

دراسة تأثير إضافة الجرمانيوم والسيلكون على الخواص الحرارية و البنية المجهرية للألمنيوم النقي

د. نجيب سلمان عبطان / مدرس / جامعة تكريت / كلية الهندسة

الخلاصة:

تم في هذا البحث تحقيق دراسة عملية لبيان تأثير إضافة عنصري الجرمانيوم والسيلكون على البنية المجهرية والخواص الحرارية للألمنيوم النقي وهي السعة الحرارية النوعية بثبوت الحجم (C_v) ومعامل التوصيل الحراري (k) ومعامل الانتشار الحراري (α). لقد تم تصنيع ستة سبائك معدنية وذلك بتغير نسب إضافة كل من الجرمانيوم والسيلكون على الألمنيوم النقي وكانت النسب هي (30%، 20% و 10%).

ب نيت النتائج المستحصلة انه بزيادة نسب إضافة الجرمانيوم إلى الألمنيوم النقي تسبب زيادة كثافة السبيكة بنسبة (29.34%)، ونقصان معامل التوصيل الحراري بنسبة (20.85%)، ونقصان السعة الحرارية النوعية بنسبة (19.4%)، وكذلك نقصان معامل الانتشار الحراري بنسبة (24.1%). وأظهرت الدراسة أيضا انه بزيادة نسب إضافة السيلكون إلى الألمنيوم النقي تؤدي إلى نقصان كثافة السبيكة بنسبة (4.21%)، ونقصان معامل التوصيل الحراري بنسبة (7.3%)، ونقصان السعة الحرارية النوعية بنسبة (6.7%)، وكذلك زيادة معامل الانتشار الحراري بنسبة (3.7%).

خلال هذه الدراسة وجد أن أفضل إضافة هي (30%Si) للألمنيوم النقي والتي أعطت أعلى خواص حرارية (C_v, k, α) مقارنة بسبيكة (Al-30% Ge). اما بالنسبة الى التركيب المجهرى نلاحظ توزع دقائق السليكون خلال طور الألمنيوم النقي اما بالنسبة الى دقائق الجرمانيوم فنلاحظ تجميع هذه الدقائق على شكل مجاميع ويعود السبب الى ضعف قابلية الترطيب (wetting) مقارنة بدقائق السليكون.

الكلمات الدالة : الخواص الحرارية، ألمنيوم ، جرمانيوم، سيلكون

STUDY THE EFFECT OF GERMANIUM AND SILICON ADDITIONS ON THERMAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF PURE ALUMINUM

Dr.Najeeb S. Abtan
Lecture
College of Eng / University of Tikrit

Abstract:

In this study an experimental work has been conducted to show the effect of Ge and Si additions on the micro structure and thermal properties of pure Al, as the specific heat at constant volume (C_v), thermal conductivity (k), and thermal diffusivity (α). Six samples have been casted with different addition percentages of Ge and Si (10,20,30%).

The results shows as the Ge addition percentage is increased, the alloy density is increased by (29.34%), the thermal conductivity is decreased by (20.85%), the specific heat is decreased by (19.4%) and thermal diffusivity is decreased by (24.1%).

But as the Si addition percentage is increased cause decreasing the alloy density by (4.21%), the thermal conductivity by (7.3%), the specific heat by (6.7%) and increasing the thermal diffusivity by (3.7%).

Through this study it was found that the best addition is 30% (Si) addition percentage for pure Al gives highest thermal properties (C_v, k, α) compared with the same addition percentage of (Ge) .and from micro structure , it was found the distribution of (Si) particle through (Al) . phase , for the (Ge) particle it was found the a glomeration of (Ge) particle is because the weak of the wetting property of (Ge) comparing with the (Si) particles

Key Words: Thermal properties, Aluminum, Germanium, Silicon

		الرموز المستخدمة
m^2	مساحة المقطع العمودي للعينة على اتجاه انتقال الحرارة	A
J/g.°C	السعة الحرارية النوعية للعينة بثبوت الحجم	C_{va}
J/g.°C	السعة الحرارية النوعية لمكونات الجهاز	C_v
J/g.°C	السعة الحرارية النوعية للماء	C_w
cm	قطر العينة	D
kJ/kg	ارتفاع الماء في الوعاء المعدني	H
A	التيار	I
W/m.°C	معامل التوصيل الحراري	K
cm	طول الوعاء المعدني	L
g	كتلة العينة	m_a
g	كتلة مكونات جهاز التوصيلية	m_v
g	كتلة الماء	m_w
Watt	القدرة الكهربائية المجهزة لجهاز التوصيلية	Q
Joule	القدرة الكهربائية المجهزة لجهاز الحرارة النوعية	Q_i
Joule	الحرارة المكتسبة من قبل الوعاء ومكونات الجهاز	Q_v
Joule	الحرارة المكتسبة من قبل الماء	Q_w
Joule	الحرارة المكتسبة من قبل العينة	Q_a
°C	درجة الحرارة	T
volt	فرق الجهد (فولتية)	V
cm	طول المسافة التي تقطعها الحرارة (طول العينة)	X

m	عرض الوعاء المعدني	W
g/cm ³	الكثافة	ρ
°C	فرق درجات الحرارة	ΔT
m ² /sec	معامل الانتشار الحراري	α

المقدمة

توصل العلماء إلى اكتشاف الخواص الفيزيائية للمواد ، وهي الحرارة النوعية (C_v) وتم تعريفها بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو غرام من المادة بمقدار درجة مئوية واحدة. إن الحرارة النوعية تتأثر تأثيرا كبيرا بتغير درجة الحرارة فلو أخذنا جسمان متساويان في الكتلة و درجة الحرارة ومختلفان في الحرارة النوعية فنلاحظ أنهما يحتاجان إلى كميتين مختلفتين من الحرارة المضافة لترتفع درجة حرارتها بنفس المقدار (Eastop,1978). 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 والإلكترونات الحرة (William&David,2008).

استخدمنا في هذا البحث نوعين من السبائك وهي:- أولا: سبيكة الألمنيوم -سليكون وهي من السبائك الأساسية في صناعة المواد الهندسة والمواد المستخدمة في الصناعات الفضائية وكذلك تستخدم في صناعة الأشكال المعقدة بطريقة السباكة، حيث أن السليكون يشكل أبريات هشة تشبه الحبيبات والتي تعمل على تقليل مقاومة الصدمة (Cornell&Bhadeshia,1999). ثانيا: سبيكة الألمنيوم-جرمانيوم ، يعتبر الجرمانيوم من العناصر المهمة جدا في الكثير من الاستعمالات الصناعية التي تحتاج إلى مواد أشباه الموصلات مثل الرادارات والدايودات المستخدمة في أجهزة الدوائر الكهربائية والحواشيب الإلكترونية والهواتف وأجهزة التلفزيون (Butterman&Johan,2005).

قام الباحث (Wilder, 1966)، بإيجاد تأثير إضافة الجرمانيوم إلى عنصر الألمنيوم السائل وتم استخدام طريقة انعكاسية الخلايا المغلونة (الكترو-كيميائي) لحساب الطاقة الحرارية الابتدائية لخليط (Al-Ge) و الأنتروبي الابتدائي والمحتوى الحراري الأولي للخليط من القيم الفعالة لعنصر الألمنيوم. أما الخواص الحرارية للجرمانيوم فتم حسابها بالاعتماد على القيم المتطابقة لعنصر الألمنيوم وذلك باستخدام طريقة (Gibbs-Duhem)، حيث وجد الباحث عند رفع درجة حرارة المنصهر إلى (1123k) (فإن زيادة الكسر المولي للجرمانيوم المضاف إلى سبيكة Al-Ge بنسبة (30%) يؤدي ذلك إلى نقصان فعالية الألمنيوم بنسبة (93.2%) و نقصان المحتوى الحراري الابتدائي للألمنيوم بنسبة (79.6%) وكذلك نقصان طاقة (Gibbs) الابتدائية بنسبة (75.4%).

الباحثان (Predel&Stein,1971) ، وجدا طريقة لإيجاد الخواص الحرارية لسبيكة Al-Ge وهي حساب تكامل المحتوى الحراري للطور السائل للسبيكة عند درجة الحرارة (1200 k). وكذلك تم حساب جميع الخواص الحرارية وهي المحتوى الحراري الابتدائي وتكامل الأنتروبي الابتدائي وتكامل الطاقة الحرة

للسبيكة عند نفس الدرجة الحرارية. توصل الباحثان عندما تكون قيمة الكسر المولي المضاف من الجرمانيوم اقل من (0.55) بسبب ذلك نقصان المحتوى الحراري للخليط (Al-Ge) بنسبة (7.9%)، وكذلك عندما تكون قيمة الكسر المولي للجرمانيوم أعلى من (0.55) يؤدي ذلك الى زيادة المحتوى الحراري للخليط بنسبة (18.4%).

استخدم الباحثون (T. SOMA & etals,1994) المعادلات المبسطة لدراسة ديناميكيات الكمية الحرارية لمنظومات السبائك (Al-Si) و (Al-Ge) بواسطة المحلول الجامد تحت الضغط. وجد الباحثون ان لكثافة السيليكون والجرمانيوم له تأثير على الديناميكية البلورية للألمنيوم النقي ، والتي تم الحصول عليها من علاقات تشتت الطاقة. ثم تم حساب الكثافة بالاعتماد على الترددات الموجية لسبائك (Al-Si) و (Al-Ge) . تم تحديد الحرارة النوعية عند حجم ثابت من الناحية النظرية، وكانت هناك نتائج تم الحصول عليها لدرجات حرارة محددة تعتمد على كثافة الألمنيوم السائل وكان هنالك تقارب واضح مع البيانات التجريبية. وتوصلوا الباحثون الى امكانية التنبؤ كميًا في كيفية سبائك (Al-Si) و (Al-Ge) بالاعتماد على قيمة الحرارة النوعية للسبيكتين.

قام الباحثان (Islam & etal.,2006) ، بدراسة ديناميكية الحرارة لخليط من (Mg-Al-Ge) وذلك باستخدام نوعين من السبائك Al-Ge , Mg-Ge وعدد من العوامل لنمذجتها في الدراسة النظرية باستخدام طريقة التعداد الأسّي (polynomial) للباحث Reick Kister ، والعوامل هي مخطط الطور الأولي، الخواص الديناميكية الحرارية والمقطع العمودي الثنائي وتم مقارنتها مع النتائج العملية وكانت مقبولة. وجد الباحثان أن أفضل نتائج حرارية لحساب ديناميكية الحرارة لسبيكة Al-Ge هي عند الطور السائل وذلك عند درجة الحرارة (1200 k).

قام الباحثون (zink &etals,2006) بدراسة التوصيل الحراري والحرارة النوعية لرقائق السيلكون غير المتبلورة والتي قيست ضمن المدى (5-300 K) باستخدام أغشية متناهية الصغر لنترات السيلكون. وجد الباحثون عندما تكون درجة الحرارة أعلى من (50 k) فان قيم التوصيل الحراري للأغشية الرقيقة غير المتبلورة للسليكون متفقة مع القيم المنشورة سابقا من قبل مؤلفين آخرين. وكذلك عند درجات الحرارة الواطنة لم تظهر أي تغيير في الموصلية الحرارية، وجد الباحثون إن الحرارة النوعية تظهر تغير أديباتي عندما تكون درجات الحرارة اقل من (15k)، و إن الحرارة النوعية تقلل انحراف السلوك الأديباتي عندما تكون درجات الحرارة أعلى من (15 k) بسبب التأصل البلوري.

الألمنيوم وسبائكه :-

يتم تصنيف سبائك الألمنيوم اعتمادا على التركيب الكيميائي للمعدن (السبيكة) وتكون كالاتي:

الألمنيوم النقي : .

الألمنيوم يقسم حسب نقاوته إلى الألمنيوم فائق النقاوة حيث تبلغ نسبة الألمنيوم (99.999Al%) والألمنيوم ذو النقاوة التجارية (99% Al) ، ويتميز الألمنيوم بمقاومته المرتفعة ضد التآكل بزيادة نقاوته ، وكذلك بموصلية عالية للحرارة والكهرباء وقابلية تشكيل جيدة ومقاومة منخفضة ولا يُعالج حراريا في الحالة النقية ، ويستخدم الألمنيوم التجاري لصناعة الإنشاءات والأجزاء غير المحملة ، أما الألمنيوم المرتفع النقاوة فيستخدم لصناعة الرقائق والمنتجات الموصلة للكهرباء والصناعة الكيميائية (بولاختين، 1983) .

مسبوكات الألمنيوم . سيلكون : .

الألمنيوم والسليكون من العناصر الموجودة بكثرة في القشرة الأرضية ، والألمنيوم عنصر فلزي بينما السليكون عنصر شبه فلزي وغالبا ما يتواجد هذان العنصران سوية . أن السليكون يعمل على تحسين خواص السبيكة وذلك بزيادة سيولة المنصهر وتقليل درجة حرارة الانصهار ونقصان الانكماش أثناء عملية التقلص. إن خام عنصر السليكون رخيص جدا وكثافته واطئة (2.33 g/cm^3) وهي مفيدة للوزن الإجمالي للمسبوكات وله قابلية ذوبان منخفضة جدا في الألمنيوم ولذلك فإن الجزء الأكبر منه يترسب كمعدن نقي علاوة على تحسين السليكون لخواص السبيكة لهذه المجموعة فإنه يقلل التمدد الحراري لها ويرفع صلابتها وبذلك تصبح مناسبة لصنع مكابس محركات الاحتراق الداخلي (Saad, 1983) .

مسبوكات الألمنيوم . جرمانيوم : .

يعتبر الجرمانيوم من العناصر المهمة جدا في الكثير من الاستعمالات الصناعية. ويعد الجرمانيوم من أشباه الموصلات الصلدة والهشة في نفس الوقت، وقد دخل إلى الاستعمال في منتصف القرن الماضي كمادة شبه موصلة في الرادار ومادة أساسية في صناعة أول الترانزستورات. إن مواصفاته الأساسية هو انه ينصهر في (937°C) وكثافته (5.32 g/cm^3) وهي تقريبا ضعف كثافة الألمنيوم (2.71 g/cm^3). كيميائيا، فإن الجرمانيوم مستقر في الهواء بدرجة حرارة (400°C) (Butterman&Johan, 2005).

الجانب العملي :-

نظرا لتطور السبائك واستخداماتها في جميع مجالات الحياة ، عهدنا إلى القيام بدراسة عملية لمعرفة تأثير إضافة Si و Ge إلى معدن الألمنيوم النقي على الخواص الحرارية والبنية المجهرية للسبيكة

طريقة تحضير العينات:-

تم تحضير العينات بالشكل التالي :-

1. تم استخدام أسلاك من الألمنيوم النقي بنقاوة 99.98 وتقطيعها وكبسها للحصول على معامل شكل (V/A) مناسب ، ومن ثم وضعها في الفرن لإجراء عملية الصهر وتسخينها إلى درجة حرارة (750 °C) لضمان الانصهار التام، ومن ثم إضافة مادة مزيل الخبث وطارد الغازات ورمزه الكيميائي (KAIF4) ألماني الصنع بنسبة 1% وزنية، لغرض الحصول على منصهر خالي من أي عيوب ، حيث يعمل مزيل الخبث على تجميع الأكاسيد عند سطح المنصهر ولهذه العملية فائدتان الأولى تمكين إزالة طبقة الخبث السطحية بسهولة قبل الصب بالإضافة الى فائدة هذه الطبقة قبل ازلتها في المحافظة على درجة حرارة المنصهر .
2. إضافة مسحوق الجرمانيوم ألماني الصنع ذو الحجم الحبيبي (63µm) ونقاوة (99.999) أو مسحوق السيلكون ألماني الصنع ذو الحجم الحبيبي (63µm) ونقاوة (99.999) إلى الألمنيوم المنصهر وتحريكه جيدا بواسطة خلاط ميكانيكي (طريقة الدوامة stirring) لغرض التجانس التام، علما انه تم إضافة المساحيق اثناء عملية الخلط في مركز الدوامة وبصورة تدريجية (K.R.Kumar,K.M.Mohand,2011) ، ومن ثم تم عملية الصب في قالب معدني مسخن مسبقا بدرجة حرارة (300 °C).
3. أجريت عملية الصب ثلاث مرات لكل سبيكة وبنسب مختلفة من الجرمانيوم أو السيلكون وهي (30%, 20%, 10%).
4. أجريت عملية التجانس للنماذج المسبوكة بإعادة تسخينها في فرن حراري عند درجة حرارة (150 °C) ولمدة ساعة ثم تركها داخل الفرن لتبرد لغرض الحصول على التجانس بين الحبيبات المضافة على شكل مسحوق والألمنيوم الأساسي الأولي (α-Al).
5. تم الحصول على قضبان مصبوبة بقطر (3 cm) وطول (25 cm)، وتم تشغيل هذه القضبان وتقطيعها إلى عينات عديدة بقطر (2.5 cm) وطول (2 cm) لكلا السببكتين.

٦. تم إجراء عمليتي الصقل والتنعيم للحصول على نماذج ذات أشكال منتظمة وسطوح ناعمة بدرجة (N₆).

٧. تم اظهار العينات لغرض الفحص المجهرى باستخدام محلول الإظهار (2ملم من HF) و (3ملم من HCl) و (20ملم من HNO₃) و (175ملم من H₂O) [Kthleen M. &etals,1985].

١ - قياس 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 طرديا مع كل الفرق بدرجات الحرارة (ΔT) والمساحة العمودية على اتجاه انسياب الحرارة (A)، وعكسيا مع طول المسافة التي تقطعها الحرارة (Johan,2003). وتم حساب الموصلية الحرارية باستخدام الجهاز الموضح في الشكل (1). [Eastop1978].

$$q \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

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

$$q = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2)$$

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

$$k = \frac{q * \Delta x}{A * \Delta T} \quad (3)$$

حيث أن :

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

إن معدل الحرارة المنقولة (q) يمكن حسابها كآلاتي:-

معدل الحرارة المنقولة عبر المعدن = معدل الحرارة المكتسبة من قبل المسخن الكهربائي

$$q = I * V \quad (4)$$

وتم حساب معامل الانتشار الحراري من المعادلة التالية (Bolten,1998) :-

$$\alpha = \frac{k}{\rho * C_{average}} \quad (5)$$

٢ - قياس الحرارة النوعية:-

إن الأساس النظري لهذه التجربة هو إجراء موازنة حرارية للنظام عن طريق حساب الطاقة

الحرارية التي ستخزن داخل النظام ومن القانون الأول للحرارة فأن الطاقة المضافة للنظام يجب أن

تساوي الطاقة المكتسبة من قبل المواد المختلفة الموجودة في النظام. ويتم حساب الحرارة النوعية للسبيكتين على مرحلتين باستخدام جهاز مصمم لقياس الحرارة النوعية كما موضح في الشكل (2) (Eastop,1978).

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

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

$$Q_i = Q_v + Q_w \quad (6)$$

حيث أن الطاقة المضافة:

$$Q_i = V * I * \text{Time} \quad (7)$$

وتم حساب الحرارة المكتسبة من قبل الوعاء من المعادلة التالية:

$$Q_v = m_v * C_v * \Delta T \quad (8)$$

حيث أن:

$$N_v = m_v * C_v$$

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

وتم حساب الحرارة المكتسبة من قبل الماء من المعادلة التالية:

$$Q_w = m_w * C_w * \Delta T \quad (9)$$

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

(المرحلة الثانية): - بعد وضع العينة:

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

$$Q_i = Q_v + Q_w + Q_a \quad (10)$$

حيث أن:

$$Q_a = M_a * C_{va} * \Delta T \quad (11)$$

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

3- البنية المجهرية:-

تم إجراء الفحص المجهرى للعينات الستة لسبائك (Al-Ge&Si) بعد تحضيرها مختبريا وذلك بأجراء عمليتي التجليخ والتنعيم وباستخدام محلول الإظهار وتم فحصها باستخدام المجهر الضوئي كما موضح في الشكل (A&B) (3).

4- فحص حيود الأشعة السينية:-

تم فحص حيود الأشعة السينية لسبائك (Al-Ge&Si) وعند مختلف نسب الإضافة (10, 20 و30%) في وزارة العلوم والتكنولوجيا وموضحة في الشكلين (4 و 5).
النتائج والمناقشة:-

تم إجراء (14) اختبار عملي لحساب الخواص الحرارية والبنية المجهرية بالإضافة إلى حيود الأشعة السينية للسبائك المستخدمة في البحث:-

الشكل (3) يبين التركيب المجهرى للعينات الستة المحضرة، توزع دقائق السليكون والجرمانيوم بشكل شبة متجانس خلال طور الاساس (الألمنيوم النقي) مع ظهور تجمعات دقائق الجرمانيوم بسبب ضعف عملية الترطيب بين الحبيبات وسائل الألمنيوم.

الشكل (4) يبين تغير الموصلية الحرارية للشبيكة مع تغير نسبة الإضافة للجرمانيوم والسليكون ، ولاحظنا انه بزيادة نسبة الجرمانيوم يسبب ذلك إلى نقصان معامل التوصيل الحراري بنسبة (20.85%)، ولاحظنا أيضا انه بزيادة نسبة السليكون يسبب ذلك إلى تقليل معامل التوصيل الحراري بنسبة (7.3%) بالنسبة إلى الألمنيوم. وذلك بسبب دخول الجرمانيوم والسليكون كعنصري تشويب وتشويه لكل من الإلكترونات الحرة والشبكة البلورية للألمنيوم النقي ، وهذا التشويب (doping) والتشويه يزداد مع زيادة نسبة الجرمانيوم بسبب كثافته العالية.

اما بالنسبة الى تغير السعة الحرارية النوعية للشبيكة مع تغير نسبة الإضافة للجرمانيوم والسليكون موضحة في **الشكل (5)**، لاحظنا انه بزيادة نسبة الجرمانيوم يؤدي ذلك إلى تقليل السعة الحرارية النوعية بنسبة (19.4%)، ولاحظنا أيضا انه بزيادة نسبة السليكون يؤدي ذلك إلى نقصان السعة الحرارية النوعية بنسبة (6.7%). ويعود لنفس السبب المذكور في الموصلية الحرارية.

الشكل (6) يبين تغير معامل الانتشار الحراري مع تغير نسبة الإضافة للجرمانيوم والسليكون ، ولاحظنا انه بزيادة نسبة الجرمانيوم يسبب ذلك تقليل معامل الانتشار الحراري بنسبة (24.1%)، ولاحظنا أيضا انه بزيادة نسبة السليكون يؤدي ذلك إلى زيادة معامل الانتشار الحراري بنسبة (3.7%)، ويعود السبب إلى تناسب معامل الانتشار الحراري العكسي مع كثافة الشبيكة كما موضح في المعادلة (5).

إن تغير كثافة الشبيكة مع تغير نسبة الإضافة للجرمانيوم والسليكون موضحة في **الشكل (7)**، ولاحظنا انه بزيادة نسبة الجرمانيوم يؤدي ذلك إلى زيادة كثافة الشبيكة بنسبة (29.34%) وذلك بسبب

كثافة الجرمانيوم العالية ، ولاحظنا أيضا انه بزيادة نسبة السيلكون يؤدي إلى تقليل كثافة السبيكة بنسبة (4.21%) وذلك بسبب كثافة السليكون الواطئة نسبيا مقارنة بالألمنيوم.

يوضح الشكلين (9,8) تغير كل من شدة حيود الأشعة السينية (X.RAY intensity) و زاوية

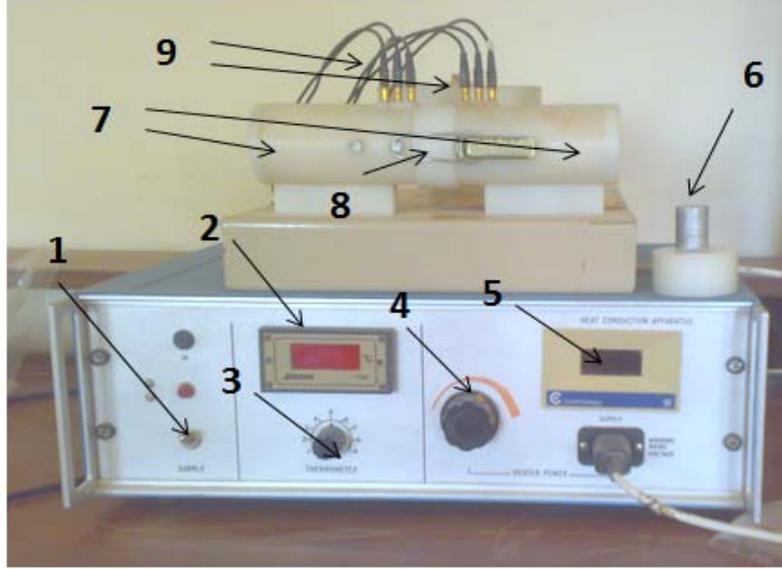
الحيود مع زيادة نسب إضافة كل من السيلكون والجرمانيوم حيث تعتمد شدة حيود الأشعة السينية على عاملين أساسيين هما خاصية العناصر المضافة (Si,Ge) ونسبة إضافة هذه العناصر حيث تزداد شدة الحيود لكل من العنصرين مع زيادة نسبة إضافتهما.

الاستنتاجات:-

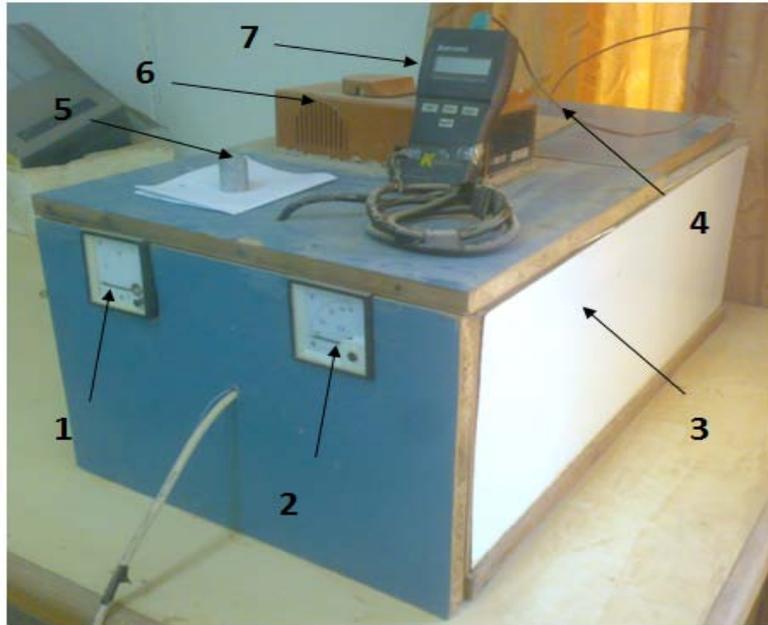
للمواد الصلبة، الحرارة تنتقل بواسطة الموجات الناتجة من اهتزاز الشبكات البلورية والإلكترونات الحرة وتم حساب الخواص الحرارية لسبيكتي Al-Ge و Al-Si وحصلنا على الاستنتاجات التالية:

1. إن الألمنيوم النقي يمتلك معامل توصيل حراري وسعة حرارية نوعية عاليتين بسبب وفرة الإلكترونات الحرة وعلى العكس فإن إضافة أي عنصر إلى المعدن النقي سوف يشغل هذه الإلكترونات الحرة ويقلل من خاصيتيه الحراريتين (k,Cv).
2. إن إضافة الجرمانيوم إلى الألمنيوم النقي سبب زيادة كثافة السبيكة بنسبة (29.34 %)، ونقصان معامل التوصيل الحراري بنسبة (20.85%)، ونقصان السعة الحرارية النوعية بنسبة (19.4%)، وكذلك نقصان معامل الانتشار الحراري بنسبة (24.1%).
3. إن إضافة السيلكون إلى الألمنيوم النقي أدى إلى نقصان كثافة السبيكة بنسبة (4.21 %)، ونقصان معامل التوصيل الحراري بنسبة (7.3 %)، ونقصان السعة الحرارية النوعية بنسبة (6.7 %)، وكذلك زيادة معامل الانتشار الحراري بنسبة (3.7%).
4. إن أفضل إضافة هي (30%Si) للألمنيوم النقي والتي أعطت أعلى خواص حرارة (Cv,k α) مقارنة بسبيكة (Al-30% Ge).

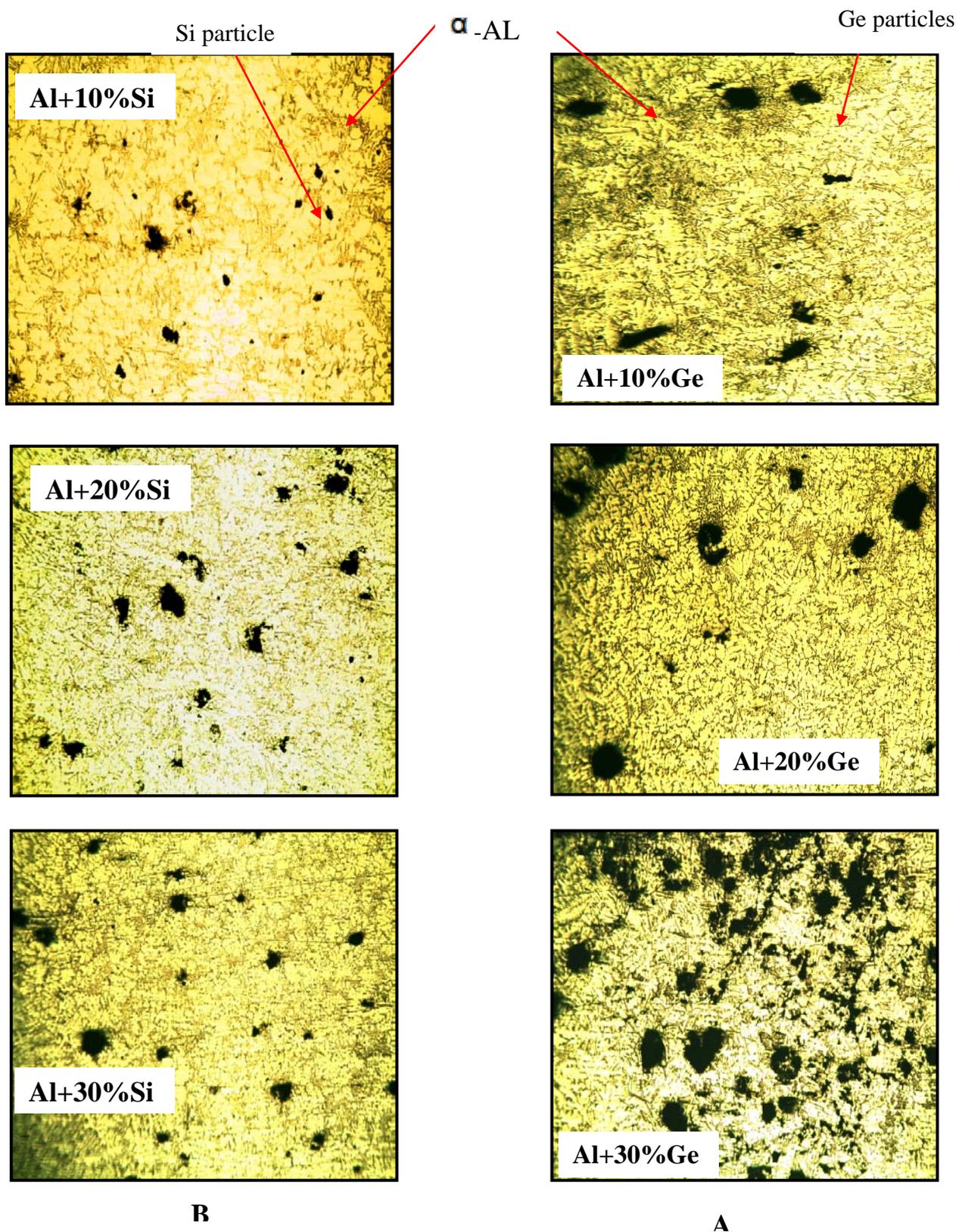
5. عنصري الجرمانيوم والسيلكون المضافين إلى الألمنيوم النقي ترسبا على شكل دقائق في المحلول الجامد (Al-α) كما موضح في الشكل (3) بسبب درجة انصهارهما العالية مقارنة بالألمنيوم النقي، ونلاحظ من الأشكال ان نسبة هذه الدقائق تزداد مع زيادة نسب الإضافة بالإضافة إلى توزيعها شبه المتجانس في المحلول الجامد ويعود ذلك إلى ميكانيكية الخلط (الدوامة) التي استخدمت قبل عملية الصب وعملية التلدين اللاحقة ولكن نلاحظ تجمع دقائق الجرمانيوم بسبب ضعف الية الترطيب بين سطح هذه الدقائق وسائل الألمنيوم قبل الانجماد بينما لا تعاني دقائق السليكون من هذه الظاهرة .



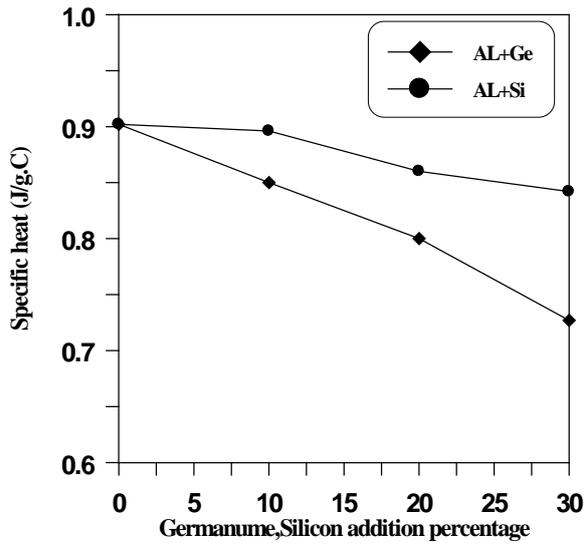
شكل (1) صورة فوتوغرافية لجهاز قياس الموصلية الحرارية توضح فيها الأجهزة المستخدمة في البحث
1- مفتاح التشغيل. 2- مقياس رقمي لدرجات الحرارة. 3- مسيطر على المزدوجات الحرارية. 4- منظم .
5 - مقياس القدرة الكهربائية. 6- عينة الاختبار مع التفلون. 7- أقطاب نحاسية معزولة بالتفلون
8- مكان عينة الاختبار. 9- مزدوجات حرارية



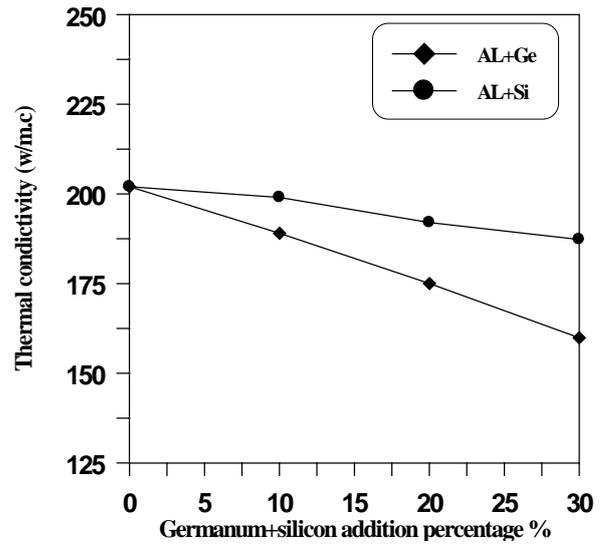
شكل (2) صورة فوتوغرافية لجهاز قياس الحرارة النوعية توضح فيها الأجهزة المستخدمة في البحث
1- مقياس التيار. 2- مقياس الفولتية. 3- حوض الماء. 4- مزدوج حراري. 5- عينة الاختبار. 6- جهاز التحكم
بالمسخن والمروحة. 7- جهاز قياس درجات الحرارة



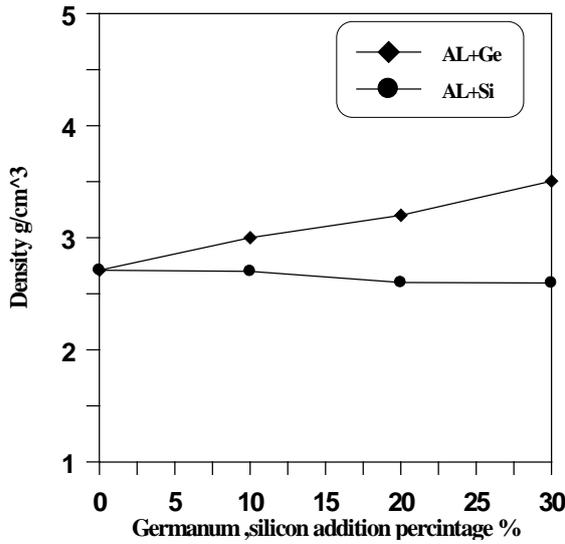
شكل (3) يمثل البنية المجهرية لسبائك الألمنيوم مع تغير النسب المضافة لكل من (A) الجرمانيوم و(B) السليكون



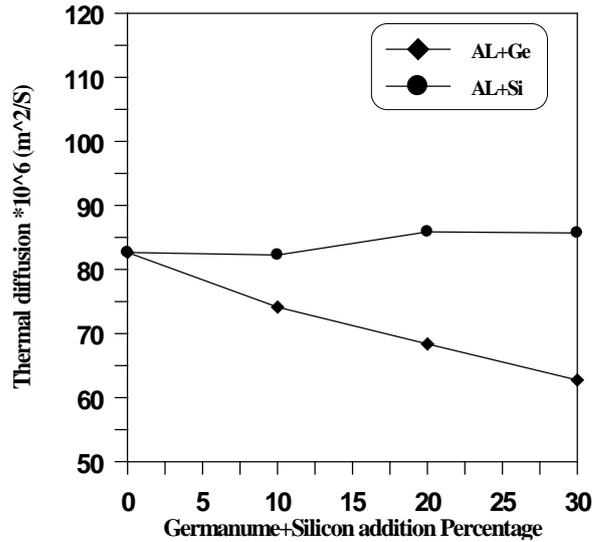
شكل (5) يوضح تغير السعة الحرارية النوعية للسبيكة مع تغير نسب إضافة Ge و Si.



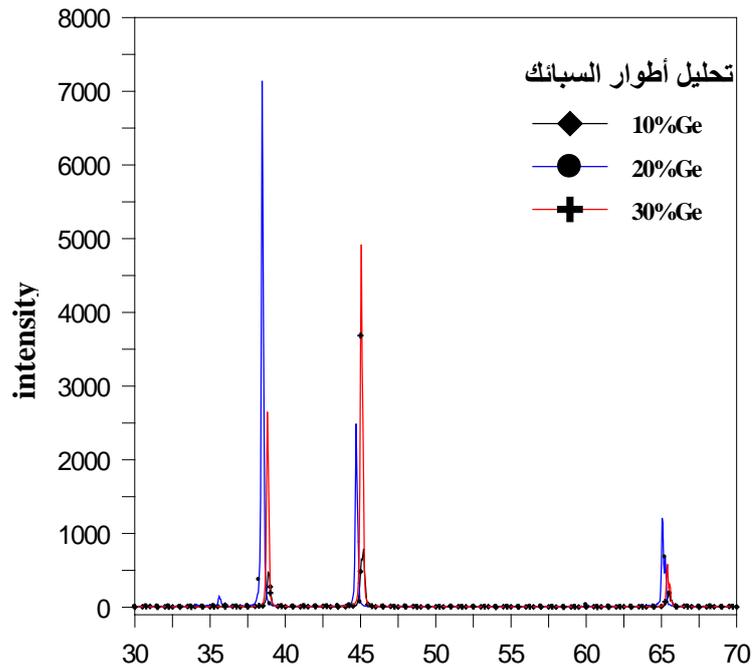
شكل (4) يوضح تغير الموصلية الحرارية للسبيكة مع تغير نسب إضافة Ge و Si.



شكل (7) يوضح تغير كثافة السبيكة مع تغير نسب إضافة Ge و Si.

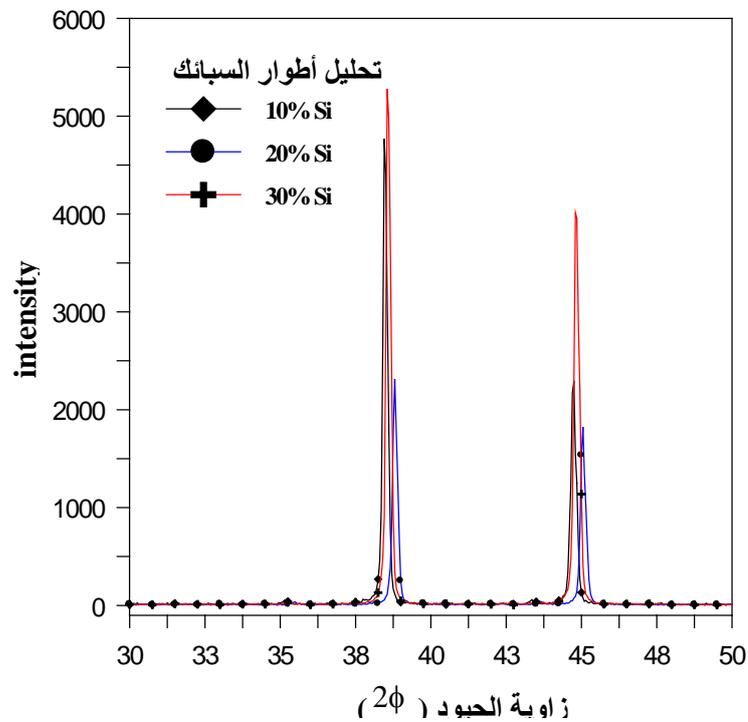


شكل (6) يوضح تغير معامل الانتشار الحراري للسبيكة مع تغير نسب إضافة Ge و Si.



زاوية الحيود (2θ)

شكل (8) يوضح تغير شدة حيود الأشعة مع تغير زاوية الحيود عند نسب مختلفة من إضافة الجرمانيوم إلى الألمنيوم النقي



زاوية الحيود (2θ)

شكل (9) يوضح تغير شدة حيود الأشعة مع تغير زاوية الحيود عند نسب مختلفة من إضافة السيلكون إلى الألمنيوم النقي

REFERENCES:

- B. L. Zink,^{1,2,*} R. Pietri,¹ and F. Hellman^{1,3} "Thermal Conductivity and Specific Heat of Thin-Film Amorphous Silicon" The American Physical Society, PRL 96, 055902 (2006)
- Bolten W., "Engineering Material Technology", 3rd edition, pp.18, 1998.
- Butterman W.C. & Johan D.J., "Mineral commodity profiles, Germanium", Open File Report, pp.1-19, 2005.
- Cornell R. & Bhadeshia H.K., "Aluminum-silicon casting Alloy", page 261, (1999).
- Eastop T. and Mconkey A., "Applied thermodynamics for engineering technologists", 3rd edition, published in the united states of America by Longman Inc. New York, (1978).
- يولاختين ، " علم المعادن والمعاملة الحرارية للمعادن " الباب الحادي عشر ، دار (مير) للطباعة والنشر الاتحاد السوفيتي ، موسكو ، (1983) .
- Islam F., Thykadavil A.K., Medraj M., "A computational thermodynamic model of the Mg–Al–Ge system", Journal of Alloys and Compounds, no. 425, pp. 129–139, (2006).
- John H. Lienhord IV and John H. Lienhord V, " A Heat Transfer Text Book", 3rd edition, pp. 714, (2003), <http://web.mit.edu/Lienhord>.
- Kathleen M., Joseph R., James D., George M. & Heather J., "Metal hand book", 9th ed. Metallography & microstructure , American Society for metals, pp.(354), (1985).
- K.R.Kumar, K.M. Manasundarm & G. Arumaikkannu R., "influence of partical size on dry sliding friction and wear", European Journal of scientific research, vol.60, no.3, pp.(428-438), (2011).
- Predel V.B., Stein D.W., Z. Metallkd. "Trans. Metall. AIME 62" no.(6), pp. 499–504, (1971).
- T.Soma, I.Kitabatake & H.M.Kagaya, " Lattic dynamics and specific of Al-Si & Al-Ge solid solutions", Journal of material Science, vol.29, Issue.3, pp.(640-644), February (1994).
- Sa'ad A. , "structure – property correlation In Aluminum – silicon Alloys" University of Technology , Science of Metallurgical Engineering, (1983) .
- Wilder T.C., "Trans. Metall. AIME 236", no. (1), pp.88–94, (1966).
- William D. callister & David G. Rethwish, " Fundamentals of materials science and engineering , thermal conductivity", 3rd edition, pp. 711-716, 2008.