HENNING BAU GmbH

HENNING BAU GmbH Postfach 1226 65781 Hattersheim

Im Boden 12
65785 Hattersheim

Tel. 06190 – 88816-0
Fax 06190 – 88816-26

البحث قد تمت من قبل
المهندس / كاروان عبدالله كريم

طرق التحلية الحرارية (التقطير) - (1Desalination by Distillation

توفر الطرق الحرارية لتحلية المياه حوالي 4،11 مليون متر مكعب اي ما يزيد عن 2500 مليون جالون امبراطوري من الماء العذب يوميا يتم انتاجها من اكثر من 2700 وحدة تحلية منتشرة في انحاء مختلفة من العالم، ويمثل هذا القدر من الماء ما يقرب من 60% من مجموع الطاقة الانتاجية لجميع طرق التحلية في العالم كما يمثل هذا العدد من الوحدات حوالي 25% من مجموع وحدات التحلية المنتشرة في العالم.

وتعتمد الطرق الحرارية لتحلية المياه على المبدأ الذي تقوم عليه دورة المياه الطبيعية، فالماء موجود في الحالة السائلة بالمسطحات المائية التي تمثل حوالي ثلاثة ارباع مسطح الكرة الأرضية، وبفعل الحرارة الصادرة من الشمس يتحول فيزيائيا الى الحالة الغازية، فيحمل الهواء المحيط بهذه المسطحات بخار الماء الى المرتفعات التي تنخفض فيها درجات الحرارة حيث تتوافر الظروف الملائمة لتكثف بخار الماء وتكون السحب المحملة بقطرات الماء التي تتساقط مرة أخرى على شكل الأمطار.

وفي جميع الطرق الحرارية تتم دورة التبخير التي تسمح بفصل بخار الماء عن الماء المالح واعادة تكثيف البخار بشكل اقتصادي يسمح بانتاج كميات كبيرة من الماء العذب داخل حيز محدود ومعزول باحكام، يسمح بالتحكم الدقيق في ضغط ودرجة حرارة الماء المالح المراد تبخيره حيث يظل الماء باستمرار في حالة غليان، وهي الحالة التي يمكن عندها تحويل اكبر قدر ممكن من الماء فيزيائيا من الحالة السائلة إلى الحالة البخارية. وتتم المحافظة على حالة الغليان الدائمة للماء المراد تبخيره عن طريق خفض الضغط داخل الحيز الموجود فيه الماء الى الحد الذي يتناسب مع درجة حرارته. فمن المعروف مثلا ان الماء يغلي عند درجة حرارة 100م تقريبا، عندما يكون تحت ضغط مساو للضغط الجوي القياسي الذي يعادل ارتفاع عمود زئبق بمقدار 76سم. وتنخفض درجة غليان الماء الى 80م عندما ينخفض الضغط الى حوالي 5،35سم ارتفاع عمود زئبق. وبالاستمرار في خفض الضغط الى حوالي 5،5سم فقط ارتفاع عمود زئبق تنخفض درجة الغليان الى 40م. وبالعكس فانه يمكن رفع درجة غليان الماء عن طريق رفع الضغط داخل الحيز الموجود فيه الماء. فيمكن مثلا رفع درجة غليان الماء الى 110م بالوصول بالضغط الى ما يعادل حوالي 5،107 سم ارتفاع عمود زئبق.

وتبدأ دورة تبخير الماء المالح، أي الغليان بعد تسخينه، والوصول به الى درجة الحرارة المرغوبة ثم يسمح له بالدخول الى وعاء محكم حيث يحفظ الضغط بداخله عند المستوى الذي يسمح للماء

Bankkonten
SPK 1822 Frankfurt/M. (BLZ 500 502 01) Kto.-Nr. 900353
Commerzbank Schwalbach (BLZ 500 400 00) Kto.-Nr. 7537277
Taunus-Sparkasse (BLZ 512 500 00) Kto-Nr. 38002040
Postbank Frankfurt/M (BLZ 500 100 60) Kto.-Nr. 33 32 - 602
Email: kontakt@henning-bau-gmbh.de
Internet: www.henning-bau-gmbh.de
Geschäftsführer
Dipl. Ing. Frank Henning
HRB 52601 Frankfurt
USt-IdNr. DE113645991

المالح بالغليان وتبخر جزء منه. ونظرا لأن تحول الماء من الحالة السائلة الى الحالة البخارية يحتاج الى طاقة حرارية، فان البخار المنطلق يستمد هذه الطاقة من الماء المالح نفسه مما يعني انه بانطلاق البخار فان الماء المالح يفقد جزءا من طاقته الحرارية، وتبدأ درجة حرارته في الانخفاض. ولكي يستمر في الغليان فان الماء المالح ينتقل الى وعاء ثان محكم حيث يحفظ الضغط بداخله عند مستوى اقل من سابقه ويسمح للماء المالح الذي فقد جزءا من حرارته بالاستمرار في الغليان. ثم يستمر تتابع الغليان وانطلاق بخار الماء باستمرار تدفق الماء المالح في أوعية متتالية يتعاقب فيها انخفاض الضغط ودرجة الحرارة في نفس اتجاه تدفق الماء حتى يصل الى اقل درجة حرارة ممكنة عمليا. ولكي تتم دورة التكثيف فان البخار المنطلق يمرر على اسطح مبردة تقل درجة حراراتها عن درجة حرارة البخار المتكثف بعدة درجات. ويحتوي الماء المالح الموجود في الطبيعة، سواء كان مصدره سطح البحر او تحت سطح الأرض، على املاح الكالسيوم والماغنيسيوم التي تقل قابليتها للذوبان في الماء بارتفاع درجة الحرارة ويمكن لهذه الأملاح ان تبدأ في الترسب على شكل قشور اذا ما تم تسخين الماء المالح الى درجات حرارة معينة تتوقف على مستوى تركيز هذه الأملاح. وعلى الرقم الهيدروجيني (pH) للماء المالح. ونظرا لأن ترسب هذه الاملاح وتكون القشور داخل معدات محطات التحلية هو أمر غير مرغوب فيه، بل يجب تجنبه لما له من أثار ضارة. لذلك فان هناك حدودا صارمة لأعلى درجات حرارة يمكن عندها تشغيل وحدات التحلية التي تعمل بالطرق الحرارية، كما يلزم معالجة الماء المالح كيميائيا قبل ادخاله الى وحدات التحلية، لضمان منع ترسب الأملاح وتكون القشور، وايضا للتخلص من الاكسجين الذائب في الماء مما يساعد على خفض معدلات التآكل داخل الوحدات.

وتعد طريقة التبخير الوميضي متعدد المراحل (Multistage Flash Evaporation- MSF) هي اكثر الطرق الحرارية انتشارا حيث يصل معدل الانتاج اليومي للماء العذب من هذه الطريقة وحدها الى حوالي 8.9 ملايين متر مكعب، أي حوالي 86% من مجموع الطاقة الانتاجية لطرق التحلية الحرارية، أما قياسا بمجموع الطاقة الانتاجية الكلية لجميع طرق التحلية المستخدمة عالميا فهي تمثل اكثر من 48%، كما يصل عدد وحدات التحلية بطريقة التبخير الوميضي متعدد المراحل الى اكثر من 1200 وحدة منتشرة في العالم، تتركز معظم قدراتها الانتاجية في دول مجلس التعاون الخليجي، حيث تصل إلى حوالي 80% من القدرة الانتاجية العالمية. كما تمثل هذه الطريقة المصدر الوحيد تقريبا للماء العذب في دولة الكويت، حيث يتم انتاج اكثر من 95% من احتياجاتها المائية باستخدام هذه التقنية.

ويرجع السبب الرئيسي في اتساع وانتشار هذه التقنية اكثر من غيرها الى قدرتها على الارتباط بمحطات القوى الكهربائية والى اقتصاديات السعات الانتاجية العملاقة حيث يمكن بناء وحدات بسعات تصل الى حوالي 60 الف متر مكعب يوميا (13 مليون غالون امبراطوري يوميا).
تبدأ وحدة التحلية بطريقة التبخير الوميضي متعدد المراحل بوعاء التسخين وتنتهي بأوعية الطرد الحراري. وبين وعاء التسخين وأوعية الطرد الحراري يوجد قسم الاسترجاع الحراري، الذي يتكون من عدد من أوعية التبخير، يتوالى فيها انخفاض الضغط ودرجة الحرارة وينساب فيها الماء المالح المعرض للغليان في اتجاه أوعية الطرد الحراري. ويحتوي وعاء التسخين على حزمة أنابيب تبادل حراري، يتدفق بداخلها الماء المالح المراد تسخينه ويتكثف على سطوحها الخارجية بخار يستمد من مصدر خارجي (مثل غلاية بخارية ذات ضغط منخفض او بخار مستقطع من توربين بخاري لانتاج الكهرباء). وعندما يتكثف البخار تنتقل الحرارة الكامنة فيه الى الماء المالح فترتفع درجة حرارته الى المستوى المطلوب المعروف بدرجة الحرارة العليا للمحلول الملحي.

أما في قسم الطرد الحراري فيستخدم ماء البحر البارد في تصريف الطاقة الحرارية الفائضة الى خارج

Bankkonten
SPK 1822 Frankfurt/M.
(BLZ 500 502 01)
Kto.-Nr. 903353

Commerzbank Schwalbach
(BLZ 500 400 00)
Kto.-Nr. 7537277
Email: kontakt@henning-bau-gmbh.de

Taunus-Sparkasse
(BLZ 512 500 00)
Kto-Nr. 38002040
Internet: www.henning-bau-gmbh.de

Postbank Frankfurt/M
(BLZ 500 100 60)
Kto.-Nr. 33 32 - 602

Geschäftsführer
Dipl. Ing. Frank Henning
HRB 82601 Frankfurt
USt-IdNr. DE113845951

الوحدة. ويتكون قسم الطرد الحراري عادة من وعاءين أو ثلاثة تتدفق فيها مياه البحر الباردة داخل انابيب التبادل الحراري بدءا بالوعاء الأخير الذي يحتفظ بداخله بأقل ضغط مطلق وأقل درجة حرارة. وبتكثيف البخار المنطلق الناتج عن غليان الماء المالح داخل هذه الأوعية على السطوح الخارجية لأنابيب التبادل الحراري ترتفع درجة حرارة مياه البحر الباردة عبر قسم الطرد الحراري بمقدار 7 الى 8 درجات. وعند خروج مياه البحر من قسم الطرد الحراري ينتهي حوالي 70% منه في قناة الصرف التي تعود به الى البحر مرة اخرى. أما ما تبقى من مياه البحر، أي حوالي 30% فيتم معالجتها كيميائيا قبل استخدامها كمياه تغذية يتم خلطها بالماء المالح الموجود في الوعاء الأخير في قسم الطرد الحراري. أما في القسم الأوسط وهو قسم التبخير والاسترجاع الحراري فيجري الماء المالح في مستويين وفي اتجاهين متعاكسين. ففي المستوى العلوي يتدفق الماء المالح داخل انابيب التبادل الحراري في اتجاه وعاء التسخين حيث يعمل كماء تبريد لاحداث تكثيف البخار المنطلق داخل اوعية التبخير وبالتالي فهو يكتسب الحرارة الكامنة التي يفقدها البخار نتيجة تكثفه فترتفع درجة حرارته، وتستمر درجة الحرارة في الارتفاع كلما انتقل الماء من المبادل الحراري لوعاء الى المبادل الحراري بالوعاء الذي يليه حتى يصل الى مدخل المبادل الحراري لوعاء التسخين. وفي المستوى السفلي لأوعية التبخير يسري الماء المالح بعد خروجه من المبادل الحراري لوعاء التسخين عند أعلى درجة حرارة ابتداء من الوعاء الأول في اتجاه قسم الطرد المركزي.

ويسريان الماء المالح في المستوى السفلي داخل حيز اوعية التبخير وتحت الظروف الملائمة من الضغط ودرجة الحرارة يظل الماء في حالة غليان ويحدث التبخير الوميضي وينطلق البخار ويسري الماء من وعاء الى الذي يليه حيث يقل الضغط المطلق بالقدر الذي يتناسب مع الانخفاض الذي يحدث في درجة الحرارة بفعل فتحات التحكم في سريان الماء بين الأوعية. وكلما انطلق البخار ازداد تركيز الاملاح في الماء المالح المعرض للتبخير في اتجاه السريان حتى يصل الى اعلى تركيز له في آخر وعاء للتبخير بقسم الطرد الحراري وهناك يتم التخلص من جزء صغير (حوالي 15%) من هذا الماء المالح عالي التركيز ثم تضاف مياه التغذية لتعيد درجة تركيز الاملاح الى المستوى المطلوب (130% الى 150% نسبة الى تركيز الاملاح الذائبة في مياه البحر العادية) قبل اعادة ضخ الماء المالح الى المستوى العلوي لأوعية قسم الاسترجاع الحراري باستخدام مضخة تدوير الماء المالح ولتبدأ دورة جديدة. أما بخار الماء المتكثف الذي اصبح ماء خالصا خاليا من أية املاح تقريبا (مجموعة الاملاح الذائبة اقل من 30 ميلليغرام/لتر) فيتم تجميعه في حوض خاص حيث يسري عبر الأوعية وتتزايد كميته كلما تجمع المزيد في الاتجاه الذي ينخفض فيه الضغط ودرجة الحرارة حتى يتم سحبه من آخر وعاء بقسم الطرد الحراري باستخدام مضخة الماء المقطر الى خارج الوحدة ومن ثم تتم معالجته ليصبح ماء صالحا للشرب.

- طريقة التبخير :

متعدد المؤثرات فعلى الرغم من انها أقدم كثيرا من طريقة التبخير الوميضي متعدد المراحل، وانها استخدمت منذ زمن طويل في صناعات مثل انتاج السكر والملح، الا انها اقل انتشارا بكثير، فمجموع الانتاج اليومي لهذه الطريقة لا يزيد عن 820 الف متر مكعب يوميا من الماء العذب (أي حوالي 180 مليون غالون امبراطوري يوميا) اي ما يعادل 4% فقط من جملة الانتاج العالمي من جميع طرق التحلية. ويبلغ عدد وحدات تحلية المياه التي تعمل بطريقة التبخير متعدد المؤثرات المنتشرة في العالم حوالي 660 وحدة تتراوح سعاتها الانتاجية اليومية ما بين 500 و16000 متر مكعب (أي ما بين 110 آلاف الى 5،3 ملايين غالون امبراطوري يوميا). وكما يتبين من اسم الطريقة فان وحدة التبخير متعدد المؤثرات تتكون من عدد من الاوعية يسمى كل منها تأثيرا، وتنتهي بوعاء الطرد الحراري. ويقوم فيها التأثير الأول مقام وعاء التسخين ففي الوعاء الاول يدخل ماء البحر الذي يمكن ان يكون قد سبق تسخينه تسخينا مبدئيا في وعاء الطرد الحراري من خلال فوهات تعمل على نثر الماء وتوزيعه

Bankkonten
SPK 1822 Frankfurt/M.
(BLZ 500 502 01)
Kto.-Nr. 903353
Commerzbank Schwalbach
(BLZ 500 400 00)
Kto.-Nr. 7537277
Email: kontakt@henning-bau-gmbh.de
Taunus-Sparkasse
(BLZ 512 500 00)
Kto-Nr. 38002040
Internet: www.henning-bau-gmbh.de
Postbank Frankfurt/M
(BLZ 500 100 60)
Kto.-Nr. 33 32 - 602
Geschäftsführer
Dipl. Ing. Frank Henning
HRB 82601 Frankfurt
USt-IdNr. DE113845951

على سطوح حزمة انابيب التبادل الحراري فينساب ماء البحر مكونا طبقات رقيقة يسهل فيها انتقال الحرارة ومن ثم تعجل بالغليان والتبخر في حين ينساب بخار التسخين المستمد من مصدر خارجي داخل انابيب التبادل الحراري فيتكثف داخلها وتنتقل الحرارة الكامنة فيه الى طبقات الماء المالح الرقيقة التي ينطلق منها بخار الماء.

والتأثيرات التالية تعمل بالطريقة نفسها وتؤدي نفس وظائف التأثير الأول ولكن باختلاف ان بخار التسخين المتكثف داخل أنابيب الانتقال الحراري هو البخار المنطلق نتيجة غليان الماء المالح بالتأثير السابق، وان الماء المالح المعرض للغليان والتبخير يتم ضخه من الماء المالح المتجمع في التأثير السابق. وهكذا يضخ الماء المالح المتجمع بعد الغليان والتبخير من كل تأثير الى فوهات التأثير الذي يليه ويتكثف البخار المنطلق من كل تأثير داخل انابيب المبادل الحراري بالتأثير الذي يليه في اتجاه يتناقص فيه الضغط المطلق داخل حيز التبخير في كل وعاء وتنخفض ايضا درجة الحرارة حتى يصل الضغط ودرجة الحرارة الى أقل مستوى ممكن عمليا يسمح باستخدام مياه البحر في تكثيف البخار المنطلق من التأثير الأخير داخل وعاء الطرد الحراري. وبعكس التبخير الوميضي متعدد المراحل فهنا يتم جمع الماء العذب الناتج عن تكثف البخار داخل انابيب المبادل الحراري لكل تأثير مباشر خارج الوحدة بدون الدخول الى التأثير التالي. وتوجد عدة تصاميم مختلفة للوحدات التي تعمل بهذه الطريقة الأفقية فهناك التصاميم التي تعتمد الأنابيب الرأسية، ولكل من هذه التصاميم مزايا ومثالب تتعلق بكفاءة التبادل الحراري وقابلية ترسب الأملاح وتكون القشور.

****

3- الطرق الحرارية :

المعتمدة تجاريا هي طريقة التبخير بضغط البخار وهي من اكثر الطرق شيوعا في تحلية مياه البحر باستخدام وحدات ذات سعات صغيرة او متوسطة وفي المناطق النائية. وتبلغ السعة الانتاجية العالمية لتحلية المياه بطريقة التبخير بضغط البخار اكثر من 780 الف متر مكعب يوميا (أي أكثر من 170 مليون غالون امبراطوري يوميا) وهي تمثل اقل من 4% من السعة الانتاجية لجميع طرق التحلية المستخدمة بالعالم كما يبلغ عدد الوحدات المنتشرة التي تعمل بهذه الطريقة حوالي 830 وحدة تتراوح سعاتها بين 500 الى 12000 متر مكعب يوميا (110 آلاف الى 5،2 مليون غالون امبراطوري يوميا).

وتنبنى طريقة التبخير بضغط البخار على أساس ان بخار الماء اذا ما تم ضغطه ارتفعت درجة حرارته بقدر يتناسب مع مقدار الزيادة في الضغط. لذلك فان البخار المنضغط يمكن ان يستخدم في تسخين الماء المالح المراد تبخيره وتصبح الطاقة المستهلكة في عملية ضغط البخار هي مصدر الطاقة اللازمة لتسخين الماء المالح وانطلاق البخار. ويمكن ان يتم ضغط البخار باحدى الطريقتين إما ميكانيكيا أو حراريا. ففي حالة ضغط البخار ميكانيكيا يدار ضاغط البخار بالكهرباء، أما في حالة ضغط البخار حراريا فيتم ذلك باستخدام الحقن البخاري النافوري، الذي يستمد طاقته من بخار ذي ضغط متوسط او عالي نسبيا من مصدر خارجي. وفي طريقة التبخير بضغط البخار، فغالبا ما تحتوي الوحدة على وعاء تبخير واحد ولكن احيانا تتعدد اوعية التبخير وهي تشبه اوعية التبخير في طريقة التبخير متعدد المؤثرات حيث يتم نثر وتوزيع الماء المالح من فوهات تسمح بتساقط الماء على شكل طبقات رقيقة تسهل انتقال الحرارة وتعجل بالغليان والتبخير ويعمل ضاغط البخار على سحب بخار الماء المنطلق من داخل الوعاء ثم ضغطه داخل انابيب التبادل الحراري ومن ثم ترتفع درجة حرارته عدة درجات عن الماء المالح المنساب على سطوح انابيب التبادل الحراري فيتكثف البخار على هيئة ماء عذب يتم

Bankkonten
SPK 1822 Frankfurt/M.
(BLZ 500 502 01)
Kto.-Nr. 903353

Commerzbank Schwalbach
(BLZ 500 400 00)
Kto.-Nr. 7537277
Email: kontakt@henning-bau-gmbh.de

Taunus-Sparkasse
(BLZ 512 500 00)
Kto-Nr. 38002040
Internet: www.henning-bau-gmbh.de

Postbank Frankfurt/M
(BLZ 500 100 60)
Kto.-Nr. 33 32 - 602

Geschäftsführer
Dipl. Ing. Frank Henning
HRB 82601 Frankfurt
USt-IdNr. DE113845951

سحبه الى خارج الوحدة في حين تنتقل الحرارة الكامنة فيه الى الماء المالح فيغلي وينطلق البخار داخل الوعاء وهكذا تتواصل دورة التبخير ثم الضغط الذي يعقبه التكثيف. ومع استمرار انطلاق البخار يزداد تركيز الاملاح في الماء المالح المعرض للغليان والتبخير. لذلك يلزم التخلص من جزء من الماء المالح المركز ثم اضافة ماء بحر جديد لاعادة توازن تركيز الاملاح ولتعويض كمية الماء المالح المنصرفة وكمية الماء العذب المنتجة. وعادة ما يستخدم مبادل حراري اضافي مساعد للاستفادة من الحرارة الموجودة في الماء المالح المنصرف والماء العذب المنتج في تسخين مبدئي لمياه البحر التعويضية القادمة للوحدة.

طرق التحلية بالأغشية - 4Membrane Desalting:

توفر طرق التحلية بالاغشية ما يقرب من 5،8 ملايين متر مكعب يوميا (حوالي 1860 مليون غالون امبراطوري يوميا) من الماء العذب يوميا، ويمثل هذا القدر حوالي 41% من مجموع الطاقة الانتاجية العالمية لتحلية المياه. كما يمثل عدد وحدات التحلية التي تعمل بتقنيات الاغشية اكثر من 73% من عدد وحدات التحلية في العالم. وتقوم طرق تحلية المياه بالاغشية على استخدام الخواص الطبيعية لأنواع مختلفة من الاغشية المصنعة بعضها من بوليمرات شبه منفذة تسمح بمرور الماء فقط دون ايونات الاملاح الذائبة تحت تأثير ضغط هيدروليكي مثل الحالة في اغشية التناضح العكسي، وهناك انواع اخرى من الاغشية غير منفذة للماء وموصلة للكهرباء، تسمح بالمرور الانتقائي لأيونات الاملاح الذائبة في الماء تحت تأثير الجهد الكهربائي مثل الحالة في الاغشية المستخدمة في الدبلزة الكهربائية. وتتميز طرق التحلية بالاغشية عموما بانخفاض الطاقة المستخدمة مقارنة بطرق التحلية الحرارية وذلك نظرا لعدم الحاجة الى احداث تغيير في الحالة الطبيعية للماء من حيث التحول من الحالة السائلة الى الحالة البخارية وبالعكس.

وقد بدأ تطبيق طريقة الدبلزة الكهربائية (الفرز الكهربائي) على المستوى التجاري منذ الستينات، وتستخدم في تحلية المياه قليلة الملوحة. ويفوق الانتاج اليومي للماء العذب باستخدام هذه التقنية 1،1 مليون متر مكعب (أكثر من 250 مليون غالون امبراطوري) اي ما يمثل 5% من جملة الانتاج العالمي لجميع طرق التحلية. وتعتمد تقنية الدبلزة الكهربائية على اساس ان ايونات الاملاح الذائبة في الماء تحمل شحنات موجبة وشحنات سالبة، وبالتالي فانه اذا تعرض الماء المالح الى مرور تيار كهربائي مستمر فيه، فان الايونات ذات الشحنات الموجبة سوف تنجذب وتتحرك نحو القطب الكهربائي السالب، وبالعكس فان الايونات ذات الشحنات السالبة سوف تنجذب وتتحرك نحو القطب الكهربائي الموجب. فاذا تم وضع غشاء انتقائي بين قطبين في مياه مالحة ثم مرر بين القطبين تيار كهربائي مستمر فان الغشاء يمنع اختلاط الماء على جانبيه نظرا لأنه غشاء غير منفذ ولكنه يسمح فقط بمرور الايونات ذات الشحنات المتوافقة معه في اتجاهه نحو القطب المعاكس، فمثلا اذا كان الغشاء من النوع الذي يسمح بمرور الأيونات ذات الشحنات السالبة، فان هذه الايونات سوف تنتقل في الاتجاه نحو القطب الموجب، وبالتالي سوف يقل تركيزها في الماء الموجود على جانب القطب السالب. فإذا تم وضع غشاء انتقائي اخر من النوع المعاكس الذي يسمح بمرور الأيونات ذات الشحنات الموجبة بين الغشاء الاول والقطب السالب فان الايونات ذات الشحنات الموجبة سوف تتحرك في اتجاه نحو القطب السالب تاركة الماء المتجمع بين الغشائين وقد نقص فيه تركيز الايونات بنوعيها في حين يزداد تركيز الايونات ذات الشحنات الموجبة في الجهة الاخرى من الغشاء. وبتعاقب وضع الاغشية الانتقائية تبادليا يمكن الحصول على مسارين احدهما للماء العذب ذي تركيز منخفض للأيونات والآخر للماء الرجيع ذي تركيز عال للأيونات.

أما تقنية التناضح العكسي فهي تنتج حوالي 3،7 ملايين متر مكعب يوميا (1600 مليون غالون امبراطوري يوميا) من اكثر من 6700 وحدة منتشرة في انحاء مختلفة من العالم. ويمثل هذا القدر من الماء العذب حوالي 36% من مجموع الانتاج العالمي لجميع طرق التحلية. وتعتمد طريقة التناضح

Bankkonten
SPK 1822 Frankfurt/M.
(BLZ 500 502 01)
Kto.-Nr. 903353

Commerzbank Schwalbach
(BLZ 500 400 00)
Kto.-Nr. 7537277
Email: kontakt@henning-bau-gmbh.de

Taunus-Sparkasse
(BLZ 512 500 00)
Kto-Nr. 38002040
Internet: www.henning-bau-gmbh.de

Postbank Frankfurt/M
(BLZ 500 100 60)
Kto.-Nr. 33 32 - 602

Geschäftsführer
Dipl. Ing. Frank Henning
HRB 82601 Frankfurt
USt-IdNr. DE113845951

العكسي على الخاصية الاسموزية، حيث تستخدم الضغوط المسلطة على اسطح الاغشية للتغلب على الضغط الاسموزي الطبيعي للماء، فاذا وضع غشاء شبه نفاذ بين محلولين متساويين في التركيز تحت درجة حرارة وضغط متساويين لا يحدث اي مرور للمياه عبر الغشاء نتيجة تساوي الجهد الكيميائي على جانبيه، واذا ما اضيف ملح قابل للذوبان لاحد المحلولين ينخفض الضغط ويحدث تدفق اسموزي للماء من الجانب الأقل ملوحة الى الجانب الأكثر ملوحة حتى يعود الجهد الكيميائي الى حالة التوازن السابقة. ويحدث هذا التوازن عندما يصبح فرق الضغط في حجم السائل الأكثر ملوحة مساويا للضغط الاسموزي، وهي خاصية من خواص السوائل ليس لها علاقة بالغشاء. وعند توجيه ضغط مساو للضغط الاسموزي على سطح المحلول الملحي يتم التوصل ايضا الى حالة التوازن ويتوقف سريان المياه من خلال الغشاء. واذا رفع الضغط الى اكثر من ذلك فان الجهد الكيميائي للسائل سيرتفع ويسبب تدفقا عكسيا للماء من المحلول الملحي باتجاه المحلول الاقل ملوحة وهو ما يعرف بالتناصح العكسي وفاعلية طريقة التناضح العكسي في التخلص من الاملاح ممتازة تصل الى اكثر من 99% وكذلك فان اغشية التناضح العكسي لها قدرة على التخلص من البكتيريا والجراثيم والعناصر الضارة الموجودة في المياه.
وتتكون محطات التناضح العكسي من اربعة عناصر رئيسية هي:

أ - المعالجة الأولية وتهدف الى معالجة المياه الداخلة للأغشية (مياه التغذية) وذلك لحماية الاغشية من المواد الضارة ومنع حدوث الترسبات الكيميائية التي تقلل من كفاءة الاغشية.

ب - مضخة الضغط العالي وتعمل على رفع الضغط الهيدروليكي لمياه التغذية الى الحد الكافي للتغلب على الضغط الاسموزي الطبيعي وبزيادة تكفي لانتاج الكمية المطلوبة من المياه العذبة. وتتناسب الضغوط المطلوبة تناسبا طرديا مع درجة ملوحة مياه التغذية. ففي حالة المياه قليلة الملوحة التي تتراوح ملوحتها بين 2000 - 10000 جزء في المليون يكون الضغط المطلوب حوالي 250 - 400 رطل/البوصة المربعة بينما تتراوح الضغوط المطلوبة بين 800 - 1000 رطل/البوصة المربعة لمياه البحر المالحة مثل مياه الخليج العربي والتي تصل فيها الملوحة الى 45000 جزء في المليون.

ج - مجموعة الاغشية وهي التي تمنع مرور الاملاح. وبذلك يتم فصل الماء العذب عن المحلول الملحي المركز الذي يتم طرده الى الخارج. وهناك اربعة انواع من نظم اغشية التناضح العكسي، وهي الاغشية المسطحة والاغشية الأنبوبية والاغشية الشعرية المجوفة والأغشية الحلزونية، ولكل من هذه الأغشية مقدرة معينة على انتاج المياه العذبة وإمرار الأملاح واحتجازها.

د - المعالجة النهائية وتهدف الى تعديل درجة حموضة الماء المنتج وكذلك تعقيم الماء الذي يتم باضافة مادة الكلور.
وتتسم طريقة التناضح العكسي بتدني استهلاكها للطاقة وذلك نظرا لعدم وجود تغيير في الصورة الفيزيائية للماء. أما متطلبات طريقة التناصح العكسي من الطاقة، فهي تتراوح بين 6 - 8 كيلووات ساعة/ الف غالون من الماء العذب المنتج من مياه قليلة الملوحة. وتتراوح هذه النسبة في حالة تحلية مياه البحر بين 35 - 40 كيلووات ساعة/ الف غالون من الماء العذب، ويمكن خفض مقدار الطاقة المستهلكة بتركيب جهاز لاسترجاع الطاقة المهدورة في ماء تدفق المحلول الملحي المركز الناتج عن التحلية، والذي يتراوح ضغطه ما بين 750 - 950 رطلا على البوصة المربعة. ويبلغ استهلاك طريقة التحلية بالتناضح العكسي من الطاقة ثلث الى نصف ما هو عليه في حالة التقطير الوميضي متعدد المراحل، وفضلا عن ذلك فان التناصح العكسي يحتاج الى ثلث ما يحتاجه التقطير الوميضي من مياه التغذية لانتاج نفس الكمية من الماء العذب. وبالطبع ينعكس ذلك على الطاقة اللازمة لتشغيل المضخات وحجمها. وتصميم مآخذ المياه.

Bankkonten
SPK 1822 Frankfurt/M.
(BLZ 500 502 01)
Kto.-Nr. 903353

Commerzbank Schwalbach
(BLZ 500 400 00)
Kto.-Nr. 7537277
Email: kontakt@henning-bau-gmbh.de

Taunus-Sparkasse
(BLZ 512 500 00)
Kto-Nr. 38002040
Internet: www.henning-bau-gmbh.de

Postbank Frankfurt/M
(BLZ 500 100 60)
Kto.-Nr. 33 32 - 602

Geschäftsführer
Dipl. Ing. Frank Henning
HRB 82601 Frankfurt
USt-IdNr. DE113845951

وتستخدم تقنية التناضح العكسي في تحلية مياه البحر والمياه قليلة الملوحة وكذلك في تحلية مياه الصرف الصحي المعالج ثنائيا او ثلاثيا، حيث يمكن تقليل ملوحة هذه المياه وتخليصها من معظم انواع البكتيريا والفيروسات والمواد الضارة الأخرى، كما تستخدم هذه التقنية في الصناعات الغذائية ومنتجات الألبان وتركيز عصير الفواكه وغيره.
وقد أحرزت تحلية مياه البحر باستخدام تقنية التناضح العكسي قبولا مطردا كطريقة اقتصادية معتمدة، وكأفضل نظام مكمل وبديل لتقنيات التحلية الحرارية (التبخير الوميضي متعدد المراحل والتبخير متعدد المؤثرات) وذلك بسبب:

* تدني استهلاكه من الطاقة بالمقارنة مع اغلب نظم التقطير.

* تدني المساحة التي يشغلها بالمقارنة بنظم التحلية الأخرى.

* انخفاض معدل حدوث الترسبات والتآكل فيه بالمقارنة بنظم التحلية الأخرى.

* مدة انجاز مشاريع التناضح العكسي اقل مما هي الحال عليه بالنسبة لوحدات التقطير.

* قلة تكلفة معظم مكونات النظام لكونها بلاستيكية الصنع.

* سهولة تجميع وتشغيل وصيانة النظام وذلك لتكونه من وحدات قائمة بذاتها.

ولما كان نظام التناضح العكسي قد تطور كثيرا خلال العقد الماضي، فقد تزايد استخدامه حتى اصبحت تلك التقنية ضمن الأساليب المعتمدة لتحلية المياه قليلة الملوحة ومياه الصرف الصناعية والصحية، ومع ذلك، مازالت هناك مجالات عديدة تحتاج الى بحث وتطوير بهدف زيادة الاعتمادية وخفض تكلفة المياه المنتجة باستخدام هذه التقنية. فعلى هذه الأعمال التطويرية ان تتناول:

* مدة خدمة الاغشية وفترات تبديلها.

* المعلومات الدقيقة عن التكاليف التشغيلية.

* المعالجة الأولية المثلى الأقل اتلافا للأغشية.

* تقييم كفاءة مكونات النظام مثل الأنابيب والصمامات والمرشحات بالاضافة الى اجهزة التحكم.

* الارتقاء الى الحدود المثلى بالمعايير التشغيلية المتعلقة بكل مرحلة من مراحل تشغيل النظام.

* مدى امكانية اعتبار الماء الناتج عن هذه العملية صالحا للاستعمال كماء عذب وذلك بعد اجراء المعالجة النهائية له.

* تكلفة الماء المنتج بهذه الطريقة بالمقارنة بالتحلية من خلال وسائل التقطير التقليدية.

ان الهدف الأساسي لاجراء اعمال البحث والتطوير على تقنية التناضح العكسي هو الوصول الى:

* افضل تصميم وبأقل تكلفة.

Bankkonten
SPK 1822 Frankfurt/M.
(BLZ 500 502 01)
Kto.-Nr. 903353

Commerzbank Schwalbach
(BLZ 500 400 00)
Kto.-Nr. 7537277
Email: kontakt@henning-bau-gmbh.de

Taunus-Sparkasse
(BLZ 512 500 00)
Kto-Nr. 38002040

Postbank Frankfurt/M
(BLZ 500 100 60)
Kto.-Nr. 33 32 - 602
Internet: www.henning-bau-gmbh.de

Geschäftsführer
Dipl. Ing. Frank Henning
HRB 82601 Frankfurt
USt-IdNr. DE113845951

* تشغيل الوحدات باقل عمالة والحد من الصيانة.

* انتاج افضل نوعية مياه تحلية بأقل تكلفة.

وبذلك يمكن تحقيق القاعدة المثلى لأفضل مشروع وهي: التصميم الأمثل وتشغيل المعدات بأعلى مردود اقتصادي.
ومن هذا المنطلق فقد تقرر في اواخر العقد الماضي اجراء الابحاث والدراسات لتقييم امكانية تطبيق تقنية التناضح العكسي في تحلية مياه البحر في دولة الكويت، علما بان هذه التقنية كانت قد اثبتت جدواها في تحلية المياه قليلة الملوحة عالميا منذ عام 1973 ولكن لم يتم تطبيقها لتحلية مياه البحر العالية الملوحة لعدم توفر الاغشية المناسبة لذلك في ذلك الوقت، وبناء على ذلك، فقد تم الاتفاق في عام 1979 بين دولة الكويت وجمهورية المانيا الاتحادية على البدء في تنفيذ برنامج ابحاث لتحلية مياه البحر وانشاء محطة لاجراء التجارب بطريقة التناضح العكسي

طرق تحلية أخرى -Freezing & Sloar Desalination:

توجد عدة طرق اخرى لتحلية المياه المالحة لا تندرج تحت تصنيف الطرق الحرارية او الاغشية وهي محدودة التطبيق ولم تصل بعد من حيث التطوير الى مستويات تسمح لها بالمنافسة تجاريا مع اي من الطرق التي تم ذكرها في سياق هذا العرض. وابرز هذه الطرق هي التجميد والتقطير الشمسي والتقطير بالأغشية. فالتحلية بالتجميد كانت موضوع ابحاث خلال عقدي الخمسينات والستينات من القرن الحالي وهي تعتمد على خاصية ان الماء العذب يتجمد ويتحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة عند درجة حرارة اعلى من تلك التي يتجمد عندها المحلول الملحي. لذلك فانه عند تعريض الماء المالح الى درجات حرارة منخفضة عند مستوى تجمد الماء، فان بلورات الثلج تبدأ في التكون تاركة الأملاح ذائبة في المحلول الملحي الذي يظل تحت التحكم الدقيق في حالة سيولة، ثم يتم فصل بلورات الثلج عن المحلول الملحي وغسلها بالماء لفصل الاملاح العالقة بها. وباعادة تذويب البلورات الثلجية يمكن الحصول على الماء العذب. وعلى الرغم من تميز هذه الطريقة بانخفاض الطاقة المستهلكة وتضاؤل فرص التآكل في المعدات وتكون القشور الا ان الصعوبات الفنية في عملية فصل بلورات الثلج عن المحلول الملحي تظل هي العائق الرئيسي للتوسع في قبول هذه التقنية تجاريا.

أما بالنسبة لاستخدام الطاقة الشمسية في التقطير لتحلية المياه المالحة، فهي في الحقيقة محاكاة للدورة الطبيعية. فالتسخين والتبخير يحدثان بفعل حرارة الشمس التي يتم تجميعها داخل بيت زجاجي مسطح يسمح بتعرض اكبر مساحة مائية ممكنة لأشعة الشمس وبتكثيف البخار المنطلق على الاسطح الزجاجية المائلة التي عادة ما تكون اقل درجة حرارة من البخار المنطلق ثم يتم تجميع الماء الناتج من تكثف البخار في قنوات على جانبي البيت الزجاجي الذي هو في الحقيقة وحدة تقطير شمسية. ومن الصعوبات التي حالت دون اعتماد هذه التقنية تجاريا انخفاض معدل الانتاج نسبة للمساحة الارضية الافقية التي تحتاجها المقطرات الشمسية، فمتوسط معدل الانتاج هو في حدود 4 لترات يوميا لكل متر مربع. فمثلا للحصول على الانتاج اليومي المماثل لوحدة تقطير وميضي متعدد المراحل بسعة 6 ملايين غالون امبراطوري يوميا نحتاج الى مساحة ارض تصل الى حوالي 7 كيلومترات مربعة وهذا يدل على الارتفاع الهائل في التكلفة الرأسمالية بالاضافة الى اعتمادية هذه التقنية على الاحوال الجوية وفرصة تعرضها لأضرار والتلف بفعل الظروف الجوية المحيطة.

وفي طريقة التبخير بالأغشية، يتم الجمع بين استخدام دورة التسخين والتكثيف، وكذلك استخدام القدرة الخاصة لبعض الأغشية لانفاذ بخار الماء دون انفاذ الماء في حالته السائلة. لذلك فان البخار

Bankkonten
SPK 1822 Frankfurt/M.
(BLZ 500 502 01)
Kto.-Nr. 903353

Commerzbank Schwalbach
(BLZ 500 400 00)
Kto.-Nr. 7537277
Email: kontakt@henning-bau-gmbh.de

Taunus-Sparkasse
(BLZ 512 500 00)
Kto-Nr. 38002040
Internet: www.henning-bau-gmbh.de

Postbank Frankfurt/M
(BLZ 500 100 60)
Kto.-Nr. 33 32 - 602

Geschäftsführer
Dipl. Ing. Frank Henning
HRB 82601 Frankfurt
USt-IdNr. DE113845951

الناتج من عملية تسخين الماء المالح ينفذ عبر الغشاء، حيث يتكثف على سطوح باردة ويتم تجميعه كماء عذب منتج في الجهة الأخرى من الغشاء. ونظرا لأن الغشاء غير منفذ للماء في حالته السائلة يظل الماء العذب منفصلا عن الماء المالح بحيث يمكن ضخه الى خارج الوحدة. ولكن تظل هذه الطريقة اقل كفاءة وتكاد تنعدم جدواها الاقتصادية مقارنة بطرق التحلية الحرارية التقليدية.

****

6Hybrid Desalination: - التهجين بين طرق التحلية

التهجين بين طرق التحلية قد يكون ذا فائدة اقتصادية في كثير من الحالات فهو وسيلة للجمع بين ميزات طريقتين او اكثر من طرق التحلية وقد يؤدي الى رفع مستوى اداء بعض الطرق عند دمجها مع طرق اخرى مقارنة بأدائها منفردة، الى جانب انه يجنب تكرار المعدات والمنشآت مما يقلل من التكلفة الرأسمالية والتشغيلية. واوضح أمثلة نظم التهجين هي تلك التي يتم الجمع فيها بين طريقتي التقطير الوميضي متعدد المراحل وطريقة التناضح العكسي، فيسمح بتغذية محطة التناضح العكسي بمياه التبريد المرجعة التي سبق تسخينها بمحطة التقطير الوميضي متعدد المراحل فيرتفع انتاج محطة التناضح العكسي بنسبة قد تصل الى 30% في حين يمكن الاستغناء عن منشآت مأخذ مياه البحر الخاصة بالتناضح العكسي وخفض حجم قناة ومعدات صرف مياه الترجيع من المحطتين معا. كما ان خلط الماء المنتج من التقطير وهو ماء مقطر لا يزيد تركيز الاملاح الذائبة فيه عن 30 ميلليغرام/لتر مع الماء المنتج من محطة التناضح العكسي ذات أملاح ذائبة قد تصل الى 500 ميلليغرام/لتر ينتج ماء عذبا ذا محتوى ملائما للشرب والاستخدام اليومي دون الحاجة الى مياه آبار لمعالجة المياه المنتجة من المقطرات. وهناك توجه لاجراء المزيد من الدراسات والأبحاث للوصول إلى افضل نظم التهجين بين طرق التحلية التي تقدم وصفها.

Bankkonten
SPK 1822 Frankfurt/M. (BLZ 500 502 01) Kto.-Nr. 903353
Commerzbank Schwalbach (BLZ 500 400 00) Kto.-Nr. 7537277
Email: kontakt@henning-bau-gmbh.de
Taunus-Sparkasse (BLZ 512 500 00) Kto-Nr. 38002040
Internet: www.henning-bau-gmbh.de
Postbank Frankfurt/M (BLZ 500 100 60) Kto.-Nr. 33 32 - 602
Geschäftsführer Dipl. Ing. Frank Henning
HRB 82601 Frankfurt
USt-IdNr. DE113845951