## الجزء رقم (13)

## المبخرات Evaporators

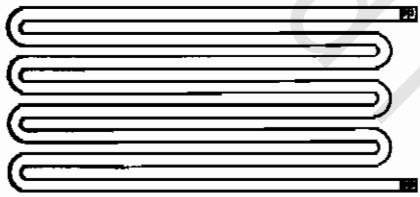
المبخر هو تلك الجزء الذي يوجد في دائرة التبريد والذي فيه يصل وسيط التبريد إلى درجة حرارته المشبعة ويتبخر ويحصل على حرارته الكاملة للتبخير من الحيز المبرد المحيط. وعادة يملأ الحيز المبرد بالهواء ولكن في بعض دوائر تكييف الهواء يكون هو الماء أو البراين.

- *إنشاء المبخرات Construction of evaporators

هناك ثلاثة أنواع هامه من الإنشاء هي الأنبوب المكشوف والسطح اللوحي والمزعنف.

- *المبخرات ذات الأنبوب المكشوف Bare tube evaporators

تلك المبخرات هي أبسط الأنواع وهي تتكون من أنبوب نحاس مستقيم أو ماسورة والتي من خلالها يكون توصيل الحرارة وشكل (49) يوضح ذلك.



شكل ( 49 ) مبخر انبوب مكشوف

وإذا كان وسيط التبريد هو الأمونيا مثل حالة ثلاجة الإمتصاص يكون الصلب ضروري لأن الأمونيا تتفاعل مع النحاس. وعادة يستخدم الصلب للمبخرات الكبيرة مثل تلك المبخرات التي في مخازن التجميد. والأنابيب الألومنيوم هي التي تستخدم عامة في صنع المبخرات الخاصة بالثلاجات المنزلية.

- **مبخرات السطح اللوحي** Plate surface evaporators

أحد أنواع مبخر السطح اللوحي يتكون من عدد أثنين من الألواح المعدنية المتموجة التي تكون ملحومه مع بعضها بنفس طريقة الأسطح المتموجه التي تشكل ماسورة لكي يتدفق من خلالها وسيط التبريد. ومساحة السطح الكبيرة للمعدن تعطي ممر توصيل جيد للحرارة التي يتم توصيلها وشكل (50) يوضح ذلك.

وهذا النوع من المبخر يستخدم بصفة عامة في الثلاجات المنزلية لأنه رخيص الصنع وينظف بسهولة.

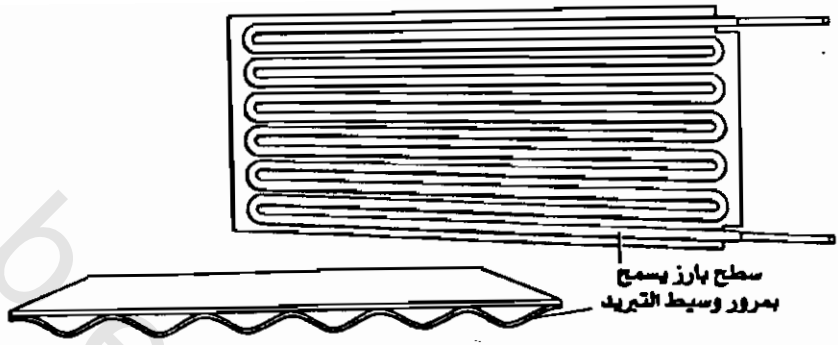
هناك نوع آخر من المبخر يتكون من أنبوب من المعدن يتم ثنيه إلى الشكل المطلوب ويكون محاط بين لوحين معدنيين والألواح المعدنية تكون ملحومه مع بعضها لتشكل مانع تسريب محكم ثم يزال الهواء بعد ذلك من بينهم ليكون التفريغ والضغط الذي بين الألواح المحكمة يكون صغير جداً وبذلك فإن الضغط الخارجي للهواء يدفع الألواح بقوة شديده على الأنبوب المعدنين وهذا يحدث ممر توصيل حراري جيد للحرارة الخارجيه للتدفق إلى داخل وسيط التبريد.

- *المبخرات المزعنفة Finned evaporated

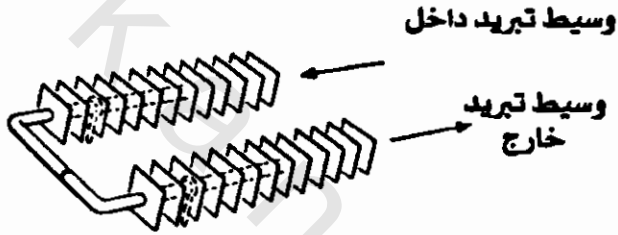
الريش أو الزعانف تكون من ألواح معدنيه وتكون مصنوعه إما من النحاس أو الصلب والتي يتم تركيبها حول الأنبوب الذي يحتوي على وسيط التبريد وشكل (51) يوضح ذلك. والمبخرات المزودة بالريش أو الزعانف تسمى مبخرات مزعنفة.

والزعانف أو الريش لها خاصة زيادة مساحة المبخر المتلامسه مع الهواء بحيث أن لاحراره تكون موصله إلى داخل وسيط التبريد بكفاءه أكثر. ومع ذلك فإن الزعانف يجب تثبيتها جيداً حول أنبوب المبخر وإلا ستفقد كفاءة الإنتقال الحراري. وهناك طريقة لتثبيتهم في مكانهم بواسطة اللحام والأخرى هي وضع الزعانف حول الأنبوب ثم يمدد الأنبوب بعد ذلك. والمبخرات المزعنفة تكون أصغر من الأنواع الأخرى التي لها نفس السعة التبريدية.

obeikandl.com




شكل ( 50) مبخر السطح اللوحى



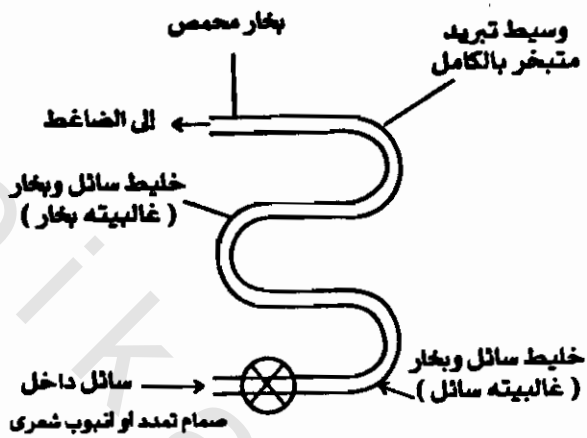

شكل (51) مبخر مزعنف

- **•التغذية لوسيط التبريد** Refrigerant feed

هناك طريقتان رئيسيتان التي بهما يمكن تغذية وسيط التبريد إلى داخل المبخر وبذلك يكون هناك عدد اثنين تصنيف رئيسي للمبخر. وهي مبخرات التمدد الجاف والمغمور.

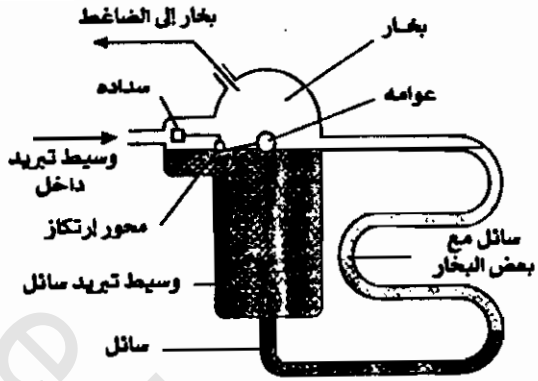
- **مبخرات التمدد الجاف** Dry expansion evaporators

سريان وسيط التبريد إلى داخل مبخر التمدد الجاف يتم التحكم فيه بواسطة صمام التمدد أو أنبوب شعري وشكل (52) يوضح ذلك.




شكل (52) مبخر التمدد الجاف

obeikandl.com



شكل (53) المبخر المغمور

- *المبخرات المغموره Flooded evaporators

المبخرات المغموره تستخدم غالباً صمام بعوامه للتحكم في مستوى وسيط التبريد في المبخر. وفي الصمام بعوامه توجد كره صغيرة تطفو أعلى السائل. عندما يتبخر وسيط التبريد وعندما يكون قد تم توصيل الحرارة من الحيز المبرد ينخفض مستوى إلى أسفل وتنخفض إلى أسفل معه. والكرة تكون مثبتة مع سداده من خلال مرتكز بحيث أنه عندما تهبط الكرة يفتح خط السائل ويسمح بمزيد من وسيط التبريد. وعندما يكون مستوى السائل صحيح فإن الكره التي تكون قد تحركت إلى أعلى مع سطح السائل تسبب تأثير إرتكازي وتغلق السداده الماسورة وشكل (53) يوضح المبخر المغمور. وداخل الماسوره دائماً يكون مبتل بسائل وسيط التبريد وبذلك يكون مهيأ ممر توصيل جيد للحرارة التي يتم توصيلها من خلال الجدران. والمبخر المغمور يكون أكثر

كفاءه عن نوع التمدد الجاف ولكنه يحتاج إلى وسيط تبريد أكثر. وعند الخارج يدخل وسيط التبريد إلى مركم والذي يكون عبارة عن إسطوانه مجوفه تستخدم لتخزين وسيط التبريد السائل في القاع ومن أعلى تحتوى على الصمام بعوامه، والبخار القادم من وسيط التبريد يسري إلى أعلى المركم ومن هناك يدخل إلى خط السحب والعارضه تمنع قطيرات السائل من الدخول إلى خط السحب.

- **سعة المبخر** Evaporator capacity

جميع المبخرات تعمل بالحرارة الموصله إلى داخل وسيط التبريد وتكون هي الملائمة لقياس مقدرة المكثف لعمل هذا. وهذه المقدرة أو الإمكانية تسمى سعة المبخر. وسعة المبخر هي المعدل (Q) بالوات عندما تسري الحرارة من خلال الجدران لتصل إلى داخل وسيط التبريد. وهناك عامل واحد يجب أن تعتمد عليه سعة المبخر وهو أن مساحة السطح (A) المتلامس مع المائع (عادة يكون هواء) يكون قد تم تبريده. وكلما زادت مساحة التلامس تزيد كمية الحرارة الموصله فيه. وهناك عامل آخر هو مقدرة المبخر على توصيل الحرارة والتي يجب أن تكون عاليه بقدر الإمكان وهذا يعتمد جزئياً على نوع المعدن المصنوعه منه جدران المبخر. والمقدرة على توصيل الحرارة تسمى بالموصليه.والمقاومة هي عكس الموصليه وكلما كانت هناك مقاومة أقل لسريان الحرارة تزيد الموصليه وإذا كانت هناك مقاومه أعلى يكون هناك موصليه أقل. وهذه العلاقة هي نفس العلاقة التي تتواجد بين الموصلية الكهربية والمقاومة والتأثيرات الهامة على توصيل الحرارة والتي تتم بواسطة طبقة رقيقة من مائع وسيط التبريد على الجدار

الداخلي للمبخر والطبقة الرقيقة للهواء بين الحيز المبرد والجدار الخارجي.

والطبقة الداخلية لوسيط التبريد تكون في تلامس متقارب مع الجدار ويكون الغالبية سائل بالقرب من دخل المبخر وعند نهاية خط السحب للمبخرات الجافة يكون الكل بخار. وفي المبخرات المغموره يكون هناك وسيط تبريد سائل عبر الماسورة والسوائل هي الموصلات الأفضل بكثير للحرارة عن الأبخرة. وأحياناً المائع الذي في الحيز المبرد يكون هواء ولكن في بعض الحالات يكون سائل مثل البراين أو الماء. والمادتان الأخيرتان هي موصلات أفضل بكثير من الهواء. والقدرة على توصيل الحراره والموصليه تتأثر أيضاً بواسطة التي بها يتحرك المائع في الحيز المبرد حول سطح المبخر. وسرعة وسيط التبريد داخل المبخر تكون أيضاً هامة وفي كلا الحالات كلما زادت السرعة تزيد الموصليه. مع الأخذ في الإعتبار جميع التأثيرات المذكورة أعلاه على الموصليه يكون هناك عامل الموصليه الإجمالية (U).

التوصيل الحراري وأي شكل آخر لإنتقال الحراره يعتمد على فرق درجة الحرارة (TD) بين خارج المبخر وداخل وسيط التبريد. والسعة (Q) ترتبط بالمساحة والموصلية وفرقي درجة الحرارة يكون بواسطة المعادلة الآتية:

$$Q = A \times U \times TD$$

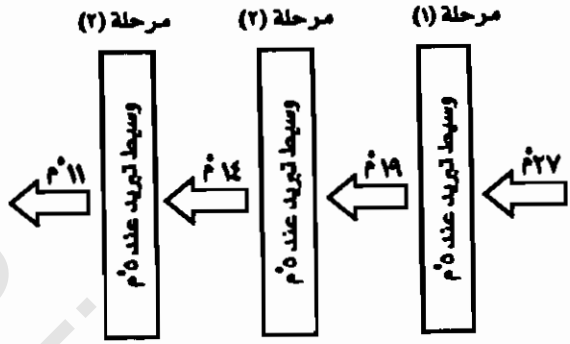
حيث أن:

A = مساحة سطح المبخر المتلامس مع المائع المراد تبريده بالمتر المربع (m2)

U = معامل الموصلية الكلية (W/m2K)

TD = فرق درجة الحرارة كلفن (k) أو م°.

فرق درجة الحرارة لا يكون ثابت حول كل المبخر.




**شكل (54) تغير درجة الحرارة من خلال مبخر ثلاث مراحل**

وبعض المبخرات الكبيرة على سبيل المثال تتكون من عدد من الألواح الموصلة مع بعضها أو مجمعة. يسري الهواء حول الصف الأول من الألواح عند درجة الحرارة العالية وفي الوقت الذي يغادر فيه الصف الأخير يكون عند درجة الحرارة الأقل بكثير وشكل (54) يوضح ذلك.

- **المبخرات وحركة الهواء** Evaporators and air movement

الهواء يمكن تهيئته للمرور حول المبخر إما بالحمل العادي أو الحمل الجبري. والحمل العادي يحدث في الثلاجات المنزلية حيث أن المبخر وحيز التجميد تكون عند القمة. ويرتفع الهواء الساخن من أسفل حيز الطعام ثم يبرد بعد ذلك عند المبخر وبذلك يحدث تيارات الحمل. وفي دوائر تكييف الهواء يتم تصريف الهواء حول المبخر



obeikandl.com

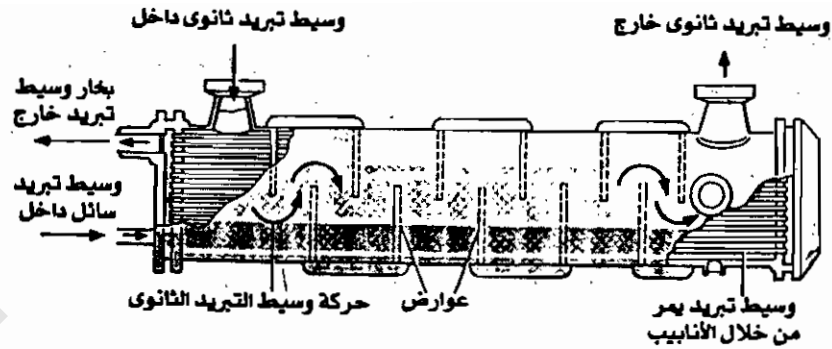
بواسطة المروحه.

- **المبردات Chillers**

المبردات أو مبخرات تبريد السائل هي المعدات التي لها العديد من الإستخدامات إبتداء من تبريد اللبن إلى تبريد السوائل التي تعرف بسوائل التبريد الثانوية. وهناك إستخدام واحد لسوائل التبريد الثانوية وهو لدوائر تكييف الهواء ودوائر التبريد الأخرى في المواقع التي يكون فيها المبخر بعيد إلى حد ما من الكمبريسور. ومع سوائل التبريد العاديه نجد أن إنخفاضات الضغط سوف تحدث في المواسير الطويلة التي تكون مطلوبة لذلك وهكذا يكون في دائرة تبريد تكييف الهواء المكثف والكمبريسور والمبخر يكون تمركزهم بطريقة منفصلة عن ملف التبريد الذي يستخدم لدرجة الحرارة الأقل للهواء الذي يتم تكييفه.

ووسيط التبريد الثانوي الذي يمكن أن يكون ماء أو براين يتم ضخه من خلال المبرد ويتم تبريده. ومن المبرد بعد ذلك يتم ضخ وسيط التبريد من خلال ملفات التبريد أو يمكن أن تستخدم لتبريد الماء في وحدة رذاذ الماء.

البراين هو محلول مياه ملحي مصمم للإستخدام عند درجة الحرارة الأقل من صفرْم والتي سوف يتجمد عندها الماء.




شكل ( 55 ) مبرد التمدد الجاف

- *مبردات التمدد الجاف Dry expansion chillers

يعمل مبرد التمدد الجاف على نفس مبدأ مبخر التمدد الجاف. ويمر وسيط التبريد السائل الإبتدائي من خلال صمام الخنق ويتبخر في عدد كبير من الأنابيب ذات الإحتواء من خلال جدار معدني ووسيط التبريد الثانوي يتم تداوله من خلال الجدار ويتم تبريده بواسطة التلامس مع الأنابيب. والألواح المسطحه تسمى عوارض وهي تتحكم في سرعة سريان وسيط التبريد الثانوي من خلال المبرد وإذا كانت السرعة الداخلة عاليه فيستخدم لذلك عوارض متباعدة بإتساع لتخفيض السرعة بينما إذا كانت السرعه منخفضه فإن العوارض تكون متقاربه مع بعضها لزيادة السرعة وشكل (55) يوضح مبرد التمدد الجاف.

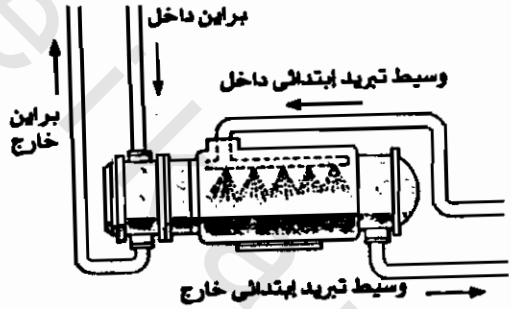
- *المبرد المغمور Flooded chiller

في هذا النوع من المبرد وسيط التبريد الابتدائي يكون محوي داخل الجدار بينما



obeikandi.com

وسيط التبريد الثانوي يسري من خلال الماسورة، وصمام العوامة يضبط سريان وسيط التبريد الإبتدائي داخل الجدار والأنابيب التي في المبرد المغمور تكون مثبتة ومتقاربة معاً من أجل الحد الأقصى لإنتقال الحرارة. والإختلاف الذي في المبرد المغمور هو مبرد الرذاذ والذي فيه يتم تذرير وسيط التبريد حول البراين أو أنابيب المياه وهذا النوع موضح في شكل (56).



شكل (56) مبرد مغمـور

- *مبرد الماسورة المزدوجة Double - pipe cooler

يتركب مبرد الماسورة المزدوجه من عدد أثنين من الأنابيب ويكون كل أنبوب مجهز داخل الآخر. يسري الماء أو البراين في اتجاه واحد خلال الأنبوب الداخلي بينما وسيط التبريد يسري في الإتجاه المضاد الآخر. ومبردات الماسورة المزدوجة يمكن أن تعمل إما كأنواع التمدد الجاف أو الأنواع المغمورة. والعيب الذي يتواجد في هذا النوع من المبرد هو أنه كبير الحجم عن المبردات الأخرى ولذلك فإن استخدامها يكون

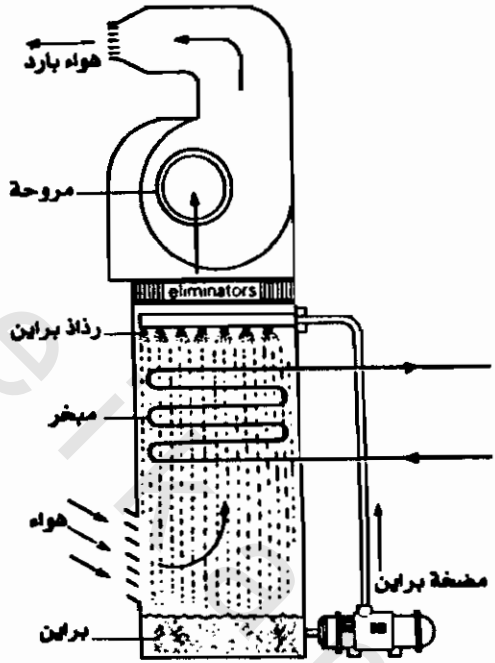
محدود.

- **مبردات الصهريج والملف** Tank and coil coolers

يوضع ملف المبخر في صهريج مملوء بالسائل الذي سيتم تبريده. والسائل الساخن ياتي من عند أعلى الصهريج ويسري حول المبخر. ومغادرة السائل البارد تكون من عند الجانب. وحركة السائل خلال الصهريج يتم دفعها بواسطة مروحة تشبه القلاب والتي يتم إدارتها بواسطة موتور كهربائي. ومبردات الصهريج لها ميزة وهي انه يمكنها تخزين وسيط التبريد الثاني المبرد لإستخدامه في الفترات التي تكون فيها خدمة شاقة لدائرة تكييف الهواء. وفي مثل هذه الفترات يكون قابلية لعدم توافر الوقت لوسائط التبريد الثانوية بأن يتم تبريدها بطريقة صحيحة.

- **ملفات تكييف الهواء** Air - Conditioning Coils

في دوائر تكييف الهواء يوضع ملف المبخر أحياناً في محلول البراين المحوي داخل الصهريج. والبراين يتم ضخه خلال ملف التبريد الذي يكون موضوع في سلك تكييف الهواء يتم تصريفه حول الملف بإستخدام المروحه وبعد ذلك يتم توجيه الهواء إلى حيز تكييف الهواء من خلال المسلك وهذه الدائرة تستخدم فقط لدوائر تكييف الهواء ولكنها تستخدم أيضاً عندما يكون الهواء البارد مطلوب فى المجمدات الكبيرة أو المخازن البارده.




شكل ( 54 ) رذاذ براين

- • رذاذات البراين Brine sprays

والهواء البارد يمكن أن ينشأ أيضاً بواسطة مبرد رذاذ البراين وتسحب المروحه الهواء حول ملف المبخر وفي نفس الوقت رذاذ البراين يبرد عندما يتعاقب حول الملف. وهذا يبرد الهواء أكثر والمسلك الذي في القمة يوصل الهواء البارد إلى الحيز المبرد وشكل (57) يوضح ذلك. والحواجز تمنع قطيرات الماء من الدخول إلى المسلك.

- • صيانة المبخر Euaporator maintenance

المشكلة الرئيسية مع المبخر هي أن الماء الذي في الهواء يتكثف ثم يتجمد بعد ذلك ليكون ثلج أو صقيع على أسطح المبخر ومن الطبيعي ألا يكون هناك تكون صقيع على المبخرات حيث أن درجة حرارة التشغيل تكون أكبر من صفرْم.

والصقيع يعتبر موصل غير جيد للحرارة وبذلك يكون معدل التوصيل الحراري من الحيز المبرد إلى داخل وسيط التبريد يكون منخفض. وهذا يعني أن درجة حرارة وسيط التبريد تكون أقل مما يجب أن تكون وبالتالي يتكون صقيع أكثر وهذا يجعل هناك صعوبة أكثر للحرارة أن تدخل. وهكذا تنخفض سعة المبخر. وفي المبخرات المزعنفة يتكون الصقيع بين الزعانف ويقلل منطقة التلامس بين الزعانف والهواء. وهذا يقلل من التوصيل الحراري وهكذا يقلل من درجة الحرارة ويؤدي مرة أخرى إلى صقيع أكثر. والماء يتمدد عندما يتجمد وهذا التمدد يمكن أن يسبب تلف للزعانف.

- **إزالة الصقيع للمبخر** Defrosting the evaporator

الصقيع الذي يتجمع على المبخرات يجب إزالته من وقت لآخر وهذه العملية تسمى إزالة الصقيع. وفي الثلاجات المنزلية الصغيرة هذه العملية يتم تحقيقها بواسطة تشغيل جهاز لفترة حتى يذوب الثلج وبعض الصقيع يجب نحاته بحرص إلى الخارج وإزالته وذلك من أجل الإسراع في التشغيل بحيث لا يفسد الطعام.

وفي الدوائر الأكبر يكون هناك عدد من الطرق التي تستخدم لذلك. وأحد هذه الطرق هو ترذيذ ماء ساخن على الصقيع والطريقة الأخرى تكون بإستخدام مبخرات

ذات إنشاء خاص والتي لها عناصر كهربائية مثبتة داخلها. والصقيع يتم إنصهاره بواسطة التشغيل على العنصر. والطريقة الثالثة هي إستخدام بخار الطرد من الكمبريسور وهذا البخار يكون ساخن بدرجة تكفي لإذابة الثلج.

ودائرة التبريد يجب إزالة الصقيع فيها دورياً طبقاً لتعليمات الصانع. وعامة الإحتياج لإزالة الصقيع يكون عند درجة الحرارة الأقل. وبعض الطرق تتضمن وسائل إيقاف الدائرة حتى يذوب الصقيع مثل ما يحدث في الثلاجات المنزلية والمجمدات بينما الدوائر الأخرى تكون أكثر تعقيد وتتضمن إزالة وسيط التبريد ويتبع ذلك تسخين المبخر.

- **• إزالة الصقيع بالماء** Water defrosting

يتم غلق الصمام الذي في خط السائل وبعد يتم ضخ وسيط التبريد إلى الخارج بواسطة الكمبريسور، وبعد ذلك يتم إيقاف الكمبريسور وبعد ذلك يتبعه مروحة المبخر لمنع ترذيذ الماء إلى داخل الثلاجة ورشاش الماء الذي يكون موقعه أعلى المبخر يتم تشغيله لدقائق قليلة حتى يذوب الصقيع ويسمح بتصفية الماء إلى الخارج.

- **• إزالة الصقيع كهربائياً** Electrical defrosting

يعلق خط السائل مرة أخرى ويتم تشغيل الكمبريسور بمجرد أن يتم ضخ

وسيط التبريد إلى الخارج. يتم تشغيل عنصر التسخين ويستمر التسخين حتى يكون قد تم ذوبان الصقيع وشكل (58) يوضح ذلك. يتم إيقاف عنصر التسخين بعد ذلك ويبدأ تشغيل الكمبريسور ويفتح الصمام للسماح بعودة وسيط التبريد ويتم تشغيل المروحة.

والعملية يمكن أن تتم إما يدوياً أو بواسطة المشغل أو أتوماتيكياً بواسطة تايمر.

شكل (58) إزالة الصقيع كهربائياً

- *إزالة الصقيع بالغاز الساخن Hot gas defrosting

الأنبوب الذي يعرف بخط التحويل والذي مساره من خط الطرد إلى المبخر. وعندما يكون الصمام في خط التحويل مفتوح يتحرك الغاز الساخن إلى المبخر ويذيب الثلج من حوله.

وهناك عيب واحد لهذه الطريقة وهو أنه يسبب تكثف الغاز الساخن داخل السائل في المبخر يكون هناك خطورة وهي وسيط التبريد السائل سوف يرجع إلى الضاغط عبر خط السحب ويتلف الكمبريسور وهذه المشكلة يمكن التغلب عليها



obeikandl.com

بواسطة إستخدام مبخر ثانوي يعرف بمعيد التبخير الذي يتم تشغيله داخل الدائرة بواسطة صمام عندما تحدث إزالة الصقيع. وبعد إزالة الصقيع يمكن إيقاف تشغيله مرة أخرى بواسطة تايمر. وبالإضافة إلى إزالة الصقيع يجب أن تنظف أسطح المبخرات بصفة دورية بواسطة إستخدام مذيب.

وتراكم الزيت الذي يأتي من الضاغط في المبخر يمكن أن يكون مشكلة. وهذا يكون سببه هو أن الزيت موصل غير جيد للحرارة والحرارة لا يتم توصيلها عندما تأتي من الحيز المبرد. ودائرة التبريد تصبح أقل كفاءة وتواجد الزيت في المواسير يمكن أن يفحص عن طريق التأكد من أن مستوى الزيت في الضاغط لم ينخفض. وإذا حدث ذلك فإن هذا دليل على أن الزيت يمكن يكون قد ترسب داخل الضاغط والكمبريسور أيضاً يجب فحصه من حيث التسريبات لتجنب تلك الاحتمالية لفقد الزيت.

- **ملخص ما سبق:**

(1) المبخر هو جزء من دائرة التبريد الذي فيه يتبخر وسيط التبريد السائل.

(2) أنواع الإنشاء الهامة الثلاثة هي الأنبوب المكشوف والسطح اللوحي والمزعنف.

(3) تغذية وسيط التبريد تتم إما بواسطة التمدد الجاف أو المغمور.

(4) المبردات مصممة لتبريد وسائط التبريد الثانوية. التمدد الجاف والمغمور هما

نوعان من المبرد.

(5) المبردات تشمل الماسورة المزدوجة والصهريج والملف.

(6) فرق درجة الحرارة المتوسط الفعال هو أفضل طريقة لقياس فرق درجة الحرارة.

(7) طرق إزالة الصقيع تشمل الماء وإزالة الصقيع الكهربائية والإزالة بالغاز الساخن.

(8) المبخرات يجب تنظيفها بصفة دورية.

obeikandl.com