

## تأثير إضافة العناصر السبائكية و المعالجة الحرارية للزنك في امتصاصيته للطاقة الشمسية

د. رائد نجار\*

د. سليمان علي\*\*

مضر سعود\*\*\*

(تاريخ الإيداع 5 / 2 / 2017. قُبل للنشر في 5 / 25 / 2017)

### □ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير إضافة العناصر السبائكية والمعالجة الحرارية لمعدن الزنك في امتصاصيته للطاقة الشمسية، حيث تم تصنيع تسع سبائك أساسها الزنك وتم تغيير نسب إضافة النحاس والألمنيوم إلى الزنك النقي، وكانت نسب إضافة الألمنيوم (10% , 20% , 30% , 40% , 50%) و ذلك من أجل معرفة تأثير إضافة الألمنيوم إلى الزنك في امتصاصيته للطاقة الشمسية ، و نسب إضافة النحاس ( 20% , 40%)، كذلك تم تحضير عينتين من الزنك النقي درجة نقاوته 99.2% إحداهما مصنعة بطريقة التبريد السريع و الأخرى بطريقة التبريد البطيء و ذلك من أجل معرفة تأثير المعالجة الحرارية للزنك في امتصاصيته للإشعاع الشمسي .

و من أجل قياس امتصاصية العينات المحضرة للإشعاع الشمسي تم تصنيع جهاز يعتمد على طرق التبادل الحراري بين الإشعاع الشمسي و السطح المعرض للإشعاع .

بيّنت النتائج المستحصلة أنّ إضافة كلاً من الألمنيوم و النحاس إلى الزنك قللت امتصاصية الزنك للإشعاع الشمسي المباشر و إنّ زيادة نسبة كل من المعدنيين المضافين إلى الزنك قللت من الامتصاصية بشكل مضطرب . كذلك بمقارنة امتصاصية عينتين من الزنك النقي أحدهما تم إنتاجها بطريقة التبريد السريع و الأخرى بطريقة التبريد البطيء تبين أن العينة التي تم إنتاجها بطريقة التبريد السريع امتصاصيتها أفضل للإشعاع الشمسي من العينة التي تم إنتاجها بطريقة التبريد البطيء .

**الكلمات المفتاحية:** امتصاصية الطاقة الشمسية، الإشعاع الشمسي المباشر، سبائك الزنك، المعالجة الحرارية .

\* أستاذ مساعد - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\* مدرس - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\*\* طالب ماجستير - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

## The effect of adding alloy elements and heat treatment of Zinc on solar energy absorbing

Dr. Raid Najjar \*  
Dr. Suleiman Ali \*\*  
Modar Saood \*\*\*

(Received 5 / 2 / 2017. Accepted 25 / 5 / 2017)

### □ ABSTRACT □

This research aims to study the effect of adding alloying elements and heat treatment of Zinc metal on solar energy absorbing , nine alloys ingots were manufactured by changing the percentages of added Aluminum and Copper on the pure Zinc, and these ratios of Aluminum were : (10% , 20% , 30% , 40 % , 50%) to demonstrate the effect of adding Aluminum to Zinc metal on solar energy absorbing , and ratios of copper were : (20% , 40%) , as well as we prepare two pure zinc samples with 99.2% of purity , one was rapidly cooled and the other slowly cooled , to demonstrate the effect of heat treatment on solar energy absorbing .

In order to measure the solar energy absorbing for prepared samples , we manufactured a device depends on the methods of heat exchange between solar radiation and the surface exposed to radiation .

The obtained results showed that adding Aluminum and Copper to the pure Zinc caused a decrease in solar energy absorbing .

As well as increasing the percentages of adding Aluminum and Copper to the pure Zinc caused a gradually decrease in solar energy absorbing .

comparing the absorbing of pure zinc samples, one was rapidly cooled and the other slowly cooled , the results showed that the sample was rapidly cooled was better than the sample slowly cooled on solar energy absorbing .

**Key words** : absorbing the solar energy, measuring the Solar energy absorbing , zinc alloy , heat treatment .

---

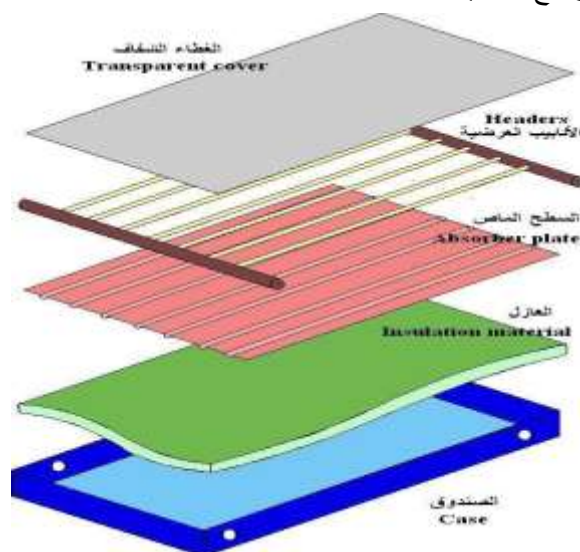
\* Assistant Professor : Design & Product Engineering : Faculty Of Electrical &Mechanical Engineering: Tishreen University : Lattakia :Syria.

\*\* Teacher: Design& Product Engineering : Faculty Of Electrical &Mechanical Engineering: Tishreen University : Lattakia :Syria.

\*\*\* Postgraduate Student: Design& Product Engineering: Faculty Of Electrical &Mechanical Engineering: Tishreen University : Lattakia :Syria.

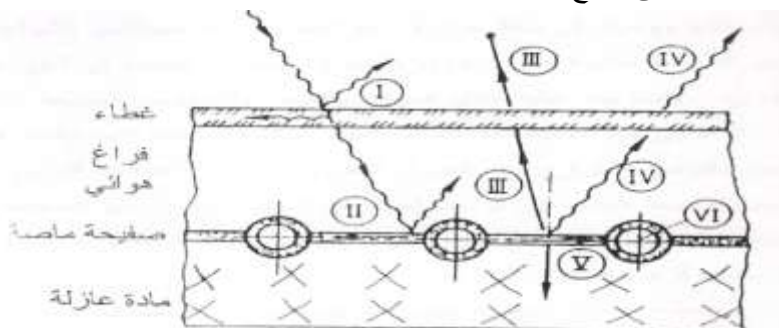
## مقدمة :

من المعروف أنّ اللاقط الشمسي المستوي يتألف من جزء هام جداً ألا وهو الصفيحة الماصة Black absorber plate التي تقوم بامتصاص الأشعة الشمسية و تحويلها إلى حرارة ، و نظراً لأهمية السطح الماص ، فإنّ معظم الأبحاث الحرارية و التصميمية للمجمعات الشمسية تنصب حول رفع كفاءة هذه الأسطح [1] . يصنع السطح الماص من المواد المعدنية مثل النحاس أو الألمنيوم وهناك بعض السطوح المصنعة من المواد البلاستيكية وإذا استعملت هذه المواد البلاستيكية فيجب أن تتحمل تأثير الأشعة فوق البنفسجية و الشكل (1) يبين مكونات اللاقط الشمسي و مكان توضع الصفيحة الماصة [2] .



الشكل (1): مكونات اللاقط الشمسي و توضع الصفيحة الماصة

يوضح الشكل (2) مقطع في لاقط شمسي مسطح مائي، حيث تكون الأنابيب مثبتة في الصفيحة الماصة ويمكن أن تتم عملية التبادل الحراري كما يلي: تسقط الأشعة الشمسية على الغطاء الشفاف ، فينعكس قسم منها إلى الوسط المحيط و يمتص قسماً آخر من قبل الغطاء ، أما القسم الآخر فينفذ عبر الغطاء باتجاه الصفيحة الماصة . يتم امتصاص القسم الأكبر من الأشعة النافذة ، أما القسم الآخر فينعكس على سطح الصفيحة الماصة [3] .



الشكل (2): انتقال الحرارة عبر اللاقط الشمسي

لقد أجريت العديد من الدراسات لتحسين مردود اللواقط الشمسية ، و يعد بحثنا هذا خطوة في هذا المجال حيث قمنا بدراسة خصائص بعض سبائك معدن الزنك و الزنك المعالج حرارياً من حيث قدرته على امتصاص الأشعة الشمسية .

### أهمية البحث وأهدافه:

تؤثر الصفيحة الماصة بشكل أساسي على مردود اللاقط الشمسي حيث أنها تقوم بتلقي الإشعاع الشمسي و تحويله إلى حرارة ، و تصنع هذه الصفيحة الماصة من مواد مختلفة معدنية و غير معدنية و يعتبر معدن الزنك من أفضل المعادن من حيث امتصاصيته للطاقة الشمسية [4]، و استناداً إلى ذلك فالهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير إضافة العناصر السبائكية و تأثير نسب إضافة هذه العناصر و دراسة تأثير المعالجة الحرارية لمعدن الزنك من خلال تغيير سرعة تبريد العينات المنتجة في امتصاصيته للطاقة الشمسية .

### طرائق البحث ومواده:

سنعتمد في بحثنا هذا على المنهج التجريبي من خلال ما يلي :

- 1 سبائك العينات و تحضيرها .
  - 2 تصنيع جهاز IDSRTEmeter المستخدم في قياس امتصاصية العينات المدروسة للطاقة الشمسية .
1. سبائك العينات و تحضيرها كما يلي :

قمنا بتأمين المعادن النقية من السوق المحلية و هي ( نحاس ، ألمنيوم ، زنك ) ، و قمنا بعملية السبائك للحصول على السبائك المطلوبة و الشكل (3) يبين نماذج للسبائك التي تم الحصول عليها و هي :

- خمس سبائك ( Zn-Al ) بنسب وزنيه للألمنيوم ( 10% ، 20% ، 30% ، 40% ، 50% ) .
- سبائكتين ( Zn-Cu ) بنسب وزنيه للنحاس ( 20% ، 40% ) .
- عينتين من الزنك النقي أحدهما منتجة بالتبريد البطيء و أخرى منتجة بالتبريد السريع .

حيث تم استخدام إضافات سبائكية من النحاس و الألمنيوم لأن هذين المعدنين يستخدمان بالإضافة إلى الزنك في تصنيع السطوح الماصة في اللواقط الشمسية بالدرجة الأولى ، كما أنهما يتمتعان بخواص فيزيائية و حرارية مناسبة لهذا الاستخدام ، لذلك تم إضافتها إلى الزنك بغية دراسة تأثير هذه الإضافات على امتصاصية الزنك للطاقة الشمسية . و تم الاكتفاء بنسبتي إضافة لمعدن النحاس و ذلك بسبب الصعوبات التي واجهتنا عند سبائك النحاس الذي درجة حرارة انصهاره  $1083^{\circ}\text{C}$  مع معدن الزنك الذي درجة تبخره  $900^{\circ}\text{C}$  .



الشكل (3): العينات المستخدمة في البحث

بعد ذلك قمنا بتحليل السبائك التي تم الحصول عليها عن طريق جهاز التحليل الطيفي نوع Foundry Master الموجود في مختبر كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة تشرين من أجل التأكد من نسب العناصر الداخلة في تركيب العينات و كانت النتائج مطابق للنسب المطلوبة و الجدول (1) يبين نتائج تحليل العينات .

الجدول (1) نتائج التحليل الطيفي للعينات المدروس

العيينة رقم (1)	المعدن	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Pb
50%Zn – 50%Al	النسبة (%)	50.01	0.036	0.42	0.0	0.04	0.03	>49	0.001	0
العيينة رقم (2)	المعدن	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Pb
60%Zn – 40%Al	النسبة (%)	40.001	0.036	0.42	0.0	0.04	0.03	>59.5	0.001	0
العيينة رقم (3)	المعدن	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Pb
70%Zn – 30%Al	النسبة (%)	30.1	0.036	0.42	0.0	0.04	0.03	>70.05	0.001	0
العيينة رقم (4)	المعدن	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Pb
80%Zn – 20%Al	النسبة (%)	19.9	0.036	0.42	0.0	0.04	0.03	>80.02	0.001	0
العيينة رقم (5)	المعدن	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Pb
90%Zn – 10%Al	النسبة (%)	10.1	0.036	0.42	0.0	0.04	0.03	>90.05	0.001	0
العيينة رقم (6)	المعدن	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Pb
80%Zn – 20%Cu	النسبة (%)	0	0.036	0.42	20.3	0.04	0.03	>79.05	0.001	0

العينة رقم (7) 60%Zn – 40%Cu	المعدن	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Pb
	النسبة (%)	0.01	0.036	0.42	39.02	0.04	0.03	>60.05	0.001	0
العينة رقم (8) عينة التبريد السريع	المعدن	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Pb
	النسبة (%)	0.1	0.036	0.42	0.0	0.04	0.03	>99.25	0.001	0
العينة رقم (9) عينة التبريد البطيء	المعدن	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Pb
	النسبة (%)	0.1	0.036	0.42	0.0	0.04	0.03	>99.25	0.001	0

ثم قمنا بتشغيل السبائك على آلي المخرطة و الفارزة من أجل الحصول على عينات متشابهة بالشكل و الحجم و هي عبارة عن قطع اسطوانية الشكل قطرها 47.96mm وسماكتها 5mm ، و تم صنع ثقب في العينة من أجل وضع الحساس الحراري للجهاز ، و الشكل (4) يبين نماذج للعينات النهائية .



الشكل (4): العينات النهائية المستخدمة في البحث

## 2. تصنيع جهاز IDSRTEmeter المستخدم في قياس امتصاصية العينات المدروسة للطاقة الشمسية :

الشكل (5) يبين جهاز الـ IDSRTEmeter المستخدم في القياس ، يعتمد عمله على تعريض الجسم للإشعاع الشمسي المباشر ، حيث يمثل الجسم قرصاً من معدن وموضوعاً داخل أنبوبة عازلة . في البداية تكون درجة حرارة الجسم  $\theta$  مساوية لدرجة حرارة الهواء المحيط  $\theta_{air}$  ، ثم تبدأ بالارتفاع نتيجة تعرضه للإشعاع الشمسي المباشر حتى تصبح مساوية  $\theta_{max}$  [4].



الشكل (5): يبين جهاز IDSRTemeter .

### النتائج والمناقشة:

قمنا بحساب شدة الإشعاع المباشر العملية باستخدام الجهاز  $I_D$  كما يلي :

تعطى شدة الإشعاع الشمسي المباشر  $I_D$  والواردة على سطح الجسم بالعلاقة التالية [5,6] :

$$I_D = \frac{cm}{A} \cdot k \cdot \Delta\theta \quad (1)$$

حيث أن :

$I_D$  الطاقة الإشعاعية الممتصة من قبل المعدن المدروس .

$c$  الحرارة النوعية للمعدن المدروس .

$m$  كتلة المعدن المدروس .

$$\Delta\theta = \theta_{\max} - \theta_{air}$$

$k$  ثابت الجهاز و هو يتعلق بنوع المعدن المدروس و أبعاده الهندسية .

$A$  مساحة سطح العينة المدروسة .

يمكننا حساب قيمة الثابت  $k$  للجهاز بالشكل التالي :

$$\ln\left(\frac{\theta_{air} - \theta_{\max}}{\theta - \theta_{\max}}\right) = k \cdot t \quad (2)$$

ويفرض أن :

$$\ln\left(\frac{\theta_{air} - \theta_{\max}}{\theta - \theta_{\max}}\right) = \sigma \quad (3)$$

ومنها:

$$\sigma = k \cdot t \quad (4)$$

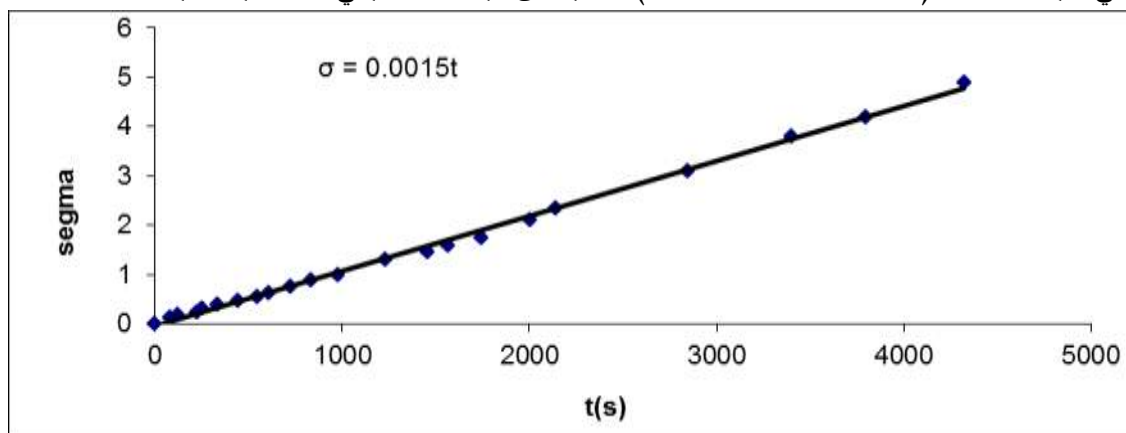
و بأخذ قيم درجة حرارة الهواء المحيط  $\Theta$  خلال أزمنة مختلفة و حساب قيم  $\sigma$  بالاعتماد على العلاقة (3) ثم رسم الخط البياني للعلاقة بين  $\sigma$  و الزمن ( t sec ) للعينة المدروسة ، ميل هذه الخطوط يمثل ثابت الجهاز k و ذلك اعتماداً على العلاقة (4) [4]. و الجدول (2) يبين نتائج القياسات لسبيكة (90%Zn – 10%Al) .

الجدول (2) يبين نتائج القياسات لسبيكة (90%Zn – 10%Al)

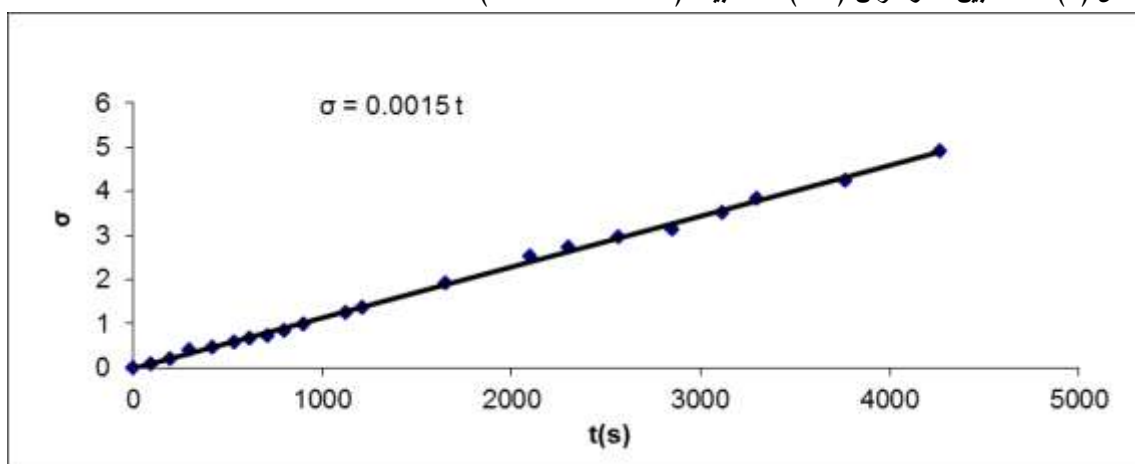
t(s)	$\Theta$ C°	$\sigma$
79	30	0.14
120	31	0.18
223	31.6	0.24
250	32.1	0.32
332	32.9	0.39
442	33.2	0.47
543	34	0.55
608	34.8	0.64
723	35.4	0.76
830	36	0.9
976	36.7	0.98
1233	37.1	1.31
1455	38.4	1.46
1564	39	1.59
1745	39.5	1.75
2005	40.1	2.12
2143	40.3	2.33
2846	41.3	3.1
3400	42	3.8
3800	43.5	4.2
4322	44.4	4.9



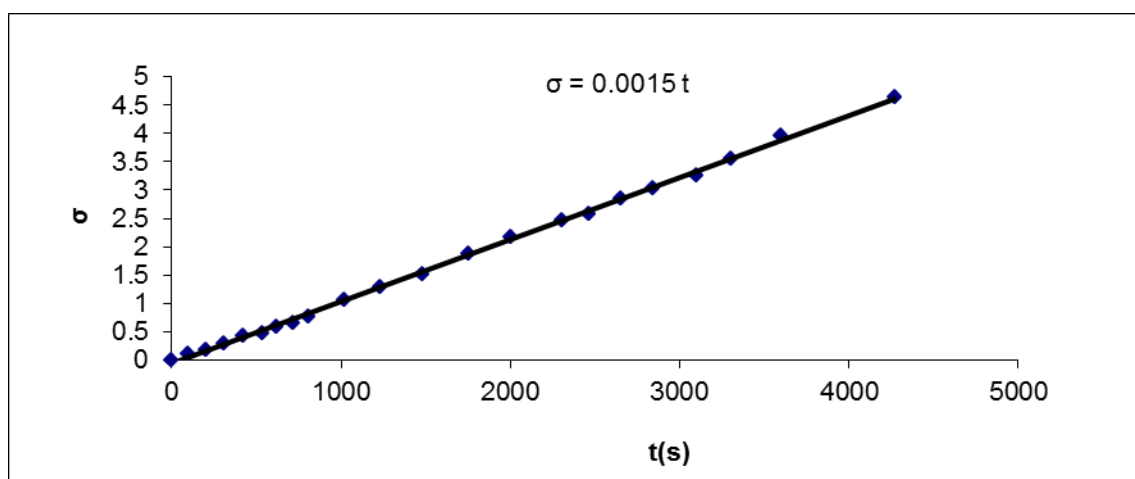
و بشكل مشابه تم قياس بقية العينات و رسم الخطوط البيانية للعلاقة بين  $\sigma$  و الزمن ( t sec ) لكل عينة وهي مبينة بالأشكال (6,7,8,9,10,11,12,13,14) . بحيث أنّ ميل الخط البياني للعلاقة يمثل قيمة الثابت k .



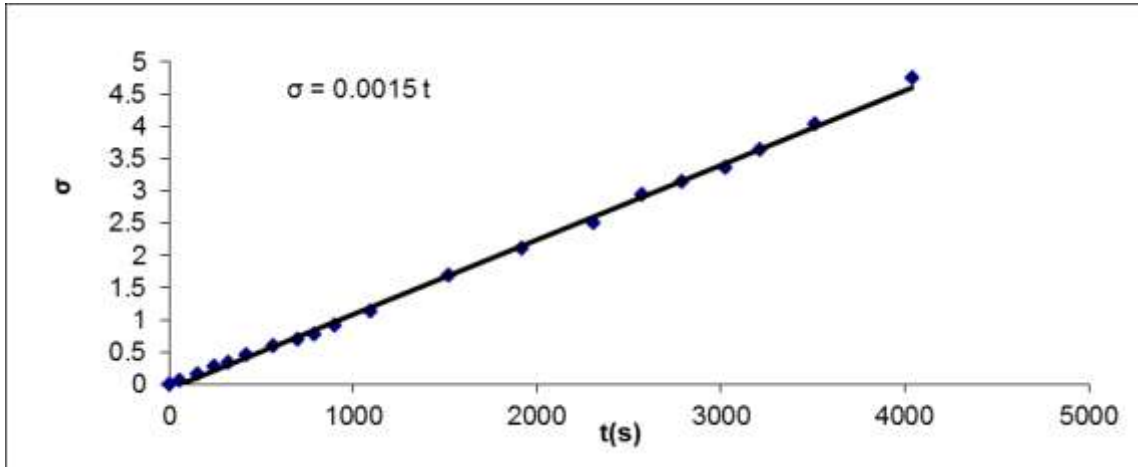
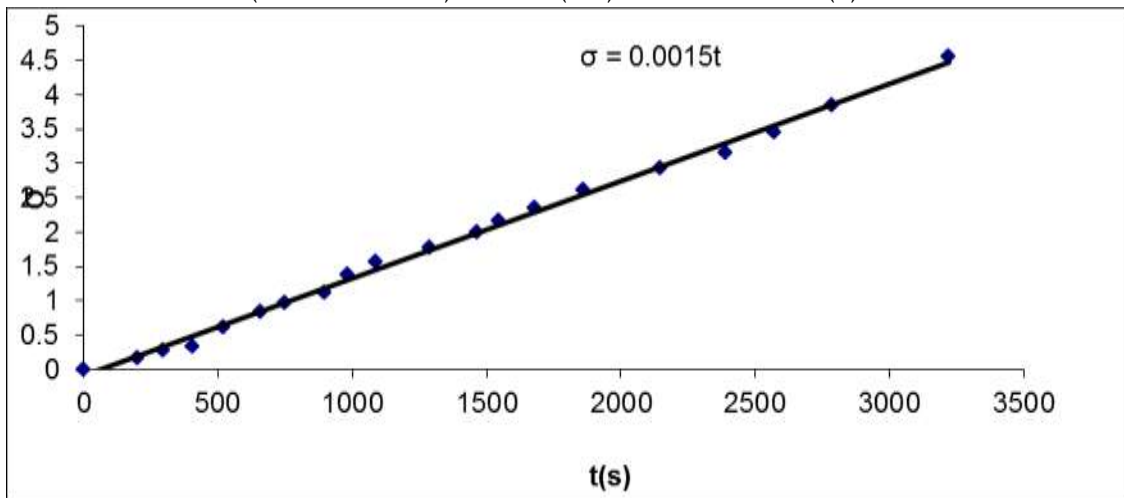
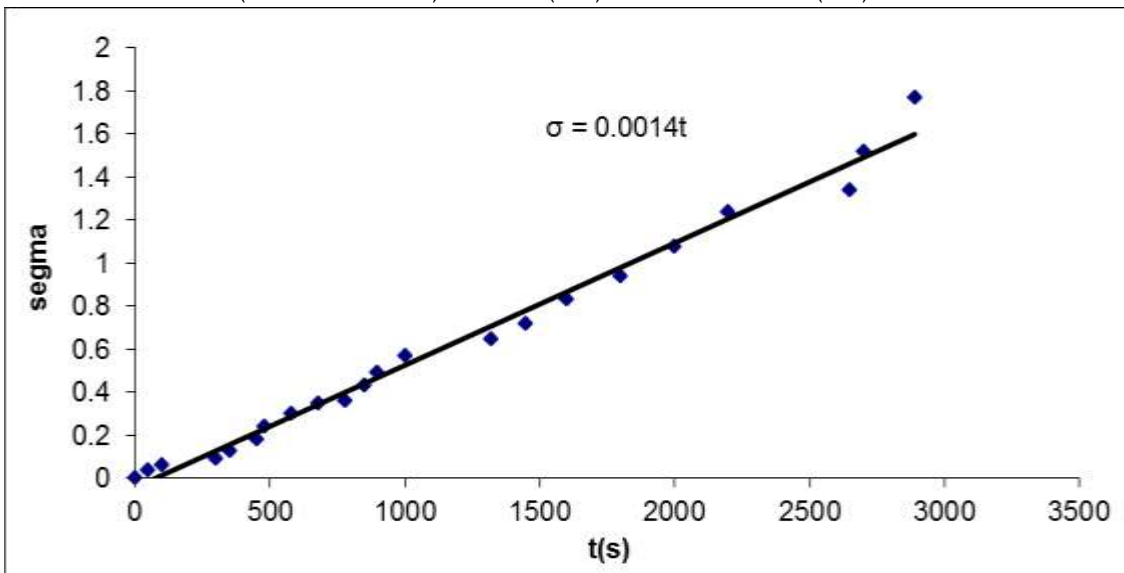
الشكل (6) العلاقة بين  $\sigma$  و الزمن t (sec) للسبيكة (90%Zn - 10%Al)

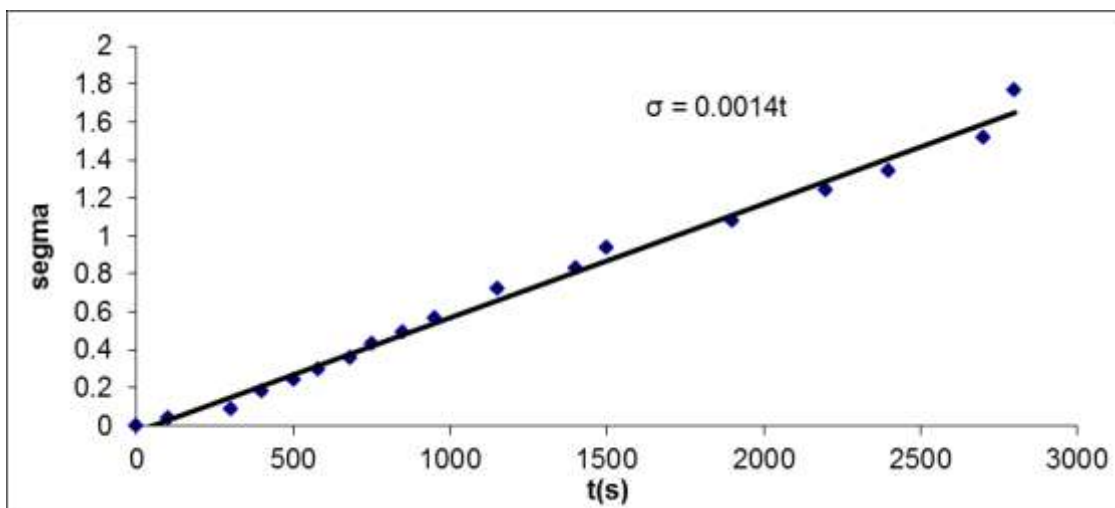


الشكل (7) العلاقة بين  $\sigma$  و الزمن t (sec) للسبيكة (80%Zn - 20%Al)

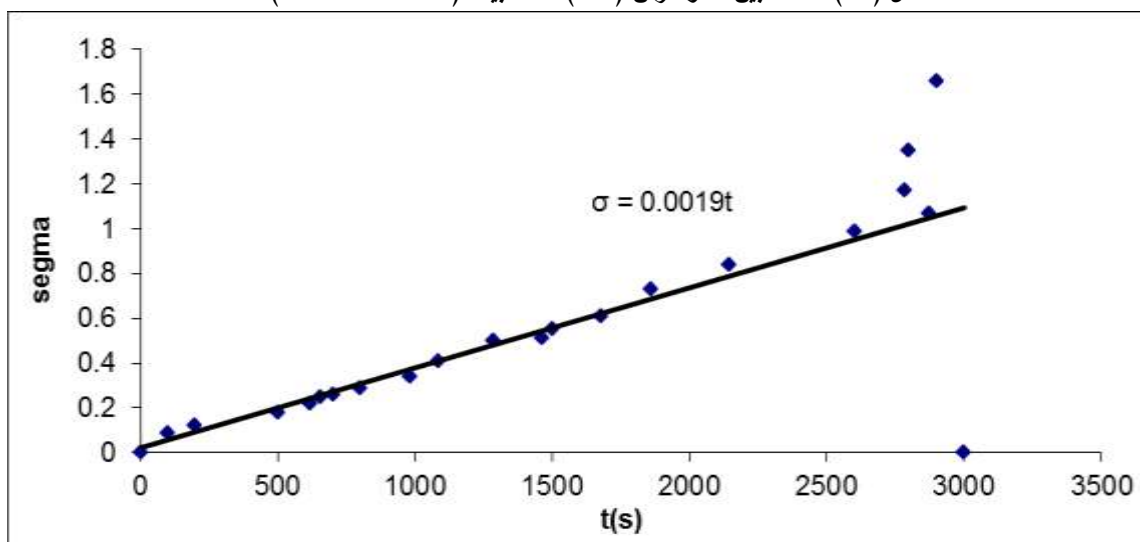


الشكل ( 8 ) العلاقة بين  $\sigma$  و الزمن t (sec) للسبيكة (70%Zn - 30%Al)

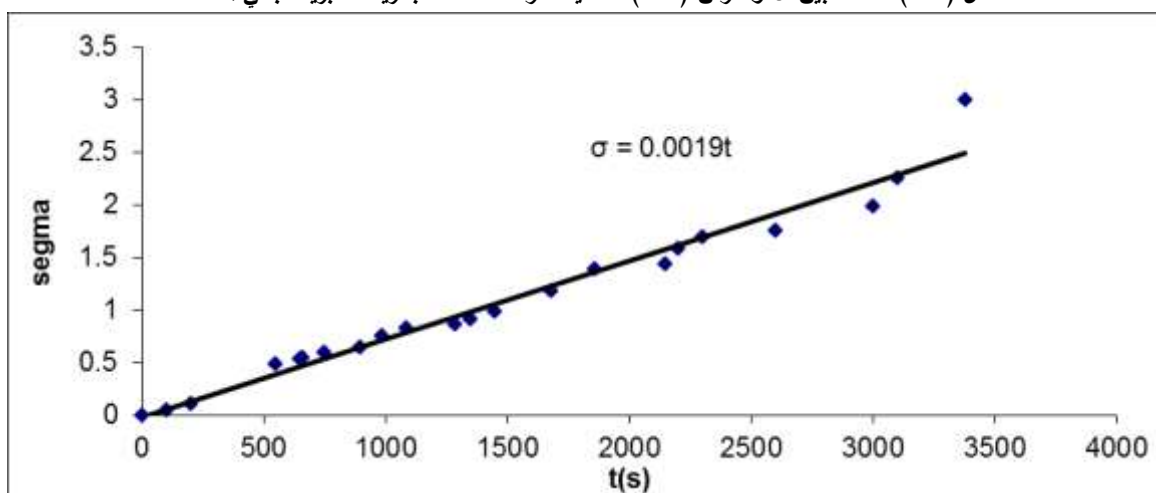
الشكل (9) العلاقة بين  $\sigma$  و الزمن  $t$  (sec) للسبيكة (60%Zn - 40%Al)الشكل (10) العلاقة بين  $\sigma$  و الزمن  $t$  (sec) للسبيكة (50%Zn - 50%Al)الشكل (11) العلاقة بين  $\sigma$  و الزمن  $t$  (sec) للسبيكة (80%Zn - 20Cu)



الشكل (12) العلاقة بين  $\sigma$  و الزمن  $t$  (sec) للسبيكة (60%Zn - 40Cu)



الشكل (13) العلاقة بين  $\sigma$  و الزمن  $t$  (sec) لعينة الزنك المصنعة بطريقة التبريد البطيء



الشكل (14) العلاقة بين  $\sigma$  و الزمن  $t$  (sec) لعينة الزنك المصنعة بطريقة التبريد البطيء

من خلال القياسات السابقة و رسم الخطوط البيانية للعلاقة  $\sigma = k \cdot t$  نحصل على معطيات دراسة الطاقة الممتصة بالنسبة للسبائك المدروسة و هي ثابت الجهاز k لكل سبيكة من السبائك و درجة حرارة الهواء المحيطة بالجهاز و درجة الحرارة العظمى للعينات المدروسة نتيجة تعريضها للإشعاع الشمسي المباشر و هي معطاة بالجدول (3)، كما تبين المنحنيات في الأشكال أعلاه من خلال قيم k الثابتة بدقة و موثوقية الجهاز المستخدم و تكرارته العالية .

الجدول (3) يمثل نتائج القياسات للسبائك المدروسة

السبيكة	K ( s <sup>-1</sup> )	Θ <sub>air</sub> (C° )	Θ <sub>max</sub> (C° )	ΔΘ(C° )
90%Zn – 10%Al	0.0017	28	44.4	16.4
80%Zn – 20%Al	0.0015	28	43.5	15.5
70%Zn – 30%Al	0.0015	28	41.4	13.4
60%Zn – 40%Al	0.0015	28	40.4	12.4
50%Zn – 50%Al	0.0015	29	39.2	10.2
Zn 99.2 % تبريد بطيء	0.0019	28	45.5	17.5
Zn 99.2 % تبريد سريع	0.0019	28	48	20
80%Zn – 20%Cu	0.0014	28	44.6	16.6
60%Zn – 40%Cu	0.0014	28	43.7	15.7

بعد ذلك قمنا بتحديد مواصفات العينات المدروسة كما هو مبين بالجدول (4) عن طريق وزن العينات بميزان الكتروني دقيق درجة دقته (0.001) و قياس قطر العينات عن طريق البياكوليس و من ثم حساب مساحة سطح كل عينة و حساب الحرارة النوعية لكل عينة عن طريق العلاقة التالية :

$$S = \sum W_i \times S_i \quad (5)$$

حيث أن :

$W_i$  النسبة الوزنية لكل معدن من المعادن الداخلة في تركيب السبيكة .

$S_i$  الحرارة النوعية لكل معدن من المعادن الداخلة في تركيب السبيكة .

حيث أن  $S_{Cu} = 0.385 \text{ J/g.c}$  ,  $S_{Al} = 0.860 \text{ J/g.c}$  ,  $S_{Zn} = 0.419 \text{ J/g.c}$  [7,8,9]

الجدول (4) يمثل مواصفات العينات المدروسة

السبيكة	الكتلة m ( g )	القطر d ( mm )	مساحة سطح العينة (A) mm <sup>2</sup>	الحرارة النوعية ( S ) J/g.c
50%Zn – 50%Al	46.08	47.9	1802.025	0.6935
60%Zn – 40%Al	49.86	47.9	1802.025	0.5954
70%Zn – 30%Al	53.65	47.9	1802.025	0.5513
80%Zn – 20%Al	57.43	47.9	1802.025	0.5072

0.4631	1802.025	47.9	61.21	90%Zn – 10%Al
0.419	1802.025	47.9	66	Zn 99.2 % تبريد بطيء
0.419	1802.025	47.9	66	Zn 99.2 % تبريد سريع
0.4124	1802.025	47.9	69.18	80%Zn – 20%Cu
0.4054	1802.025	47.9	73.36	60%Zn – 40%Cu

و هي مدرجة في الجدول (5) .  
 بالتعويض في العلاقة (1) نحصل على قيم شدة الإشعاع الشمسي المباشر الممتص من قبل العينات المدروسة

الجدول (5) يمثل شدة الإشعاع الشمسي المباشر  $I_D$  المقاسة

$I_D (W/m^2)$	السبيكة	التاريخ
250.44	50%Zn – 50%Al	2016/6/15
306	60%Zn – 40%Al	2016/6/17
325.34	70%Zn – 30%Al	2016/6/19
376.04	80%Zn – 20%Al	2016/6/22
438.9	90%Zn – 10%Al	2016/6/23
464.9	80%Zn – 20%Cu	2016/6/30
439	60%Zn – 40%Cu	2016/7/1
510.83	Zn 99.2 % تبريد بطيء	2016/7/5
583.8	Zn 99.2 % تبريد سريع	2016/7/10

بعد ذلك حسبنا شدة الإشعاع الشمسي النظرية  $I_{th}$  في المنطقة المدروسة بواسطة العلاقة التالية [10] :

$$I_{th} = I_{sc} \times \tau_{atm} \quad (6)$$

حيث أن :

$$I_{sc} \text{ قيمة ثابتة مقدارها } 1367 \text{ W/m}^2$$

$\tau_{atm}$  نفاذية الغلاف الجوي و يعطى بالعلاقة [10] :

$$\tau_{atm} = 0.5[\exp(-0.65m(z, \theta_z)) + \exp(-0.095m(z, \theta_z))] \quad (7)$$

حيث أن  $m(z, \theta_z)$  معامل الكتلة الهوائية و الذي يعطى بالعلاقة [11] :

$$m(z, \theta_z) = \frac{\exp(-0.0001184z)}{\cos(\theta_z) + 0.5057(96.080 - \theta_z)^{-1.634}} \quad (8)$$

حيث  $z$  ارتفاع مكان القياس عن

مستوى سطح البحر مقدراً بالمتر، و  $\theta_z$  زاوية السم و تؤخذ بالدرجات ، و هي تمثل الزاوية بين العمود على السطح الأفقي للراصد و أشعة الشمس الواردة على مكان الرصد و يمكن حسابها بمعرفة زاوية ارتفاع الشمس  $\alpha_s$  و التي تمثل الزاوية المتممة لزاوية السم .

و من أجل الحساب الدقيق لهذه الزاوية استعنا بموقع على شبكة الانترنت اسمه [12] Sun Earth Tools يعطي بارامترات المنطقة المدروسة بدقة كبيرة ، حيث أن المنطقة المدروسة في ريف مدينة جبلة ترتفع عن مستوى سطح البحر 172m خط العرض 35.332 وخط الطول 36.030 .  
و الجدول (6) يبين بارامترات المنطقة المدروسة و اللازمة لحساب القيم النظرية للإشعاع الشمسي .

الجدول (6) يبين بارامترات المنطقة المدروسة

التاريخ	الساعة	$\alpha_s^\circ$	$\Theta_z^\circ$
2016/6/15	12:00	75.62	14.38
2016/6/17	12:00	75.62	14.38
2016/6/19	12:00	75.6	14.4
2016/6/22	12:00	75.52	14.48
2016/6/23	12:00	75.48	14.52
2016/6/30	12:00	75.06	14.94
2016/7/1	12:00	74.98	15.02
2016/7/5	12:00	74.61	15.39
2016/7/10	12:00	74.03	15.97

نعوض هذه البارامترات في العلاقات ( 6,7,8 ) فنحصل على معامل الكتلة الهوائية (m) و نفاذية الغلاف الجوي ( $\tau$ ) و شدة الإشعاع الشمسي المباشر النظرية  $I_{th}$  للمنطقة المدروسة نحصل على شدة الإشعاع الشمسي النظري و هي مدرجة في الجدول (7)

الجدول (7) يبين قيم معامل الكتلة الهوائية (m) و نفاذية الغلاف الجوي ( $\tau$ ) و شدة الإشعاع الشمسي المباشر النظرية

التاريخ	الساعة	السبيكة	$m(z, \Theta_z)$	$\tau$	$I_{th} (W/m^2)$
2016/6/15	12:00	50%Zn – 50%Al	1.011	0.7113	975.18
2016/6/17	12:00	60%Zn – 40%Al	1.011	0.7113	975.18
2016/6/19	12:00	70%Zn – 30%Al	1.011	0.7113	975.18
2016/6/22	12:00	80%Zn – 20%Al	1.011	0.7113	975.18
2016/6/23	12:00	90%Zn – 10%Al	1.013	0.7128	974.40
2016/6/30	12:00	80%Zn – 20%Cu	1.015	0.7123	973.77
2016/7/1	12:00	60%Zn – 40%Cu	1.015	0.7123	973.77
2016/7/5	12:00	Zn 99.2 % تبريد بطيء	1.018	0.7117	972.69
2016/7/10	12:00	Zn 99.2 % تبريد سريع	1.022	0.7109	971.92

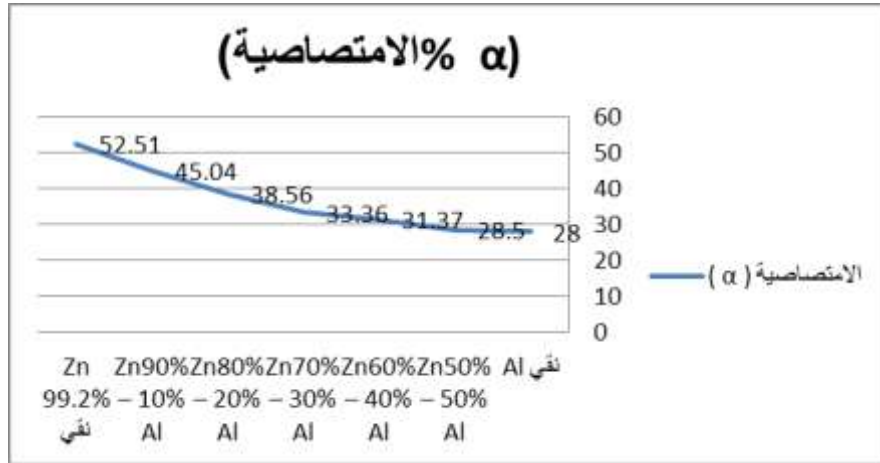
و بقسمة شدة الإشعاع المقاسة  $I_D$  إلى شدة الإشعاع النظرية  $I_{th}$  نحصل على  $\alpha$  مقدار الطاقة الممتصة لكل سبيكة من السبائك المدروسة ، و الجدول (8) يبين امتصاصية السبائك المدروسة للإشعاع الشمسي المباشر .

الجدول (8) يبين امتصاصية السبائك المدروسة للإشعاع الشمسي المباشر

$\alpha = I_D/I_{th}$	$I_D$	$I_{th}$	السبيكة	الساعة	التاريخ
28.5%	277.44	975.18	50%Zn – 50%Al	12:00	2016/6/15
31.37%	306	975.18	60%Zn – 40%Al	12:00	2016/6/17
33.36%	325.34	975.18	70%Zn – 30%Al	12:00	2016/6/19
38.56%	376.04	975.18	80%Zn – 20%Al	12:00	2016/6/22
45.04%	438.9	974.40	90%Zn – 10%Al	12:00	2016/6/23
47.74%	464.9	973.77	80%Zn – 20%Cu	12:00	2016/6/30
45.98%	439	973.77	60%Zn – 40%Cu	12:00	2016/7/1
52.51%	510.83	972.69	Zn 99.2 % تبريد بطيء	12:00	2016/7/5
60.06%	583.8	971.92	Zn 99.2 % تبريد سريع	12:00	2016/7/10

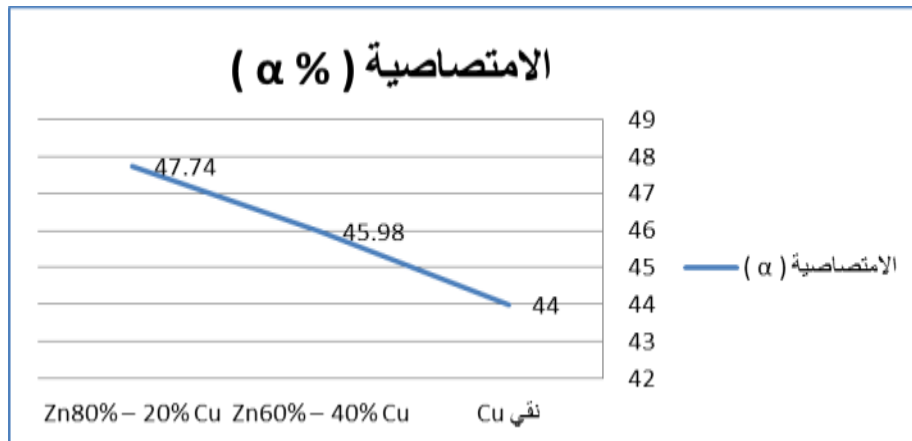
من خلال مقارنة قيم الامتصاصية لسبائك الزنك المستخدمة مع الزنك النقي نجد أنّ إضافة الألمنيوم إلى الزنك قلل امتصاصية الزنك للإشعاع الشمسي المباشر ، كما أنّ زيادة نسبة الألمنيوم المضافة قلل نسبة الامتصاصية بشكل مضطرب كما هو مبين بالشكل (15) .

تنتقل الحرارة عن طريق الموجات الناتجة عن اهتزاز الشبكة البلورية و الالكترونات الحرة و إنّ دخول الألمنيوم إلى الزنك كعنصر تشويب و تشويه لكل من الالكترونات الحرة و الشبكة البلورية يقلل من الالكترونات الحرة بالإضافة إلى زيادة الطاقة اللازمة لاهتزاز الشبكات البلورية و بالتالي تقل امتصاصية سبائك الزنك للإشعاع الشمسي المباشر مقارنة بالزنك النقي ، و هذا التشويب و التشويه يزداد بزيادة نسبة الألمنيوم المضافة و هذا يتطابق مع نتيجة البحث في الدراسة المرجعية [13] والذي بين انخفاض امتصاصية معدن الألمنيوم بإضافة معدن المغنيزيوم ، كذلك فإنّ الخلية الوحيدة لمعدن الزنك من النمط HCP ( البنية السداسية محكمة الرص ) بينما الخلية الوحيدة للألمنيوم من النمط FCC ( النظام المكعبي مركزي الوجه ) و من المعلوم بأنّ الكثافة الذرية للنمط HCP أكبر منها في النمط FCC . و إضافة الألمنيوم ستؤدي إلى تقليل هذه الكثافة الذرية [14].



الشكل (15) مخطط العلاقة بين نسبة الألمنيوم و الامتصاصية

كذلك فإن إضافة النحاس إلى الزنك قلل امتصاصية الزنك للإشعاع الشمسي المباشر و إنَّ زيادة نسبة النحاس قلل الامتصاصية بشكل مضطرب كما هو مبين بالشكل ( 16) لنفس السبب الوارد أعلاه حيث إنَّ إضافة النحاس إلى الزنك كعنصر تشويب و تشويه لكل من الالكترونات الحرة و الشبكة البلورية و هذا يؤدي إلى زيادة الطاقة اللازمة لاهتزاز الشبكات البلورية و بالتالي تقل امتصاصية سبائك الزنك للإشعاع الشمسي المباشر مقارنة بالزنك النقي، و هذا التشويب و التشويه يزداد بزيادة نسبة النحاس المضافة و هذا يتطابق مع نتيجة البحث في الدراسة المرجعية [13] و الذي بين انخفاض امتصاصية معدن الألمنيوم بإضافة معدن المغنيزيوم ، كذلك فإنَّ الخلية الوحيدة لمعدن الزنك من النمط HCP ( البنية السداسية محكمة الرص ) بينما الخلية الوحيدة للنحاس من النمط FCC (النظام المكعبي مركزي الوجه) و من المعلوم بأنَّ الكثافة الذرية للنمط HCP أكبر منها في النمط FCC. و إضافة الألمنيوم ستؤدي إلى تقليل هذه الكثافة الذرية و هذا ما دلت عليه الدراسات المرجعية [14].



الشكل (16) مخطط العلاقة بين نسبة النحاس و الامتصاصية

بمقارنة امتصاصية عينتين من الزنك النقي للإشعاع الشمسي أحدهما تم إنتاجها بطريقة التبريد السريع و أخرى بطريقة التبريد البطيء تبين أن العينة التي تم إنتاجها بطريقة التبريد السريع امتصاصيتها أفضل للطاقة الشمسية من العينة التي تم إنتاجها بطريقة التبريد البطيء كما هو مبين بالشكل (17).



إنّ عملية التبلور للمعادن تمر بمرحلتين أساسيتين : الأولى هي تشكل بلورات صغيرة جداً و ناعمة تسمى عادةً ببذور التبلور أو مراكز التبلور و الثانية هي نمو هذه البذور و تحولها إلى بلورات . و تتحدد عملية التبلور بالواحدتين التاليتين : سرعة تشكل نوى التبلور و سرعة نمو هذه البلورات ، و إنّ عملية تكون مراكز التبلور الذاتي هي عملية ترموديناميكية يتم التحكم بها من خلال زيادة سرعة التبريد  $\Delta T$  أو ما يسمى بفرط التبريد ، فكلما زادت سرعة التبريد تمكنت بذور التبلور ذات الأقطار الدنيا من النمو ، و هذا ما قمنا بتحقيقه بزيادة سرعة التبريد بصب الزنك السائل في قالب معدني لتحقيق سرعة التبريد الكبيرة و قالب رملي جاف لتحقيق سرعة تبريد منخفضة و بذلك نكون قد حصلنا على بنية حبيبات ناعمة في الحالة الأولى و بنية حبيبات خشنة في الحالة الثانية حيث أنه اعتماداً على دراسات مرجعية [15,16,17] تبين أنّه يوجد علاقة أساسية بين حجم الحبيبات و الامتصاصية .



الشكل (17) مخطط العلاقة بين امتصاصية الزنك المنتج بطريقتي التبريد السريع و البطيء

### الاستنتاجات والتوصيات:

- التحقق من دقة الجهاز المصنع في هذا البحث .
- دلّت النتائج التجريبية أنّ امتصاصية الزنك للطاقة الشمسية تتناقص بإضافة الألمنيوم و النحاس إلى الزنك .
- إنّ زيادة النسب الوزنية لكل من العناصر المضافة إلى الزنك أدت إلى تناقص الامتصاصية بشكل مضطرب .
- إنّ المعالجة الحرارية الهادفة إلى خلق بنية حبيبية ناعمة أدت إلى تحسين الامتصاصية .
- نوصي بالقيام بدراسة مماثلة يتم الحصول على البنية الناعمة للحبيبات بطريقة التبلور الغير متجانس .
- و نوصي بإجراء دراسة تجريبية مماثلة لهذه الدراسة و لكن باستخدام الطلاء الأسود و استخدام سماكات مختلفة من أجل معرفة تأثير سماكة الطلاء على الامتصاصية .
- كذلك نوصي بإجراء دراسة تجريبية مماثلة لهذه الدراسة و لكن بعد إجراء معالجات حرارية مختلفة للسبائك المدروسة قبل و بعد إجراء عملية الطلاء .
- العمل على تطوير الجهاز المستخدم في قياس امتصاصية المعادن للطاقة الشمسية .

## المراجع:

- 1- ASHRAE - *Standard The Thermal Testing To Determine The Thermal Performance Of Solar Collectors* , New York – U.S.A – 1993 , p. 15-18.
- 2- LOUIS.E.AKPABIO , SUNDAY O. UDO, SUNDAY E. ETUK, "*Modeling Global Solar Radiation for Tropical Location: Onne, Nigeria*"*Turk.J.Phys.* , 2004. p. 63-68
- 3 - د. أمين القلق، السخان الشمسي، المنظمة العربية للتربية و الثقافة و العلوم ، سلسلة الحقائق العلمية في مجال الطاقات المتجددة، تونس 2008 / 3-4 .
- 4- HAIAM JBELI , BAHJAT IBRAHIM , HASSAN AYUB . "*Design a device for measuring the intensity of direct solar radiation*" . Tishreen university, Journal for research and studies , 2009, P.187-202.
- 5- LIENHARD, J. H IV; LIENHARD , J. H V. "*A Heat Transfer Textbook. 3<sup>ed</sup>. ed, Phlogiston Press*", Cambridge, 2008, p. 749.
- 6- BRONSON,R - *Differential Equations*, Schaum's Outlines Series, MCGRAW-HILL, USA, 2003, p. 136.
- 7- MATAERIAL PROPERTY DATA, copyright 1996-2012 by MatWeb, Copper, Cu; Annealed, <http://www.matweb.com/> , 10/4/2015.
- 8- MATAERIAL PROPERTY DATA, Aluminum 7050-T7651, Copyright 1996-2004 by Automation Creations, Inc , <http://www.crptechology.com/>, 10/4/2015.
- 9- MATAERIAL PROPERTY DATA, copyright 1996-2012 by MatWeb, Zinc Alloy7; AG40B; Zn-4Al-0.015Mg; Zamak7<http://www.matweb.com/>,23/4/2015 .
- 10- NATERER, G. F- *Heat Transfer in Single and Multiphase Systems*. CRC Press LLC, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C, 2003, P. 603.
- 11- DUFFIE, J. A; BECKMAN , W. A. *Solar engineering of thermal processes. 3<sup>ed</sup>. ed*, John Wiley & Sons, New York, 2006, P. 1- 42.
- 12- [WWW.sunearthtools.com](http://WWW.sunearthtools.com). 15/7/2016
- 13 . محمد صالح أحمد ، دراسة تأثير إضافة عنصري الزنك و المغنيزيوم على الخواص الحرارية للألمنيوم النقي ، مجلة تكريت للعلوم الهندسية / المجلد 19 / العدد4 / كانون الأول 2012 / 74-84 .
- 14- RYMOND B. SEYMOR, "*Polymer Composites*", the Netherland First Edition, (1990).P. 23-27.
- 15- E.A.EKIMOY, N.V. SUETIN , A.F POPOVICH, "*Effect of microstructure and grain size on the thermal conductivity of high pressure sintered diamond composites*", J. Inorganic Materials, (2008). P. 34-38 .
- 16- W.J. TAMLINSAN AND D. STAPLEY , "*Thermal Conductivity of epoxy resin Aluminium*", Journal of Materials Science, (2004) , P7-9 .
- 17- TIN YLEPAUGH, J.R. & TRUESDALE , R.S., "*Grain Size Effects on the Thermal Conductivity of Ceramic Oxides*", (2010) , P12-18 .