

دراسة تأثير إضافة عنصري المغنيسيوم والزنك على الخواص الحرارية للألمنيوم النقي

محمد صالح احمد

مدرس مساعد

قسم الهندسة الميكانيكية - جامعة تكريت

الخلاصة

تم في هذا البحث تحقيق دراسة عملية لبيان تأثير إضافة كل من عنصر المغنيسيوم والزنك على الخواص الحرارية للألمنيوم النقي وهي السعة الحرارية النوعية بثبوت الحجم (C_v) ومعامل التوصيل الحراري (k) ومعامل الانتشار الحراري (α). لقد تم تصنيع سبعة سبائك معدنية وذلك بتغيير نسب إضافة المغنيسيوم والزنك على الألمنيوم النقي وكانت النسب هي (5%، 10%، 15%، 20%، 25%، 30%).

بينت النتائج المستحصلة انه بزيادة نسب إضافة المغنيسيوم إلى الألمنيوم النقي تسبب نقصان كثافة السبيكة بنسبة (10.7%)، ونقصان معامل التوصيل الحراري بنسبة (8.1%)، وزيادة السعة الحرارية النوعية بنسبة (4.8%)، وكذلك نقصان معامل الانتشار الحراري بنسبة (1.9%). أما بالنسبة للزنك فإن الكثافة ازدادت بنسبة (49.2%) حيث إن كثافة الزنك (7.13) كغم/م³ أعلى من كثافة الألمنيوم (2.7) كغم/م³ وأعلى من كثافة المغنيسيوم (1.74) كغم/م³، وكذلك انخفضت المواصفات الحرارية (C_v, k, α).

خلال هذه الدراسة وجد أن أفضل إضافة هي (30% Mg) للألمنيوم النقي والتي أعطت أعلى خواص حرارية (C_v, k, α). أما بالنسبة للزنك فإن إضافته أدت إلى تدهور الخواص الحرارية خلال جميع النسب.

الكلمات الدالة : الخواص الحرارية، ألمنيوم، مغنيسيوم، زنك

Study the Effect Of Magnesium And Zinc Additions On Thermal Properties Of Pure Aluminum

Abstract

This research, a practical study was achieved to demonstrate the effect of adding Magnesium and Zinc elements on the thermal properties of pure Aluminum. These properties are: the quality thermal capacity (C_v), the thermal conductivity coefficient (k), and the thermal diffusion coefficient (α). Seven metal ingots were manufactured by changing the percentages of adding Magnesium and Zinc on the pure Aluminum, and these ratios were: (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%).

The obtained results showed that increasing the percentages of adding Magnesium and Zinc to the pure Aluminum causes a decrease in the ingot density by (10.7%), a decrease in the thermal conductivity coefficient by (8.1%), an increase in the quality thermal capacity by (4.8%), as well as a decrease in the thermal diffusion coefficient by (1.9%). As for Zinc, the density increases by (49.2%), as the density of Zinc (7.13) kg/m³ is higher than the density of Aluminum (2.7) kg/m³, and higher than the density of Magnesium (1.74) kg/m³, as well as decreasing the thermal specifications (C_v, k, α).

During this study, it was found that the best addition is (30% Mg) to the pure Aluminum, which gave the highest thermal properties (C_v, k, α). As for Zinc, its

addition to pure Aluminum led to deterioration of the thermal properties during all ratios.

Key Words: Thermal properties, Aluminum, Magnesium, Zn

		الرموز المستخدمة	
Joule	القدرة الكهربائية المجهزة لجهاز الحرارة النوعية	Qi	m ²
Joule	الحرارة المكتسبة من قبل الوعاء ومكونات الجهاز	Qv	J/g.°C
Joule	الحرارة المكتسبة من قبل الماء	Qw	J/g.°C
Joule	الحرارة المكتسبة من قبل العينة	Qa	J/g.°C
°C	درجة الحرارة	T	Cm
Volt	فرق الجهد (فولتية)	V	kJ/kg
Cm	طول المسافة التي تقطعها الحرارة (طول العينة)	x	A
M	عرض الوعاء المعدني	W	W/m.°C
g/cm ³	الكثافة	ρ	Cm
°C	فرق درجات الحرارة	ΔT	G
m ² /sec	معامل الأنتشار الحراري	α	G
			Watt
			مساحة المقطع المقطع العمودي للعينة على اتجاه انتقال الحرارة
			السعة الحرارية النوعية للعينة بثبوت الحجم
			السعة الحرارية النوعية لمكونات الجهاز
			السعة الحرارية النوعية للماء
			قطر العينة
			ارتفاع الماء في الوعاء المعدني
			التيار
			معامل التوصيل الحراري
			طول الوعاء المعدني
			كتلة العينة
			كتلة مكونات جهاز الموصلية
			كتلة الماء
			القدرة الكهربائية المجهزة لجهاز الموصلية

والإلكترونات الحرة، ويمكن تعريف معامل التوصيل الحراري (K) وهي أن الحرارة تنتقل بين المواد الصلبة بالتوصيل^[1] ، وقد تم استخدام سبيكة الألمنيوم -مغنيسيوم (Al-Mg) ، وسبيكة الألمنيوم-زنك (Al-Zn). إن معدن المغنيسيوم ، في الحالة النقية ، يحمل خواصاً ميكانيكية غير

المقدمة

إن ميكانيكية التوصيل الحراري للمواد تعتمد على كل من موجات اهتزاز الشبكات البلورية (KL) والإلكترونات الحرة (Ke) لذلك فإن التوصيل الحراري يعتمد على مشاركة اهتزازات الشبكة البلورية

قام الباحث (Ismail,2003)^[5]، بدراسة السعة الحرارية النوعية الديناميكية لحلقات من ستة لفات مزدوجة ضمت الحركة البلورية ، وذلك بالاعتماد على استجابة للطاقة الداخلية للبلورات عند اهتزازها في درجات الحرارة الواطنة ، بحلقاته يمتلك أربع وحدات للطاقة في الحد الأدنى ولذلك فإن زمن الراحة في الدورة الممغنطة هذه هي ثلاث مرات ضعف طاقة الدورة. إن خواص الأجزاء الحقيقية والخيالية للسعة الحرارية النوعية الديناميكية تم إيجادها لدرجات حرارة وترددات مختلفة وبالتالي فإن نتائجنا تؤكد إن Cv حساسة لعملية الإضاءة المتزايدة للحالات الفهر ومغناطيسية والا فهر ومغناطيسية.

قام الباحثون (Islam & etal.,2006)^[6] ، بدراسة ديناميكية الحرارة لشبكة من (Mg-Al-Ge) وذلك باستخدام نوعين من السبائك Mg-Ge , AI-Ge , وعدد من العوامل لنمذجتها في الدراسة النظرية باستخدام طريقة التعداد الاسمي (polynomial) للباحث Reick Kister . إن العوامل التي استخدمت لنمذجتها في هذا البحث هي مخطط الطور الأولي، الخواص الديناميكية الحرارية والمقطع العمودي الثنائي ونم مقارنتها مع النتائج العملية وكانت مقبولة. وجد الباحثون أن أفضل نتائج حرارية لحساب ديناميكية الحرارة لسبكة AI-Ge هي عند الطور السائل وذلك عند درجة الحرارة (1200 k).

طريقة اختيار السبائك وكيفية تصنيعها

يتم تصنيف سبائك الألمنيوم اعتماداً على التركيب الكيميائي للمعدن (السيبكية) وتكون كالآتي:
الألمنيوم النقي : يتميز الألمنيوم بمقاومته المرتفعة ضد التآكل بزيادة نقاوته ، وكذلك بموصلية عالية للحرارة والكهرباء وقابلية تشكيل جيدة ومقاومة منخفضة ولا يُعالج حرارياً في الحالة النقية ،

ملائمة إطلاقاً لاستخدامه في الصناعات الهندسية، إلا بإضافته كعنصر سبك للمعادن الأخرى. فعند إضافة المغنيسيوم إلى الألمنيوم فإنه يدخل ضمن سبائك الألمنيوم غير المعاملة حرارياً ، وهذه السبائك لا يمكن تصليدها الا بطريقة التشكيل على البارد ، إن هذه السبائك تتميز بمقاومتها الجيدة للتآكل في ماء البحر لذا تكون استخداماتها في صناعة السفن^[2]. وأن الألمنيوم والمغنيسيوم يشكلان محلول جامد ذو استخدام واسع في التراكيب والسبائك المسبوكة التي تحتوي على نسبة من 0.5% إلى أكثر من 5% ، وأن سبائك الألمنيوم مغنيسيوم ذات استخدامات واسعة في تطبيقات اللحام للخزانات الكبيرة التي تحمل البترول ، والحليب والحبوب ، وكذلك قدور الضغط^[3] . أما بالنسبة للزنك فإنه يستخدم بصورة رئيسية في وقاية الصلب من التآكل وذلك بطلاء هذا المعدن أما بطريقة الكلفنة أو بالطلاء بالتغلغل أو الرش^[2]. يعتبر الزنك بالإضافة إلى عناصر سبائكية أخرى كالكروميوم والسليكون في المحاليل الجامدة في الألمنيوم ذات تأثير رئيسي في مقاومة التآكل وإن الزنك يعطي زيادة واضحة في أقطاب الحماية الكاثودية^[3]

تم دراسة الخواص الترموديناميكية لعينة من معدن ANNITE من قبل الباحثان (Bruce & Richard,1990)^[4]، والذي تم فيها قياس السعة الحرارية النوعية بين (7k - 650) بمقدار كاوسي الاديبياتيكي ومعايير مختلفة فعند درجة حرارة 298.15k وضغط (1bar). ان الانتروبية المعيارية للعينة كانت $[0.7+354]$ J/m.k، و السعة الحرارية النوعية للمعدن تطابق السعات الحرارية النوعية التخمينية المختبرية للعينة ضمن المدى لدرجات الحرارة (250k - 1000) بمعدل انحراف مقداره 0.37% .

تزيد من قوة الشد وتسمح بالاصلاص بالترسيب. ان بعض هذه السبائك تكون سريعة التأثر بتآكل التشقق الاجهادي ولهذا السبب لا تستعمل في لحام الخلط (المونة). ومن تطبيقات هذه السبائك التطبيقات الفضائية واذرع الدراجات الهوائية ومضارب لعبة البيسبول [9].

الجانب العملي

طريقة تحضير العينات: - تم تحضير العينات بالشكل التالي :-

1. تم استخدام أسلاك من الألمنيوم النقي بنقاوة 99.98 وتقطيعها، ومن ثم وضعها في الفرن لإجراء عملية الصهر بعد تسخينها إلى درجة حرارة (750 °C) لضمان الانصهار التام، ومن ثم إضافة مادة مزيل الخبث وطارد الغازات لغرض الحصول على منصهر خالي من العيوب.
2. إضافة مسحوق المغنيسيوم إلى الألمنيوم المنصهر وتحريكه جيدا لغرض التجانس التام، ومن ثم عملية الصب في قالب معدني.
3. أجريت عملية الصب ست مرات للسبيكة وينسب مختلفة من المغنيسيوم وهي (5%، 10%، 15%، 20%، 25%، 30%).
4. تم الحصول على قضبان مصبوبة بقطر (3 cm) وطول (25 cm)، وتم تشغيل هذه القضبان على ماكينة الخراطة بوجود سائل التبريد وتقطيعها إلى عينات عديدة بقطر (2.5 cm) وطول (6 cm) للسبيكة.
5. تم إجراء عمليتي الصقل والتنعيم للحصول على نماذج ذات أشكال منتظمة وسطوح ناعمة.

ويستخدم الألمنيوم التجاري لصناعة الإنشاءات والأجزاء غير المحملة (مثل المنشآت الموجودة فوق أسطح السفن والأسلاك الكهربائية والمكثفات وهياكل الساعات والرقائق والمعروضات الفنية والأبواب والإطارات والأوعية المنزلية) أما الألمنيوم المرتفع النقاوة فيستخدم لصناعة الرقائق والمنتجات الموصلة للكهرباء والصناعة الكيميائية [7].

مسابكات الألمنيوم - مغنيسيوم : . إن إضافة العناصر السبائكية جاء أساساً لتحسين الخواص الميكانيكية والحرارية مثل قوة الشد والصلابة والصلابة والتشغيلية وفي بعض الأحيان لتحسين السيولة وبعض خواص السباكة . إن سبيكة ألمنيوم - مغنيسيوم (Mg 10% Al) تستجيب للمعاملة الحرارية مع تحسين الخواص الميكانيكية لقوة الشد ومقاومة الصدمة [8]. إن مدى إضافة المغنيسيوم إلى الألمنيوم في السبائك التجارية يقع ضمن حدود من 0.5 إلى 13 % Mg ، وأن محتوى المغنيسيوم القليل يعطي قابلية تشكيل جيدة ، بينما محتوى المغنيسيوم العالي يعطي متانة عالية وسباكة جيدة. إن هذه المجموعة تحتوي على العديد من السبائك الثنائية مع بعضها مع بعض المركبات المعقدة والتي تبدأ من 4mg Al ، وإن السمة الأساسية لها هي مقاومتها العالية للتآكل والتشغيلية الجيدة لها والمظهر الجذاب عند الأنودة ، وأن معظمها لا تستجيب للمعاملة الحرارية [3].

مسابكات الالمنيوم-زئبق: إن سبائك الألمنيوم زنك تستخدم في طلاء التغطية لسبائك الألمنيوم، وكأقطاب انودية للحماية الكاثودية لسبائك الفولاذ في ماء البحر [3]. إن إضافة الزنك الى الألمنيوم (مع بعض العناصر السبائكية الأخرى وبصورة رئيسية المغنيسيوم او النحاس وفي بعض الأحيان مع النحاس) تنتج سبائك ألمنيوم قابلة للتعامل الحراري مع قوة شد عالية . ان قوة او متانة الزنك

المسخن إلى السبيكة الموضوعة بين قطعتي النحاس يمكن السيطرة عليها بواسطة منظم الفولتية. وتم استخدام الماء لتبريد نهاية العينة لتأمين انتقال الحرارة باتجاه واحد هو محور الأسطوانة، وتم قياس درجات الحرارة بواسطة ثمانية مزدوجات حرارية نوع (T) وضعت ثلاث منها قبل العينة والثلاث الأخرى بعد العينة واثنان على سطح العينة بعد إجراء ثقب على التفلون العازل والمستخدم لضمان عدم حصول خسائر حرارية. كما موضح في الشكل (2) الذي يوضح لنا صورة فوتوغرافية للجهاز المستخدم .

طريقة إجراء التجارب العملية لقياس الموصلية

الحرارة:

1. وضع العينة بين قطبي النحاس والمعزولة بمادة التفلون.
2. تشغيل المسخن الكهربائي والموضوع تحت احد قطبي النحاس والتحكم بالقدرة الكهربائية الداخلة بواسطة منظم الفولتية وتم استخدام ثلاث فولتيات وهي (15,25,35 volt)، لحساب معدل الموصلية الحرارية للسبيكة بشكل دقيق.
3. قياس القدرة الكهربائية الداخلة إلى المسخن والفولتية والتيار بواسطة مقاييس موضوعة في الجهاز .
4. بعد وصول المسخن إلى الدرجة المطلوبة واستقرار درجات الحرارة بعد الوصول إلى حالة الاستقرار للفترة الزمنية (30 دقيقة) تؤخذ القراءات للمزدوجين الموضوعين على سطح العينة فقط، ويعود سبب عدم استخدامنا المزدوجات الستة الموضوعة قبل وبعد العينة هو اختلاف معدن السبيكة كونها موضوعة بين قطبين معدنيين مصنوعين من النحاس وبالتالي اختلاف في الموصلية الحرارية التي تسبب خطأ في القياسات.

6. وتم إجراء نفس الخطوات أعلاه لسبيكة ألومنيوم-زنك
7. تم توضيح البعد المتالورجي والميتالورغرافي من خلال تحليل حيود الأشعة السينية لسبيكة (Al-Mg) وسبيكة (Al-Zn) وصورة التركيب المجهرى للسبيكتين والموضحة في الاشكال (7،8)

الأجهزة المستخدمة

1-جهاز قياس الحرارة النوعية

يتكون الجهاز المستخدم لقياس الحرارة النوعية من وعاء معدني ومادته من سبيكة الألومنيوم المغلون مثبتت بداخلة مسخن كهربائي وخليط لضمان توزيع متجانس لدرجات الحرارة والمجموعة معزولة حرارياً عزل تام باستخدام صوف حراري وموضوعة داخل صندوق من الخشب ولقياس درجة حرارة الماء وضع مزدوج حراري نوع (T) داخل الماء الموجود في الوعاء، الشكل (1) يوضح لنا صورة فوتوغرافية للجهاز المستخدم .

طريقة إجراء التجارب العملية لقياس الحرارة النوعية:

1. التأكد من مستوى الماء الموجود في الجهاز وقياس درجة حرارة الماء.
2. وزن قطعة المعدن المراد قياس الحرارة النوعية لها بالإضافة الى تمرير التيار الكهربائي وقياس فرق الجهد ومقدار التيار .
3. قياس الزمن الذي يستقر فيه ارتفاع درجة الحرارة ثلاث درجات بواسطة ساعة توقيت.

2- جهاز قياس الموصلية الحرارية:-

يتكون الجهاز المستخدم لقياس الموصلية الحرارية من قطعتين من النحاس موضوعة داخل قطعتين من التفلون كمادة عازلة. وكذلك مسخن كهربائي، تتم السيطرة عليه بواسطة منظم حراري (ثرموستات)، وكمية الحرارة المنتقلة من

يتم حساب الحرارة النوعية للمعادن المستخدمة (Qa) باستخدام القانون الأول لديناميك الحرارة وبلاستفادة من المعادلات (2,3,4):

$$Q_i = Q_v + Q_w + Q_a \quad \dots\dots(5)$$

حيث أن:

$$Q_a = M_a * C_{va} * \Delta T \quad \dots\dots(6)$$

$$C_{average} = \frac{\sum C_{va}}{4}$$

حسابات الموصلية الحرارية

الحرارة شكل من أشكال الطاقة المنقولة، تنتقل من المنطقة ذات درجة الحرارة المرتفعة إلى المنطقة ذات درجة الحرارة المنخفضة بعدة صور وهي (التوصيل، الحمل، الإشعاع)، وقد تنتقل الحرارة بوحدة أو أكثر من هذه الصور.

أما انتقال الحرارة بالتوصيل، فقد اوجد العالم فوريير قانون لاحظ من خلاله أن الحرارة المنقولة عبر وسط معين تتناسب طردياً مع كل الفرق بدرجات الحرارة (ΔT) والمساحة العمودية على اتجاه انسياب الحرارة (A)، وعكسياً مع طول المسافة التي تقطعها الحرارة [10].

$$q \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad \dots\dots(7)$$

وان ثابت التناسب هو الموصلية الحرارية (k)، وهو خاصية من خواص الوسط الناقل يدل على قابليته للتوصيل الحراري.

$$q = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad \dots\dots(8)$$

لحساب قيمة الثابت (k) نقوم بإعادة ترتيب المعادلة (8) لنحصل على معادلة جديدة، وهي:-

$$k = \frac{q * \Delta x}{A * \Delta T} \quad \dots\dots(9)$$

حيث أن :

$$A = \pi * d^2 / 4$$

طريقة إجراء الحسابات

تم في هذا البحث حساب الخواص الحرارية لسبيكة AL-Mg، وسبيكة AL-Zn وكانت كالآتي:-

حسابات الحرارة النوعية

إن الأساس النظري لهذه التجربة هو إجراء موازنة حرارية للنظام عن طريق حساب القدرة كهربائية التي ستختزن داخل النظام ومن القانون الأول للحرارة فإن الطاقة المضافة للنظام يجب أن تساوي الطاقة المكتسبة من قبل المواد المختلفة الموجودة في النظام. ويتم حساب الحرارة النوعية للمعادن على مرحلتين.

(المرحلة الأولى): قبل وضع العينة، وتكون كالآتي:

يتم حساب الكتلة والحرارة النوعية لمكونات الجهاز المختلفة (N_v) باستخدام القانون الأول لديناميك الحرارة:

$$Q_i = Q_v + Q_w \quad \dots\dots(1)$$

حيث أن الطاقة المضافة:

$$Q_i = V * I * Time \quad \dots\dots(2)$$

وتم حساب الحرارة المكتسبة من قبل الوعاء من المعادلة التالية:

$$Q_v = m_v * C_v * \Delta T \quad \dots\dots(3)$$

حيث أن:

$$N_v = m_v * C_v$$

$$N_{average} = \frac{\sum N_v}{4}$$

وتم حساب الحرارة المكتسبة من قيل الماء من المعادلة التالية:

$$Q_w = m_w * C_w * \Delta T \quad \dots\dots(4)$$

$$m_w = \rho_w * L * W * H$$

(المرحلة الثانية):- بعد وضع العينة:

الاستنتاجات

تنتقل الحرارة للمواد الصلبة بواسطة الموجات الناتجة من اهتزاز الشبكات البلورية والإلكترونات الحرة وتم حساب الخواص الحرارية لسبيكتي Al-Mg و Al-Zn وحصلنا على الاستنتاجات التالية:

1. إن الألمنيوم النقي يمتلك معامل توصيل حراري وسعة حرارية نوعية عاليتين بسبب وفرة الإلكترونات الحرة وعلى العكس فأن إضافة أي عنصر إلى المعدن النقي سوف يشغل هذه الإلكترونات الحرة ويقلل من خاصيته الحرارية (k, Cv) .

2. تقل التوصيلية الحرارية بمعدل (8.1%) للألمنيوم النقي بإضافة المغنيسيوم، وذلك لأن المغنيسيوم يقلل من الإلكترونات الحرة للألمنيوم بالإضافة إلى زيادة الطاقة اللازمة لاهتزاز الشبكات البلورية وبالتالي تقل الموجات الناتجة من اهتزاز الشبكات البلورية أي تقل كل من الخاصيتين الحراريتين (k, α) .

3. إضافة الزنك إلى الألمنيوم النقي فإنه يؤدي إلى زيادة الكثافة لكونه أكثر كثافة من الألمنيوم النقي وهذه الزيادة تكون أكبر بكثير من الزيادة في الكثافة لإضافة المغنيسيوم ولنفس السبب.

4. أما الخواص الحرارية (k, Cv, α) فأنها تسلك نفس سلوك إضافة أي عنصر إلى الألمنيوم أي أنها تقل ولكن هذا النقصان في المواصفات الحرارية للألمنيوم تكون أكبر بكثير من النقصان الحاصل لهذه الخواص في حالة إضافة المغنيسيوم بنفس النسبة والسبب هو أن الزنك يمتلك (2) من الكثرونات التكافؤ ومقاومته الكهربائية

المصادر

1- William D. callister & David G. Rethwish, " Fundamentals of materials science and engineering ,

إن معدل الحرارة المنقلة (q) يمكن حسابها كالآتي:-

معدل الحرارة المنقلة عبر المعادن = معدل الحرارة المكتسبة من قبل المسخن الكهربائي

$$q = I * V \quad \dots\dots\dots (10)$$

وتم حساب معامل الانتشار الحراري من المعادلة التالية^[11]:-

$$\alpha = \frac{k}{\rho * C_{average}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

النتائج والمناقشة

تم إجراء (14) اختبار عملي لكل من المتغيرات الآتية:

- تم حساب الموصلية الحرارية و الحرارة النوعية للألمنيوم النقي.
- تم تغيير النسبة المضافة لكل من المغنيسيوم والزنك إلى الألمنيوم بستة نسب (5%، 10%، 15%، 20%، 25%، 30%) وحساب الخواص الحرارية لكل نسبة.

لاحظنا من الأشكال (3-6) مايلي:-

1. معامل التوصيل الحراري (k) والحرارة النوعية (Cv) ومعامل الانتشار الحراري (α) تكون عالية للألمنيوم النقي وذلك بسبب عدم وجود مادة تشويب لكل من الشبكة البلورية والإلكترونات الحرة مما يجعل وفرة الإلكترونات الحرة تستخدم بكامل عددها في نقل الحرارة.

2. ولاحظنا أن إضافة كل من عنصري المغنيسيوم والزنك إلى الألمنيوم النقي فأن كل من الخواص الحرارية الثلاث (k, Cv, α) تقل وذلك بسبب دخول هذين العنصرين كعناصر تشويب وتشويه لكل من الإلكترونات الحرة والشبكة البلورية ، وهذا التشويب والتشويه يزداد مع زيادة نسبة المغنيسيوم والزنك.

Journal of Alloys and Compounds, no. 425, pp. 129–139, (2006).

7- يولاختين ، "علم المعادن والمعاملة الحرارية للمعادن" الباب الحادي عشر ، دار (مير) للطباعة والنشر الاتحاد السوفيتي ، موسكو، (1983).

8- Raymond .A.H. , 1973 , "engineering metallurgy applied physical metallurgy", the English universities press, aston chain and hook co. Ltd.

9 <http://www.esabna.com/us/en/education/knowledge/qa/How-and-why-alloying-element..>

10- John H. Lienhord IV and John H. Lienhord V, " A Heat Transfer Text Book", 3rd edition, pp. 714, (2003), <http://web.mit.edu/Lienhord>.

11- Bolten W., "Engineering Material Technology", 3rd edition, pp. 18, 1998.

thermal conductivity", 3rd edition, pp. 711-716, 2008.

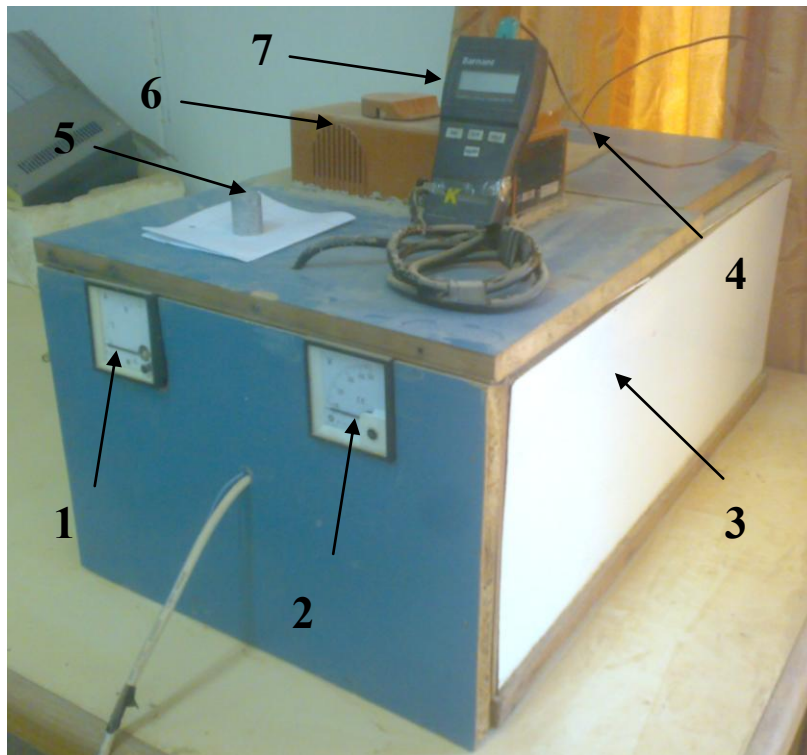
2- د. محمد حسين باقر، 1987، "مبادئ هندسة المعادن"

3- Polmear I.J. 1989, " Light alloys Metallurgy of the light metals", second edition, department of materials engineering, monash university.

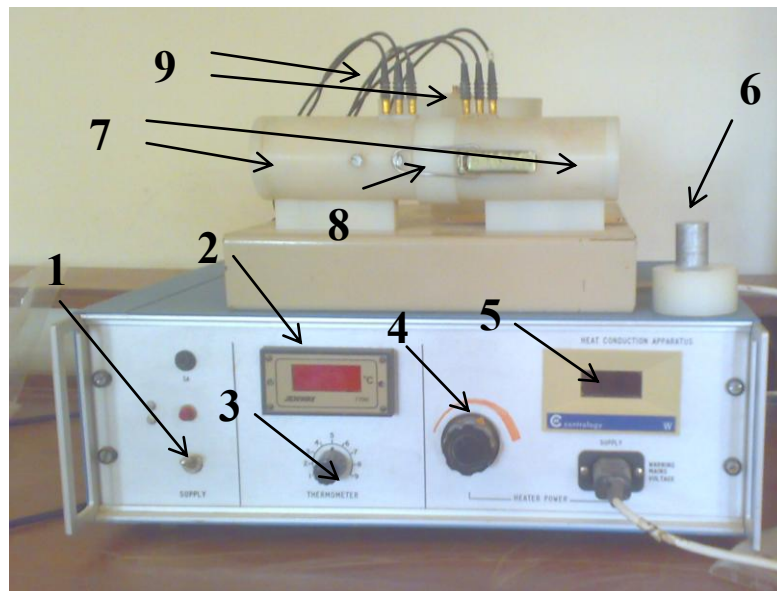
4- Bruce S . Hemin Gwuy , Richard A – Pobie " heat Qpaciby & thermo dynamic Properties of annite calumnous Iron biotibe " U . S Geological Survey , Vol . 75 page 183 – 187 , (1990) .

5- G . Ismail , " Dynamic specific heat of frusbrabcd Esing srin rings " Rrvsla Mixi CANA De Fistic A 49 (3) page 194 – 200 , Junio (2003).

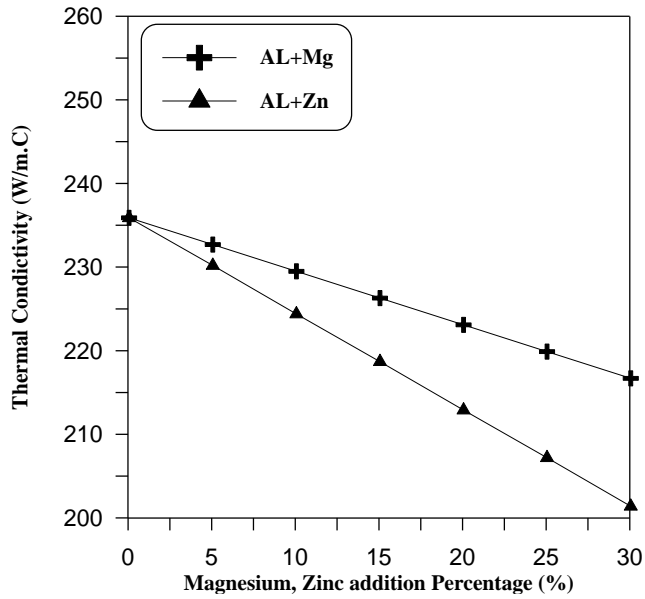
6- Islam F., Thykadavil A.K., Medraj M., "A computational thermodynamic model of the Mg–Al–Ge system",



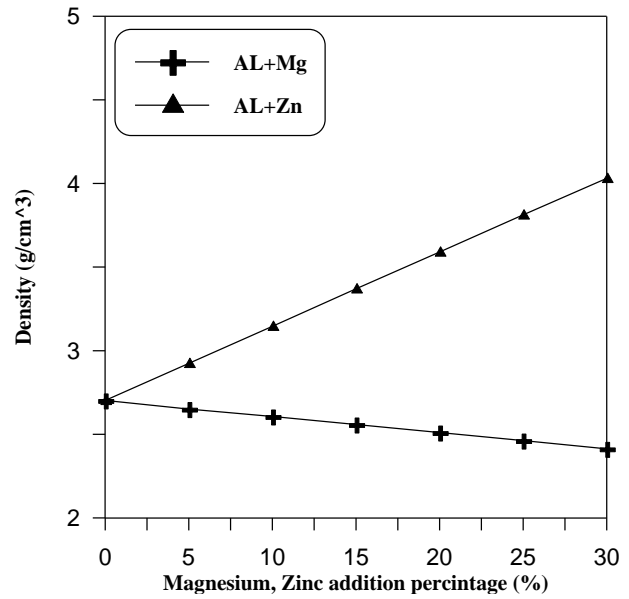
شكل (1) صورة فوتوغرافية لجهاز قياس الحرارة النوعية توضح فيها الأجهزة المستخدمة في البحث
1- مقياس التيار. 2- مقياس الفولتية. 3- حوض الماء. 4- مزدوج حراري. 5- عينة الاختبار.
6- جهاز التحكم بالمسخن والمروحة. 7- جهاز قياس درجات الحرارة



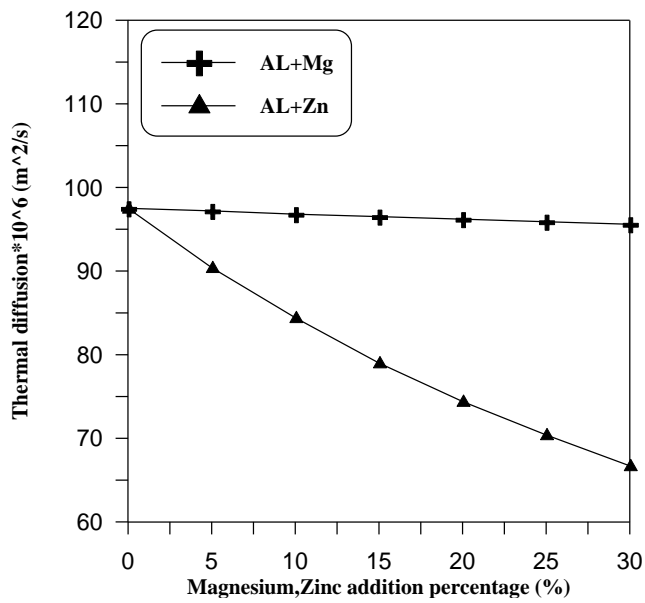
شكل (2) صورة فوتوغرافية لجهاز قياس الموصلية الحرارية توضح فيها الأجهزة المستخدمة في البحث
1- مفتاح التشغيل. 2- مقياس رقمي لدرجات الحرارة. 3- مسيطر على المزدوجات الحرارية. 4- منظم فولتية.
5- مقياس القدرة الكهربائية. 6- عينة الاختبار مع التفلون. 7- أقطاب نحاسية معزولة بالتفلون. 8- مكان عينة



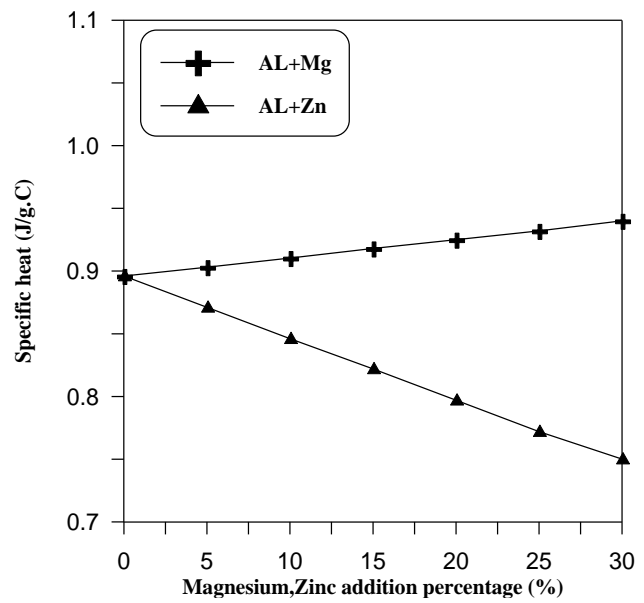
شكل (4) يوضح تغير الموصلية الحرارية للسبيكة مع تغير نسب إضافة Mg و Zn.



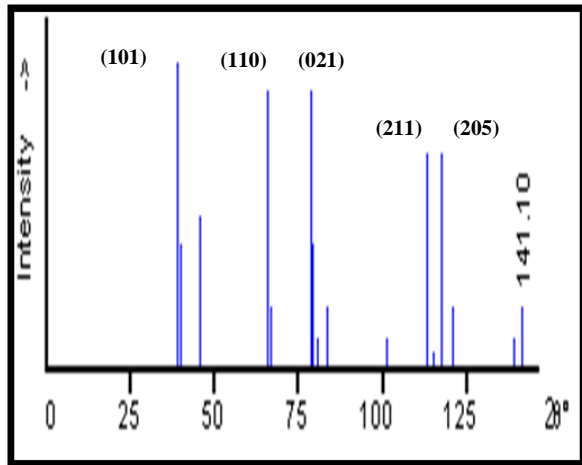
شكل (3) يوضح تغير كثافة السبيكة مع تغير نسب إضافة Mg و Zn.



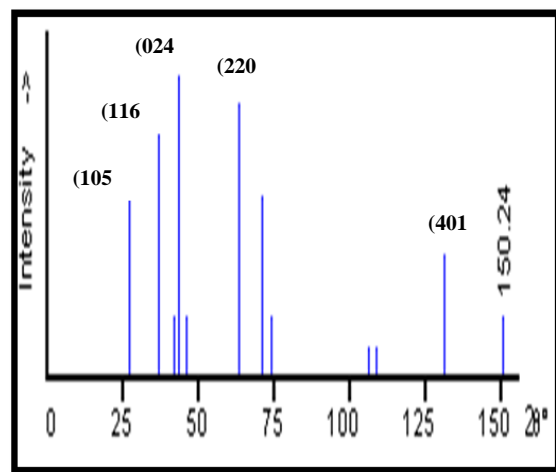
شكل (6) يوضح تغير معامل الانتشار الحراري للسبيكة مع تغير نسب إضافة Mg و Zn.



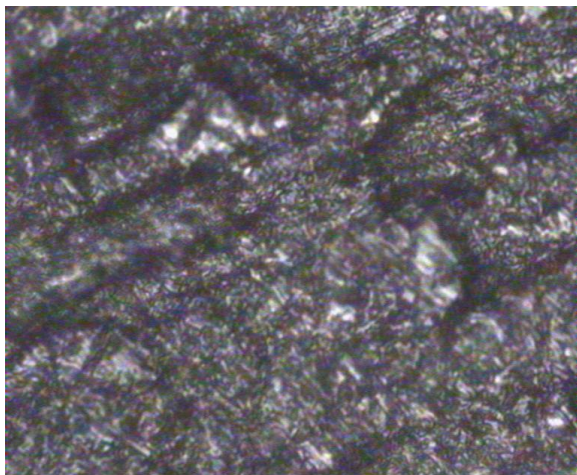
شكل (5) يوضح تغير الحرارة النوعية للسبيكة مع تغير نسب إضافة Mg و Zn.



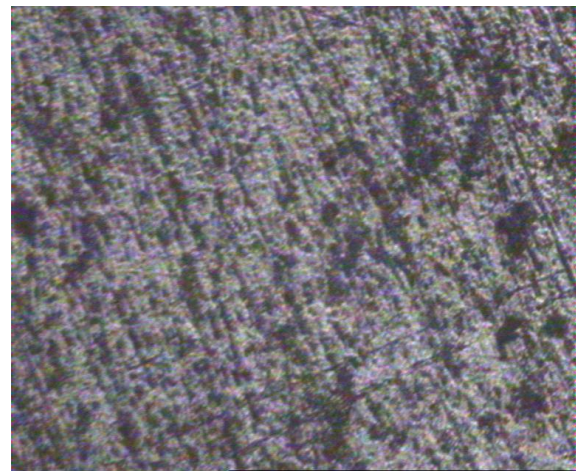
شكل (8-A) تحليل حيود الأشعة السينية لسبيكة (Al-Zn) والتي تبين ظهور الطور $(Al_{0.71}Zn_{0.29})$



شكل (7-A) تحليل حيود الأشعة السينية لسبيكة (Al-Mg) والتي تبين ظهور الطور (Al_2Mg)



شكل (8-B) صورة البنية المجهرية لسبيكة (Al-Zn)



شكل (7-B) صورة البنية المجهرية لسبيكة (Al-Mg)