

Simulation Study and Comparison Green Freeze Technology Utilizing with Theory of Different Adsorption Working Pairs of Solar Adsorption Refrigeration

Faiza Mahdi Hadi 

Technical College, Foundation Technical Education/Baghdad

Email:faizam2001@yahoo.com

Received on: 30/6/ 2011 & Accepted on: 5 /1/ 2012

ABSTRACT

In this research a study of the theory of six different adsorption pairs to check and choose the best adsorption pair in terms of adsorption capacity and the effect of high and low temperature on it. It has been shown that the best adsorption pair at the temperature $25^{\circ}C$ is the activated carbon fiber with methanol (ACF + CH₃OH). Where the adsorption capacity is $x_{ACF} = 0.45$, followed by granules of activated carbon with methanol (AC + CH₃OH) and adsorption capacity is $x_{AC} = 0.3$ by more than half compared to a pair of activated carbon fibers. Then, four adsorption pairs have been selected for solar adsorption ice maker system and a couple for solar adsorption chiller system. The application of Excel has been used to solve governing equations and mathematical model of thermal balance simulation the largest amount of ice produced, the highest coefficient of performance for all pairs adsorption mentioned at the best operational temperature, it was found that the activated carbon fiber with methanol, the largest amount of ice produced 2.55kg and the highest coefficient of performance of 0.38 in the adsorption ice maker at operating temperature of generator is ($110^{\circ}C$). The Adsorption chiller for a couple, silica gel with water, the best in terms of impact with the cooling effect and coefficient of performance of the highest at temperature range of ($64 - 110^{\circ}C$).

Keywords: - Adsorption pairs, Solar ice maker, Activated carbon, Coefficient of performance (COP).

تكنولوجيا التبريد الخضراء محاكاة جهاز التبريد الامتزازي الشمسي و دراسة تأثير استخدام أزواج أمتزاز مختلفة

الخلاصة

تم في هذا البحث إجراء دراسة نظرية لستة أزواج امتزازية مختلفة لمعرفة واختيار أفضل زوج امتزازي من حيث سعة الامتزاز وتأثير درجة الحرارة العالية والواطئة عليها فقد تبين أن أفضل زوج امتزازي عند درجة حرارة $25^{\circ}C$ هو الياف الكربون المنشط مع الميثانول (ACF+CH₃OH) حيث كانت السعة الامتزازية له $x_{ACF} = 0.45$ ويليه حبيبات

الكربون المنشط مع الميثانول (AC+CH₃OH) سعة امتزازه $x_{AC} = 0.3$ بما يزيد عن النصف مقارنة بزواج الياف الكربون المنشط. من ثم تم اختيار اربعة ازواج امتزازية لمنظومة ماكينة صنع الثلج الامتزازية الشمسية Solar adsorption ice maker وزوجين امتزازيين لمنظومة الثلج المائي الشمسي Solar adsorption chiller. تمت معالجة المعادلات الحاكمة والموديل الرياضي للموازنة الحرارية ومحاكاة المنظومتين باستخدام تطبيق الاكسل (Excel). ومن خلال محاكاة المنظومتين تم تقدير اكبر كمية ثلج منتجة وأعلى معامل الأداء لجميع ازواج الامتزاز المذكورة عند افضل درجة حرارة تشغيلية، حيث تبين ان لألياف الكربون المنشط مع الميثانول أكبر كمية ثلج منتجة 2.55kg وأعلى معامل أداء 0.38 في ماكينة صنع الثلج الامتزازية الشمسية عند درجة حرارة تشغيلية لمولد البخار هي (110°C). أما ثلج الماء الامتزازي الشمسي Solar adsorption chiller فتبين ان لزواج هيلام السيلكا مع الماء افضل من حيث التأثير التبريدي مع معامل أداء أعلى ضمن مدى درجات حرارة (64-110°C).

الكلمات المرشدة: - ازواج الامتزاز، الثلجة الشمسية، الكربون المنشط، معامل الأداء.

المقدمة

ظهرت الثلجات الامتزازية الشمسية ((Solar Adsorption Refrigeration System) كتكنولوجيا مناسبة مقارنة مع الثلجات الامتصاصية الشمسية (Solar Absorption Refrigeration System) التي تستخدم الليثيوم برومايد حيث الغت مشكلة التبلمور وكذلك التبريد الشمسي الذي يحول الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية في دورة التبريد الانضغاطية. ان الامتزاز هو تثبيت جزيئات الغاز على سطح مادة صلبة، حسب قوى فان دير فال وهو اجراء انعكاسي او ارجاعي (Reversible) وباعت للحرارة (Exothermic) ولايتسبب في تغيير حجم المادة الصلبة ولاتشمل العملية أي تفاعل كيميائي، وفي حالة التوازن الامتزازي (Adsorption Equilibrium) ويعنى به ان الامتزاز يساوي الانفصال للمادة الممتزة في الطوار الغازي تسمى المادة الصلبة التي يتم عليها الامتزاز الممتز (adsorbent) بينما المادة المركزة التي يحدث لها الامتزاز (adsorbate) توجد مجاميع مختلفة من المواد الممتزة والمازة التي تستخدم في المضخة الحرارية او منظومات التبريد [1]. من بين اكثر المتغيرات تأثيرا، تركيز المادة الممتزة في المادة المازة x ، الضغط P و درجة الحرارة T يعني ان التركيز هو دالة للضغط ودرجة الحرارة $x = x(T, P)$ اثنان منهما يحددان حالة المنظومة هذا يمثل الامتزاز الفيزيائي.

تم انجاز العديد من البحوث والدراسات السابقة حيث قام الباحث (M.Pons) 1987 [2] بدراسة تحليل نظري لمنظومة تصنيع الثلج الشمسية كما درس العالمان (M.Pons and Ph.grenier) 1986 [3] مختلف قوانين التوازن ووصف حالة النظام للمادة المازة والممتزة. الباحث عمار سعدون قام ببناء ماكينة تصنيع الثلج الامتزازية الشمسية التي استخدم فيها 3kg من الكربون المنشط و (0.858kg) من الميثانول وضغط تشغيلي مقداره 4kPa واستخدام مكثف بمساحة 6.25m² يبرد بالهواء وقد تم الحصول على 1kg من الثلج يوميا بمعامل أداء 0.36 [4]. الباحث عدنان غريب [5] قام ببناء منظومة مختبرية تستخدم

لدراسة الخواص الامتزازية للزوج العامل وإيجاد المتغيرات الامتزازية لزوج الكربون المنشط مع الميثانول مستندا على معادلة دوپين استاكوف. الهدف من هذا البحث دراسة ومقارنة أزواج الامتزاز لظروف تصميمية حدودية للمبخر ($0-5^{\circ}C$)، والمكثف ($35^{\circ}C$) وظروف تشغيل مختلفة درجة التسخين مولد البخار ($64-110^{\circ}C$) ودرجة حرارة تبريد مولد البخار تتراوح بين ($25-35^{\circ}C$) لمنظومة التبريد الامتزازية العملية [4] والاعتماد على عوامل الامتزاز التي جمعت من بحوث عالمية سابقة لأزواج الامتزاز المختلفة حيث يمكن من خلالها معرفة افضل زوج ولاي غرض يستخدم وعمل مقارنة تامة لجميع الأزواج من حيث كمية الثلج المنتجة أو التأثير التبريدي معامل الاداء هذا كله يساعد الباحثين في هذا المجال في اختيار الأزواج العاملة والتنبؤ بكمية الثلج المنتجة وحاصل التبريد لمثلج الماء وأدائها .

دورة التبريد الامتزازية الشمسية

يبين الشكل (1) والشكل (2) دورة التبريد الامتزازية المثالية التي تتكون من اجرائين بثبوت التركيز هما (A-B, D-F) حيث ان الاجراء الاول والثالث لدورة التلاجة الامتزازية كما موضح في الشكلين أعلاه واجرائين بثبوت الضغط هما (B-D, F-A) حيث ان الاجراء الثاني والرابع، حيث ان الحرارة المحسوسة والتبريد المحسوس يحصلان خلال اجرائين بثبوت التركيز في حالة الانفصال وحالة الامتزاز مروراً بأجرائين بثبوت الضغط [6], [7], [8].

الاجراء الاول (Process 1): يبدأ من نقطة A وهي أعلى تركيز للمادة الممتزة في المادة المازة (x_{AB}) عند درجة حرارة T_A النقطة A تكون المادة المازة قد امتزت المادة الممتزة، والنتاج من عملية الامتزاز انبعاث حرارة مضافة اليها الحرارة من المصدر الحراري لتبدأ عملية الانفصال حيث ترتفع درجة حرارة المادة المازة الى ان يصل الضغط داخل المولد الى ضغط المكثف P_C وترتفع درجة حرارة المادة المازة الى T_B التي بالامكان حسابها من المعادلة (3) وبتركيز (x_{AB}).

الاجراء الثاني (Process 2): يبدأ من نقطة B حيث عملية الانفصال وبثبوت الضغط وصولاً الى أعلى درجة حرارة يمكن ان تصلها المادة المازة T_D عند النقطة D ولكن بتركيز جديد (x_{DF}) اقل تركيز للمادة الممتزة في المادة المازة ويمكن حسابه ايضاً من المعادلة (1).

الاجراء الثالث (Process 3): وهو التبريد الذي يحصل بثبوت التركيز من نقطة (D-F) الى ان يصل ضغط المولد الى ضغط المبخر P_e ومن معرفة التركيز يمكن حساب T_F من المعادلة (3).

الاجراء الرابع (Process 4): عملية الامتزاز تحصل من نقطة F الى ان يصل التركيز الى أعلى تركيز وهو (x_{AB}) وبهذا تكتمل دائرة التبريد الامتزازية الذي معامل أدائها حاصل التبريد مقسوماً على كمية الحرارة المضافة الى المولد البخار.

التحليل الرياضي

ان اختيار افضل زوج امتزاز شغال يعتمد على عدة عوامل والعامل الاهم هو سعة الامتزاز (Adsorption capacity) وهي القدرة او القابلية على الامتزاز اي سحب الممتز الى

فجوات المادة المازة المنتشرة على سطحها وتعتمد على حجم الفجوات المجهرية وحجم جزيئات الممتز ويتركز الممتز في طور الغاز على المادة المازة وتعتبر درجة الحرارة وضغط التشبع لمولد البخار دالة لقابلية الامتزاز ولايجاد القدرة المادة على الامتزاز تستخدم معادلة دوين - استاكوف المعدلة بصيغتها

$$x = x_o \exp \left[-k \left(\frac{T}{T_{Sat}} - 1 \right)^n \right] \quad \dots\dots(1)$$

$$x = x_o \exp \left[-DT \left(\ln \left(\frac{P_{Sat}}{P} \right)^n \right) \right] \quad \dots(2)$$

حيث المخرجات: هي (x_{AB}) و (x_{DF}) سعة الامتزاز في درجة حرارة الامتزاز T وحدة قياسها الكلفن ، والمدخلات: هي كل من $x_o = \left(\frac{kg_{Adsorbat}}{kg_{Adsorbent}} \right)$ قدرة او سعة الامتزاز المشبعة في حالة الاتزان لامتزازي عند تساوي درجة حرارة الامتزاز (T) و T_{sat} درجة حرارة التشبع عند ضغط التشبع P_{sat} وتقاس بوحدات الكلفن و (D) ، (n) ، (k) متغيرات للامتزاز لوسائط التبريد الامتزازي المختلفة .

لقد عملت دراسات عالمية مختبرية عديدة اعطت تفاصيل مستوى الحرارة المتولدة من عملية الامتزاز (Heat of adsorption) وكذلك تم ايجاد المتغيرات الأمتزازية التي يمكن الحصول عليها مختبريا فقط والتي هي x_o, k, D, n والتي جمعت في الجدول رقم 1 . وباستخدام تطبيق الاكسل (Excel) تم معالجة جميع البيانات وبرمجة المعادلات الحاكمة (1) و(2) ولأزواج الامتزاز الستة ، ولدرجة حرارة المبخر $(0-5^\circ C)$ ، ودرجة حرارة المكثف $35^\circ C$ ولدرجات حرارة جو (تشغيل) مختلفة لمقارنة اي زوج افضل سعة امتزاز ومعرفة سلوكها، وكذلك نبين قابلية الأزواج على توليد وسيط التبريد ولدرجات حرارة توليد مختلفة. ولأكمال رسم دائرة التبريد الامتزازية ولكل زوج امتزازي لابد من ايجاد درجات الحرارة المفقودة من ترتيب المعادلة (1) نحصل على المعادلة التالية [9].

$$T = T_{Sat} \left[\left(\frac{\ln \frac{x_o}{x}}{k} + 1 \right)^{\frac{1}{n}} \right] \quad \dots(3)$$

تم دراسة منظومة تتلجج الامتزازية الشمسية العملية [4] الهدف منها انتاج الثلج باستخدام أزواج الأمتزاز التالية وهي (الياف الكاربون المنشط + الميثانول)، (الكاربون الحبيبي + الميثانول)،

(الكربون + الامونيا)، (الكربون الحبيبي + الايثانول) لملائمتها لانتاج الثلج لانها تتبخر في درجة اقل من الصفر بكثير كانت الظروف التصميمية هي درجة حرارة المبخر ($T_e = 0^\circ C$) ودرجة حرارة المكثف ($T_c = 35^\circ C$) ودرجة حرارة المحيط الخارجي ($T_A = 25 - 35^\circ C$) وكان مدى درجات حرارة مولد البخار تتراوح ($64^\circ C - 110^\circ C$) باستخدام النموذج الرياضي لدورة التبريد الامتزازية [10] وبرمجة الموديل الرياضي باستخدام تطبيق الاكسل (Excel) وكما موضح بالمخطط الانسيابي شكل (3) تم عمل محاكاة للمنظومة حيث ان

$$Q_{ice} = M_{ice} [h_{fg} + C_{p_{water}} (T_A - 0)] \quad \dots(4)$$

$$M_{ice} = Q_{ice} \quad \dots(5)$$

ولحساب معامل أداء دورة التبريد الامتزازية والذي هو حاصل التبريد مقسوما على الحرارة الداخلة لمولد الثلجة الامتزازية.

$$COP = \frac{(Cooling\ effect)}{(Thermal\ heat\ input\ to\ cycle)} \quad \dots(6)$$

أما أزواج الأمتزاز

التالية وهي (الزيولايت + ماء) ، (السيلكاجل + ماء) وكون وسط التبريد هو الماء حيث الحرارة الكامنة للتبخر للماء عالية وتساوي $\left(L_{E(H_2O)} = 2490 \frac{kJ}{kg} \right)$ فالغاية من منظومة التثليج الامتزازية الشمسية المذكوره انتاج ماء مثلج (Adsorption chiller) بدرجة حرارة ($T = 5^\circ C$) لاستخدامه لتكييف الهواء الظروف التصميمية كما يلي درجة حرارة المبخر ($T_e = 5^\circ C$) ، درجة حرارة المكثف ($T_c = 35^\circ C$) ، درجة حرارة المحيط الخارجي ($T_A = 25 - 35^\circ C$) ومدى درجات الحرارة في مولد البخار تتراوح ($64^\circ C - 110^\circ C$) والمقارنة بين الزوجين باستخدام وبرمجة النموذج الرياضي لدورة التثليج الامتزازي [10] ومعالجته باستخدام تطبيق الاكسل (Excel) نحصل على كمية التأثير التبريدي من المعادلة التالية.

$$Q_{ref} = (x_{AB} - x_{DF}) \times m_{AC} \times L_{E(H_2O)} \quad \dots(7)$$

النتائج والمناقشة

تأثير درجة حرارة الجو الواطئة (اثناء الليل) للأزواج المختلفة

يوضح الشكل 4 تأثير درجة حرارة المادة المازة (Adsorbent temperature) على سعة امتزازها (Adsorption capacity) لبخار مائع التثليج ويلاحظ في الشكل ادناه ان سعة أمتزاز الياف الكربون المنشط للميثانول ($x_{ACF+Methnol}$) عالية لمدى درجات حرارة يتراوح من $T = 5^\circ C - 50^\circ C$ ، بعد هذه الحدود تبدأ سعة أمتزاز الياف الكربون المنشط للميثانول بالانخفاض بشكل ملحوظ وحيث أن مدى درجات حرارة الأمتزاز لمنظومة التثليج الامتزازية تقع

ضمن حدود درجات الحرارة المذكورة اعلاه لذا تعتبر الياف الكربون المنشط هي الأنسب. ونلاحظ في الشكل أعلاه ايضا ان زوج الكربون المنشط والأمونيا ($x_{AC+Ammonial}$) هو الأقل سعة امتزاز , ضمن حدود درجات الحرارة المذكورة اعلاه , في حين أن أزواج الامتزاز الأخرى تقع ضمن المدى المتوسط لقابلية الامتزاز.

تأثير درجة حرارة الجو العالية اثناء النهار على سعة الامتزاز اعادة التوليد

يبين الشكل 5 تأثير درجة الحرارة المادة المازة على قابليتها لتحرير بخاروسيط التبريد, ويلاحظ من الشكل اعلاه ان قابلية الياف الكربون المنشط على تحرير بخار الميثانول هي الأكبر , وحيث أن مولد البخار لمنظومة التثليج الامتزازية يقع ضمن مدى درجات الحرارة من $T = 80^{\circ}C - 110^{\circ}C$ لذا يمكن اعتبار ألياف الكربون المنشط هي الأنسب للاستخدام في منظومات التثليج الامتزازية , وتأتي قابلية الياف الكربون على امتزاز وتحرير بخار الميثانول من مساميتها العالية مقارنة بالمواد المازة الأخرى , حيث أن ابعاد الفجوات التي تحتويها تتراوح من (0.8–2nm) [11] وهذا يساعد على احتوائها لذرات الميثانول.

علاقة كمية الثلج المنتج لدرجات حرارة مختلفة

يبين الشكل 6 علاقة كمية الثلج المنتجة من دورة التثليج الامتزازية , مع درجة حرارة مولد البخار حيث نلاحظ ان كمية الثلج تزداد بأزدياد درجات الحرارة, وذلك لازدياد كمية المادة الممتزة المنفصلة او المتولدة بأزدياد درجات الحرارة والتي ينتج عنها زيادة التأثير التبريدي. علاوة على ذلك فإن أفضل كمية منتجة من الثلج هي للياف الكربون المنشط مع الميثانول حيث تبين ان اكبر كمية ثلج منتجة 2.55kg ويليها الكربون الحبيبي المنشط مع الميثانول , الكربون الحبيبي مع الأمونيا ويتساوى زوجا الامتزاز الكربون المنشط مع الايثانول والكربون المنشط مع الامونيا لكمية الثلج المنتج .

مقارنة معامل الاداء لأزواج الامتزاز الشغالة المختلفة لدرجات حرارة مختلفة

يبين الشكل (7) علاقة درجة حرارة مولد البخار بمعامل أداء دورة تثليج امتزازية لمختلف أزواج امتزاز. نلاحظ من الشكل أعلاه أن معامل الأداء يزداد مع زيادة درجة حرارة مولد البخار وتكون الزيادة ملحوظة لغاية $92^{\circ}C$ وبعدها تكون الزيادة في معامل الأداء قليلة , وهذا يعني ان درجة الحرارة دالة لمعامل الأداء ولكن هناك تأثير لخواص الامتزاز تدخل في التأثير على قيمة معامل الأداء. ويتميز زوج الامتزاز ألياف الكربون المنشط مع الميثانول بأعلى معامل أداء ويساوي 0.38 والذي يمتلك أعلى قيمة لقابليته على الامتزاز والانفصال ثم يليه الكربون المنشط الحبيبي مع الايثانول ومن ثم الكربون المنشط مع الميثانول ويعتبر زوج الامتزاز الكربون المنشط مع الأمونيا الأقل معامل أداء .

مقارنة التأثير التبريدي لزوجي الامتزاز الزيولايت والسليكا جل مع الماء لدرجات حرارة مختلفة

من الشكل (8) نلاحظ تأثر كمية التأثير التبريدي بدرجات الحرارة حيث تزداد كمية التأثير التبريدي بزيادة درجة الحرارة وتكون كمية التأثير التبريدي لهيلام السليكا ماء اكثر من الزيولايت مع الماء لأنه كمية وسيط التبريد المنفصلة (الماء) تكون اكثر مع هيلام السليكا منها الزيولايت وتساوي 1651kJ وعند درجة حرارة مولد البخار ($110^{\circ}C$) .

مقارنة معامل الاداء لزوجي الامتزاز الزيولايت والسليكا جل مع الماء لدرجات حرارة مختلف من الشكل (9) نلاحظ تأثر معامل الاداء بدرجات الحرارة حيث يزداد معامل الاداء بزيادة درجة الحرارة ويكون معامل اداء هيلام السيلكا مع الماء أعلى من الزيولايت مع الماء ويساوي 0.68 عند درجة حرارة مولد البخار ($110^{\circ}C$) .

الأستنتاجات

نستنتج مما سبق مايلي:

- 1- يمتاز زوج الامتزاز الياف الكربون مع الميثانول بخاصية امتزاز عالية مقارنة بأزواج الامتزاز الأخرى والتي هي بحدود $x_{ACF} = 0.45 \frac{kg_{CH_3OH}}{kg_{AC}}$ عند درجة حرارة الياف الكربون المنشط $25^{\circ}C$.
- 2- أن أفضل زوج امتزاز مستخدم في منظومة التليج الامتزازية هو الياف الكربون مع الميثانول حيث يمكن تحقيق كمية تلج تساوي 2.55kg ومعامل أداء 0.38 عند درجة حرارة مولد ($110^{\circ}C$) .
- 3- أن زوج الامتزاز السيلكا جل مع الماء المستخدم لإنتاج الماء المتلج Adsorption chiller يكون افضل من زوج الامتزاز زيولايت مع الماء حيث التأثير التبريدي 1651kJ ومعامل أداءه 0.68 وعند درجة حرارة مولد البخار ($110^{\circ}C$) .

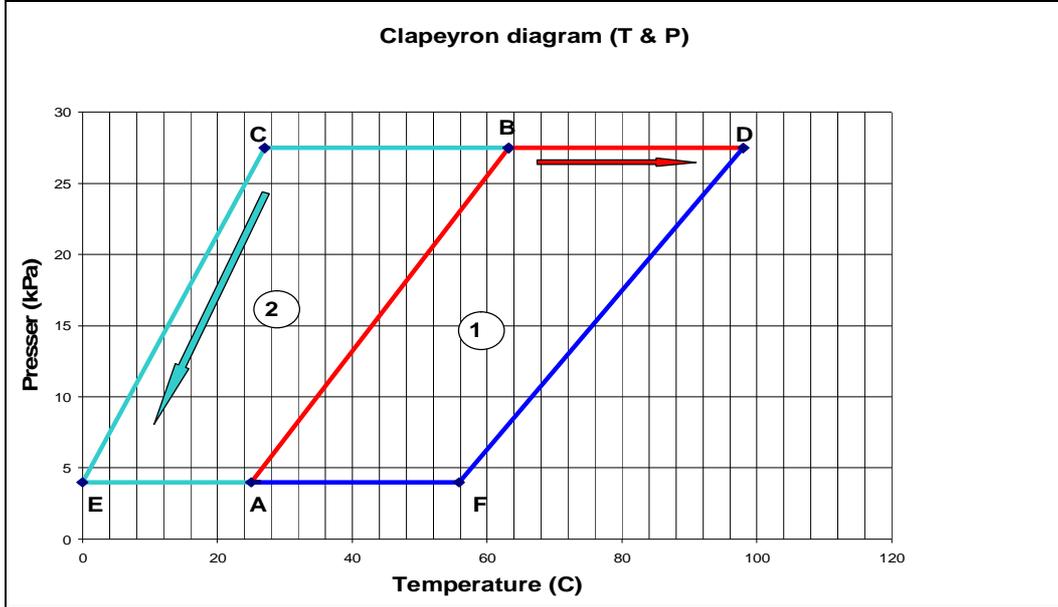
REFERENCES

- [1] Taylor & Francis Group , LLC (book)" Activated Carbon Adsorption" Roop Chand Bansal Meenakshi Goyalthe Academic Division of T&F Informa plc Boca Raton London New York Singapore:2005
- [2] M. Pons Ph Grenier "Experimental Date On Solar-powered ice maker using Activated Carbon and Methanol Adsorption Pair"Journal of solar energy engineering 1987 .
- [3]M.Pons Ph. Grenier "Phenomenological Adsorption equilibrium low extracted from experimental and the oretical considerations applied to the Activated carbon + Methanol Pair"Journal of solar energy engineering 1986 .
- [4] Amar S. A "Design, construction and performance of solar powered ice maker" M.S.C. thesis, Submitted to the Department of Machines and Equipment of the University of Technolog Iraq, 2006
- [5] Adnan Ghareb Tuama, "Theoretical and experimental study of activated carbon – methanol adsorption units" M.S.C. thesis, Foundation of technical education, Technical college Baghdad, Iraq, 2009
- [6] Nathan Rona" Solar Air- conditioning systems "e Book-edition focus on component and their working principles. Internserie": 12004:01 ISSN 1652-6007Chalmers university of technology. Sweden 5765/2004

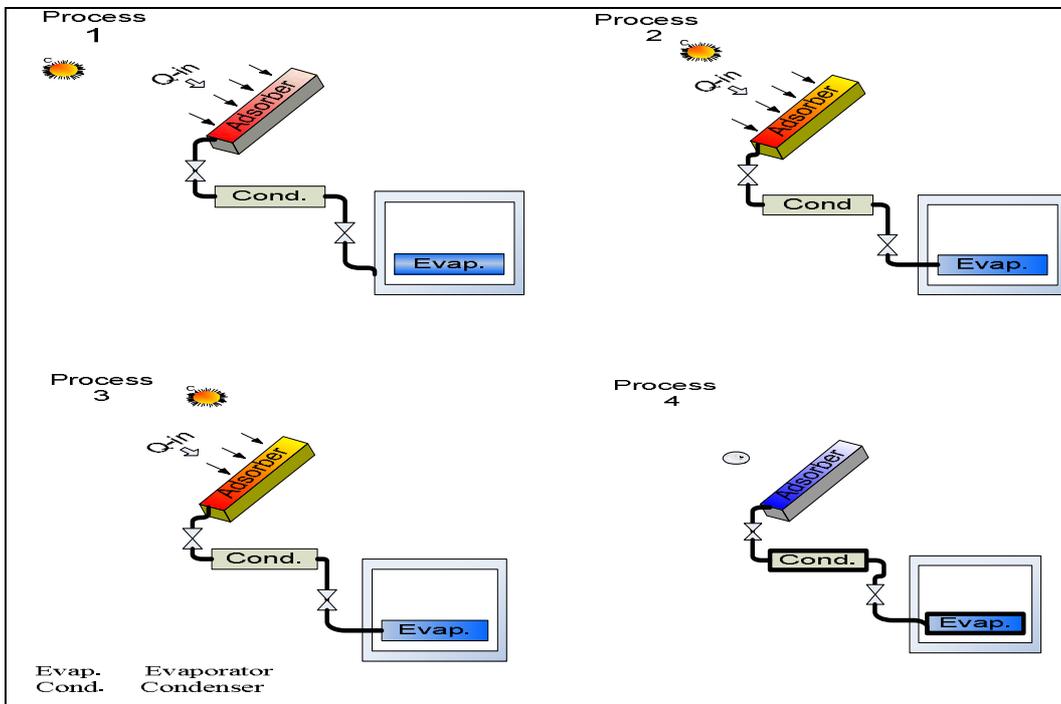
- [7] Passos E, Meunier F, Gianola JC. "Thermodynamic performance improvement of an intermittent solar powered refrigeration cycle using adsorption of methanol on activated carbon". *Journal of Heat Recovery Systems* 1986; 6:259–64
- [8] Wang RZ. "An energy efficient hybrid system of solar powered water heater and adsorption icemaker". *Science Direct Solar Energy* 2000; 68(2):189–195.
- [9] Faeza M. Hadi [2009] "Theoretical and experimental study of two bed solar adsorption chiller with regeneration" M.S.C thesis Submitted to Council of Technical College/Baghdad
- [10] R. Z. Wang, M. LI, Y. X. XU and J. Y. WU. "An energy efficient hybrid system of solar powered water heater and adsorption ice maker" Institute of refrigeration and cryogenics, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai200030, 1999.
- [11] Y. Hamamoto, K.C.A. Alam, B.B. Saha, S. Koyama, A. Akisawa, T. Kashiwagi "Study on adsorption refrigeration cycle utilizing activated carbon fiber. Part 1. Adsorption characteristics" University of Agriculture and Technology Tokyo 184-8588, Japan (2005) *Science Direct (International Journal of Refrigeration* 29(2006) 305-314
- [12] Hasan Demira, Moghtada Mobedib, Semra U lku a; "A review on adsorption heat pump Problems and solutions" Department of Chemical Engineering, Izmir Institute of Technology, June 2007 *Science Direct Renewable and Sustainable Energy Reviews* www.elsevier.com/locate/rser
- [13] Li M, Wang RZ, Xu YX, Wu JY, Dieng AO. "Experimental study on dynamic performance analysis of a flat-plate solar solid-adsorption refrigeration for ice maker" *Science Direct. Renew Energy* 2002; 27(2):211–21
- [14] Wang LW, Wang RZ, Lu ZS, Chen CJ, Wang K, Wu JY. "The performance of two adsorption ice making test units using activated carbon and a carbon composite as adsorbents". *Carbon* 2006;44:2671–80.
- [15] Lu YZ, Wang RZ, Zhang M, Jiangzhou S. "Adsorption cold storage system with zeolite –water working pair used for locomotive air conditioning" *.Energy Convers Manage* 2003;44(10):1733–43.
- [16] J. Tiansuwan, J. Hirunlabh "Mathematical Model of an Activated Carbon-Ethanol Refrigerator" Department of Mechanical Engineering' Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand, *Thammasiantt .J .S c.T ech.V, ol.3, No.1, January 1998*
- [17] Daou K, Wang RZ, Xia ZZ, Yang GZ. "Experimental comparison of the sorption and refrigerating performances of a CaCl₂ impregnated composite adsorbent and those of the host silica gel." *Int J Refrig* 2007;30(1):68–75.

جدول رقم (1) معلمات اومتغيرات الامتزاز لبعض الازواج الشغالة

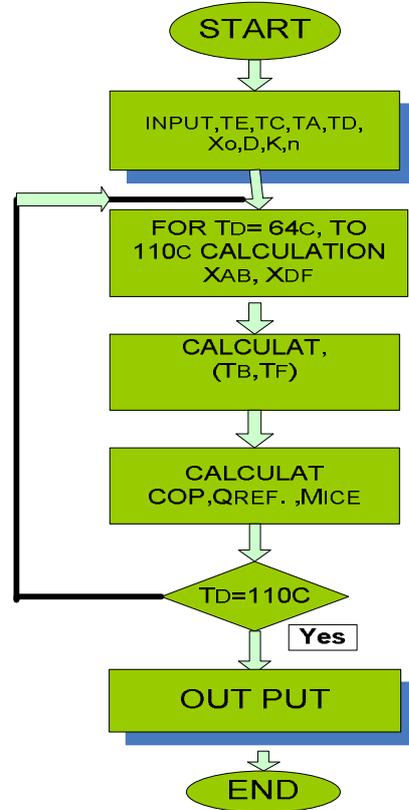
Adsorbent	Type	Adsorbate	Heat of adsorption (kJ/kg)	Adsorption parameter k	Adsorption Parameter n	Saturate Adsorption Capacity x_o at $(T = T_s)$ (kg / kg) $(20^\circ C - 50^\circ C)$
Activated Carbon fiber (ACF)	micropores diameter $20^\circ A$ [12] [13]	Methanol CH3OH	1000-1300	10.94	1.31	0.662
Activated Carbon (AC)	(YKAC, 14-20 mesh, produced from coconut shell) [14]	Methanol CH3OH	1800-2000	13.38	1.5	0.45
Activated Carbon (AC)	(YKAC, 14-20 mesh, produced from coconut shell) [14]	Ammonia	2000-2700	3.57	1.38	0.29
Zeolite	(4-8 mesh, grain diameter of 2.38-4.75 mm) [15]	Water	3300-4200	5.36	1.73	0.261
Activated Carbon (AC)	Size of 2-3 mm (6x12 mesh size). [16]	Ethanol	1200-1400	14.83	1.63	0.338
Silica-gel	Average particle size of 6 mm, Pore size 1.5nm and 3.0nm [17]	Water	2800	10.51383	1.7	0.35



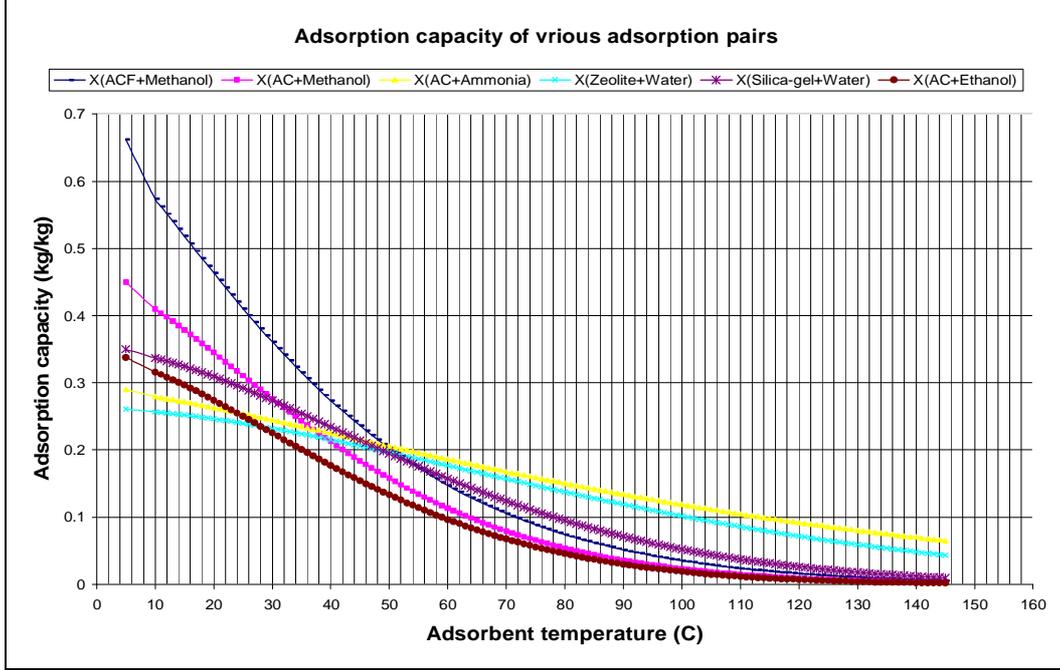
شكل (1) مخطط كليرون (P vs. T) لدورة التلاجة الامتزازي



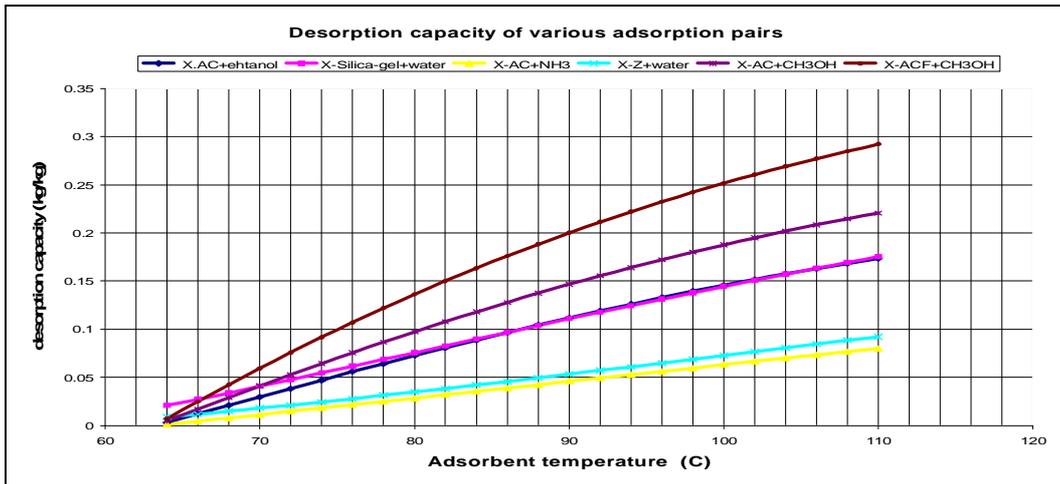
شكل (2) رسم تخطيطي للتلاجة الامتزازية الشمسي



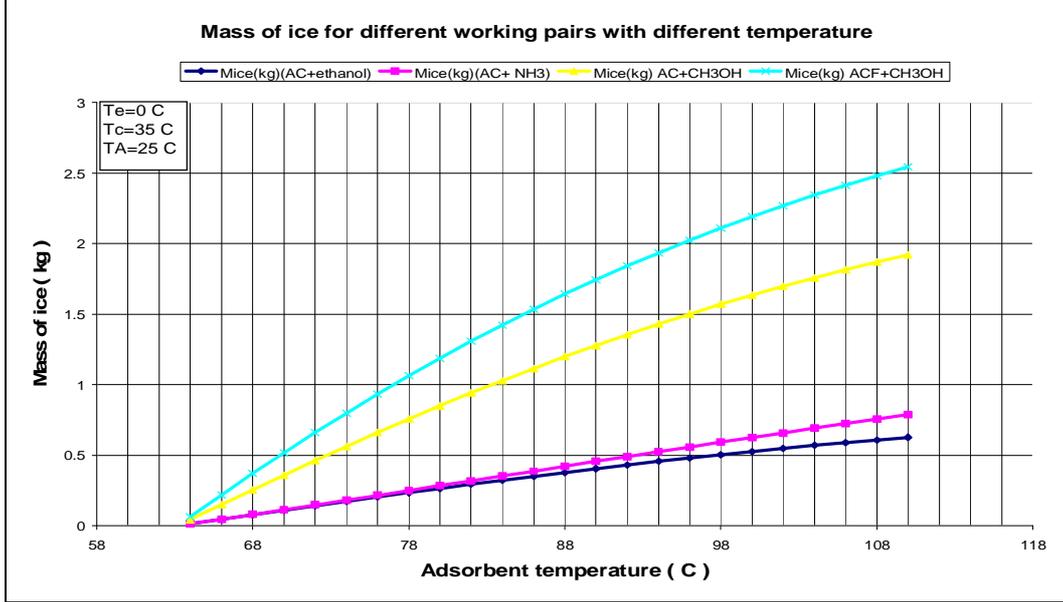
شكل (3) المخطط الانسيابي (يتطبق الاكسل) لمنظومة التبريد الامتزازية



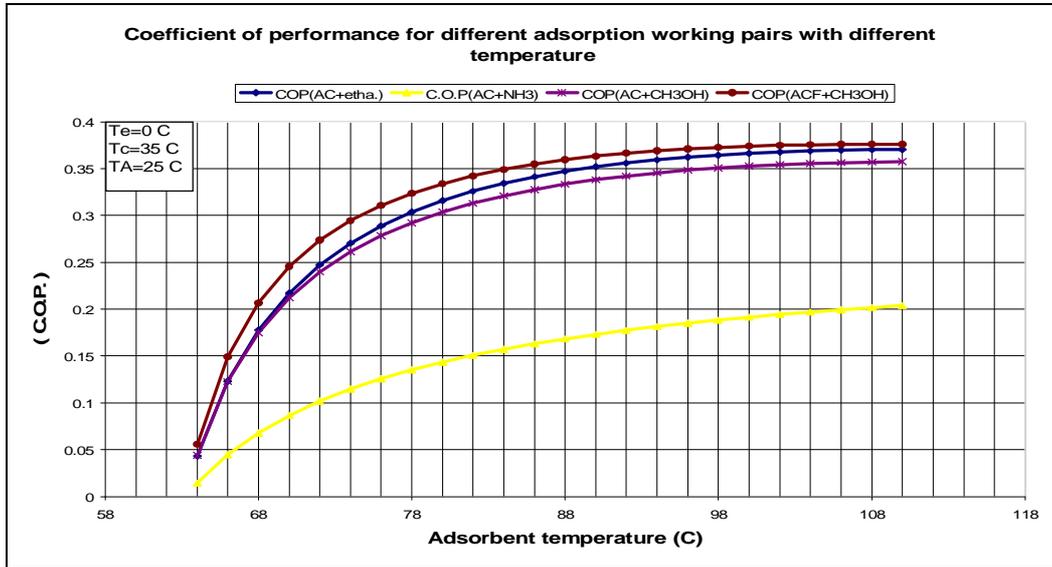
شكل (4) سعة الامتزاز لعدة ازواج الامتزاز (الكاربون المنشط + الميثانول), (الكاربون الحبيبي + الميثانول) (الكاربون الحبيبي + الامونيا), (الكاربون الحبيبي + الايثانول), (الزيولايت + الماء), (السيلكا جل + الماء)



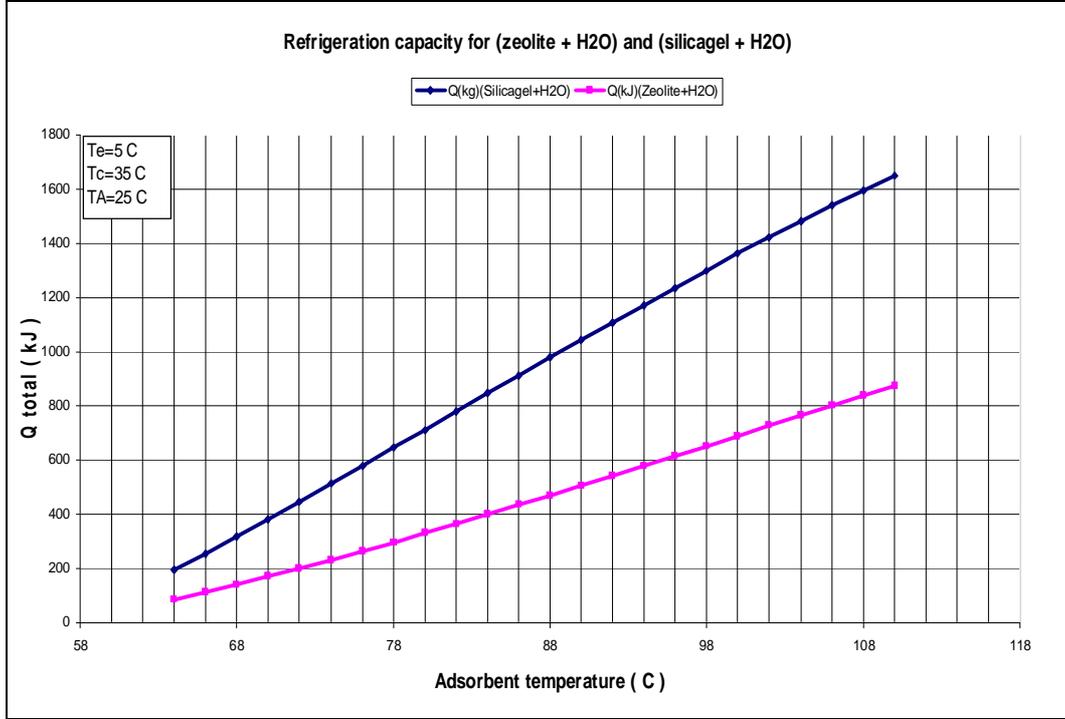
شكل (5) سعة الامتزاز (التوليد او الانفصال) لعدة ازواج الامتزاز (الكاربون المنشط + الميثانول), (الكاربون الحبيبي + الميثانول) (الكاربون الحبيبي + الامونيا), (الكاربون الحبيبي + الايثانول), (الزيولايت + الماء), (السيلكا جل + الماء)



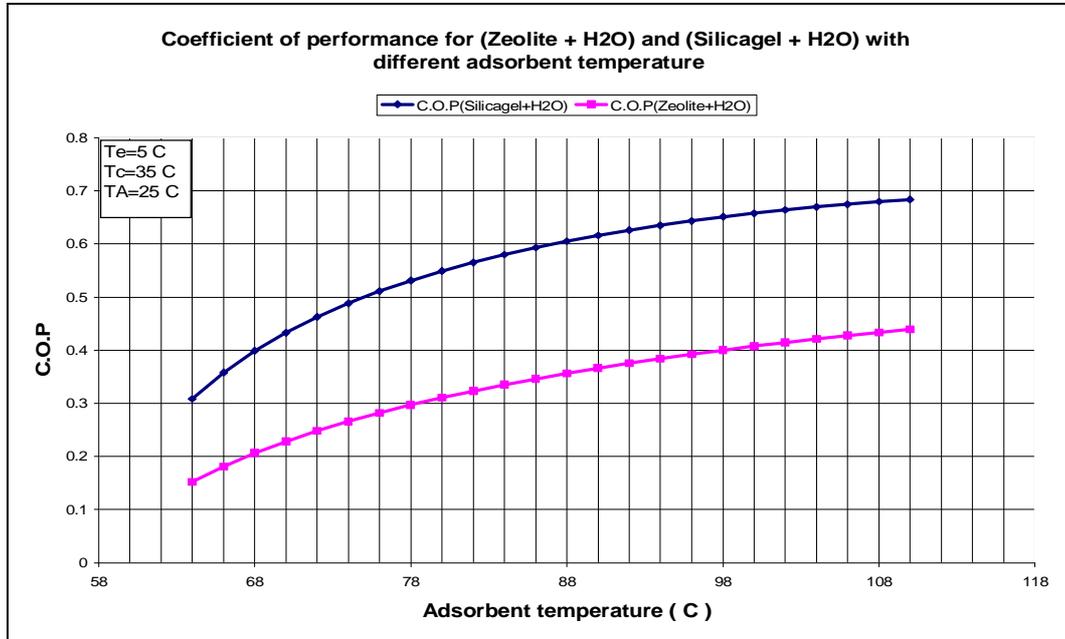
شكل (6) كمية الثلج المنتج من دورة التبريد الامتزازية لكل من (ليف الكربون المنشط + الميثانول), (الكربون الحبيبي + الميثانول), (الكربون الحبيبي + الأيثانول), (الكربون الحبيبي + الأمونيا)



شكل (7) معامل أداء دورة التبريد الامتزازية لكل من (ليف الكربون المنشط + الميثانول), (الكربون الحبيبي + الميثانول), (الكربون الحبيبي + الأيثانول), (الكربون الحبيبي + الأمونيا)



شكل (8) كمية التأثير التبريدي لدورة التبريد الامتزازية لكل من (الزيولايت + ماء), (السيلكاجل + ماء)



شكل (9) معامل أداء دورة التبريد الامتزازية لكل من (الزيولايت + ماء), (السيلكاجل + ماء)