة ساخنة بعد تفريغها تماما من المعدن ولذلك يجب وضع اجزاء صغيرة من المعدن لتساعد في تنظيف الملوثات التي مازالت موجودة بالبوتقة ثم ازالة هذه الاجزاء لاستخدام البوتقة مرة اخرى .

٥-٦- تظل البوتقة ساخنة بعد تفريغها تماما من المعدن ولذلك يجب وضع اجزاء صغيرة من المعدن لتساعد في تنظيف الملوثات التي مازالت موجودة بالبوتقة ثم ازالة هذه الاجزاء لاستخدام البوتقة مرة اخرى .

٥-٧- احيانا قد يتسرب بعض نقاط من المعدن المنصهر من فتحة صب البوتقة وهذا يؤدي

الى وجود كتل صغيرة على سطح مكان الصب لذلك يجب استخدام اداة للتخلص من هذه النقاط حتى لاتعوق عملية الصب.

([5])

٦- خطوات تجهيزها كنماذج للتشكيل بالترسيب الكهربى

ان الدرجة المنخفضة لانصهار هذه السبائك تجعلها مفيدة جدا كقوالب للتشكيل بالترسيب الكهربي للمنتجات المصنوعة من النحاس والنيكل واحيانا الذهب وسبائكه- و نماذج هذه السبائك تنتج بالصب كبديل هام وضروري للنماذج الغير موصلة للكهرباء والتي تحتاج الى خطوات كثيرة لجعل سطحها موصل كهربيا.

- يترسب النحاس اوالنيكل على اسطح نماذج هذه السبائك الموصلة كهربيا بالسمك المطلوب ثم تذاب بالحرارة لتترك المنتج النهائي مفرغ من الداخل وذو سطح املس ناعم.

- السبائك منخفضة درجة إنصهارها فى حدود من 70°م الى 140°م وكلها قوالب مستهلكة يتم سبكها داخل قوالب من خامات معدنية أوغير معدنية كالجبس .

المنتج النهائى من هذه القوالب يفصل بواسطة الإنصهار بالغمر فى زيت السليكون مع درجة حرارة أعلى من درجة انصهار السبيكة نفسها .

وفى بعض السبائك مثل سبائك القصديرعند الإزالة ينصهر ويترك طبقة رقيقة من القصدير هذه الطبقة غير مطلوبة ولذلك يستحسن طلاء القالب بالنحاس قبل عملية التشكيل بالترسيب بعد إنصهار السبيكة يذاب النحاس فى حمض نيتريك أومحاليل مشابهة .

قوالب السبائك المستخدمة يتم إختيارها لخواص الفيزيائية والميكانيكية والتى ذو علاقة بمتطلبات تصميم القالب والانسجام مع المحلول المستخدم فى التشكيل وسهولة الإزالة بعد ذلك[6]

٦-١- التطهير الكاثودى فى المحلول الأتى

هيدروكسيد صوديوم ١٥ جرام/ لتر

كربونات صوديوم	١٥ جرام / لتر
كثافة التيار	١.٥ ــ ٣ أمبيير/ ديسيمتر ٢
درجة الحرارة	27° م ــ 60° م

٦-٢-الغسيل بالماء الساخن

٦-٣- الغمر فى حمض الكبريتيك المخفف (١٠% بالوزن) ولمدة ٢ ـ ٥ دقائق فى درجة حرارة الغرفة .

٦-٤- فى حالة السبائك المحتوية على الرصاص فيجب تنشيطها فى محلول حمض الفلوبوريك (١٠% بالوزن) لمدة من ٢ ـ ٥ دقائق فى درجة حرارة الغرفة .

٦-٥- المعالجة الأنودية فى حمض كبريتيك المخفف (٣% بالوزن) لمدة ٢٠ثانية وكثافة تيار ١أمبير/ديسيمتر^{٢} - هذه لتكوين الطبقة المنفصلة التى تمنع إلتصاق المنتج النهائى بالقالب فى خطوة الإزالة .

٦-٦-الغسيل بالرش بالماء البارد .

٦-٧-الطلاء فى حمام النحاس السيانيدى:

سيانيد نحاس	٤١جرام/لتر
سيانيد صوديوم	٥٠جرام/لتر
سيانيد صوديوم حر	٥.٥ -١١جرام/لتر
طرطرات صوديوم بوتاسيوم	٦٠جرام/لتر
درجة الحرارة	٣٨° م - ٥٥° م
كثافة التيار	٢-٣ أمبير/
الحمضية " **PH** "	١٠.٢-١٠.٥

الطلاء بالنحاس لتغطية القالب عندما يكون التشكيل بالترسيب ليس بالنحاس حيث أنه تزال طبقة النحاس بعد ذلك بالإذابة فى حمض النيتريك .

٦-٨- الغسيل بالماء البارد بالرش .

٦-٩- أتمام عملية التشكيل بالترسيب فى المحلول المطلوب .

٦-١٠- تتم عملية فصل القالب على المنتج النهائى عن طريق إزابة القالب بالغمر فى سوائل مثل زيت السيلكون ويكون درجة حرارتها أعلى من درجة انصهار السبيكة .

٦-١١- تزال طبقة السبيكة الباقية بالغمر فى إحدى المحاليل الأتية:

المحلول الأول:

حمض كبريتيك	٦٠ جرام / لتر
ثانى كرومات الصوديوم	٢٠ جرام / لتر
درجة حرارة الغرفة	

المحلول الثانى:

حمض كبريتيك	٣ أجزاء بالحجم

٦-١٢- تزال طبقة النحاس التى ترسبت فى البداية عن طريق الغمر فى محلول فوق سلفات الأمونيوم ١٠% بالحجم عند درجة حرارة الغرفة إذا كان حمض النيتريك يؤثر على معدن المنتج النهائي .[7]

٧- النتائج والمناقشة

- السبائك ذات درجة انصهار منخفضة تتراوح بين ٤٧° م و ١٤٩° م لها خصائص ميكانيكية وفيزيائية هامة تجعلها مستخدمة في عديد من التطبيقات مثل أنظمة إطفاء الحريق وعمل النماذج التعليمية والصناعية المختلفة.
- عنصر البزموت احد أهم العناصر المكونة للسبائك منخفضة الانصهار وهو ذو تأثير فعال في خفض درجة انصهار هذه السبائك ويتميز بخصائص عديدة اهمها انه معدن خامل وغير سام.
- العديد من المعادن يستخدم في إعداد السبائك منخفضة الانصهار يأتي على رأسها البزموت ثم الانديوم والجاليوم والكادميوم والقصدير والرصاص.
- سبائك البزموت المنخفضة الانصهار هي الأكثر انتشارا والأفضل أمانا والأقل تكلفة من معظم السبائك الاخرى وتتروح درجة انصهارها بين ٤٧° م و ١٢٤° م كما انه يوجد سبائك أخرى منخفضة الانصهار مثل سبائك الانديوم وسبائك الكادميوم وسبائك الجاليوم التي تصل درجة انصهارها إلى ١٥° م .
- يمكن إعداد السبائك منخفضة الانصهار داخل افران خاصة لصهر مكوناتها معا ثم تستخدم السبائك في التطبيقات المختلفة ويجب الالتزام بنصائح التشغيل والإعداد وذلك لان درجات انصهار معادنها منفردة قد تصل الى اكثر من ٢٧٠° م .
- يمكن استخدام السبائك منخفضة الانصهار الموصلة كهربيا في إعداد القوالب المستهلكة لعملية التشكيل بالترسيب الكهربي كبديل متميز لنماذج الشمع الغير موصلة كهربيا والمستخدمة صناعيا في إنتاج الحلي الفضية والذهبية.
- يمكن استخدام السبائك منخفضة الانصهار في تدريس مقرر تكنولوجيا السباكة(التطبيقات العملية) للفرقة الثالثة بقسم المنتجات المعدنية والحلي لسهولة صهرها واستخدامها في تحقيق نتائج سريعة وآمنة عند عمل النماذج المختلفة مع الطلاب.
- يمكن استخدام هذه السبائك في تدريس مقرر تكنولوجيا التغطية والترسيب الكهربي (التطبيقات العملية) للفرقة الثانية بقسم المنتجات المعدنية والحلي وخاصة عند الحاجة إلى نماذج سريعة لتطبيقات عملية التشكيل بالترسيب الكهربي حيث أنها موصل جيد للكهرباء ولا تحتاج للمجهود الذي يبذل في تحويل سطح بعض المواد غير الموصلة كالشمع إلى موصل كهربي وبذلك نتجنب كثير من العيوب التي قد تظهر أثناء الترسيب او في المنتج النهائي.

المراجع

1) William B. Jensen--2010-- Onion’s Fusible Alloy—Department of Chemistry, University of Cincinnati-- Chem. Educ.
2) Dickey Michael D., Ryan C. Chiechi, Ryan J. Larsen, Emily A. Weiss, David A. Weitz,-2008- Eutectic Gallium-Indium (EGaIn)- A Liquid Metal Alloy for the Formation of Stable Structures in Microchannels at Room Temperature- WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
3) Sudershan, Jetley and Daniel K. Low-2006- A Rapid Tooling Technique Using a Low Melting Point Metal Alloy for Plastic Injection Molding- Journal of Industrial Technology- Volume 22.
4) McMaster Carr-2001- Low Melting Temperature Alloys For Foundry and Casting Work- Budget Casting Supply LLC All Rights Reserved
5) D. Romig Alton, Jr .Michael J. DeHaemer - 1998- Metals Handbook Desk Edition,

Second Edition- U.S.A. - American Society for Metals, -ASM International
6) C. Lu and K.T. McDonald-1997- Low-Melting-Temperature Metals for Possible Use as Primary Targets at a Muon Collider Source- Princeton/μμ/97-3.
7) Lukens Robert . P. –2008 – Annual Book of ASTM Standards vol. 02.05 B832-93,– New York U.S.A. Amerrican Society For Testing and Materials.
8) 8- N.V. Parthasaradhy –1989 – Practical Electroplating Handbook – New Jersey U.S.A. –Prentice – Hall Inc.

شبكة المعلومات

9) www.indium.com- Accessed on-2/12/2013
10) www.lowdenlimited.co.uk/PureMetals/ Accessed on-20/11/2013
11) www. scitoys.com/scitoys/scitoys/thermo/thermo4. html- Accessed on-28/10/2013
12) www.alloysspecialty.pdf- Accessed on-29/11/2013
13) www.uefap.com/index.htm- Accessed on-20/11/2013
14) www.mcmaster.com/- Accessed on-1/10/2013
15) www.nait.org- Accessed on-29/11/2013
16) www.gizmology.net/index.htm- Accessed on-20/11/2013
17) www.lowdenlimited.co.uk/PureMetals/Bismuth.html- Accessed on-28/11/2013
18) www.rotometals.com/product-p/lowmeltingpoint158190.htm- Accessed on-29/11/2013
19) www.sewanee.edu/chem/Chem%26Art/Detail_Pages/Projects_2004/Cox/webimages/AMC4web.jpg- Accessed on-20/11/2013
20) www.indium.com
21) Alton D. Romig, Jr .Michael J. DeHaemer-1998 - Metals Handbook Desk Edition, Second Edition-1998- U.S.A. - American Society for Metals, -ASM International
22) http://www.lowdenlimited.co.uk/PureMetals/
23) www. specialty alloys.pdf
24) Michael D. Dickey, Ryan C. Chiechi, Ryan J. Larsen, Emily A. Weiss, David A. Weitz--2008- Eutectic Gallium-Indium (EGaIn): A Liquid Metal Alloy for the Formation of Stable Structures in Microchannels at Room Temperature--,
25) WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA,Weinheim
26) http://www.uefap.com/index.htm
27) W.W.W.FlamefastLT1LowTempCastingSystemManual.pdf
28) N.V. Parthasaradhy –1989 – Practical Electroplating Handbook – New Jersey
29) U.S.A. – 1989 – Prentice – Hall Inc.
30) 1 Robert . P. Lukens –2008 – Annual Book of ASTM Standards vol. 02.05 B832-93,– New York U.S.A. – Amerrican Society For Testing and Materials.
31) www.FlamefastLT1LowTempCastingSystemManual.pdf- Accessed on-28/11/2013