مجلة البحوث الهندسية

العدد الثالث | المريخ (مارس) | 1992

مجلة البحوث الهندسية تصدر دورياً عن مركز بحوث العلوم الهندسية ـ طرابلس / الجماهيرية

1 ـ خصائص وفروق نظامى التعليم الهندسى الاكاديمى والمهنى.

(مفتاح على شتوان ـ موسى محمد موسى ـ عبد القادر الصادق عكى)

2 ـ تقييم لمسيرة البحث العلمى الجامعى والدراسات العليا فى المجال الهندسى.

(صالح يحيى البارونى ـ صالح ـ رمضان قشوط)

3 ـ نحو تقارب عالمى أفضل فى مجال الدرجات العلمية الممنوحة لدراسات التعليم الهندسى العالى.

(مصطفى محمد الطويل)

4 ـ الطاقة المستهلكة فى استخلاص الألومنيوم تحت الظروف المتوفرة بالجماهيرية.

(سليمان يونس قجم)

5 ـ تحليل أداء نظام التبريد الامتصاصي الشمسى باستخدام المواد الماصة الصلبة تحت شروط مدينة بنغازى المناخية ودراسة تأثير سماكة المجمع على الاداء.

(محمد عدنان فرواتى)

6 ـ الصناعات المستقبلية اثارها وسياسات تطويعها في الوطن العربى

(فتحى بن شتوان)

7 ـ تقنية الخرسانة بالدوا النامد . الحاجة للبحث والتطوير.

م. الحق و م. وورد

8 ـ «دستور معايير CEB النمطي» كقاعدة متينة
لدساتير المعايير بالدول النامية

ت. تاسيوس

9 ـ تحسين خواص شد الاسمنت الترابي باستعمال الجير

م. عمر، ع. بن لطيف و ع. العرعود

10 ـ تقوية العوارض الخرسانية المسلحة المشققة نتيجة القص

م. القلهود، أ. بن زيتون، الزريق و م. التاغدي

تحليل أداء نظام التبريد الامتصاصى الشمسى باستخدام المواد الماصة الصلبة تحت شروط مدينة بنغازى المناخية ودراسة تأثير سماكة المجمع على الاداء

د. محمد عدنان فرواتى
عضو هيئة التدريس بوحدة بحوث الهندسة الميكانيكية ـ
مركز بحوث العلوم الهندسية بنغازى

الملخص:

ان أنظمة التبريد التى تستخدم المواد الماصة الصلبة هى أبسط أنظمة التبريد الشمسية من الناحية الانشائية. والموضوع الحالى يتناول بالبحث التحليلى نظام التبريد الامتصاصى الشمسى باستخدام ثنائى من الزيوليت (MS-13X) والماء. ويتألف النظام من ثلاث وحدات أساسية وهى المجمع والمكثف والمبخر وتعمل تحت التخلخل. وقد جرى اعداد برنامج الحاسوب لغرض تحليل اداء النظام تحت شروط مدينة بنغازى المناخية خلال نهار 7/17 لمجمع بمساحة متر مربع واحد وزاوية ميل 20° باتجاه الجنوب وبسماكات مختلفة. فقد تبين لدى تطبيق البرنامج من أجل درجة حرارة تبخر 5°م ودرجة حرارة تكثف 40°م بأن المجمع ذو السماكة 3,5سم يعطى سعة تبريد يومية تبلغ 3,4 ميغاجول بمعامل أداء كلى شمسى 0,16 وأن المجمع ذو السماكة 12 سم يعطى سعة تبريد يومية تبلغ 5 ميغاجول بمعامل أداء كلى شمسى 0,21 كما تبين أن سعة التبريد اليومية تبلغ قيمتها العظمى عند زيادة سماكة المجمع (الزيوليت) الى حوالى 12 سم وأنه لا جدوى من زيادة السماكة الى أكثر من ذلك.

الرموز:

COP	معامل الأداء الكلى الشمسى
COP_i	معامل الأداء الكلى الداخلى
C_p	الحرارة النوعية للماء
g_z	كتلة الزيوليت
G_{Tn}	شدة الاشعاع الشمسى الكلى الساقط على المجمع فى الفترة الزمنية $\Delta\tau_n$
L	سماكة الزيوليت وهى سماكة وعاء المجمع
LH	الحرارة الكامنة للماء
m	كتلة الماء المتكثف اعتباراً من الشروق وحتى اللحظة τ_N
$(MC)_n$	الحرارة النوعية للمجمع فى الفترة الزمنية
$\Delta\tau_n$	مع أصغر فرق درجة الحرارة فى الأجزاء المختلفة للمجمع
$(MC)_e$	الحرارة النوعية المكافئة للمجمع فى الفترة الزمنية $\Delta\tau_n$
P	ضغط البخار
P_e	ضغط تكثف الماء
P_e	ضغط تبخر الماء
Q_e	سعة التبريد للنظام اعتباراً من شروق الشمس وحتى اللحظة τ_N
Q_c	السعة الحرارية للمجمع اعتباراً من شروق الشمس وحتى اللحظة τ_N
Q_r	الطاقة الشمسية الساقطة على المجمع اعتباراً من شروق الشمس وحتى اللحظة τ_N
S	معدل الطاقة الشمسية التى تم انتقالها الى المجمع فى الفترة $\Delta\tau_n$
ST	الزمن الشمسى
T	درجة حرارة الزيوليت وهى درجة حرارة وعاء المجمع
T_a	درجة حرارة الجو
T_{ad}	درجة حرارة الامتصاص
T_g	درجة حرارة الزيوليت خلال مرحلة التكثف
T_S	درجة الحرارة التى يبدأ الزيوليت عندها بطرح البخار
T_S	درجة الحرارة التى يبدأ الزيوليت عندها بامتصاص البخار
U_1	معامل الفقد الحرارى الكلى للمجمع
X	السعة الامتصاصية للزيوليت
X_a	السعة الامتصاصية للزيوليت عند بداية التكثف
X_g	السعة الامتصاصية للزيوليت عند نهاية التكثف
Δ	مقدار التغير فى المتغير خلال الفترة الزمنية $\Delta\tau_n$
η	كفاءة المجمع

1 ـ مقدمة :

ان توافق ازدياد الحاجة للتبريد فى فصل الصيف مع ازدياد الاشعاع الشمسى، وامكانية تشغيل أنظمة التبريد الامتصاصية بالطاقة الحرارية يشجعان على تشغيل أنظمة التبريد الامتصاصية بالاشعة الشمسية وعلى تطويرها عن طريق الأبحاث النظرية والعملية. ولعل أنظمة التبريد التى تستخدم المواد الصلبة هى أبسط أنظمة التبريد الشمسية من الناحية الانشائية نظراً لامكانية استخدام أشعة الشمس بشكل مباشر والاستغناء عن المضخة وبرج التبريد، هذا بالاضافة الى امكانية استغلال الفائض الحرارى فى تسخين الماء[1]. وهناك أبحاث نظرية وعملية كانت تجرى حتى فترة قريبة لتطوير أنظمة التبريد الامتصاصية (الصلبة) الشمسية وذلك فى مجال ايجاد أفضل ثنائى امتصاص (مادة ماصة صلبة ـ سائل تبريد) وفى ايجاد أفضل تصميم وشروط تشغيل (2)، (3).

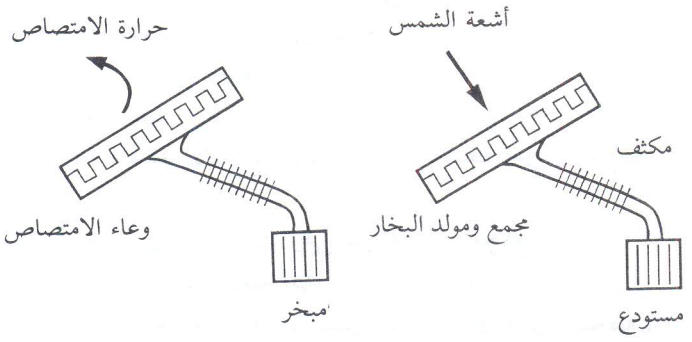
يتركب نظام التبريد الامتصاصى البسيط من ثلاث وحدات رئيسية هى المجمع والمكثف والمبخر، وهو يؤدى عملية التبريد ليلاً. أما نظام التبريد الامتصاصى المركب فهو يضم بالاضافة الى الوحدات الثلاث الأساسية السابقة وحدة اضافية لاستيعاب البخار أو امتصاصه وذلك لانجاز عملية التبريد نهاراً. أما المجمع فهو يعمل كمجمع شمسى مسطح بسيط وكوعاء يحوى المادة الماصة المشبعة بسائل التبريد. والمجمع وعلى الأخص ثنائى الامتصاص الذى يحويه المجمع يشكل العنصر الأساسى والهام فى نظام التبريد الامتصاصى (1)، (4)، (5). ودور المادة الماصة هنا يشبه الى حد كبير دور الضاغط فى نظام التبريد الذى يعمل على مبدأ ضغط البخار. ولعل الزيوليت ـ ماء هو أبرز ثنائى أعطى أداء عالياً حتى فى حالة استخدام مكثف يعمل بالحمل الطبيعى للهواء (2)، (3). والزيوليت هو مادة قلوية متوفرة بشكل طبيعى كما أنه يحضر صناعياً (3)، (6).

ولقد بينت الأبحاث المخبرية حول نظام التبريد الامتصاصى ان معامل الأداء الكلى الشمسى يمكن أن يبلغ 0,45 فى حال استخدام مجمع مسطح معين بداخله زيوليت طبيعى وباستخدام مكثف يعمل بالحمل الطبيعى للهواء بدرجة تكثف 50°م (1). أما فى حال استخدام زيوليت اصطناعى فان معامل الأداء ينخفض نتيجة ارتفاع حرارة الامتصاص فى الزيوليت الاصطناعى بالنسبة للطبيعى، ومع هذا فهو أكبر من معامل الآداء الكلى الشمسى لنظام التبريد الامتصاصى الذى يعمل بمحلول الليثيوم بروميد ـ ماء تحت شروط مماثلة، أى باستخدام مجمع شمسى مسطح وبدرجة حرارة تكثف 50 °م.

والبحث الحالى يتناول دراسة أداء نظام التبريد الامتصاصى البسيط باستخدام زيوليت اصطناعى ومكثف يعمل بالحمل الطبيعى للهواء وذلك تحت شروط مدينة بنغازى المناخية. كما يتناول البحث دراسة تأثير زيادة سماكة المجمع (الزيوليت) على درجة حرارة المجمع وبالتالى على سعة التبريد اليومية ومعامل الأداء.

2 ـ تركيب النظام ومبدأ عمله :

يتألف النظام هنا من ثلاث وحدات هى المجمع والمكثف والمبخر كما فى الشكل (1) ويستخدم فيه الزيوليت الاصطناعى (MS-13X) والماء كثنائى امتصاص. أما المجمع فيشكل الوحدة الأساسية فى النظام ويميل 20° مع الأفق ومتجه نحو الجنوب، وذلك لجمع مقدار كبير من الاشعاع الشمسى صيفاً فى مدينة بنغازى ذات خط العرض 32,1° شمالاً. ويعمل النظام بطورين اثنين خلال اليوم الواحد.



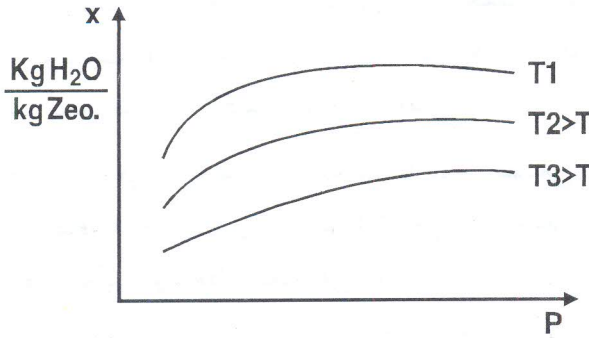
الشكل 1 : تركيب نظام التبريد الشمسى البسيط باستخدام المادة الماصة الصلبة، ومبدأ عمله. الطور الأول هو طور الاشعاع الشمسى وتوليد بخار الماء وتكثفه ثم يليه الطور الثانى وهو طور التبريد وامتصاص البخار الناتج بواسطة الزيوليت. أى ان النظام محكم الاغلاق ويعمل تحت

التخلخل بين ضغط تكثف الماء وضغط تبخره. وعليه فان للمجمع ثلاث وظائف وهى جمع الأشعة وتوليد البخار ثم امتصاصه وهو بشكل وعاء مسطح من النحاس بمساحة متر مربع واحد مطلى بطلاء أسود ومغطى بلوح زجاجى واحد. ويوجد بداخل الوعاء فواصل متقاطعة من الألومنيوم تشكل حجراً تحوى الزيوليت ووظيفتها نقل الحرارة وجعل درجات الحرارة داخل الوعاء أكثر تجانساً، وكذلك دعم المجمع فى مقاومته الضغط الخارجى (الجوى)، وهى مثقبة بشكل يسمح بحركة البخار باتجاه مخرج المجمع وبالعكس. والوعاء معزول بعازل حرارى من الجوانب والسطح الخلفى. وسماكة الوعاء تساوى سماكة الزيوليت ويطلق عليها هنا سماكة المجمع. أما المكثف فهو ذو سعة كافية لتكثيف البخار القادم من المجمع وذلك بالحمل الطبيعى للهواء. هذا ويسمح المكثف بجريان الماء المتكثف تحت الجاذبية الأرضية الى المستودع أو المبخر كما فى الشكل (1).

أما الزيوليت الاصطناعى (MS-13X) فهو أحد المركبات القلوية الاصطناعية وهو بحكم تركيبه البللورى بشكل X يحوى سطحاً داخلياً كبيراً يجعله قادراً على امتصاص الغازات ذات القطر أصغر من 10 أنغستروم بنسبة امتصاص تصل الى 30 بالمئة من وزنه فى درجة حرارة الغرفة. وهو حامل من الناحية الكيميائية ويحافظ على قدرته الامتصاصية لفترة زمنية طويلة. ولعل أهم مزاياه فى مجال التبريد هى:

- تعتبر قدرته على امتصاص نسبة عالية من بخار الماء فى الضغوط المنخفضة ميزة أساسية فى مجال التربيد اذ يجرى امتصاص بخار الماء تحت ضغط التبخر المنخفض المقابل لدرجة حرارة التبخر المنخفضة.
- تتأثر سعته الامتصاصية تأثراً قليلاً بضغط البخار المراد امتصاصه وعليه فان ارتفاع ضغط التكثف لا يؤثر كثيراً على سعته الامتصاصية وبالتالى يمكن استخدام مكثفات بسيطة تبرد بالحمل الطبيعى للهواء مع المحافظة على أداء جيد.
- تغير سعته الامتصاصية تغيراً كبيراً لدى تغير درجة حرارته يسمح باستخدام الأشعة الشمسية مباشرة وبدون وسائط معقدة (3)، (6)، (7).

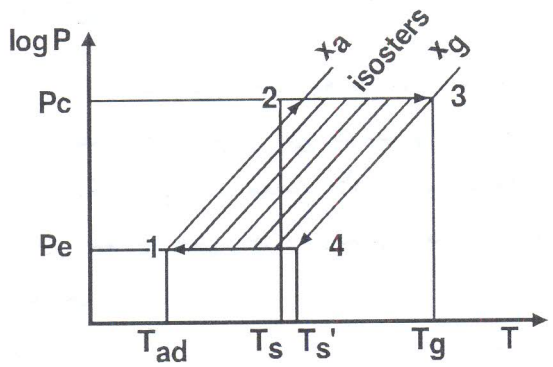
هذا ويمكن ملاحظة خصائص الزيوليت العملية فى منحنى العلاقة بين ضغط البخار P وسعة الامتصاص X لدرجات حرارة مختلفة كما هو مبين بالشكل (2).



الشكل 2: منحنيات العلاقة بين سعة الامتصاص للزيوليت X وضغط البخار P.

3 ـ دارة التبريد:

ترسم دارة التبريد على محورى درجة حرارة الزيوليت T والضغط P السائد داخل النظام لتوضيح الطورين اللذين يمر بهما النظام خلال اليوم الواحد بما فى ذلك المراحل المبينة فى الشكل (3) على النحو التالى:



الشكل 3: دارة التبريد على محورى درجة حرارة الزيوليت T وضغط البخار P.

1 ـ 2 وهي مرحلة تسخين الزيوليت المشبع بفعل أشعة الشمس التى يحولها السطح الأسود الى طاقة حرارية. اذ يرافق ذلك ارتفاع درجة حرارة الزيوليت وضغط البخار من T_{ad} وP_e الى P_c, T_s حيث يبدأ طرح البخار وتكثفه. ودرجة الحرارة T_s التى يبدأ عندها الزيوليت بطرح البخار تحسب من العلاقة التالية:

$$T_s = \left(\frac{1}{T_{ad}} - \frac{LH}{\Delta H}\left(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_c}\right)\right)^{-1}$$

2 ـ 3 : وهى مرحلة توليد البخار التى تستمر باستمرار تقديم طاقة الامتصاص اللازمة من الأشعة الشمسية حتى يبلغ الزيوليت درجة حرارته القصوى T_g وتنخفض أثناء ذلك سعة الزيوليت أو استيعابه للماء من X_a الى X_g. ويرافق ذلك تكثف بخار الماء فى المكثف تحت الضغط P_c.

3 ـ 4 : وهى مرحلة تبريد المجمع بالحمل الطبيعى للهواء ونشر الطاقة المحسوسة الى الوسط الخارجى اذ تنخفض درجة حرارة الزيوليت وضغط البخار من T_g وP_c الى T'_s وP_e. فتبدأ عملية التبريد المطلوبة أى يبدأ الماء المتجمع فى المبخر بالغليان والتبخر. أما درجة الحرارة T'_s فهى تحسب من العلاقة التالية :

$$T'_s = \left(\frac{1}{T_g} + \frac{LH}{\Delta H}\left(\frac{1}{T_c} - \frac{1}{T_c}\right)\right)^{-1} \qquad (2)$$

4 ـ 1 : وهى مرحلة التبريد أى تبخر الماء وانتقاله من المبخر الى المجمع ثم امتصاصه من قبل الزيوليت حتى الاشباع. ويرافق هذه العملية نشر طاقة الامتصاص من المجمع بواسطة الحمل الطبيعى للهواء.

4 ـ أداء النظام :

يعرض أداء النظام فى التبريد بمعامل الأداء وهو نسبة سعة التبريد للنظام على الطاقة التى يزود بها وفى حال سير العمليات بشكل مثالى فان معامل الأداء يكون تابعاً لدرجات الحرارة التى يتم بها حتى الحرارة ويسمى عندها بمعامل أداء كارنوت، أى :

$$COP = \frac{T_e\,(T_g - T_{ad})}{T_g\,(T_c - T_e)} \qquad (3)$$

أما فى حين اعتبار LH حرارة تبخر الماء النوعية فى المبخر ΔH حرارة الامتصاص النوعية اللازم تقديمها فسببت المشبع بصرف النظر عن كميات الحرارة المفقودة المخزونة أى اللازمة لرفع درجة حرارة محتويات المجمع فان معامل الأداء تابع الى نوع ثنائى الامتصاص وسعة الامتصاص وهو يساوى :

$$COP = LH/\Delta H$$

حيث تبقى نسبة LH فى هذه العلاقة ثابتة من أجل درجة حرارة تبخر T_e ثابتة للماء بينما تتزايد قيمة ΔH مع خفض سعة الامتصاص للزيوليت عن حد الاشباع. ونظراً لأن تغير سعة الامتصاص عملياً هو قليل خلال طور الاشعاع الشمسى فانه يمكن اعتبار ΔH ثابتة وبالتالى فان COP ثابت أيضاً من أجل نوع معبر من الزيوليت.

ولتقسيم أداء النظام ككل وتحت تأثير أشعة الشمس كمصدر طاقة لتشغيله فانه يؤخذ فى الاعتبار الفقد الشمسى والحرارى والحرارة المختزنة فى المجمع بالاضافة الى حرارة الامتصاص (كما هو فى المرحلة السابقة). ولاجراء هذا التقييم بحسب معامل الاداء الكلى للنظام. وهو يعبر عن أداء النظام كى يزيد اعتباراً من شروق الشمس وحتى لحظة ما من اليوم. ويمكن مطالعة معامل الأداء هذا كمعامل داخلى ومعامل أداء كلى شمسى على النحو التالى :

$$(5)\quad COP_i = Q_e / Q_r$$

$$(6)\quad COP = \eta .\ COP_i = Q_e / Q_r$$

حيث عن كفاءة المجمع في جمع الأشعة الشمسية وتحويلها إلى طاقة مفيدة وهو يساوي :

$$(7)\qquad \eta = Q_c / Q_r$$

أما Q_r, Q_c Q_e فهى على التوالى سعة التبريد والسعة الحرارية للمجمع والطاقة الشمسية الساقطة على المجمع وتحسب بجمع مركبات كل منها خلال الفترات الزمنية المتساوية $\Delta\tau_n$ اعتباراً من شروق الشمس وحتى اللحظة τ_N. وعليه فان :

$$(8)\quad Q_e = \sum_{n=1}^{N} \Delta Q_{en} \qquad Q_c = \sum_{n=1}^{N} \Delta Q_{cn}$$

$$Q_r = \sum_{n=1}^{N} \Delta Q_{rn}$$

$$(9)\quad \Delta Q_{en} = \Delta m_n\,[LH - C_p\,(T_c - T_e)]$$

$$(10)\quad \Delta Q_{cn} = (MC)_n\,\Delta T_n + \Delta H\,\Delta m_n$$

$$(11)\quad \Delta m_n = g_z\,(-\Delta X_n)$$

$$(12)\quad \Delta X_n = A\,(-\Delta T_n)$$

$$(13)\quad \Delta Q_{rn} = G_{Tn}\,\Delta\tau_n$$

الثابت A هو ثابت العلاقة بين ΔX_n مقدار التغير فى سعة الامتصاص للزيوليت وΔT_n التغير فى درجة حرارته خلال الفترة الزمنية $\Delta\tau_n$. ويعتبر A هنا ثابتاً فى مجال تغير درجات

الحرارة المحدود فى مرحلة توليد البخار، فهو يتراوح عملياً من 50°م الى 100°م تقريباً (4).

ولحساب $\triangle T_n$ مقدار تغير درجة الحرارة خلال الفترة الزمنية $\triangle \tau_n$ فانه يحدد تغير درجة حرارة الزيوليت T بالنسبة للزمن τ اعتباراً من شروق الشمس، وذلك بالاستفادة من علاقة التوازن الحرارى للمجمع فى اللحظة τ مع اعتبار تجانس درجات الحرارة فى وعاء المجمع نتيجة لوجود نواقل الألومنيوم والنحاس بداخله [8]، [9] أي:

$$[(MC) - \triangle H.A.g_z] \frac{dT}{d\tau} = [S - U_1 (t - T_a)] \quad (14)$$

$$(MC) - \triangle H.A.g_z = (MC)_e \quad (15)$$

وبافتراض أن قيم $(MC)_e$ و Sg و Ug و T_a تبقى ثابتة خلال الفترة الزمنية $\triangle \tau_n$ فانه يمكن حلّ المعادلة السابقة وحساب T_2 درجة حرارة الزيوليت فى نهاية هذه الفترة كالتالى:

$$\frac{S - U_1 (T_2 - T_a)}{S - U_1 (T_1 - T_a)} = EXP [-U_1 \triangle \tau_n / (MC)_e] \quad (16)$$

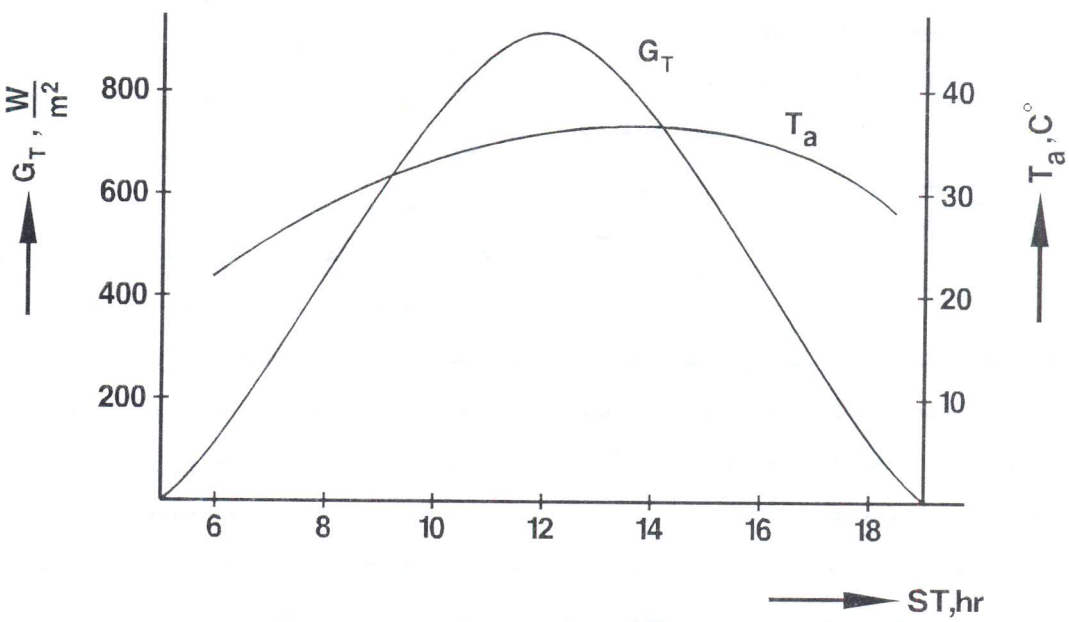
حيث T_1 هى درجة حرارة الزيوليت فى بداية الفترة الزمنية $\triangle \tau_n$.

5 ـ الشروط المطبقة:

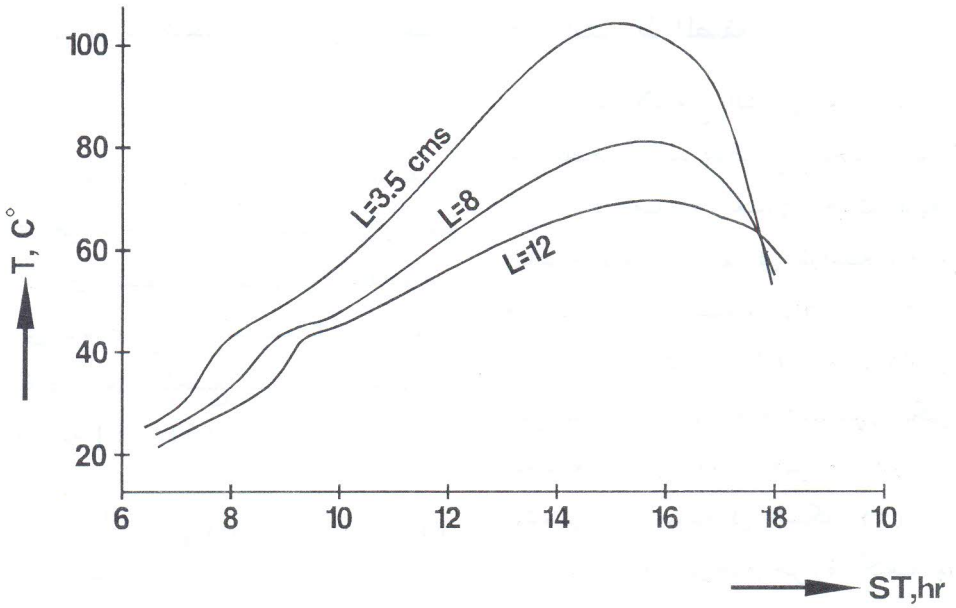
شروط الاشعاع الشمسى ودرجات حرارة الجو التى طبقت على نظام التبريد موضوع البحث تماثل تلك الشروط فى نهار 7/17 فى مدينة بنغازى حيث صيغت بشكل معادلات رياضية لاستخدامها فى دراسة وتحليل أداء النظام خلال فترات زمنية متساوية $\triangle \tau_n = 0.5hr$ واعتباراً من شروق الشمس حتى غروبها (8)، (9)، (10)، (11)، والمنحنيات التى تمثل شدة الاشعاع الشمسى الكلى الساقط على سطح المجمع G_T ودرجات حرارة الجو T_a حسب تغير الزمن الشمسى ST مبيّنة فى الشكل (4). ولقد اعتبرت درجة الحرارة 40°م كدرجة حرارة تكثف يمكن أن تحصل لدى استخدام مكثف مناسب يبرد بالحمل الطبيعى للهواء. كما ان اعتبار درجة حرارة التبخر 5°م يأتى متوافقاً مع احتياجات التبريد فى مجال تكييف الهواء.

6 ـ النتائج والمناقشة:

جرى اعداد برنامج الحاسوب لغرض تحليل أداء نظام التبريد الامتصاصى البسيط تحت شروط مدينة بنغازى المناخية المذكورة سالفاً. ومن أهم متغيرات النظام التى ترد هنا حسب تغير الزمن الشمسى هى درجة حرارة المجمع وكمية الماء (سائل التبريد) المتكثف وكفاءة المجمع ومعامل الأداء الكلى الشمسى كما هو مبين فى الأشكال (5، 6، 7، 8، 9).



الشكل 4: شدة الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على المجمع G_T ودرجة حرارة الجو T_a حسب تغير الزمن الشمسي ST.



شكل 5 : تغير درجة حرارة الزيوليت بالنسبة للزمن ولسماكات مختلفة.

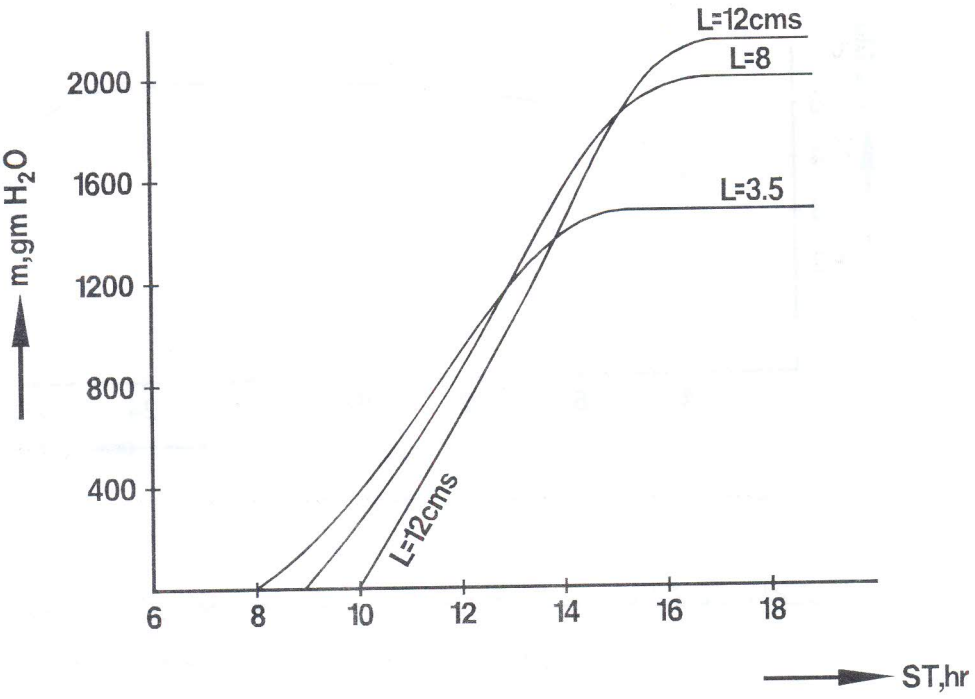
يلاحظ فى الشكل (5) أن ارتفاع درجة حرارة الزيوليت يكون بطيئاً فى مرحلة التكثف بالمقارنة مع ارتفاعها قبل البدء بالتكثف عند درجة الحرارة T_S وذلك بسبب استهلاك جزء من الطاقة الشمسية فى تبخير (طرح بخار) الماء من الزيوليت. كما أن معدل ارتفاع درجة حرارة الزيوليت فى المجمع ذي السماكة الكبيرة أصغر مما هو فى المجمع ذي السماكة الصغيرة وذلك نتيجة لتأثير السعة الحرارية للمجمع.

أما تكثف الماء فهو يبدأ عندما ترتفع درجة حرارة الزيوليت الى T_S ويرتفع ضغط البخار داخل النظام الى الضغط المقابل لتكثف الماء فى درجة الحرارة 40° م ويستمر التكثف بمعدل يتناسب مع معدل ارتفاع درجة حرارة الزيوليت ويتوقف عندما يصبح معدل ارتفاع درجة الحرارة صفراً أى عندما تبلغ درجة حرارة الزيوليت نهايتها العظمى كما هو فى الشكل (6). وكمية الماء المتكثف هى مميز هام ويعبر عن سعة التبريد اليومية للنظام. ومن الملاحظ أن ازدياد السماكة أى ازدياد كتلة الزيوليت يؤدى الى تأخر التكثف الا أن معدل الماء المتكثف يكون أكبر مما هو فى المجمع ذي السماكة الأصغر. وبما أن درجة حرارة الزيوليت تصل الى نهايتها العظمى مبكراً فى المجمع ذو السماكة الصغيرة لذا فان التكثف يتوقف فيها مبكراً أيضاً بالمقارنة مع المجمعات ذوات السماكة الكبيرة. وعليه فان طاقة الاشعاع الشمسى اعتباراً من توقف التكثف وحتى الغروب هى عبارة عن طاقة فائضة يمكن ضمها الى حرارة التكثف وحرارة الامتصاص والحرارة المخزونة فى المجمع ثم الاستفادة من هذا المجموع فى تسخين الماء أو تسخين المجمع تسخيناً أولياً فى صباح اليوم التالى.

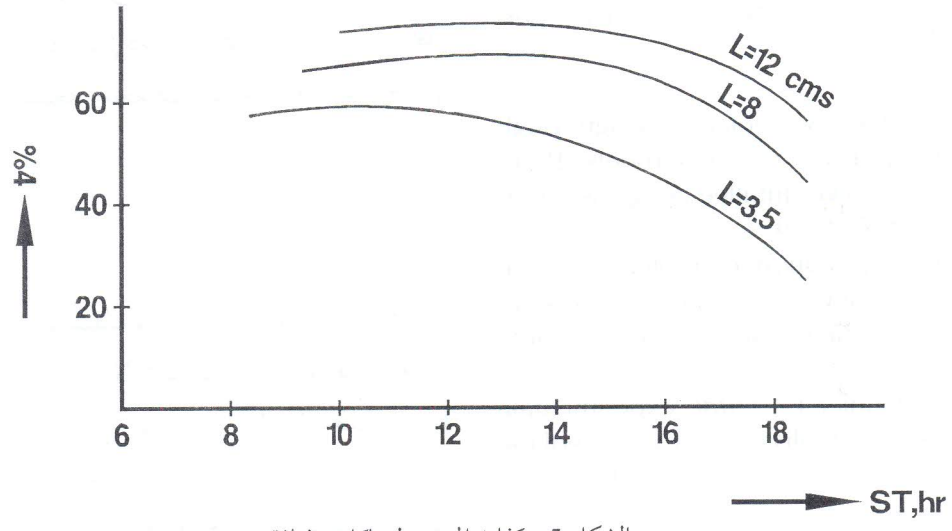
والشكل (7) يبين كفاءة المجمعات الثلاثة فى تحويل الطاقة الشمسية الى الطاقة اللازمة لطرح البخار والطاقة الحرارية المخزونة فى المجمع، حيث يؤدى ارتفاع الزيوليت الى زيادة الفقد الحرارى وانخفاض الكفاءة.

أما بالنسبة لمعامل الأداء الكلى الشمسى فانه يبلغ قيمة عظمى ثم يتناقص مع استمرار الاشعاع الشمسى حتى المغرب كما فى الشكل (8). وفى حالة الاستفادة من طاقة الاشعاع الشمسى بعد توقف التكثف فان معامل الأداء الكلى الشمسى عند توقف التكثف يصبح المعيار الأساسى لأداء النظام اليومى اذ يبلغ معامل الأداء الكلى الشمسى فى هذه الحالة 0,21 من أجل مجمع بسماكة 12 سم.

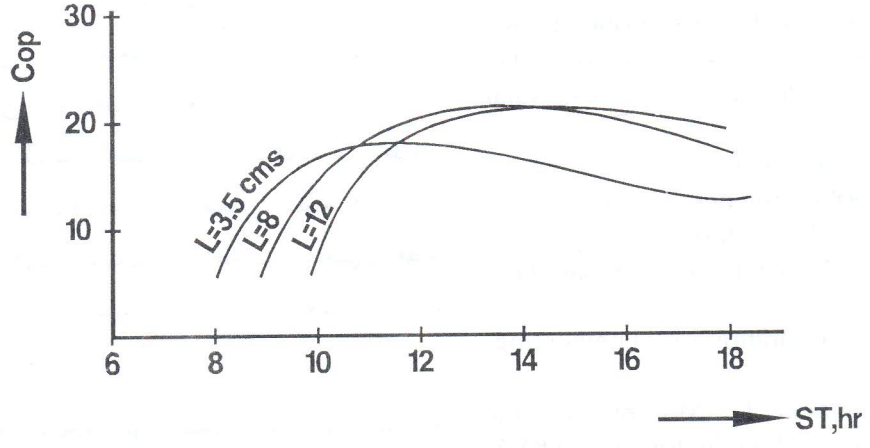
ولعل المقياس المطلق لأداء النظام هو سعة التبريد اليومية. وسعة التبريد اليومية تتناسب طرداً مع كتلة الماء المتكثف خلال طور الاشعاع الشمسى وبالتالى تتناسب مع كتلة الزيوليت وسماكته فى المجمع وعليه فان سعة التبريد تتزايد مع تزايد سماكة الزيوليت على أن لا تؤدى هذه الزيادة فى السماكة الى خفض درجة حرارته العظمى الى حدود قريبة من درجة الحرارة T_S. فكما هو مبين فى الشكل (9) إن زيادة السماكة



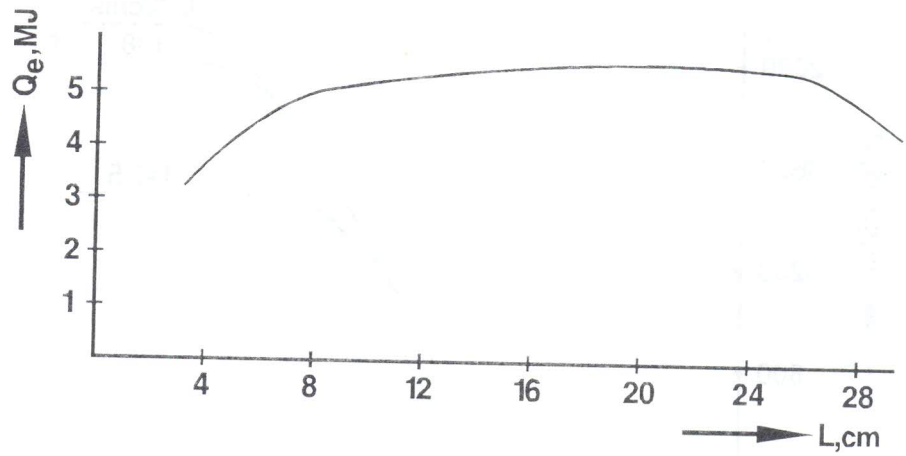
الشكل 6 : كتلة الماء المتكثف لسماكات مختلفة.



الشكل 7 : كفاءة المجمع لسماكات مختلفة.



الشكل 8 : معامل الاداء الكلي الشمسي لسماكات مختلفة.



الشكل 9 : منحني العلاقة بين سعة التبريد وسماكة الزيوليت (المجمع).

من 3,5 سم الى 12سم يؤدى الى رفع سعة التبريد اليومية من 3,4 ميغاجول. الى 5 ميغاجول أما زيادة السماكة من 12 سم وحتى 24 سم فان تعادل تأثير زيادة السماكة تقريباً مع انخفاض درجة الحرارة يؤدى الى ثبات سعة التبريد تقريباً فى هذا المجال. أما زيادة السماكة الى أكبر من 24 سم فان سعة التبريد تنخفض نتيجة انخفاض درجة الحرارة واقترابها من T_S.

7 ـ الاستنتاج :

- باستخدام الزيوليت الاصطناعى (MS-13X) والماء كثنائى امتصاص فى نظام التبريد الامتصاصى البسيط فان معامل الأداء الكلى الشمسى اليومى يصل الى 0,21 تحت شروط مدينة بنغازى المناخية فى نهار 7/17.
- ان زيادة سماكة الزيوليت فى المجمع حتى 12 سم تؤدى الى زيادة سعة التبريد حتى 5 ميغاجول من أجل مجمع مسطح بمساحة متر مربع واحد. وان زيادة السماكة الى أكبر من 12 سم لا تؤدى الى زيادة سعة التبريد بل تؤدى الى زيادة الكلفة وقد تؤدى الى انخفاض السعة أيضاً.
- ان استخدام المواد الماصة الصلبة والاستفادة من طاقة الاشعاع الشمسى بشكل مباشر يجعل نظام التبريد الامتصاصى بسيطاً فهو بذلك لا يتطلب استعمال قطع متحركة فيه كالمضخة أو الصمامات ويمكن أن يعمل المكثف بالحمل الطبيعى للهواء.

كما أن هذه النتائج تشجع على البحث عن مواد ماصة مماثلة متوفرة محلياً والعمل على تطوير هذا النظام لاستخدامه فى التبريد والتكييف وايجاد السبل العملية لتصنيعه بأقل كلفة.

المراجع :

(1) Sand, L.B., Mumpton, F.A., Natural Zoelites, pergamon press, 1976.

(2) Meunier, F., Mischler B., Solar coolingthrough cycles using microporous solid absorbents, Proc. Int. sol. Energy Soc. Silver Jubillee congress 1979, V. 1., pergamon, NY, 1979.

(3) Tchernev, D. I., Exploration of molecular sieve zeolites for the cooling of buildings with solar energy, National Technical Information Service, Springfield, 1977.

(4) Guilleminot, J., Meunier F., Etude experimentale d'une glaciere solaire utilisant le cycle zeolithe 13X-eau, Rev. Gen. Therm., Fr. n° 239, Novembre, 1981.

(5) Fawati, M. A., Some aspects of adsorphtion cooling using solar energy, bull. Tech. Univ. Istanbul Vol. 38, 1985.

(6)Shigeishi, R.A., Langford, C.H. Hollebone, B. R., Solar energy Storage using chemical potantial change associated with drying of zeolites, solar energy, V. 23, 1977.

(7) Union Carbide, Moleuler sieves Catalgue.

(8) Duffie, Beckman, Solar Engineering of thermal processes, John Wiley, Inc, 1980.

(9) Kilic, A., Öztürk., A. Günes Energisi, Kipas dağitimcilik, 1983.

[10) Jones, W. P., Airconditioning Engineering, Edward Arnold, 1973.

[11) Hawas, M. M., Muneer T., Monthly average daily insolation on tilted collectors in LYBYA, Energy Conv. Vol. 20, pergamon, 1980.