

Designing and evaluation of solar furnace

تصميم وتقييم المصهر الشمسي

محمد صالح مهدي
خليل علوان حسين ، عائد إبراهيم عويد ، صلاح صبحي عبد ، حسام صبيح العرب ، أسماء حسن
سعد عبد الحسين عبد ، حاتم علي حسين ، طارق ياسين خضر ، عباس حسين علي
وزارة العلوم والتكنولوجيا - دائرة تكنولوجيا الطاقات المتجددة

الخلاصة

في هذا البحث تم تصميم وتقييم المصهر الشمسي الذي يستخدم لصهر المعادن ، حيث استخدم مركز على شكل صحن (dish) بقطر (1.6 m) وبعمق (0.2 m) لتركيز الاشعاع الشمسي ، في حين استخدمت جفنة (بودقة) مصنوعة من مادة الكرافيت كمستقبل حيث توضع المعادن بداخلها كما استخدمت منظومة تتببع ذات محورين تتحرك يدويا لتتبع حركة الشمس . سجلت اعلى درجة حرارة داخل الجفنة كانت (534 °C) . وتم صهر مادتي الرصاص والخراسين . كما دُرس تأثير سرعة الرياح وشدة الاشعاع الشمسي على عملية الصهر حيث وجد ان وقتها يزداد بزيادة سرعة الرياح لزيادة خسائر الحمل الحراري ويقل بزيادة شدة الاشعاع الشمسي .
الكلمات المفتاحية : المصهر الشمسي ، مركز صحن ، جفنة الكرافيت

Abstract

In this research, we have designed and evaluated the solar furnace that used to melt metals by using paraboloid dish concentrator to focus solar radiation. The diameter and depth of dish are (1.6 m) and (0.2 m) respectively while the crucible made of graphite as a receiver where placed metals inside it. Two axes system has been used to track the movement of the sun manually.

The highest temperature recorded inside the crucible was (534° C) . It was melting the materials of lead and zinc. Also studied the effect of wind speed and intensity of solar radiation on the melting process where he found that the melting time increases with increasing wind speed which cause the increasing in convection losses, and decrease with increasing the intensity of solar radiation

Keywords: solar furnace, paraboloid dish , graphite crucible

1. المقدمة

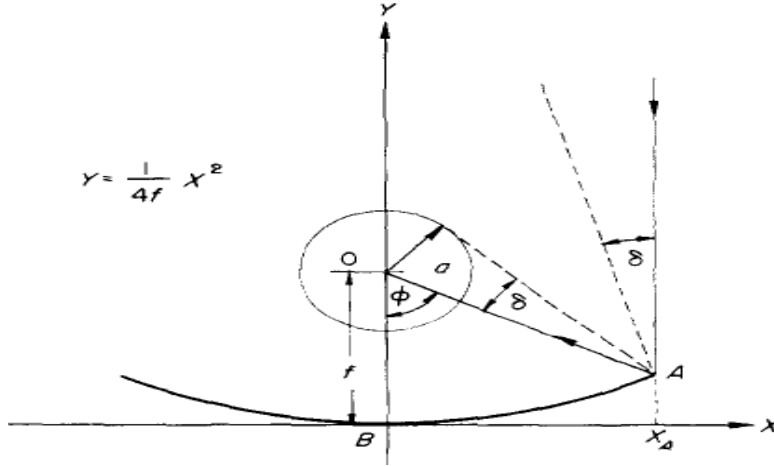
ان تقنية الطاقة الشمسية بدأت تأخذ اهتمام واسع في وقتنا الحاضر لما لها من اهمية في الحفاظ على البيئة من التلوث وقابليتها على تلبية حاجة الشعوب من الطاقة التي يحتاجونها. ان استخدام الطاقة الشمسية في بعض التطبيقات التي تتطلب درجات حرارية عالية نسبيا مثل انتاج البخار وصهر المعادن وإنتاج الكهرباء يتطلب شدة عالية للإشعاع الشمسي لذلك يتم تركيزه في منطقة صغيرة والتي يوضع فيها المستقبل لزيادة شدته ، وتتم هذه العملية باستخدام المركبات (Concentrators) . وهناك عدة انواع من المركبات منها يعتمد على ظاهرة الانعكاس مثل الصحن (dish) والمركز الحوضي (trough) والآخر يعتمد على ظاهرة الانكسار مثل عدسات فرينيل . ان تركيز الاشعاع الشمسي في منطقة صغيرة له فائدتان الاولى هي زيادة شدة الاشعاع في تلك المنطقة والثانية هي تقليل الخسائر الحرارية (الحمل والإشعاع والتوصيل الحراري) حيث تعتمد هذه الخسائر على المساحة السطحية للمستقبل.

2. الجانب النظري

ينقسم الجانب النظري الى جزء بصري ويختص بمعاملات المركز (البعد البؤري، نسبة التركيز (concentration ratio) ، زاوية الحافة (rim angle) ، مساحة فتحة الدخول (aperture area)) وقدرة الإشعاع الساقط والممتص من قبل المستقبل ، وجزء حراري يتعلق في مقدار الحرارة اللازمة لصهر المعدن والخسائر الحرارية وتحديد الزمن اللازم لإتمام عملية الصهر اعتمادا على مقدار قدرة كل من الإشعاع الساقط على الصحن والممتص من قبل المستقبل والخسائر الحرارية ومقدار الطاقة اللازمة لعملية الصهر.

1.2 الجزء البصري

يتميز الصحن الشمسي العاكس ذو القطع المكافئ الدوراني (paraboloidal) هو احد انواع المركزات الحرارية بكفاءته العالية على تركيز اشعة الشمس الساقطة على سطحه العاكس وتجميعها في بؤرته . سطح الصحن يتكون من تدوير منحنى القطع المكافئ ، والشكل (1) يوضح منحنى القطع المكافئ .



شكل(1) منحنى القطع المكافئ [1]

ان البعد البؤري للصحن (f) يعطى بدلالة قطر (d) وعمق الصحن (h) وفق المعادلة الآتية [2] .

$$f = \frac{d^2}{16h} \quad (1)$$

مساحة الفتحة للمركز (A_a) وهي مساحة دخول الإشعاع الشمسي الساقط على الصحن فهي ذات اهمية في التصميم للتنبؤ بأداء المركز الشمسي وهذه المساحة تعطى بالمعادلة الآتية [2] .

$$A_a = \pi \frac{d^2}{4} \quad (2)$$

زاوية الحافة (Φ) هي من المتغيرات المهمة في تصميم الصحن حيث يعتمد نسبة التركيز عليها ، وتعطى بالمعادلة الآتية [2].

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{d}{2(f-h)} \right) \quad (3)$$

ان نسبة التركيز (النسبة بين شدة الإشعاع الساقط على المستقبل إلى شدة الإشعاع الساقط على الصحن) تعتمد على نوع المركز وشكل المستقبل وفي حالة الصحن والمستقبل المستوي وتعطى بالمعادلة الآتية [1]

$$C_{3dim} = \frac{\sin^2 \theta \cos^2 (\theta + \delta)}{\sin^2 \delta} \quad (4)$$

حيث يمثل δ نصف زاوية قبول الشمس (half acceptance angle) وقيمته (0.266°)

مقدار قدرة (q_{inc}) الأشعة المستفاد من الإشعاع الشمسي والساقط على الصحن يعطى بالمعادلة الآتية [2]

$$q_{inc} = I \cdot A_a \cdot \rho \cdot \gamma \cdot \alpha \quad (5)$$

حيث يمثل (I) و (A_a) و (ρ) و (α) و (γ) شدة الإشعاع الشمسي ومساحة فتحة المركز وانعكاسية الصحن وامتصاصية الجفنة وعامل القبول (intercept factor) والذي يعرف على انه النسبة بين الإشعاع الساقط على المستقبل الى الإشعاع الكلي في منطقة البؤرة) على الترتيب.

2.2 الجزء الحراري

تعتمد كمية الطاقة التي تعمل على احداث عملية الصهر على مواصفات المادة المصنوع منها المستقبل (مقدار امتصاصيتها للإشعاع الشمسي ومساحتها السطحية وسعة حرارتها النوعية وكتلتها) والمادة المراد صهرها وعلى الخسائر الحرارية . ان عملية صهر المعدن تتطلب اولا رفع درجة حرارة كل من المعدن والمستقبل من درجة حرارة المحيط الى درجة حرارة انصهار المعدن . وثانيا تحول المعدن من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة في نفس درجة حرارة الانصهار. ان كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المعدن الابتدائية والمساوية لدرجة حرارة المحيط (T_a) الى درجة حرارة انصهار المعدن (T) تعطى بالمعادلة الآتية [3]

$$Q_1 = m_1 c_1 (T - T_a) \quad (6)$$

حيث يمثل m_1 و c_1 كتلة والسعة الحرارية النوعية (specific heat capacity) للمعدن .
كما ان كمية الحرارة (Q_2) اللازمة لرفع درجة حرارة الجفنة من درجة حرارة المحيط (T_a) الى درجة حرارة انصهار المعدن (T) تعطى بالمعادلة الآتية [3]

$$Q_2 = m_2 c_2 (T - T_a) \quad (7)$$

حيث يمثل m_2 و c_2 كتلة والسعة الحرارية النوعية للجفنة . وحيث ان الحرارة النوعية للجفنة تتغير مع درجات الحرارة وفق المعادلة الآتية [4,5,6]

$$C_2 = \begin{cases} -474.0 + 4.953T - 3.609 \times 10^{-3} T^2 + 9.3068 \times 10^{-7} T^3 & 300 \leq T \leq 1500K \\ 1207.4 + 0.6876T - 1.16 \times 10^{-4} T^2 & 1500 < T \leq 3000K \end{cases} \quad (8)$$

لذلك فان Q_2 تعطى بالمعادلة الآتية

$$Q_2 = m_2 \int_{T_a+273}^{T+273} (1207.4 + 0.6876T - 1.16 \times 10^{-4} T^2) dT \quad (9)$$

كمية الحرارة Q_3 اللازمة لتحويل المعدن من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة في نفس درجة حرارة الانصهار تعطى بالمعادلة الآتية

$$Q_3 = m_1 \lambda \quad (10)$$

حيث يمثل (λ) الحرارة الكامنة لانصهار المعدن.

كمية الطاقة الكلية التي تتطلبها عملية الصهر تعطى بالمعادلة الآتية

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (11)$$

الخسائر الحرارية والتي تزداد كلما ارتفعت درجة حرارة المستقبل تعتبر عاملا مهما في عملية تصميم المستقبل حيث تعتمد هذه بالإضافة الى درجة الحرارة على المساحة السطحية للمستقبل .ان هذه الخسائر تقلل من مقدار الزيادة في درجة الحرارة للوصول الى درجة حرارة الانصهار وبالتالي تزيد من الفترة الزمنية لعملية الصهر. ان الخسائر الحرارية هي بواسطة العمليات التالية :

أ- الاشعاع الحراري

مقدار الاشعاع الحراري يعطى بالمعادلة الآتية [2]

$$q_r = F A \epsilon \sigma (T^4 - T_s^4) \quad (12)$$

حيث يمثل (A) ، (ϵ) ، (σ) المساحة السطحية للجزء الباعث للإشعاع وانبعاثية الجفنة وثابت ستيفان – بولتزمان وقيمته ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$) على الترتيب، ويمثل F معامل شكل الاشعاع والذي قيمته تساوي (1) في بحثنا [7]، و T_s تمثل درجة حرارة السماء والتي نمونجيا تأخذ اقل ب (6) من درجة حرارة المحيط [2]، والعلاقة بين درجتى حرارة السماء والمحيط تعطى بالمعادلة الآتية [7] .

$$T_s = T_a [0.711 + 0.0056 T_{dp} + 0.000073 T_{dp}^2 + 0.013 \cos(15t)]^{1/4} \quad (13)$$

حيث يمثل T_{dp} درجة حرارة نقطة الندى (dew point) بوحدة ($^{\circ}\text{C}$) و (t) الزمن بوحدة (hour) مقاس من منتصف الليل

ب- الحمل الحراري

مقدار الحمل الحراري يعطى بالمعادلة الآتية [2]

$$q_{conv} = h A (T - T_a) \quad (14)$$

حيث يمثل (h) معامل الحمل الحراري (convection coefficient) للهواء، وفي حالة الحمل الحراري الطبيعي ولسطوح مستوية تميل بزواوية اكبر من (45) فانه يعطى بالمعادلة الآتية [8]

$$h = 2.13(T - T_a)^{1/4} \quad (15)$$

وفي حالة الحمل الحراري الطبيعي التي تخص سريان الهواء عبر اسطوانة في الهواء الطلق حيث ان شكل الجفنة اسطواني تقريبا يتم حساب معامل الحمل الحراري بإيجاد رقم نسلت (Nu) اعتمادا على رقم رينولد (Re) والعلاقة بينهما هي [9]

$$Nu = 0.40 + 0.5(Re)^{0.6} \quad 0.1 < Re < 1000 \quad (16)$$

$$Nu = 0.30(Re)^{0.6} \quad 1000 < Re < 50000 \quad (17)$$

$$Re = \frac{v \cdot D_2}{\nu} \quad (18)$$

حيث يمثل D_2 و v و ν القطر الخارجي للجفنة وسرعة الهواء واللزوجة الدينامية للهواء على الترتيب

$$h = \frac{k_{air}}{D_{outer}} \cdot Nu \quad (19)$$

ج- التوصيل الحراري

ويعطى بالمعادلة الآتية [10]

$$q_c = kA \frac{(T - T_a)}{x} \quad (20)$$

حيث يمثل k معامل التوصيل الحراري (thermal conductivity) لمادة العازل x سمك العازل وحيث ان الجفنة التي يحدث فيها الانصهار ذات شكل اسطواني تقريبا ومحاطة بمادة عازلة من مادة الأسبست والحديد من الجانب والجزء العلوي الجفنة فان المقاومة الحرارية للجزء الاسطواني تكون [10]

$$R_{th1} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2*\pi*l*k} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2*\pi*l*k} + \frac{1}{2*\pi*r_3*l*h} \quad (21)$$

حيث يمثل R_{th1} المقاومة الحرارية للأسبست والحديد المحيط بالجفنة من الجانب و (r_1) و (r_2) و (r_3) تمثل نصف القطر الداخلي والخارجي للأسبست ونصف القطر الخارجي للحديد على الترتيب . وللجزء المستوي العلوي للجفنة [10]

$$R_{th2} = \frac{4}{\pi*(D_2^2)*k_1} + \frac{4}{\pi*(D_2^2)*k_2} + \frac{4}{\pi*D_2^2*h} \quad (22)$$

حيث يمثل R_{th2} المقاومة الحرارية للأسبست والحديد المحيط بالجفنة من الاعلى و (x_1) و (x_2) تمثل سمك الأسبست وللحديد على الترتيب . تصبح معادلة q_c هي [10]

$$q_c = \frac{(T-Ta)}{R_{th1}} + \frac{(T-Ta)}{R_{th2}} \quad (23)$$

ان الخسائر الكلية (q_{Loss}) هي مجموع خسائر الاشعاع والحمل والتوصيل أي ان

$$q_{Loss} = q_r + q_{conv} + q_c \quad (24)$$

3.2 الزمن اللازم لصهر عينة المعدن

يتم تحديد هذا الزمن من خلال مقدار الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة المستقبل الى نقطة الانصهار ومن ثم حدوث عملية الانصهار وصافي القدرة المستفادة من الإشعاع الشمسي في عملية رفع درجة حرارة المستقبل (الجفنة والمعدن). ان صافي القدرة q_{net} تعطى بالمعادلة الاتية

$$q_{net} = q_{inc} - q_{Loss} \quad (25)$$

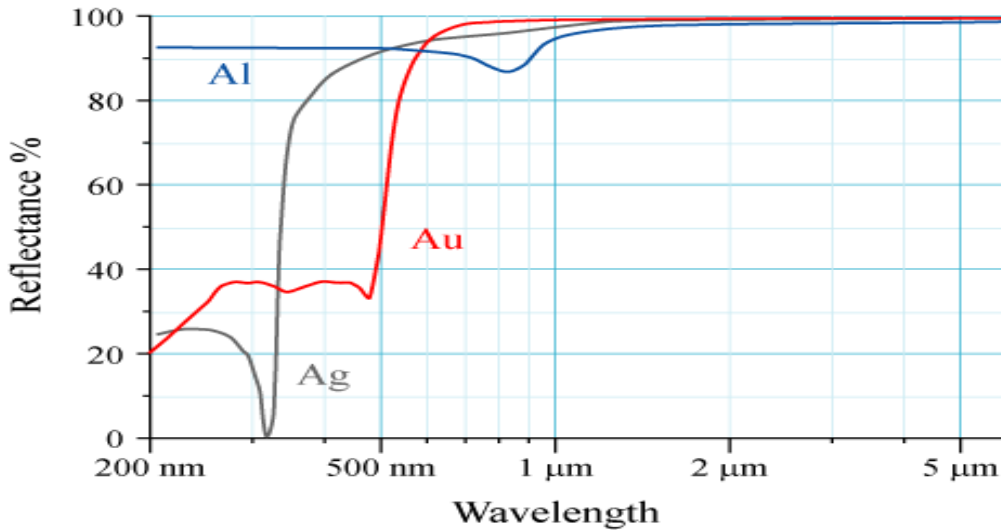
ان الزمن (t) اللازم لعملية الانصهار يعطى بالمعادلة الاتية

$$t = Q / q_{net} \quad (26)$$

3. الجانب العملي

يتكون من الأجزاء الاتية

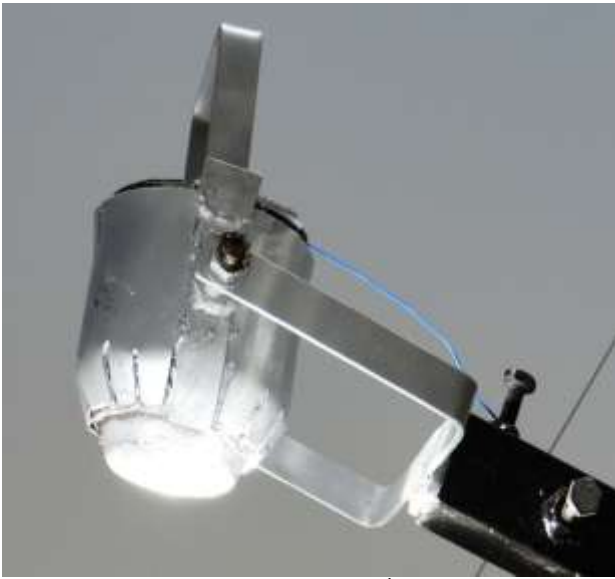
أ- مركز من نوع صحن (dish) قطره (1.6 m) وعمقه (0.2 m) يتم تغطية سطحه برقائق من الألمنيوم (Al foil) حيث الألمنيوم له انعكاسية تقترب من (90%) لجميع مناطق الطيف الشمسي تقريبا وكما موضح في الشكل (2).



شكل (2) انعكاسية الذهب والفضة والألمنيوم كدالة للطول الموجي [2]

- ب- جفنة مصنوعة من الكرافيت حيث شكلها شبه اسطواني وأبعادها ($D_1=7.5\text{ cm}$) و ($D_2 = 11.7\text{ cm}$) و ($L=12\text{ cm}$) حيث يمثل D_1 و D_2 القطر السفلي والعلوي على الترتيب ، و L يمثل طولها. والتي سيوضع فيها المادة المراد صهرها حيث تمتاز بدرجة حرارة انصهار عالية (3500C°) ولها امتصاصية عالية للإشعاع الشمسي وتوصيلية حرارية عالية [3]. تم عزل الجفنة من الأعلى والجوانب بإحاطتها بمادة الاسبست الأبيض والذي صيغته الكيميائية هي $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ [11] لامتلكه معامل توصيلية حرارية واطئة تساوي [12] (0.08 W/m.k°) لتقليل الخسائر الحرارية.
- 3- جهاز (data logger) نوع (12 channel SD card model BTM-4208 SD) حيث يوضع متحسسه داخل الجفنة لقياس تغير درجة الحرارة مع الزمن.
- 4- منظومة تتبع (tracking system) ذات محورين تتحرك يدويا.

والشكل (3) يوضح صور للصحن أثناء التجربة

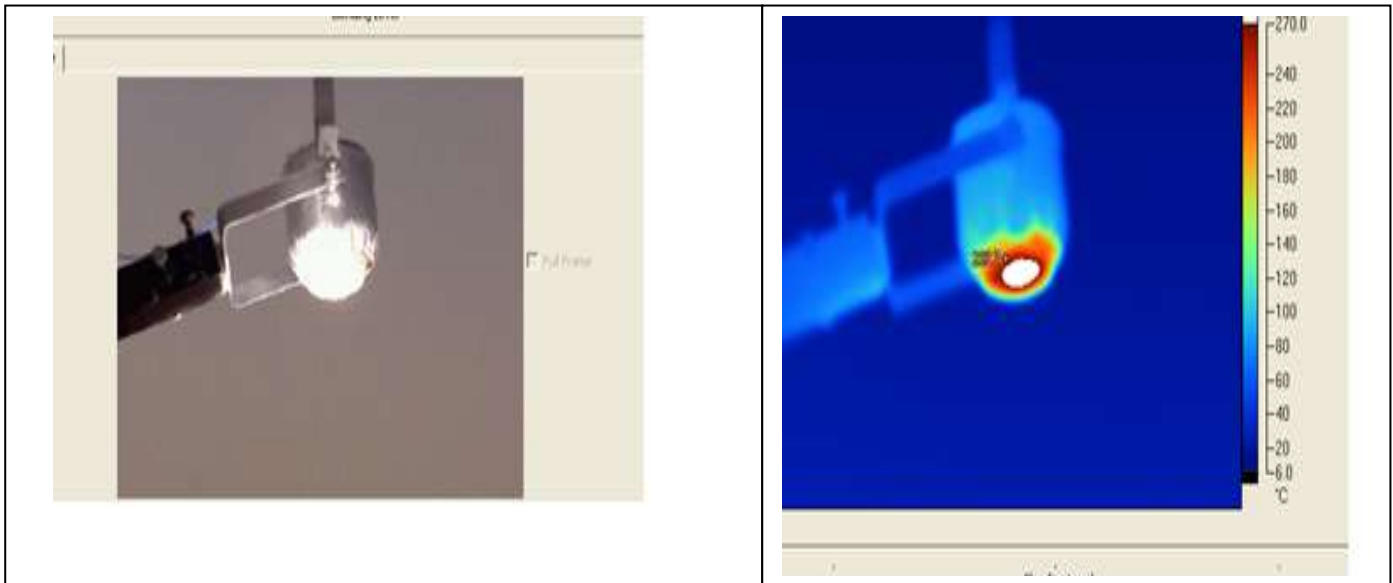


شكل (3-b) صورة الصحن أثناء التجربة



شكل (3-a) صورة الصحن أثناء التجربة

والشكل (4) يوضح صورة التقطت بواسطة الكاميرا الحرارية للصحن أثناء التجربة



الشكل (4) صورة حرارية للصحن أثناء التجربة

4. النتائج والمناقشة

أولاً . حساب معاملات المركز (الصحن)

الجدول (1) يوضح قيم هذه المعاملات وهي البعد البؤري وزاوية الحافة ومساحة الفتحة ونسبة التركيز حيث تم حسابها باستخدام المعادلات (1) و(2) و(3) و(4)

جدول (1) يوضح قيم البعد البؤري وزاوية الحافة ومساحة الفتحة ونسبة التركيز

f(cm)	Φ°	$A_a (m^2)$	C_{3dim}
80	53	2	7398

ثانياً. حساب المساحة السطحية لجزء الجفنة المعرض للخسائر الحرارية وهي:

1- حساب مساحة خسائر التوصيل و الحمل الحراري

تم إحاطة الجفنة من الأعلى ومن الجانب ولمسافة (10 cm) من الأعلى بمادة الاسيست ، فان مساحة الجزء المغطى هي مساحة الوجه العلوي مضافا اليه المساحة الجانبية المغطاة ،ولكون شكل الجفنة شبه اسطواني وقطر الجزء السفلي المحاط بالاسيست هي (8.6 cm) فان المساحة الجانبية حسبت بشكل تقريبي اي ان

$$A_1 = 3.14 \left(\frac{0.117}{2} \right)^2 + 3.14 \left(\frac{0.117 + 0.086}{2} \right) \times 0.10$$

$$A_1 \approx 0.0426 \text{ m}^2$$

2- حساب مساحة خسائر الحمل والإشعاع الحراري

ان مساحة الجزء الغير مغطى هي مساحة الوجه السفلي مضافا اليه المساحة الجانبية الغير المغطاة اي ان

$$A_2 = 3.14 \left(\frac{0.075}{2} \right)^2 + 3.14 \left(\frac{0.075 + 0.086}{2} \right) \times 0.02$$

$$A_2 \approx 0.0094 \text{ m}^2$$

ثالثاً. حساب كمية الحرارة اللازمة لصهر المعدن

ان مقدار الطاقة اللازمة لصهر أي مادة (Q) يتم حسابها باستخدام المعادلات (6) و(7) و(10) و(11) فمثلاً ان نقطتي انصهار الرصاص والخرصين (327 °C) و (419.5 °C) وكتلتيهما (0.295 kg) و (0.250 kg) وسعتي حرارتهما النوعية (128 J/kg.°C) و (382 J/kg.°C) وحرارتهما الكامنة للانصهار (24500 J/kg) و (100900 J/kg) على الترتيب . والجدول(2) يبين درجة الحرارة المحيط وكمية (Q) للرصاص والخرصين

رابعاً . حساب الخسائر الحرارية

يتم حساب خسائر التوصيل الحراري باستخدام المعادلات (21) و (22) و(23) خسائر الحمل الحراري باستخدام المعادلات (14) و(15) و(16) و(17) و(18) و(19) مع اخذ معدل سرعة الهواء (v = 3.5 m/s) واللزوجة الدينامية للهواء (η = 5.15 * 10⁻⁵ m²/s) ومعامل التوصيل الحراري للهواء (k_a = 0.024 W/m°C) . وخسائر الإشعاع الحراري يتم حسابها باستخدام المعادلة (12) مع العلم ان (ε=0.75) للكرافيت . والجدول (2) يبين درجة حرارة المحيط والخسائر الثلاثة ومجموعهم .

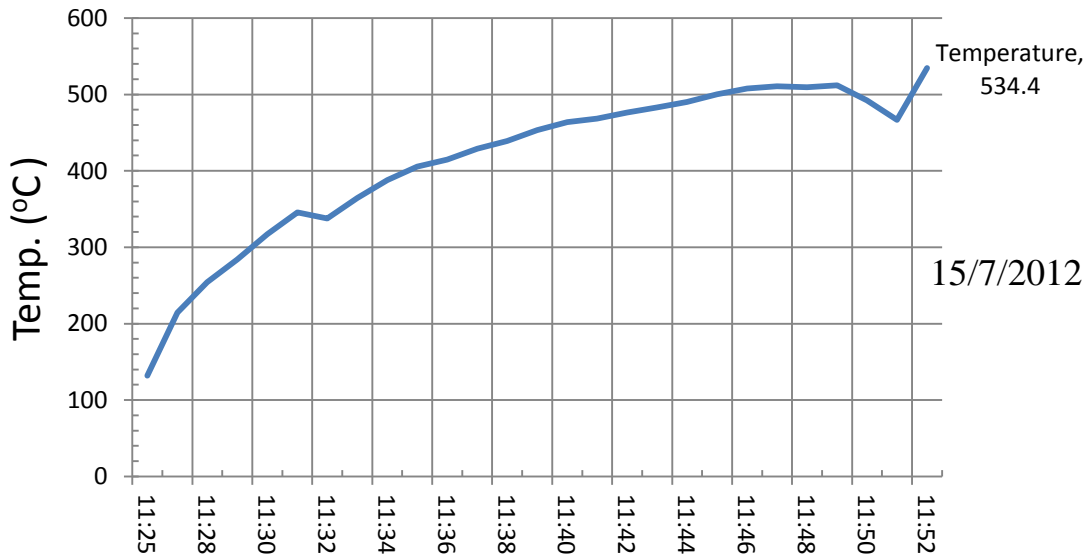
خامساً . حساب الزمن اللازم لصهر المعدن

يتم حساب هذا الزمن باستخدام المعادلة (26) بعد حساب القدرة الصافية (q_{net}) من خلال المعادلة (25) بعد حساب كل من (q_{inc}) من المعادلة (5) بعد اخذ عامل القبول تقديريا (0.7) و(q_{loss}) من المعادلة (24). والجدول (2) يبين الزمن النظري لكل من الرصاص والخرصين.

جدول (2) يبين كمية الحرارة اللازمة لصهر المعدن والزمن النظري مع درجة حرارة المحيط وشدة الإشعاع الساقط

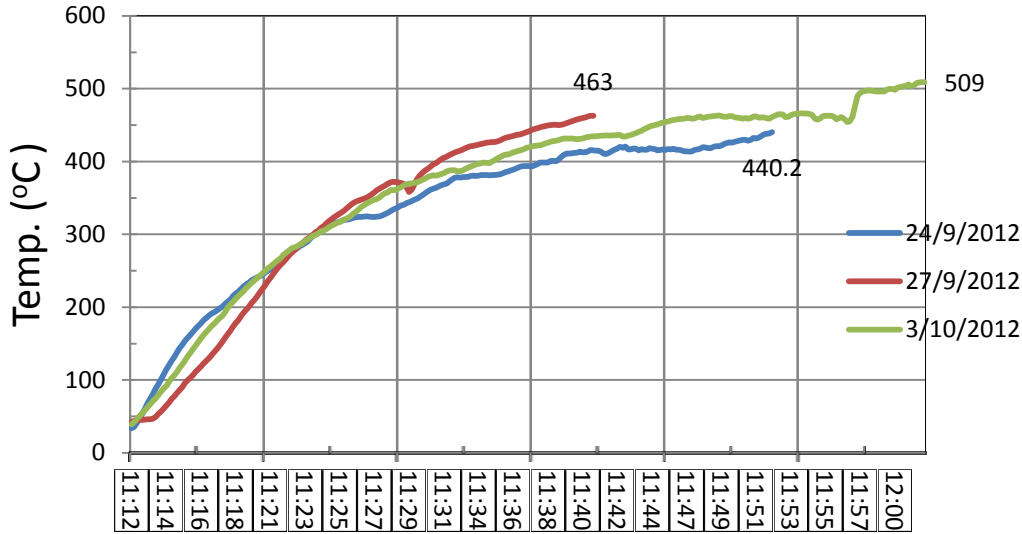
T(°C)	Q(J)	I(W/m ²)	q _{inc.} (W)	q _{conv.} (W)	q _{c.} (W)	q _{r.} (W)	q _{loss.} (W)	q _{net.} (W)	Time(s)
الرصاص									
45	304751	866	982	31	278	48	357	625	487
35	311424	883	1001	32	288	48.5	368.5	633	492
35	311424	799	906	32	288	48.5	368.5	538	579
39	308715	792	898	31.7	284	48.3	364	534	578
الخرصين									
30	482980	866	982	32.7	293	48.7	374.09	608	794

والشكل (5) يبين تغير درجات الحرارة داخل الجفنة مع الزمن في حالة الرصاص



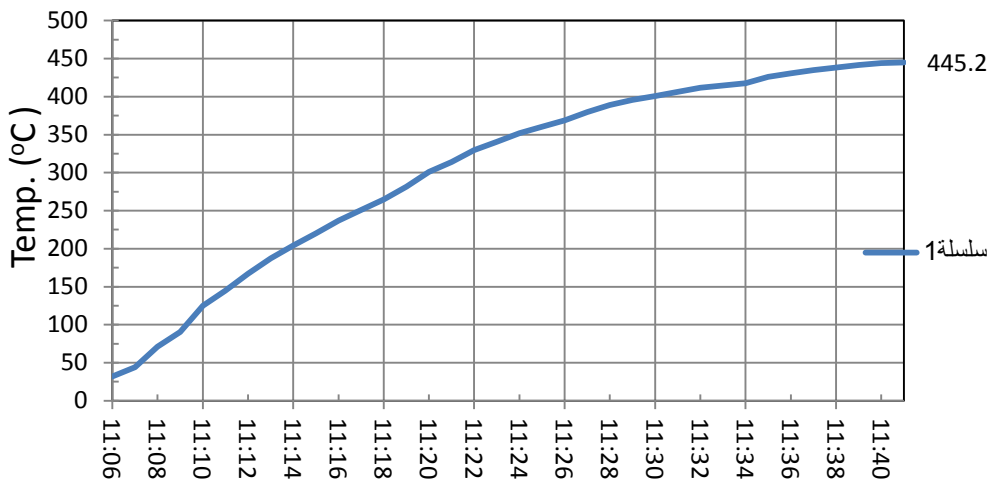
شكل (5) يبين تغير درجات الحرارة داخل الجفنة مع الزمن في حالة الرصاص

والشكل (6) يمثل تغير درجات الحرارة داخل الجفنة مع الزمن في حالة الرصاص لثلاثة ايام مختلفة.



الشكل (6) تغير درجات الحرارة داخل الجفنة مع الزمن لثلاثة ايام

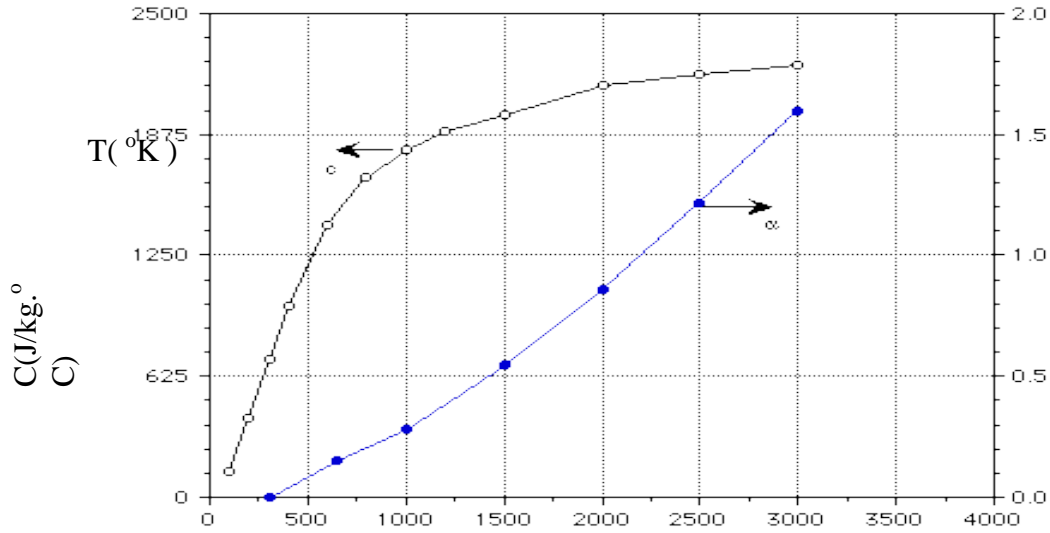
والشكل (7) يمثل تغير درجات الحرارة داخل الجفنة مع الزمن لمعدن الخارصين



شكل (7) تغير درجات الحرارة داخل الجفنة مع الزمن لمعدن الخارصين

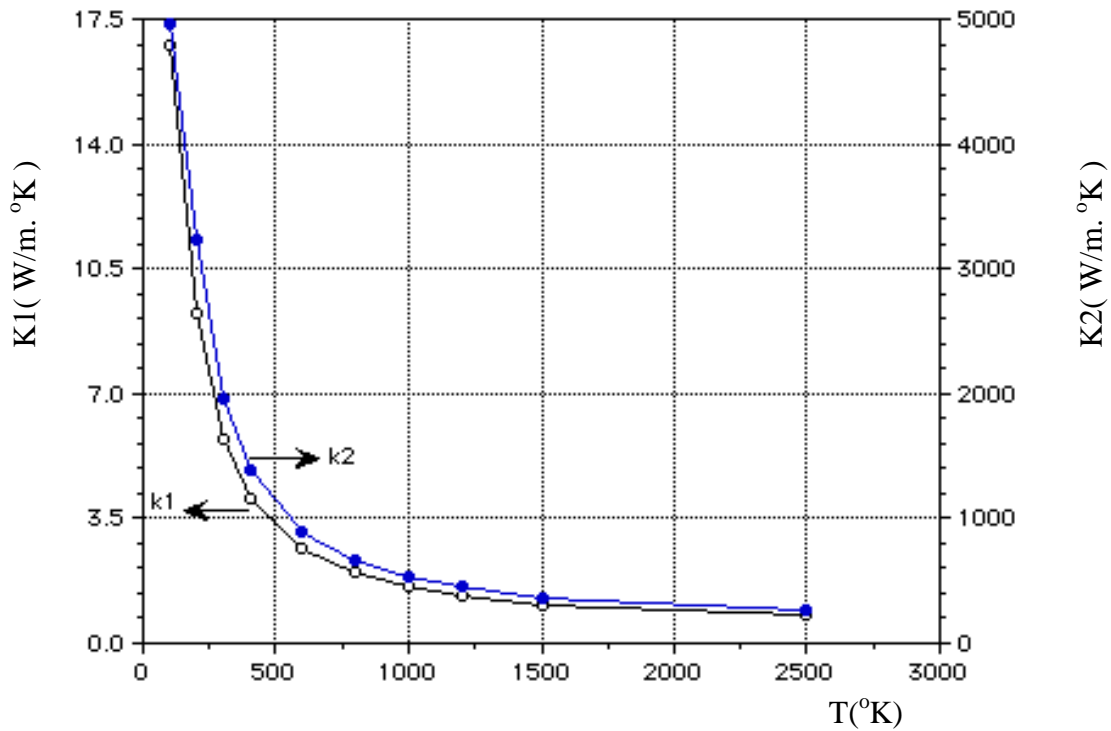
من خلال الشكلين (5) و(6) و (7) نلاحظ ان درجة الحرارة تزداد داخل الجفنة بشكل أسرع عند درجات الحرارة الواطئة اي في بداية التجربة إلا ان مقدار الزيادة يتناقص كلما ارتفعت درجة الحرارة وهذا يعزى الى الأسباب التالية:

- 1- ان الخسائر الحرارية (الحمل والإشعاع والتوصيل) تزداد بزيادة درجة الحرارة ، وحيث ان كمية الإشعاع الساقط ثابت فان كمية الحرارة المستفاد منها لرفع درجة الحرارة تقل كلما ارتفعت درجة الحرارة لان الخسائر ازدادت .
- 2- ان السعة الحرارية النوعية لمادة الجفنة تزداد بزيادة درجات الحرارة وبالتالي فان كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارتها تزداد كلما ارتفعت درجة الحرارة والشكل (8) يوضح تغير السعة الحرارية النوعية للكرافيت مع درجة الحرارة (المنحني الأسود) [6,5,4]



شكل (8) يبين تغير الحرارة النوعية للكرافيت مع درجة الحرارة (المنحني الاسود) .

3- ان انتقال الحرارة من خارج الجفنة الى داخلها يعتمد على التوصيل الحراري وحيث ان معامل التوصيل الحراري للكرافيت تقل بزيادة درجة الحرارة وكما موضح بالشكل (9) [6,5,4]، وبالتالي تقل الحرارة المنتقلة من خارج الجفنة الى داخلها مع ارتفاع درجات الحرارة خارجها لذا تقل الزيادة في ارتفاع درجة الحرارة داخل الجفنة



شكل(9) تغير معامل التوصيل الحراري للكرافيت مع درجة الحرارة

(k1) و (k2) يمثل معامل التوصيل الحراري بشكل عمودي وموازي للطبقات على الترتيب.

4 - من خلال الشكل (5) و(6) و(7) نلاحظ ان الزيادة في درجات الحرارة في حالة الرصاص تكون اسرع من الخارصين وهذا يعزى الى ان السعة الحرارية النوعية للرصاص اقل من الخارصين وبالتالي ترتفع درجة الحرارة داخل الجفنة في حالة الرصاص اسرع مما في الخارصين . وهذا واضح بشكل جيد في بداية التجربة. الجدول(3) يوضح شدة الاشعاع الشمسي وسرعة الهواء والزمن النظري والعملي لعملية صهر الرصاص لتجارب مختلفة في اوقات مختلفة.

جدول (3) يوضح شدة الاشعاع الشمسي وسرعة الهواء والزمن النظري والعملي لعملية صهر الرصاص لتجارب مختلفة

Date	15/7/2012	24/9/2012	27/9/2012	3/10/2012
velocity (cm/s)	382	498	187	302
Time-theo.(s)	487	492	579	578
Time pract.(s)	600	840	780	840
Solar Intensity (W/m ²)	866	883	799	792
Ambient Temp.(°C)	45	35	35	39

5- من خلال الجدول (3) نلاحظ مايلي :

أ- ان الزمن العملي اكبر من الزمن النظري وهذا يعزى للأسباب التالية:

- 1- وجود عيوب في المركز(الصحن) من ناحية عدم انتظام تحديه
- 2- منظومة التتبع للشمس كانت يدوية وبالتالي فان تحريك الصحن باتجاه الشمس عن طريق مراقبة البؤرة كانت تعتمد على الرؤية.
- 3- إن الحسابات النظرية لم تتضمن سرعة الهواء عند حساب معامل الحمل الحراري بسبب ان الحسابات اعتمدت باعتبار ان الحمل كان طبيعيا ، في حين نلاحظ تأثيرها من خلال النتائج حيث ان الزمن العملي لعملية الصهر يزداد بزيادة سرعة الهواء وهذا واضح من خلال تجربتي (27/9) و(3/10)
- ب- إن الزمن العملي والنظري يقل كلما ازدادت شدة الاشعاع الشمسي لان القدرة الساقطة تزداد بزيادته وكما مبين من خلال المعادلة (5) .

5. الاستنتاجات

- 1- يمكن استخدام هذا المركز بمواصفاته لصهر مادة الرصاص ولكميات تصل الى (5 kg) وبوجود البودقة او بشكل مباشر. كما ان درجات الحرارة التي تم الوصول اليها يمكن ان تكفي لصهر المعادن التي درجات حرارتها اقل من (500°C) . لصهر معادن اخرى مثل الالمنيوم يجب زيادة الاشعاع الشمسي الساقط على المركز باستخدام عن طريق استخدام مركز (صحن) له قطر يتجاوز (2.5 m) مع عمل منظومة تتبع الكترونية .
- 2- يمكن استخدام انتاج هذا المركز لإنتاج البخار المضغوط حيث يمكن استثماره في التطبيقات الخاصة في انتاج الكهرباء (محرك ستيرلنغ)

المصادر

- 1-Ari Rabl , Comparison of solar concentrators, solar energy ,vol 18, 1976, pp 93-111
- 2- William B. Stine , Michael Geyer, (Power from The Sun) J. T. Lyle Center for Regenerative Studies, (2001), pp 422
- 3-Albert Thumann , D.Paul Mehta, Handbook of Energy Engineering ,The Farmont Press ,Inc. ,(2008), pp460.
- 4- Frank P. Incropera, David P. Dewitt, Fundamentals of Heat Mass Transfer, Second Edition , (1980), pp 759.
- 5-H. Shinno, M. Kitajima and M. Okada, J. of Nuclear Materials 155-157 ,(1980), pp 290-294
- 6-J. Ohmori, T. Kobayashi, M. Yamada, H. Iida and T. Horie. Fusion Engineering and Design 9, (1989) , pp 207 - 211.
- 7- John A. Duffie , William A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, second edition, (1980),pp 913
- 8-Sol Wiede, An Introduction to Solar Energy for Scientists and Engineers,Wiley,1982, pp331
- 9- C.Christopher Newton, A concentrated solar thermal energy system (master thesis) ,The Florida state University, Famu-Fsu college of engineering , 2007, pp178
- 10- Binay K.Dutta , Heat transfer Principles and Applications ,University of Calcutta, PHI Learning Private Limited, New Delhi, 2009,pp525
- 11- U.S. Department of Health and Human Services. "Asbestos." *Report on Carcinogens, Eleventh Edition* , (2005)
- 12-Young, Hugh D., University Physics, seventh Edition, Addison Wesley, 1992, pp720