دراسة نظرية عن الأداء الحراري لمسخنات الهواء الشمسية

إعداد الباحثة:

هند عتيق السناني

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في العلوم

تخصص / فيزياء جوامد نظري

كلية التربية للأقسام العلمية قسم الفيزياء

جامعة الملك عبدالعزيز

جده- المملكة العربية السعودية

١٠ ربيع أول ١٤٣١هـ - ٢٣ فبراير ٢٠١٠م

Theoretical Study On Thermal Performance of Solar Air Heaters

Author Nome

Hind Ateeg Al-Snani

A thesis Submitted for The requirements for the degree of Master of Science Theoretical Solid State

College of Education for Girls

King Abdul Aziz University

Jeddah- Kingdom Of Saudi Arabia

10/3/1431 H -23/2/2010 G

المستخلص

في هذه الرسالة تمت دراسة الأداء الحراري لمسخن الهواء الشمسي المسطح ، وهو عبارة عن قناة لمرور الهواء أعلى اللوح الماص وغطائيين زجاجيين المسافة بينهما ٢,٥سم.

وتمت الدراسة عن طريق برنامج كمبيوتر تم انشاؤة بإستخدام لغة الباسكال حيث يعتمد على حل معادلات الاتزان الحراري، بافتراض أن درجة حرارة الهواء المتدفق دالة في الموضع حيث تم استنتاج صيغ رياضية تحليلية لدرجات الحرارة للعناصر المختلفة للمسخن وكذلك معاملات الفقد الحراري والكفاءة.

وتمت دراسة تأثير العوامل التصميمية والتشغيلية المختلفة على الأداء الحراري للمسخن مثل طول وعرض المسخن ومعدل سريان الهواء ، ولقد وجدنا أن درجة حرارة الهواء الخارج من المسخن تزداد بزيادة كل من طول وعرض المسخن حتى قيمة معينه لهذه المتغيرات بعدها تصبح الزيادة في درجة حرارة الهواء الخارج لا تعتمد كثيراً على طول وعرض المسخن ووجد أن أفضل مساحة تعطي أعلي كفاءة تشغيل ممكنه للمسخن هي ٦م^{٢}. كذلك تمت دراسة تأثير معدل سريان الهواء على أداء المسخن ووجدنا أن درجة حرارة الهواء الخارج من المسخن تقل كلما زاد معدل سريان الهواء وذلك بسبب زيادة السعة الحرارية للهواء المتدفق ؛ بينما معدل الحرارة النافعة وجد انه يزداد بزيادة معدل سريان الهواء بسبب زيادة السعة التخزينية للهواء المتدفق مما يؤدي إلى تقليل الفقد الحراري عند نفس القيمة لمعدل سريان الهواء.

ولإثبات دقة النماذج الرياضية التي تم اقتراحها للمسخن تمت مقارنة درجات الحرارة للعناصر المختلفة والمحسوبة عن طريق المحاكاة بالحاسب الآلي مع نظيراتها المقاسة عملياً

تحت الظروف المناخية لمدينة طنطا (جمهورية مصر العربية) لعام ١٩٩٩م حيث وجد أن هناك اتفاق جيد بين النتائج العملية والنظرية وكانت نسبة الخطأ لا تتعدى١٠٪.

ولتحسين الأداء الحراري للمسخن تم إجراء الحسابات العددية باستخدام بعض الأسطح الانتقائية والتي لها امتصاصية عالية للإشعاع الشمسي وانبعاثية منخفضة للإشعاع الحراري المنبعث من اللوح الماص ومقارنتها بالأداء الحراري للمسخن في حالة السطح الأسود الماص حيث بلغت نسبة التحسن١٩,٧٪

وبأجراء الحسابات العددية على مدار عام كامل (٢٠٠٥م) أكدت هذه الدراسة أن سخانات الهواء الشمسية (كوسيلة من وسائل تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية) لا تتطلب تقنية معقدة في تصنيعها وتشغيلها وهي غير مكلفة، ولذلك يمكن استخدامها في تجفيف المحاصيل الزراعية وفي تدفئة المنازل في المناطق الباردة حيث تمد المجمعات السكنية بالهواء الساخن اللازم للتدفئة.

الاستنتاجات والتوصيات المستقبلية

(Conclusions and Recommendations)

في هذا العمل قمنا بدراسة الأداء الحراري لمسخن الهواء الشمسي المسطح ثنائي الغطاء الزجاجي باستخدام الظروف المناخية السائدة في مدينة جـــده خلال عام 2005 ولقد توصلنا إلى العديد من النتائج والاستنتاجات التي أثبتت مدى صحتها بعد مقارنتها مع غيرها من الدراسات المماثلة لها في الأبحاث السابقة . لإجراء الحسابات العددية تم إدخال قيم الإشعاع الشمسي $I(t)$ ودرجة حرارة الجو المحيط T_a في برنامج الحاسوب وتم دراسة تأثيرها على أداء مسخن الهواء الشمسي المسطح كما تم دراسة تأثير كلاً من طول المسخن L وعرضه b ومعدل سريان الهواء $\dot{m}_f$ على درجة حرارة الهواء الخارج من المسخن T_{fo} ومعدل الفقد الحراري Q_l ومعدل الحرارة النافعة Q_{us} وكذلك الكفاءة اللحظية η_{ins} والكفاءة اليومية η_d . من النتائج التي حصلنا عليها وجدنا أن عندما يكون كل من طول المسخن L وعرضه b يساوي 1m ومعدل سريان الهواء $\dot{m}_f = 0.005\ kg/s$ تزداد درجات حرارة العناصر المختلفة للمسخن تدريجياً مع الزمن بسبب تزايد شدة الإشـــعاع الشمسي الساقط على غطاء المسخن حتى تصل إلى قيمها العظمى ثم تقل تدريجياً عندما تنخفض شدة الإشعاع الشمسي $I(t)$ ودرجة حرارة الجو المحيط T_a. الزيادة في درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة معاملات النـــقل الحراري وكذلك زيادة معدل الفـــقد الحراري كما يزداد معدل الحرارة النافعة بسبب زيادة درجة حرارة الهواء الخارج من المسخن T_{fo} وكذلك درجة الحرارة المتوسطة للهواء المتدفق T_{fav}.

وعند دراسة بعض العوامل المؤثرة على كفاءة المسخن ومنها طول المسخن وجدنا أن درجة حرارة الهواء الخارج من المسخن T_{fo} تزداد بزيادة طول المسخن مع ثبات قيمة عرضه، عندما يكون معدل سريان الهواء $\dot{m}_f = 0.005\ kg/s$، حتى قيمة معينه $(L = 2\ m)$ بعدها تصبح درجة حرارة الهواء الخارج من المسخن لا تعتمد على طول المسخن. هذه النتائج يمكن تفسيرها بأن زيادة طول المسخن تؤدي إلى زيادة شدة الإشعاع الشمسي الممتص عبر اللوح الماص بالتالي يزادد معدل الفقد الحراري وذلك بسبب زيادة مساحة سطح اللوح الماص مع زيادة طوله، هذا يؤدي إلى الانخفاض في الكفاءة اللحظية η_{ins}.

وعند دراسة أثر اختلاف قيم عرض المسخن b على الأداء الحراري توصلنا إلى نفس النتائج السابقة في حالة تأثير طول اللوح L حتى قيمة معينه $(b = 3\ m)$ وهذا يدل على أن أفضل مساحة لمسخن الهواء الشمسي المسطح تحت الظروف المناخية لمدينة جده والتي تعطي أفضل أداء حراري هي $6\ m^2$.

أما عند دراسة تأثير معدل سريان الهواء $\dot{m}_f$ على أداء المسخن لاحظنا انخفاض درجة حرارة الهواء الخارج من المسخن T_{fo} كلما زاد معدل سريان الهواء وذلك بسبب زيادة السعة الحرارية للهواء مع زيادة $\dot{m}_f$. ولقد أثبتت النتائج أن أفضل أداء حراري للمسخن يمكن الحصول عليه عند أقل قيمة لمعدل سريان الهواء $(\dot{m}_f > 0)$ ومع ذلك وجدنا أن معدل الحرارة النافعة Q_{us} تزداد بزيادة معدل سريان الهواء مع زيادة $\dot{m}_f$ وذلك بسبب زيادة السعة التخزينية للهواء المتدفق مع زيادة $\dot{m}_f$ مما يؤدي إلى تقليل الفقد الحراري Q_l عند نفس القيمة لمعدل سريان الهواء.

من النتائج السابقة يتضح أنه في التطبيقات التي تتطلب زيادة في درجة حرارة الهواء الخارج من المسخن (مثل تجفيف المحاصيل الزراعية) ، يفضل أن يكون معدل سريان الهواء صغيراً في حدود $\dot{m}_f = 0.0039\ kg/s$ حيث تكون قيمة $T_{fo,max}$= 87.07 ℃ وهي مناسبة

لتجفيف معظم المحاصيل الزراعية. أما في التطبيقات التي تتطلب قيم منخفضة نسبياً لدرجة حرارة الهواء الخارج من المسخن كما هو الحال في تطبيقات تدفئة المنازل في المناطق الباردة ينصح بأن يكون معدل سريان الهواء $\dot{m}_f > 0.005\ kg/s$.

ومن العوامل التي تم دراستها في هذا العمل والتي لها تأثيراً كبيراً على الأداء الحراري للمسخن الشمسي هي الخواص الإشعاعية (الامتصاصية والانبعاثية) للسطح الماص الأسود فبينما يزداد مقدار الإشعاع الشمسي الممتص بالسطح الماص كلما زادت امتصاصية السطح فنجد أن زيادة الامتصاصية تعمل على زيادة الانبعاثية للسطح وبالتالي يزداد فقد الإشعاع الحراري المنبعث من السطح الماص. أما إذا كان السطح انتقائياً فان السطح عندئذ يكون له امتصاصية مرتفعة للإشعاع قصير الموجة وانبعاثية منخفضة للإشعاع الحراري طويل الموجة .

فعند دراسة بعض أنواع الطلاءات الانتقائية المختلفة والتي تعطي قيم الأمتصاصيه و الانبعاثية لها كما هو موضح بالجدول (2-1) وجدنا أن درجة حرارة السطح الماص T_{p} تزداد عند استخدام الأسطح الانتقائية المختلفة بالمقارنة بالسطح الأسود العادي، وذلك عندما تـــكون مساحة المسخن $1\ m^2$ ومعدل سريان الهواء $\dot{m}_f = 0.005\ kg/s$، وبالمقارنة بين أحد الأسطح الانتقائية (نيكل القصدير) والسطح الأسود وجدنا أن درجة حرارة الهواء الخارج من المسخن T_{fo} عند استخدام نيكل القصدير كسطح انتقائي أعلى منها عند استخدام السطح الأسود الماص وكان التحسن بنسبة 19.74 %، لذا يفضل استخدام الأسطح الانتقائية كأسطح ماصه للزيادة من كفاءة المسخنات الشمسية وذلك لان استخدام السطح الانتقائي يعمل على تقليل معامل انتقال الحرارة بالإشعاع من السطح الماص إلى الغطاء الزجاجي مما يعمل على انخفاض المعامل العلوي للفقد الحراري U_t وبالتالي المعامل الكلي للفقد الحراري U_l ولقد وجدنا أن U_l تقل بمعدل 15%، و U_t تقل بمقدار 11% بالمقارنة بقيمها عند استخدام السطح الأسود الماص.

Abstract

In this work, the thermal performance of a flat plate solar air heater with channel for the passage of air between the absorber plate and glass cover was studied. The study was performed by a computer program that was prepared by using Pascal language depending upon the solution of energy balance equations of the heater elements, assuming the temperature of the flowing air to be position dependent. Analytical formulas for temperatures of various components of the heater, heat loss coefficients and efficiency had been obtained. Influence of the design and operational parameters; such as, the length and width of the air heater were studied.

It was found that the temperature of the air heater increases with increase of both the length and width of the heater until specific values of these variables; then, the increase in the outlet air temperature becomes less dependent on the length and width of the heater. Therefore, the best area that gives the highest possible efficiency of the heater was found to be 6 m^2

The effect of mass flow rate of air on the air heater's performance was also studied. To improve the heater performance, effect of using different selective absorbers on the daily efficiency of the heater was also investigated.

Comparison between the heater performance with black painted and selective coated absorbers showed that, the Ni – Sn selective material improved the heater performance all year round.

This study confirmed that the solar air heaters, as an application of converting solar energy into heat, does not require complex technology in their manufacturing and maintenance. Thereon it can be used for drying agricultural crops and heating of buildings in cold areas of the world.

SUMMARY

In this thesis, literature review, basic ideas and detailed heat transfer mechanisms for solar air heaters ware investigated. A transient mathematical model was proposed for a flat plate-single pass solar air heater with double glass covers. This model was based on an analytical solution of the energy balance equations for various elements of the heater. the flowing air temperature was assumed to vary only in the flow direction. The thermal performance of the heater was investigated by computer simulation using the climatic conditions of Jeddah (lat. 21° 42' N, long. 39° 11' E), Saudi Arabia. Effects of solar radiation intensity I(t), mass flow rate of the flowing air ($\dot{m}_f$) and the length (L) and width (b) of

the (absorber plat) on the flowing air outlet temperature (T_{fo}) and the heater instantaneous (η_{ins}) and daily (η_d) efficiencies ware studied. To improve the heater performance, effect of using selectively coated absorber plates (which have high absorbitivity for solar radiation and very low emissivity for thermal radiation) on the heater performance was also investigated. To validate the proposed mathematical model the simulated results ware compared with the measurements that had been performed for the heater with a black painted absorber under Tanta, lat. 30° 47' N (Egypt), weather conditions and also with other data presented in the literature for single pass solar air heaters. It was found that the proposed model is able to predict the daily efficiency of the heater accurately with a relative percentage error of about 10%. The proposed model was also used for predicting the annual performance of the heater. It was inferred that the annual average of η_d with a nickel-tin selectively coated absorber was higher than that with a black painted absorber by 32%.