التسخين بالطاقة الشمسية بتقنية الأنابيب المفرغة

تعتبر الطاقة الشمسية هي الطاقة الأكثر نظافة ورخصاً في العالم ، فهي متواجدة بالمجان في كل مكان ويمكن الاستفادة منها مباشرة دون الحاجة إلى اللجوء إلى العناصر والتركيبات الكيميائية المضرة بالبيئة. يتم استعمال الطاقة الشمسية إما بتحويلها إلى طاقة كهربائية عن طريق الخلايا الكهروضوئية أو عن طريق تحويلها إلى طاقة حرارية عبر وسيط تسخين.

يتم استعمال الطاقة الشمسية لتسخين المياه من خلال مجمعات لأشعة الشمس تقوم بتحويلها لطاقة حرارية لتدفئة المنازل أو عن طريق تسخين المياه أو توليد الكهرباء بالبخار أو تجفيف المحاصيل أو للطبخ. مؤخراً بات التسخين للمياه عن طريق أشعة الشمس شائعا في كثير من المدارس والمطاعم والبيوت والمستشفيات، سواء لإستعمالها في التدفئة أو تسخين المياه. كما تستخدم السخانات الشمسية في الصوبات بالمزارع علي نطاق واسع . ويمكن صناعة السخانات الشمسية في عدة أحجام لتلبية الإحتياجات من الطاقة الشمسية حسب درجات الحرارة المطلوبة للمياه سواء أكانت دافئة (أقل من 50 درجة مئوية) لحمامات السباحة أو ساخنة (من 80 ~ 60 درجة مئوية) للإستعمال المنزلي أو مغلية للحصول على بخار لتوليد الكهرباء. وهذا يعتمد علي قدرة السخان الشمسي وتصميمه.

تتركب السخانات الشمسية بصفة عامة من سطح امتصاص الأشعة الشمسية وقنوات سريان وسيط التسخين وعوازل حرارية لمنع تسرب الحرارة المكتسبة في وسيط التسخين إلى الوسط المحيط. وسوف نتحدث عن هذه المكونات باختصار شديد فيما يلي:

1– سطح الامتصاص:

يصنع سطح الامتصاص في الغالب من معدن مطلي بألوان داكنة وذلك لزيادة معدل امتصاص حيث تتميز الألوان الداكنة بمعدل عال الامتصاص الأشعة الشمسية يصل إلى 98% ولكن المشكلة في الألوان الداكنة قابليتها الشديدة لفقد الحرارة بطريقة الإشعاع حيث يصل ذلك المعدل إلى 90% بعبارة أخرى فإن السطح الماص الداكن قادر على امتصاص ما نسبته 98% من الأشعة الشمسية الساقطة عليه ولكنه سيعيد إشعاع ما نسبته 90% من الطاقة المكتسبة لتصبح الاستفادة من جزء صغير فقط من الطاقة الشمسية الساقطة على السخان وستضيع النسبة الكبرى سدى. من أجل ذلك تستخدم أنواع خاصة من الطلاء ذات معدل امتصاص عالي ومعدل إشعاع منخفض وتسمي مثل هذه الطلاءات بالطلاءات الانتقائية (Selective Coatings) ومن أمثلة هذه الطلاءات أكاسيد الكروم والكوبالت.

2– قنوات سريان وسيط التسخين:

تصنع هذه القنوات عادة من معادن مثل النحاس والفولاذ أو من المطاط وهي تختلف من تطبيق إلى آخر باختلاف نوع الوسيط وكذلك باختلاف مادة سطح الامتصاص ، فهناك قنوات مستطيلة ذات مساحات كبيرة (15×10سم) لتسخين الهواء. وهناك قنوات دائرية ذات أقطار صغيرة (أنابيب أقطار بحدود 1 سنتيمتر) لتسخين السوائل.

3– العازل الحراري:

عندما ترتفع درجة الحرارة داخل السخانات بالمقارنة بالجو المحيط بها يصبح هناك إمكانية لفقد هذه الحرارة بالتوصيل وذلك عن طريق جوانب السخان والجهة السفلية منه، وبالحمل والإشعاع عن طريق الغلاف الزجاجي، وعليه يمكن الاستعانة بمواد وأساليب خاصة للحد من هذه الضياعات في الطاقة حسب نوعية الفقد وذلك على النحو التالي:

الفقد بالتوصيل: ويمكن الحد منه بإحاطة جوانب وأسفل الماص وأنابيب التسخين بمواد خاصة ذات توصيلية حرارية متدنية مثل الصوف الزجاجي الألياف الزجاجية والبولي ستيرين.

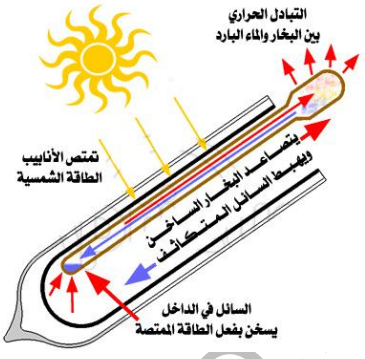
الفقد بالحمل: ويمكن الحد منه بسحب الهواء الموجود بين الأغطية الزجاجية أو يوضع أنابيب التسخين مع السطح الماص دخل أنابيب زجاجية مفرغة من الهواء.

الفقد بالإشعاع: ويمكن الحد منه باستخدام أغلفة زجاجية منفذة للأشعة القصيرة من الشمس وفي نفس الوقت معتمة بحيث تمنع انعكاس الأشعة ذات الموجات الطويلة الصادرة من السطح الماص.

سخانات الأنابيب المفرغة

Evacuated-tube Heater Collector

مبدأ العمل:



يتألف السخان من أنبوب زجاجي مزدوج مفرغ فيما بين الطبقتين، يحوي بداخله على أنبوب ماص للحرارة مطلي بطلاء انتقائي (Selective Coating) يمنع فقد الحرارة المكتسبة بالاشعاع، ضمن هذا الأنبوب يوجد ماء نقي يتحول إلى بخار عند تعرضه لحرارة الشمس وبالتالي يتصاعد ضمن الأنبوب إلى حجيرة تبادل حرارة مصنوعة من مادة عالية الناقلية للحرارة كالنحاس ، يمر الماء البارد المراد تسخينه حول هذه الحجيرة بحيث يكتسب الماء البارد حرارة البخار الموجود ضمن الحجيرة، بينما يفقد البخار حرارته ويتحول إلى ماء مجددا ليعود إلى أسفل الأنبوب ويكرر دورته هذه إلى ما لا نهاية.

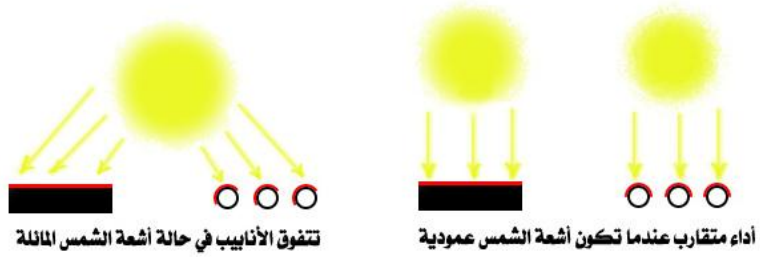
قد يبدو هذا الأمر عديم الفائدة للوهلة الأولى إلا أن هنالك الكثير من العوامل التي تجعل هذه التقنية من أنجح هذه التقنيات:

1- إن درجة حرارة غليان الماء عند سطح البحر هي 100^{oC} بينما في المناطق المرتفعة يغلي الماء عند درجات حرارة منخفضة، ومن خلال الفراغ الموجود داخل الأنابيب (ضغط منخفض للغاية) قد يغلي الماء ضمن الأنبوب عند درجات حرارة منخفضة جداً (قد تصل إلى 30^{oC}) وبالتالي وبوجود جزء صغير من الطاقة الشمسية نحصل على المياه الساخنة.

2- إن الأنبوب الماص للحرارة لا يفقد الطاقة التي يكتسبها من الشمس بسبب الأنبوب الزجاجي المزدوج المفرغ، حيث يلعب الفراغ دورا عازلا ممتازا للحرارة يمنعها من التسرب إلى الخارج بعد امتصاصها، فعلى سبيل المثال قد تصل درجة الحرارة داخل الأنبوب إلى 150 درجة مئوية فيما تكون درجة الحرارة خارج الأنبوب لا تتعدى 30 درجة مئوية، وهذا ما يجعل هذه السخانات تعمل بكفاءه عالية حتى في الأيام التي تكون

السماء فيها ملبده بالغيوم لأن أي جزء ولو كان ضئيلاً جدا من حرارة الشمس يتم امتصاصه والاستفاده منه بالكامل دون فقد أي جزء منه (فقدان الحرارة المكتسبة بنسبة 5% على الأكثر).

3- علاوه على وجود الفراغ فإن الشكل الأنبوبي له مزايا أخرى، إن الشكل الأنبوبي يجعل الأنابيب في مواجهة أشعة الشمس طيلة النهار على عكس التقنيات السابقة (مثل تقنية الألواح الشمسية) هذا يزيد من امكانية امتصاص الطاقة الشمسية إلى 40%.



4- كيف يتم الحفاظ على هذا الفراغ العازل بين الأنبوبين؟

أثناء تصنيع الأنبوب الزجاجي يتعرض إلى درجات حرارة عالية، بهذه الأثناء يتم طلاء الجزء السفلي من الأنبوب بطبقة رقيقة من الباريوم النقي، وظيفة طبقة الباريوم هي امتصاص أي جزء من الغازات المتواجدة بين طبقتي الزجاج، وبهذا يتم ضمان الفراغ ضمن الأنبوب حتى في حال حدوث تشكل لأي نوع من أنواع الغازات أثناء النقل والتخزين لأن طبقة الباريوم ستقوم بامتصاصها فوراً. عندما يبدأ لون طبقة الباريوم بالتحول إلى اللون الفضي فهذا يعني أن الفراغ بدأ بالتناقص (الصورة إلى اليسار) بينما يعني اللون الأزرق أن الأنبوب مفرغ بشكل جيد (الصورة إلى اليمين).

على كل الأحوال يتعلق مردود سخانات الأنابيب المفرغة بالمنطقة الجغرافية المقصودة حيث تتغير درجة الاشعاع الشمسي كما تتغير زاوية توضع الشمس السنوية، كما تتعلق كمية الماء الساخن بحجم اللاقط.

ما هي درجة الاشعاع الشمسي Solar Insolation؟

هو مقدار الطاقة التي يمكن أن تولدها الأشعة الشمسية وتقاس بواحدة (كيلو واط لكل متر مربع يومياً) ($kWh/m^2/day$)

حيث: $1\ kWh/m^2/day = 317.1\ btu/ft^2/day = 3.6MJ/m^2/day$

تقوم العديد من المنظمات الدولية بقياس درجة الاشعاع الشمسي في مناطق مختلفة من العالم وتقوم باصدار التقارير السنوية أو الدورية. يمكننا أخذ بعض القراءات وفقاً للتقارير الصادرة مؤخراً لأخذ فكرة عامة عن درجة الاشعاع الشمسي في المناطق المحيطة بسوريا.

المدينة / الدولة	درجة الاشعاع الشمسي ($kWh/m^2/day$)
القدس / فلسطين	5.73
عمّان / الأردن	5.80

بيروت / لبنان	5.68
أنقرة / تركيا	4.17

كمية الطاقة المنتجة:

إن الحديث عن درجة الاشعاع الشمسي يقودنا مباشرة إلى السؤال عن كمية الطاقة الحرارية التي ينتجها السخان الشمسي ، والاجابة أبسط مما نتوقع لأن درجة الاشعاع الشمسي هي الإجابة بحد ذاتها ، وبالتالي بمعرفة مساحة اللاقط الشمسي والبلد التي يعمل بها يمكننا فورا معرفة الطاقة التي ينتجها هذا اللاقط خلال اليوم. إلا أن السؤال التجاري الذي يجب طرحه هو: ما هي مساحة اللاقط الذي يجب تركيبه ليعمل بكفاءة في منطقتي؟ في الواقع إن الإجابة على هذا السؤال تتطلب العديد من التجارب الاختبارية للوصول إلى رقم موثوق حسب بيانات كل منطقة وطبيعتها ، على الرغم من ذلك فإن المعادلة التالية تقدم رقماً تقريبياً لعدد الأنابيب الواجب تركيبها للحصول على كمية معينة من المياه الساخنة:

$$\text{No. of tubes} = \frac{Water Volume \times Temp.Rise}{Insolation * 48}$$

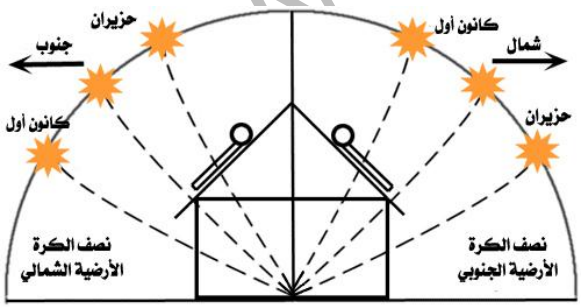
فعلى سبيل المثال: في إحدى المناطق السورية تصل درجة الاشعاع الشمسي إلى $5.1\ kWh/m^2/day$ ، نريد تزويد منزل بكمية 150ليتراً من الماء الساخن علماً أن درجة حرارة الوسط الخارجي تصل إلى 5^{oC} ، أي أنه علينا رفع درجة الحرارة 55^{oC} للوصول إلى درجة حرارة 60^{oC} وهي درجة حرارة الحمام الساخن. بتطبيق المعادلة نجد:

$$\text{No. of tubes} = \frac{150 \times 55}{5.1 * 48} = 33$$

أي أننا نحتاج إلى لاقط شمسي يحتوي على 30 أنبوباً، وهو ما مساحته التقريبية $2\ m^2$ وبالتالي ينتج هذا اللاقط حوالي 10.2 كيلو واط يومياً تستخدم لرفع درجة حرارة الماء 55 درجة مئوية.

ما هي زاوية توضع الشمس السنوية؟

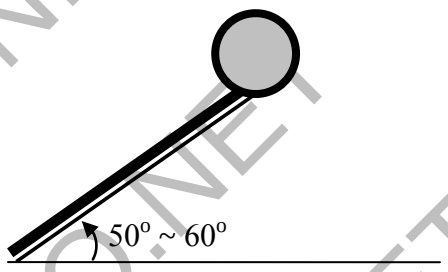
إن زاوية توضع اللاقط الشمسي تلعب دوراً هاماً في الاستفادة من الأشعة الشمسية على مدى النهار وعلى مدة السنة ، القاعدة العامة هي أن زاوية توضع اللاقط يجب أن تساوي زاوية التوضع الجغرافي latitude (خط العرض) بحيث يكون اللاقط متوجهاً إلى الجنوب في نصف الكرة الأرضية الشمالي (مثل سوريا) بما أن الشمس تكون ذات ميل جنوبي طيلة العام (لاحظ أن الغرف ذات الاتجاه الجنوبي تكون دافئة شتاء) والعكس بالعكس في نصف الكرة الجنوبي.



التوضع الشمسي خلال العام في القبة السماوية

إن الموقع الجغرافي لسوريا يقع بين خطي العرض 32 إلى 37 درجة من أقصى الشمال إلى أقصى الجنوب. بشكل عام يمكننا القول بأن زاوية التوضع الجيدة للواقط الشمسية في سوريا والدول الواقعة ضمن نفس خط العرض تتراوح بين 30~40 درجة. على الرغم من هذه القاعدة

العامة إلا أنه يفضل زيادة الزاوية بمقدار 20+ درجة بحيث تستقطب المزيد من أشعة الشمس خلال فصل الشتاء حيث الشمس تكون منخفضة أكثر ضمن القبة السماوية، شريطة ألا تزداد الزاوية عن 70درجة ، بالمحصلة نجد أن الزوايا المثلى للتثبيت ضمن المناطق السورية تتراوح بين 50^o~60^o .



زاوية تثبيت اللاقط المقترحة في سوريا

السمات الفنية الأساسية:

تصنع هذه الأنابيب المفرغة من الزجاج المقاوم للصدمات المزود بجيبات السيلكات لتشكل قضبان مصقولة كالمرآة مفرغة مع الجسم الماص ثلاثية الطبقات، إضافة إلى مكونات من الستانلس ستيل و الألمنيوم المعالج بالنتروجين و الذي يمنع تمدد الزجاج و النحاس عند درجات الحرارة العالية.

يستخدم اللاقط تصفية الغشاء المتداخل المضاعف في امتصاص الحرارة و يتمتع بإمكانية امتصاص الأشعة المبددة. تجمع كامل الأنابيب على خزان بسعة مناسبة من مادة الكروم و تعزل بطبقة من الفوم عالية الكثافة و السماكة و يغلف خارجه بمادة الكروم الغير قابل للصدأ.

يمكننا بشكل عام ووفق القياسات المتوافرة في السوق العالمي أن نذكر المواصفات التالية والتي تعد الأكثر شيوعاً:

• الطول:	1800mm	1600mm
• القطر الخارجي:	58mm	70mm
• القطر الداخلي:	47mm	58mm

- سماكة الزجاج: 1.6 mm
- التضخم الحراري: $3.3x10^{-6}$ ^oC
- مادة الزجاج: Borosilicate Glass 3.3
- الطبقة الماصة: Graded A1/N/A1
- الامتصاص: أكبر من 92%
- الاشعاع: أقل من 8% بدرجة حرارة 80^oC
- ضغط الفراغ: $P<5x10^{-3}$ Pa
- الضياع في الحرارة: أقل من 0.8 واط
- الضغط الأعظمي: 0.8 MPa

المميزات التقنية:

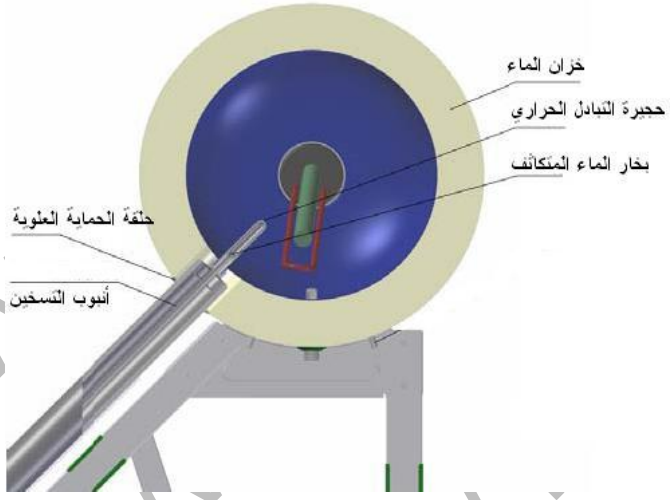
1. ماء ساخن مجاني في كل وقت على مدى العام (صيفاً – شتاءً) (توفير 80% من حاجة المياه الساخنة).

2. الشكل الاسطواني يوفر استقبال مباشر لأشعة الشمس طول النهار.
3. مياه ساخنة بدون أية آثار جانبية (ممتاز من النواحي المادية والصحية والبيئية).
4. العمر الطويل (كفالة لمدة ست سنوات في الغالب).
5. بسيط وموثق ، سهل الصيانة والتركيب.
6. محمي ضد الرياح البحرية و صدأ الملح و الأمطار الحامضة.

أنواع وأشكال خزانات الطاقة الشمسية

النوع الأول: السخان ذو الكتلة الواحدة

خزان الماء مثبت فوق الأنابيب المفرغة، حيث يتم التبادل الحراري مباشرة بين الماء البارد وبين حجيرات التبادل في الأنابيب المفرغة. هنا يكون التسخين مستمر طوال الوقت ويتم سحب الماء الساخن من الخزان نفسه مباشرة ويتم تعويض الماء البارد عبر تقنية فواشة بسيطة. هنا بسبب توضع الخزان على السطح فلا حاجة إلى المضخة ولا إلى نظام قياس حراري.



هنالك نمطين من سخانات الكتلة الواحدة من حيث ضغط الخزان:

أ. الخزانات غير المضغوطة:

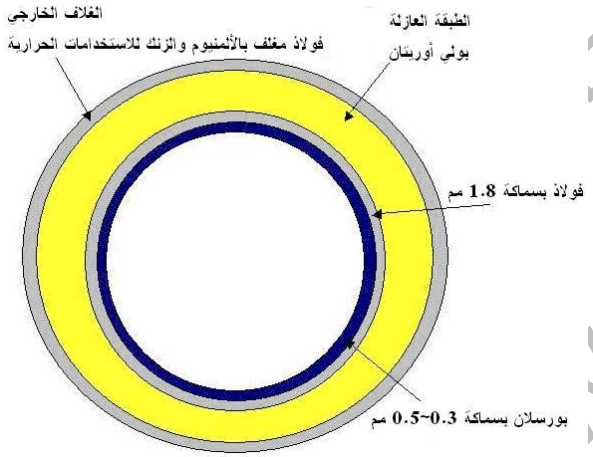
وهنا يجب وضع فوهة تخفيف ضغط (تنفيسة) خوفا من تزايد ضغط الماء الساخن خصوصاً عند تركيب السخان في أماكن ساخنة أو في منازل يتركها أصحابها لفترات طويلة (مثل المنتجعات الصيفية). قد تستبدل الصمامات بخزان تنفيس يحتفظ بالماء الفائض ويقوم بإعادة فيما بعد إلى الخزان عند انخفاض درجة حرارة الشمس في الليل.

تتراوح أحجام خزانات الماء ما بين 85 ليتر إلى 250 ليتر تبعاً لعدد الأنابيب وبالتالي مساحة اللاقط. يتميز هذا النوع بسهولة التركيب ، بحيث لا تتجاوز عملية التركيب أكثر من وصل أنابيب المياه إلى أماكنها الصحيحة.

ب. الخزانات المضغوطة :

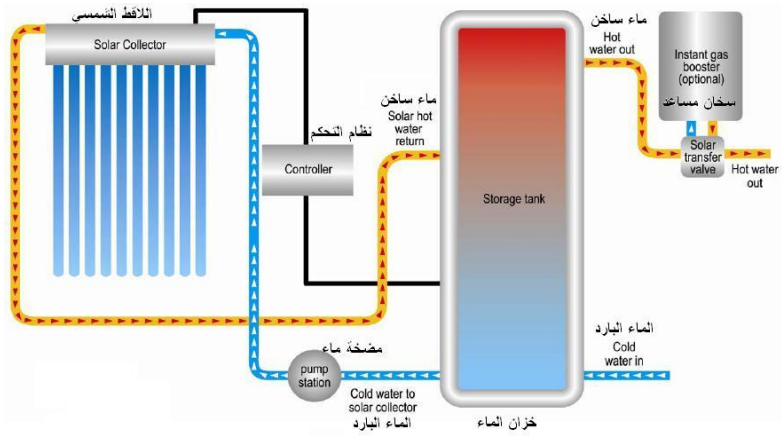
حيث يتزايد ضغط الماء ضمن الخزان مع ازدياد درجة الحرارة مما يساعد على التسخين والحفاظ على درجات الحرارة. إن الفائدة الكبرى المرجوة من ضغط الخزان في هذا النوع هو انتقال الماء بدون الحاجة إلى أي نوع من المضخات عبر الأنابيب. هذا النوع يمكن استخدامه عندما يكون تركيب السخان في الحدائق أو على أسطح غير مرتفعة.

تتراوح أحجام خزانات الماء ما بين 120 ليتر إلى 200 ليتر تبعاً لعدد الأنابيب وبالتالي مساحة اللاقط، كما تتميز هذه الخزانات ببنيتها الداخلية التي تكون مصممة بحيث تقام الضغط المتولد داخلها.



حيث تتألف خزانات المياه غالباً من خزانين ، خزان خارجي الهدف من الحفاظ على درجة حرارة الماء الموجودة ضمن الخزان الداخلي. يصنع الخزان الخارجي من الستانلس ستيل المطلي أو من البوليميرات ذات الناقلية المنخفضة لضمان عازلية كبيرة للحرارة. بينما يكون الخزان الداخلي مصنوع من الستانلس ستيل الصالح للاستعمال مع المواد الغذائية ، أو من أنواع البورسلان الصحية (يتعلق بنوع السخان فيما إذا كان يتحمل الضغط أو يعمل على الضغط العادي).

النوع الثاني: الخزان ذو الكتلة المنفصلة:



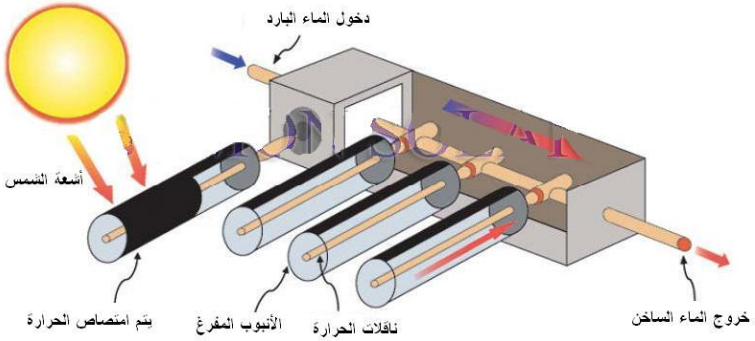
في هذا النمط تتألف جملة السخان من:

لاقط شمسي ، خزان مضغوط ، خزان التمدد (التنفيس) ، جملة العمل التحكمية

حيث تتألف جملة العمل التحكمية بدوها من:

مضخة ، لوحة تحكم الكترونية مع حساسات ، صمامات تخفيض الضغط ، صمامات التحقق ، صمامات كروية ، ...الخ

في هذا النوع لا يشترط تواجد خزان الماء بالضرورة على السطح ، ويتم نقل تسخين الماء عبر مبادل حراري يأتي بالماء البارد من خزان الماء ويعود به إليه ساخناً بعد التبادل الحراري مع حجيرات تبادل الأنابيب المفرغة ، تقوم المضخة وجهاز المراقبة بتنظيم عملية ضخ الماء إلى اللاقط الشمسي فور انخفاض درجة الحرارة ، يتوقف ضخ الحرارة عندما تصل درجة الحرارة إلى المستوى المطلوب. يتم استخدام هذا النوع غالباً عند استخدام أعداد كبيرة من اللواقط في تسخين المياه لخزان واحد، هذا الخزان قد يستخدم من أجل ماء الاستحمام أو من أجل التدفئة عبر المشعات أو التدفئة المركزية.



تنوع وإضافات في أساليب التسخين

بشكل عام في الخزانات الشمسية ذات الأنبوب المفرغ (بنوعيهما ذوات الكتلة الواحدة وذوات الكتلة المنفصلة) يوجد داخل الأنابيب المفرغة وسيط تسخين سائل ذو درجات تجمد منخفضة وتبخر منخفضة (غالبا الماء الغليكولي glycol-water ، كما يستخدم الإيثانول أحيانا غير أنه يخشى منه بشكل عام لأنه سام) ، أي أنه يتجمد بدرجات حرارة تحت الصفر ويتبخر بدرجات حرارة قريبة من 30 إلى 40 مئوية ، وبالتالي يتم حماية الأنابيب من التلف نتيجة تجمد وسيط التسخين ويتم التسخين بفاعلية عالية نتيجة التبخر السريع للوسيط. يتم نقل الحرارة إلى الماء المراد تسخينه عبر التبادل الحراري ضمن حجيرات التبادل في نهاية الأنابيب المفرغة. على الرغم من المردود الكبير لهذه الطرق والحماية من

التجمد إلا أنها ذات كلفة أعلى من الدارات الأبسط ، كما أنه يجب التحقق من الماء الغليكولي كل عام ويتم تغييره كلياً خلال عدد معين من السنوات.

في بعض الخزانات قد تتم إضافة وشيعة تسخين تعمل بالطاقة الكهربائية لدعم السخان الشمسي في المناطق ذات مستويات الاشعاع الشمسي المنخفضة ، تعمل الوشيعة الكهربائية وتقفل آليا بالضبط على درجة حرارة معينة.

من التنوع أيضاً في السخانات الشمسية هو التنوع في بنية الأنابيب المفرغة، حيث توجد بشكل عام ثلاثة أنواع:

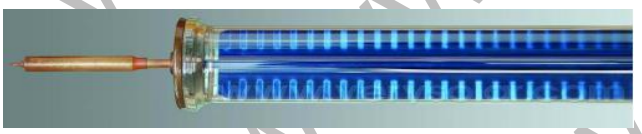
الأنابيب الزجاجية بالكامل All Glass Vacuum Tube

هنا يتم التسخين عبر مبدأ تبخر وتكاثف السائل الموجود ضمن الأنبوب الداخلي. يعد هذا النوع هو الأرخص غير أن مردوده الحراري هو الأقل بين بقية الأنواع، كما أنه لا يمكن استخدامه في أجهزة التسخين ذات الخزانات المضغوطة.

الأنابيب نصف المعدنية Transition Heat Pipe

بالإضافة إلى التسخين عبر تبخر وتكاثف السائل يوجد بداخل الأنبوب الداخلي قضيب معدني (نحاسي غالبا) يساعد بشكل كبير على نقل الحرارة إلى الماء المراد تسخينه وبذلك يزيد من فاعلية الأنبوب بشكل ملحوظ ، هذا النوع ذو سعر متوسط وأداء حراري متوسط هو الآخر، كما يتميز بإمكانية استخدامه في الأماكن المعرضة للتجمد.

الأنابيب المعدنية Evacuated Heat Pipe Tube



إن الوسيط الناقل للحرارة هنا ليس السائل وإنما هو المعدن ، بهذه الطريقة فإننا نحصل على العديد من المميزات مثل: الديمومة الأطول نتيجة عدم وجود سوائل أو تسريب أو انسداد نتيجة ترسبات ، مردود سريع (يبدأ العمل بعد دقيقتين من شروق الشمس مباشرة) ، فعالية حرارية عالية حيث يصل مردوده الحراري إلى 50% عند انخفاض درجة الحرارة إلى 50- درجة مئوية. لكنا في المقابل نواجه سعراً مرتفعاً مقارنة ببقية الأنواع السابقة.

خلاصة

بالإطلاع على التنوع السابق نجد أن المواصفات التي تعد مثالية للاستخدام ضمن الظروف السورية ، على اعتبار أن الماء الساخن يستخدم للاستحمام والاستعمالات اليومية ، هي كالتالي:

- سخان شمسي من نوع الأنابيب المفرغة (وليس الصفائح الشمسية)
- النوع: سخان ذو كتلة واحدة
- نوع الخزان: خزان غير مضغوط عند التركيب على الأسطح المرتفعة ، خزان مضغوط عند التركيب في الحدائق أو الأسطح المنخفضة (سقف كراج مثلاً)
- نوع الأنبوب المفرغ: الأنابيب نصف المعدنية
- زاوية التثبيت والاتجاه: 60~50 درجة (قابلة للزيادة أو النقصان بمقدار 5 درجات تبعاً لمقدرات القاعدة و موثوقية تثبيت الأنابيب) باتجاه الجنوب.
- عدد الأنابيب 30 أنبوباً لخزان بسعة 150 ليتر تقريباً.
- بالطبع يمكن استخدام الأنواع الأخرى وفقاً لبعض المتطلبات الخاصة (نظام تدفئة ، تسخين مسابح ، تحلية مياه البحر ، المناطق الجبلية الباردة).

مع أطيب التمنيات

م. سعيد نحاس

WWW.IEEO.NET