

الوحدة الثانية

وسيط التبريد Refrigerants

وسيط التبريد هو عبارة عن مادة تعمل على نقل الحرارة من داخل غرفة أو حيز إلى الخارج، فمثلاً في جهاز التبريد الأساسي يتبخر وسيط التبريد السائل في المبخر مكتسباً كمية من الحرارة يفقدها عند مروره على المكثف، كذلك وسيط التبريد هو عبارة عن المادة التي يمكن تحويلها بسهولة من سائل إلى بخار وبالعكس. المواد المستعملة كوسائط للتبريد يجب أن تتوفر لديها الخواص التالية:

- يجب إن تكون غير سامة Non-poisonous.
- يجب إن تكون غير قابلة للانفجار Non-explosive.
- يجب إن تكون غير قابلة لتسبب التآكل Non-corrosive.
- يجب إن تكون غير قابلة للالتهاب Non-flammable .
- يجب إن تكون سهلة الاكتشاف عند تسربها.
- يجب إن تكون سهلة التحديد عند تسربها.
- يجب إن يعمل الوسيط على ضغط منخفض (درجة غليان منخفضة).
- يجب إن يكون مستقراً في الحالة الغازية.
- يجب إن يكون غير ضار بجسم الإنسان عند التلامس.
- يجب إن يكون مستقراً كيميائياً - لزج - رخيص السعر.
- يجب إن يكون نسبة حجم الوسيط السائل إلى كتلته عالية ليعمل ذلك على زيادة كفاءة أجهزة التحكم.

- يجب إن تكون نسبة حجم الوسيط المتبخر إلى كتلته بسيطة لتقليل الحمولة على الضاغط.
- يجب إن تكون الحرارة الكامنة للوسيط عالية ليعطي ذلك درجة أفضل من التبريد لكل kg من البخار يتم ضغطه.
- الفرق بين الضغط في المكثف والمبخر يجب أن يكون قليلاً لتسهيل عملية الانضغاط على الضاغط وبالتالي ارتفاع كفاءته.

من المستحسن أن يكون الضغط في دائرة التبريد (الثلجة مثلاً) أعلى بقليل من الضغط الجوي لتفادي تسرب الهواء إلى داخل الدائرة. كما أنه تتم المقارنة بين وسائط التبريد المختلفة في صناعة التبريد على أساس عملها بين درجتي حرارة $15^{\circ}C$ - درجة تبخير و $30^{\circ}C$ درجة تكثيف.

وتصنف وسائط التبريد إلى ثلاث مجموعات:

- المجموعة الأولى Group I: وهي الوسائط الأكثر أماناً (الهالوكاربونات - عائلة الفريون). مثال ذلك: R-502، R-22، R-12
- المجموعة الثانية Group II: سامة ولحد ما قابلة للاشتعال، مثال ذلك R-40 (Methyl chloride) و R-764 (Sulfur dioxide)
- المجموعة الثالثة Group II: وهي مجموعة وسائط التبريد القابلة للاشتعال، مثال ذلك R-170 (Ethane) و R-290 (Propane)

أيضا تنقسم وسائط التبريد إلى قسمين:

١. وسائط التبريد الأولية Primary Refrigerants:

وسائط التبريد مثل R-12، R-12 و R-502 تسمى بوسائط التبريد الأولية PRIMARY REFRIGERANTS لأنها تغير حالتها عند اكتسابها أو فقدانها للحرارة.

٢. وسائط التبريد الثانوية Secondary Refrigerants:

وسائط التبريد الثانوية الأكثر استعمالا هي الماء، كلوريد الكالسيوم، كلوريد الصوديوم، المحاليل الملحية (brines)، الإيثانول، الميثانول (methyalcohol) والجلسرين.

وسائط التبريد الأولية Identifying Primary Refrigerants

يعرف وسيط التبريد الأولي بالحرف (R) متبوعا بثلاثة أعداد وذلك وفقا للتسمية التي أطلقتها عليها الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة، التبريد والتكييف (ASHRAE).

يتم تقسيم وسائط التبريد (الفريونات) إلى:

١. الكلوروفلوروكاربونات (Chlorofluorocarbons CFCs) وهي تتكون من الكربون، الفلور والكلور (بدون هيدروجين). مثال: R11، R12 و R114.
٢. الهيدروكلوروفلوروكاربونات (Hydrochlorofluorocarbons or HCFCs) وهي تتكون من الكربون، الفلور، الكلور والهيدروجين. مثال ذلك: R-22 or R-123.
٣. الهيدروفلوروكاربونات Hydrofluorocarbons or HFCs وهي التي تكون خالية من ذرات الكلور، مثل: R-134a.
٤. وسائط مركبة: تتكون من مزيج من وسيطين للتبريد.

التركيب الكيميائي لوسائط التبريد الأولية

١. الفلوروكربونات: Fluorocarbons

الرقم الأول = عدد ذرات الكربون - ١

$$\text{عدد ذرات الكربون} = \text{الرقم الأول} + ١$$

في حالة عائلة الفريونات R11, ..., R22 الرقم الأول صفر

وعليه يتضح أن عدد ذرات الكربون = صفر + ١ = ١

الرقم الثاني = عدد ذرات الهيدروجين - ١

$$\text{عدد ذرات الهيدروجين} = \text{الرقم الثاني} - ١$$

$$\text{عدد ذرات الفلور} = \text{الرقم الثالث}$$

$$\text{عدد ذرات الكلور} = \text{الذرات المتبقية}$$

مثال ١

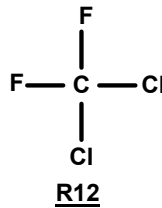
فريون ١٢ 12 Dichlorofluoromethane

عدد ذرات الكربون = صفر + ١ = ١

عدد ذرات الهيدروجين = ١ - ١ = صفر

عدد ذرات الفلور = ٢

التركيب:



∴ عدد ذرات الكلور = ٢

عليه يصبح التركيب الكيميائي لفريون R12 هو CCl_2F_2

مثال ٢

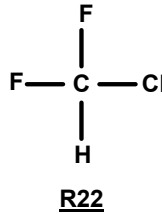
فريون ٢٢ Monochlorofuomethane R22

عدد ذرات الكربون = صفر + ١ = ١

عدد ذرات الهيدروجين = ١ - ٢ = ١

عدد ذرات الفلور = ٢

التركيب



∴ عدد ذرات الكلور = ١

عليه يصبح التركيب الكيميائي لفريون R12 هو CHClF_2

مثال ٣

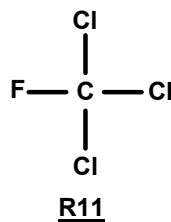
فريون ١١ Trichloromonofluomethane R11

عدد ذرات الكربون = صفر + ١ = ١

عدد ذرات الهيدروجين = ١ - ١ = صفر

عدد ذرات الفلور = ١

التركيب



∴ عدد ذرات الكلور = ٣

عليه يصبح التركيب الكيميائي لفرينون ١١ هو CCl_3F

عائلة HFC (الهيدروفلوروكاربونات)

مثال:

Tetrafluroethane (CF_3CH_2F) وسيط التبريد

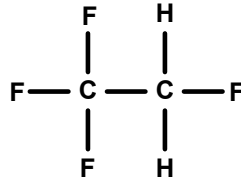
الرقم الأول = عدد ذرات الكربون - ١ - ٢ = ١ = ١

العدد الثاني = عدد ذرات الهيدروجين + ١ = ٢ + ١ = ٣

العدد الثالث = عدد ذرات الفلور = ٤ =

- لا يوجد فلور

- التركيب



R134a

- إذن رقم وسيط التبريد (CF_3CH_2F) هو R134a

وسائط التبريد غير العضوية Inorganic Refrigerants

تميز بالوزن الجزيئي + 700 (700+mwt) R

مثال (١)

النشادر (الأمونيا) NH_3

$$17 = 3 + 14$$

الوزن الجزيئي للأمونيا

R717

عليه يصبح تمثيل النشادر هو

مثال (٢)

ثاني أكسيد الكربون CO_2

$$44 = 16 \times 2 + 12 =$$

الوزن الجزيئي

عليه يصبح تمثيل ثاني أكسيد الكربون هو R744

مثال (٣)

الماء H_2O

$$18 = 2 + 16 =$$

الوزن الجزيئي

عليه يصبح تمثيل الماء هو R718

كما أن أسطوانات حفظ وسيط التبريد تعرف كل أسطوانة وسيط تبريد معين بلون معين لتسهيل معرفة نوعية وسيط التبريد الذي تحتويه الأسطوانة. الجدول التالي يوضح التركيب الكيميائي لبعض وسائط التبريد المستعملة مع بيان لون الأسطوانة الذي يحفظ فيه ذلك الوسيط.

وسيط التبريد	الصيغة	الاسم العام	لون أسطوانة الوسيط
R11	(CCl_3F)	Trichloromonofluoromethane	برتقالي Orange
R12	(CCl_2F_2)	Dichlorodifluoromethane	أبيض White
R13	$(CClF_3)$	Monochlorotrifluoromethane	أزرق فاتح Pale Blue
R134a	(CF_3CH_2F)	Tetrafluroethane	أرجوان Purple
R22	$(CHClF_2)$	Monochlorodifluoromethane	أخضر Green
R40	(CH_3Cl)	Monochlorotrifluoromethane	
R502	$(48.8\%R22 + 51.2\%R115)$	-	أحمر بنفسجي خفيف Orchid
R717	(NH_3)	Ammonia	فضي Silver

جدول يوضح لون أسطوانات بعض وسائط التبريد

ولوسائط التبريد المذكورة سابقا ، سوف تتم مقارنة الخصائص التالية :

الخصائص الحرارية Thermodynamic Properties

أ - درجة الحرارة و الضغط Temperature & Pressure

درجة الغليان (boiling point) لمختلف وسائط التبريد عند الضغط الجوي بينها الجدول التالي :

نوع وسيط التبريد	درجة الغليان (°C)
R11	23.7
R12	-29.4
R13	-81.4
R134a	-26.1
R22	-40.8
R40	-11.8
R502	-46.0
R717	-33.0

جدول يبين درجة الغليان لبعض وسائط التبريد عند الضغط الجوي

يلاحظ من الجدول أعلاه أن وسيط التبريد R13 - والذي يستعمل عادة عند درجات الحرارة المنخفضة في الوحدات المتعاقبة Cascade systems - يتطلب تفريغاً كاملاً. تتغير وسائط التبريد عند تغير الطور وتعطى دائماً في جداول كما في الجدول التالي الخاص بـ R134a مبينا فيه درجة حرارة التشبع (T) و ضغط التشبع (p) ، الحجم النوعي (v) في حالة السيولة والغازية وأيضا طاقة الإنتالبي (h) عند السيولة والغازية كما يبين الجدول أيضا الحرارة الكامنة :

درجة الحرارة	الضغط	الحجم النوعي		طاقة الإنتالبي		الحرارة الكامنة
		$v'(l/kg)$	$v''(l/kg)$	$h'(kJ/kg)$	$h''(kJ/kg)$	
$T\{^{\circ}C\}$	$p\{bar\}$					$L\{kJ/kg\}$
-26	1.020	0.726	188.56	166.35	381.71	215.37
-25	1.067	0.728	180.67	167.59	382.34	214.75
-24	1.116	0.730	173.18	168.84	382.97	214.13

جدول يبين بعض من جدول وسيط التبريد R134a

وخاصية الضغط بالنسبة لوسائط التبريد هامة جداً حيث إن وسائط التبريد التي تعمل عند ضغوط مرتفعة تحتاج إلى أجهزة قوية لتحمل ذلك الضغط وغالبا ما تكون هذه الأجهزة غالية الثمن.

ب - الحجم النوعي (v) Specific volume

تتم مقارنة الحجم النوعي لوسائط التبريد عند -15°C درجة تبخירו عند حالة التشبع الغازية

(x=1) - والجدول التالي يوضح تلك القيم:

وسيط التبريد	الحجم النوعي (l/kg)
R11	766.73
R12	91.45
R13	-
R40	279.3
R134a	120.15
R22	77.70
R502	50.02
R717	507.9

جدول يبين الحجم النوعي لبعض وسائط التبريد

ج - الحرارة الكامنة والتأثير التبريدي

وسيط التبريد	الحرارة الكامنة \diamond	التأثير التبريدي*	معدل سريان وسيط التبريد
	(kJ / kg)	(kJ / kg)	(kg / min / kW)
R11	195.30	156.73	0.383
R12	159.55	117.16	0.512
R134a	208.29	146.96	0.408
R22	217.00	162.47	0.369
R40	-	349.058	0.172
R502	156.61	104.39	0.575
R717	1311.3	1104.68	0.054

جدول يبين الحرارة الكامنة والتأثير التبريدي لبعض وسائط التبريد

*التأثير التبريدي عند -15°C درجة تبخירו و 30°C درجة تكثيف

\diamond الحرارة الكامنة عند -15°C درجة تبخير

الخصائص الفيزيائية Physical Properties

الخصائص الفيزيائية هي الخصائص التي ليس لها تأثير مباشر على كمية الحرارة التي يمكن أن يمتصها وسيط التبريد أو يفقدها وتعتبر الخصائص الفيزيائية هذه أساسية عند اختيار وسيط التبريد. ومن هذه الخصائص الفيزيائية نذكر التالي:

أ- ذوبان وسيط التبريد في الزيوت Oil Miscibility :

ذوبان وسائط التبريد في الزيوت له مزايا ومساوئ، ومن مزايا ذوبان وسيط التبريد مع الزيوت تسهيل عملية التشحيم والسهولة النسبية لرجوع الزيت مرة أخرى للضاغط. أما أهم عيوب ذوبان وسيط التبريد في الزيت هو تخفيف الزيت في الضاغط ورداءة انتقال الحرارة بواسطة الزيت. الجدول التالي يوضح قابلية بعض وسائط التبريد للذوبان في الزيت:

وسيط التبريد	هل يذوب وسيط التبريد مع الزيت؟
R11	نعم
R12	نعم
R13	نعم
R40	نعم
R134a	لا
R22	نعم
R717	لا

جدول يبين ذوبان بعض وسائط التبريد في الزيت

ب - الرائحة Odor :

وسيط التبريد	الرائحة
R11	أثيرية لحد ما slightly ethereal
R12	أثيرية لحد ما slightly ethereal
R22	أثيرية لحد ما slightly ethereal
R502	أثيرية لحد ما slightly ethereal
R717	لاذعة pungent

جدول يبين رائحة بعض وسائط التبريد

ج - سلامة وسيط التبريد (safety) :

يجب إن يكون وسيط التبريد المستعمل في دوائر التبريد غير سام وغير قابل للانفجار (الاشتعال) وذلك لضمان سلامة الذين يتعاملون مع مثل هذه الوسائط. الجداول التالية توضح مدى سلامة بعض وسائط التبريد :

وسيط التبريد	وسيط التبريد سام
R11	لا
R12	لا
R13	لا
R40	نعم
R134a	لا
R22	لا
R502	لا
R717	نعم

جدول يبين سمية بعض وسائط التبريد

وسيط التبريد	وسيط التبريد قابل للاشتعال والانفجار
R11	لا
R12	لا
R40	نسبياً
R134a	لا
R22	لا
R502	لا
R717	نسبياً

جدول يبين قابلية بعض وسائط التبريد للاشتعال أو الانفجار

د - الرطوبة في وسائط التبريد :

إن وجود الرطوبة (الماء) في أنظمة التبريد يعرض أنظمة التحكم للتلف نتيجة الانسداد وذلك عندما تتجمد المياه وتتحول إلى ثلج صلب عند درجات الحرارة المنخفضة. كذلك فإن وجود المياه مع بعض وسائط التبريد عند درجات الحرارة العالية (بعد الضاغط) يكون له تأثير ضار حيث يعمل على تحلل وسيط التبريد ويتحد مع الماء مكوناً أحماضاً قد تكون ضارة جداً. كذلك فإن وجود المياه قد يسبب الصدأ والتآكل أو تحلل زيت التبريد في الضاغط مما يعرض المحرك الكهربائي للاحتراق خاصة في الضواغط المقفلة والتي لا يمكن الكشف عن حالة الزيت بها أثناء الظروف العادية في العمل.

وحيث إنه من الصعب إزالة كل الرطوبة من وسيط التبريد ، فإن كمية الرطوبة يجب أن تكون في الحدود المسموح بها. علماً بأن كمية الرطوبة المسموح بها تتوقف على:

١. نوع وسيط التبريد :

الجدول التالي يوضح الحدود المسموح بها لكمية الرطوبة لبعض أنواع وسائط التبريد بوحدات

جزء لكل مليون جزء (ppm):

وسيط التبريد	النسبة المسموح بها (ppm)	أقصى نسبة (ppm)
R134a	أقل من 5	أكبر من 15
R22	أقل من 30	أكبر من 100
R502	أقل من 15	أكبر من 50

جدول يبين الرطوبة المسموح بها لبعض وسائط التبريد

كيميائياً يتغير لون وسيط التبريد مع زيادة نسبة الرطوبة. وعندما يدل لون المبين على إن نسبة

الرطوبة في وسيط التبريد أصبحت مرتفعة فإنه يجب تغيير المجفف فوراً.

٢. أقل درجة حرارة موجودة في النظام:

الجدول التالي يوضح نسبة الرطوبة المسموح بها عند درجات الحرارة المختلفة:

نسبة الرطوبة					درجة الحرارة
R13B1	R502	R500	R22	R12	°C
2	40	48	120	1.7	-40
5	69	81	195	3.8	-20
10	115	129	308	8.3	0
21	180	200	472	17	20
40	278	293	690	32	40

جدول يبين نسبة الرطوبة عند درجات الحرارة المختلفة

يلاحظ أن كمية الرطوبة المسموح بها تزداد بازدياد درجة الحرارة.

هـ - اختبار التسريب (عدم الإحكام):

لاختبار تنفيس دائرة التبريد يلزم أولاً رفع ضغط وسيط التبريد الموجود بداخلها وبعد ذلك يتم فحص كل جزيء من الدائرة يحتمل حدوث التنفيس به. وفي الحالة التي لم تشحن الدائرة بوسيط التبريد يكون من الأوفر في مثل هذه الحالة شحنها جزئياً بوسيط التبريد حتى يرتفع الضغط داخلها إلى حوالي $40MPa$ وبعد ذلك يستعمل غاز النيتروجين الجاف أو ثاني أكسيد الكربون الجاف. هذا الضغط يمكن رفعه إلى $180MPa$ في المنشآت الكبيرة أو إلى $80MPa$ في المنشآت الصغيرة وهذا الضغط كاف لإجراء اختبار التسرب بدقة عالية.

توصل كل من أسطوانة غاز النيتروجين الجاف وأسطوانة وسيط التبريد بدائرة التبريد المراد اختبار التنفيس فيه.

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند اختبار التنفيس بواسطة النيتروجين:

- لا يستعمل قط غاز الأكسجين لرفع ضغط دائرة التبريد لأن ذلك قد يحدث انفجارا عند تلامسه مع الزيت الموجود بدائرة التبريد.
- يجب تركيب منظم للضغط مجهز بأجهزة قياس للضغط على أسطوانة النيتروجين.
- يجب تركيب بلف تصريف (Relief valve) على الأنبوب الموصل لدائرة التبريد وذلك حتى يمكن تلافي ارتفاع الضغط داخل دائرة التبريد فوق الحد المسموح به.
- يجب تركيب بلف عدم رجوع (Check valve) بعد أسطوانة وسيط التبريد مباشرة وذلك لمنع رجوع وسيط التبريد إلى الأسطوانة، مع ملاحظة أن ضغط أسطوانة غاز النيتروجين الكامل قد يسبب انفجارا لأسطوانة وسيط التبريد أو أجزاء من دورة التبريد في حالة عدم وجود بلف التصريف وبلف عدم الرجوع.

الطرق المختلفة للكشف عن أماكن التسريب:

- ١ - الكشف بواسطة لمبة التجربة (بواسطة اللهب).
- ٢ - الكشف بواسطة رغوة كاشفة (محلول الرغاوي).
- ٣ - الكشف باستخدام جهاز الكشف الإلكتروني.

١ - الكشف بواسطة لمبة التجربة (بواسطة اللهب) - مشعل هاليد

تعباً لمبة التجربة بواسطة غاز البيوتان أو الكحول الميثيلي أو غاز الإستلين ويتم بعد ذلك إشعال اللهب. يتم بعد ذلك إمرار الخرطوم المطاطي المتصل باللمبة على أماكن الوصلات فإذا تغير لون اللهب من الأزرق إلى الأخضر فإن ذلك يدل على وجود تسرب في هذا المكان.

٢ - الكشف بواسطة رغوة كاشفة (محلول الرغاوي)

في هذه الطريقة يتم تغطية الوصلات برغوة كاشفة (مواد كيميائية أو مسحوق الصابون المذاب في الماء) حيث تتصاعد فقاعات غازية عند مكان التسرب.

٣ - الكشف باستخدام جهاز الكشف الإلكتروني

عند تشغيل الجهاز فإنه يصدر عنه إشارة صوتية تختفي تدريجياً مما يدل على إن الجهاز صالح للعمل. يمرر الجزء الحساس على الوصلات فإذا أحدث صوتاً فإن هذا يدل على وجود تسرب لوسيط التبريد في ذلك المكان.

كيفية تحديد الوسيلة المناسبة لكشف التسريب How to Choose a Leak Detector?

كما عرفنا سابقاً أنه تسرب وسائط التبريد (مثل الكلوروفلوروكربونات CFCs) يؤدي إلى تلوث البيئة. ومن المؤسف إنه في بعض الأحيان لا يعلم بتسرب وسيط التبريد إلا بعد ملاحظة انخفاض أداء عمل وحدة التبريد؛ حينها يكون وسيط التبريد قد تسرب إلى الخارج.

من المهم أن نعرف أنه لا توجد هنالك طريقة محددة لكشف التسريب في كل الأحوال. ولكن النقاط التالية قد تقود إلى استعمال أو عدم استعمال طريقة معينة للكشف عن التسريب:

- نوعية وسيط التبريد.
- حجم النظام system size : يؤدي إلى تفضيل استعمال طريقة عن أخرى.
- مكان الوحدة: وضع وحدة التبريد أو التكييف مثلاً داخل أو خارج المنزل، نوعية التهوية، الرياح..... إلخ .
- الضوضاء: وخاصة عند استعمال الأجهزة الإلكترونية الصوتية.
- الإضاءة: وخاصة عند استعمال أجهزة تعتمد على الضوء أو اللون، مثل: مشعل هاليد.

بعض الخصائص والميزات لبعض وسائط التبريد

وسيط التبريد فريون ١١ CCl_3F Trichloromonofluoromethane R11

- درجة غليانه $23.7^{\circ}C$ عند الضغط الجوي.
- غير سام وغير قابل للاشتعال.
- لا يحدث تآكلاً لكنه يذيب المطاط.
- يستعمل مع ضواغط الطرد المركزية.
- يستعمل كمنظف من النداءة لأجزاء دائرة التبريد.
- يستعمل كمنظف للضواغط عند استبدالها.
- يمكن الكشف عليه بواسطة مشعل (هاليد) Halide torch.
- يحفظ في أسطوانات برتقالية اللون.

وسيط التبريد Dichlorodifluoromethane R12 (CCl_2F_2)

- كان أكثر عائلة الفريون استعمالاً.
- درجة غليانه $-29.4^{\circ}C$.
- غير سام، وغير قابل للاشتعال أو الانفجار.
- مستقر كيميائياً.
- يذوب في الزيت إلى درجة $-68^{\circ}C$ مما يجعل الزيت يتكون في المبخر البارد ثم يبدأ الزيت في الانفصال عن وسيط التبريد وبما إن الزيت أخف من الوسيط فإنه يمكن تجميعه على سطح الوسيط السائل.

- يمكن الكشف عليه بواسطة مشعل (هاليد) Halide torch
- يحفظ في أسطوانات بيضاء اللون.

وسيط التبريد - (R134a) Tetrafluoroethane (CF_3CH_2F)

- من مكونات HFC وهو البديل للفريون R12.
- يستعمل في الضواغط الدورانية، الحلزونية، التدريجية وضواغط الطرد المركزي.
- غير سام، وغير قابل للاشتعال والانفجار ولا يأكل المعادن.
- درجة غليانه $-26.1^{\circ}C$.
- لا يتفاعل مع الأوزون ($ODP = 0$).
- معامل الأداء له أقل من فريون R12.
- يذوب في الماء عند درجة حرارة $25^{\circ}C$.
- يعبأ في أسطوانات لونها أزرق خفيف light blue
- غير منسجم مع الزيوت المعدنية.
- الفلتر له من النوع المنخل الغشائي (molecular sieve).
- يجب عدم استعمال ممتص الرطوبة من نوع السليكون الهلامي (silicone gel)
- يمكن استعمال رغاوي الصابون، الصبغ الفلور سنت (florescent dyes) والكشاف الإلكتروني... الخ لكشف التنفيس.

وسيط التبريد (فريون ٢٢) ($CHClF_2$) (R22) Monochlorodifluoromethane

- درجة غليانه $-40.8^{\circ}C$

- يستعمل في مجموعات تبريد ذات درجات الحرارة المنخفضة التي تستخدم في المصانع والمتاجر، كذلك يستخدم بكثرة في وحدات تكييف الهواء الشبكية والمنفصلة والمركزية.
- يختلط بالماء أكثر من فريون ١٢ لذا يلزم استعمال مجففات للتخلص من النداءة.
- يذوب في الزيت إلى درجة حرارة $-9^{\circ}C$ وينفصل عن الزيت بنفس الطريقة المذكورة سابقاً.
- يمكن الكشف عليه بواسطة مشعل (هاليد) Halide torch
- يحفظ في أسطوانات خضراء اللون.

مزايا وسيط التبريد ٢٢ على الوسيط ١٢:

- صغر إزاحة الضاغط اللازمة حيث تصل إلى 60% تقريبا من الإزاحة اللازمة عند استخدام فريون ١٢. فإذا أخذنا ضاغطا ذا إزاحة معينة فإن سعة التبريد عند استخدام R22 تكون أكبر بحوالي 60% من سعة التبريد عند استخدام R12.
- مواسير التبريد عند استخدام R22 تكون أصغر منها عند استخدام R12.
- قابلية الوسيط R22 لامتصاص النداءة (الرطوبة) أكبر بكثير من قابلية الوسيط R12 لذلك فإن R22 أقل تعرضا لمشكلات تجمد الماء.
- عندما تكون درجة حرارة المبخر بين $-29^{\circ}C$ و $-40^{\circ}C$ فإن الضغط في المبخر يكون أعلى من الضغط الجوي في حالة R22 أما بالنسبة R12 فإن الضغط يكون أقل من الضغط الجوي عند نفس هذه الدرجات.
- ما عدا ذلك فإن الوسيط R12 هو الأفضل نظرا لانخفاض درجة حرارة التصريف وامتزاجيته التامة للزيت.

وسيط التبريد (فريون ٥٠٢) ($CHClF_2 + C_2ClF_5$) (R22 + R115) R502

- يتكون من 48.8% من R22 + 51.2% من R115.
- غير قابل للاشتعال وغير سام.
- لا يأكل المعادن.

- مناسب للحصول على درجات حرارة منخفضة ومتوسطة (من -18°C إلى -51°C).
- يستخدم في تجميد الأطعمة والآيس كريم.
- يستخدم في الضواغط الترددية فقط.
- درجة غليانه -46°C عند الضغط الجوي.
- يجمع بين المواصفات الجيدة لكل من R12 و R22.
- يعطي سعة التبريد لفرينون R22 مع درجة حرارة تكثيف R12 أي بضغط تصريف (condensing pressure) قليل نسبياً مما يطيل من عمر الضاغط وعمر الصمامات وبقية أجزاء الضاغط.
- له خواص تزييت جيدة نسبة لزيادة درجة لزوجة الزيت مع درجة حرارة التكثيف المنخفضة.
- بسبب انخفاض درجة حرارة المكثف فإن الضاغط لا يحتاج إلى تبريد كما يحدث لفرينون ٢٢ (R22).
- يحفظ في أسطوانات (orchid) اللون.
- النشادر (الأمونيا) $\text{R717}(\text{NH}_3)$**
- من وسائط التبريد غير العضوية.
- مستقر جداً.
- سام للغاية.
- قابل للاشتعال والانفجار لحد ما.
- له خواص حرارية ممتازة ويعطي تأثيراً تبريدياً لكل kg أعلى من أي وسيط آخر لذا يستعمل في مصانع الثلج ومصانع التعليب وغرف التخزين الباردة الكبيرة.
- درجة غليانه هي -33°C عند الضغط الجوي.
- ضغط التشغيل (العالي والمنخفض) أعلى من R12 و R22 لذا فهو يحتاج إلى مواسير أقوى نسبياً.
- يعمل على تآكل المواد غير الحديدية كالنحاس والنيحاس الأصفر لذا يجب تجنب استعمالهما.
- لا يمتزج مع الزيت - لذا يلزم عمل الاحتياطات لإزالة الزيت من المبخر وتركيب جهاز لفصل الزيت على خط التصريف في مجموعات النشادر.
- يتم الكشف عليه باستخدام شموع من الكبريت لأنها تعطي دخاناً أبيض عند تلامسها مع النشادر.

ثاني أكسيد الكبريت (SO_2 (R764)

- سام جدا لأنه ينتج من احتراق الكبريت.
- غير قابل للاشتعال وغير قابل للانفجار.
- كان يستخدم في ثلاجات المنازل وبعض التركيبات التجارية البسيطة في الفترة من ١٩٢٠ إلى ١٩٣٠م.
- استبدل بكلوريد الميثيل ($CH_3Cl - R40$) والذي استبدل أخيرا بالفيونات.
- درجة غليانه هي $-10^\circ C$ عند الضغط الجوي.
- لا يمتزج بالزيت لكنه يطفو فوق الزيت مما يسهل عملية فصل وإرجاع الزيت.
- لا يأكل المعادن ولكنه يتفاعل مع النداعة مكونا حامض الكبريتوز (H_2SO_3) والكبريتيك (H_2SO_4) وكلاهما شديدا الأكل للنداعة.

ثاني أكسيد الكربون ($CO_2 - R744$)

- غير سام.
- غير قابل للاشتعال وغير قابل للانفجار.
- نظرا لخواص الأمان التي يتمتع بها فقد استخدم في الماضي في البواخر وفي تكييف الهواء بالمستشفيات والمسارح والفنادق والأماكن الأخرى التي تتطلب الأمان التام.
- أحد عيوبه هو ارتفاع ضغطي التشغيل.
- كذلك من عيوبه أن معامل الأداء له قليل، تقريبا نصف معامل الأداء لأغلب وسائط التبريد الأخرى.
- درجة غليانه هي $-78.7^\circ C$ عند الضغط الجوي وهي أقل من نقطة تجمده ($-56.6^\circ C$) لذا لا يوجد في حالة السيولة فهو يتسامى (يتحول من صلب إلى بخار مباشرة).
- لا يمتزج مع الزيت، ولذا لا يعمل على تخفيف زيت صندوق المرفق للضاغط وهو أخف من الزيت كالنشادر.

كلوريد الميثيل $CH_3 Cl - R40$

- درجة غليانه هي $-23.7^\circ C$ عند الضغط الجوي.
- غير سام.

- متوسط القابلية للاشتعال وقابل للانفجار لذا تم الاستغناء عنه كوسيط تبريد واستبدل بالفلوروكربونات.
- يأكل الألمونيوم، الزنك، المغنيسيوم وينتج عن اتحادهما مع كلوريد الميثيل مركبات قابلة للاشتعال والانفجار.
- مع الندوة يعطي حامض الأيدروكلوريك المخفف والذي يأكل المعادن الحديدية وغير الحديدية.
- قابل للذوبان في الزيت لذا تجب مراعاة التخفيف الذي سيحدث للزيت في صندوق المرفق عند اختيار نوعية الزيت.
- يكشف عنه بواسطة محلول الصابون أو مشعل (هاليد) ولكن لا ينصح باستعمال الطريقة الأخيرة هذه نظرا لقابلية الوسيط للاشتعال.

تطبيقات على استخدام وسائط التبريد

الجدول التالي يبين بعض الاستخدامات لوسائط التبريد المعروفة والأكثر انتشارا:

الاستخدام	وسيط التبريد
الثلاجات المنزلية	R134a,R22
مجمدات الأطعمة المنزلية	R134a,R22,R502
مكيفات هواء السيارة	R134a
التطبيقات gryogenic	R13,R502
المكيفات المنزلية	R22,R500
مكيفات المباني العامة - سعة منخفضة	R134a,R22
مكيفات المباني العامة - سعة متوسطة	R11,R134a,R22
مكيفات المباني العامة - سعة كبيرة	R11,R134a
خدمات توصيلات الأطعمة المنزلية	R22,CO ₂ (SOLID)
انكماش المعادن	N ₂
العمليات الصناعية	R11
تجميد الأطعمة	CO ₂ ,N ₂
للتنظيف، إزالة الندوة	R11

جدول يبين الاستخدامات لبعض وسائط التبريد

يلاحظ أن بعض أنواع وسائط التبريد تصلح لعدة استخدامات.

اختيار وسائط التبريد حسب نوع الضاغط

أحيانا تختار وسائط التبريد حسب نوع الضاغط المستخدم وحسب القدرة المطلوبة للتبريد كما

يوضح الجدول التالي:

وسيط التبريد	نوع الضاغط	مجال الاستخدام
R11	طرد مركزي Centrifugal	للتكييف - سعة 200-2000TR
R12	طرد مركزي Centrifugal ضواغط ترددية Reciprocating دورانية Rotary	لأنظمة التكييف الكبيرة وأنظمة التبريد. الثلاجات المنزلية كالتى تستعمل لحفظ الأغذية وصناعة الآيس كريم، مبردات المياه.. الخ
R22	ضواغط ترددية Reciprocating طرد مركزي Centrifugal	التكييف المنزلي والتجاري، وحدات حفظ الأغذية، تجميد الأغذية، وحدات العرض، وللاستعمالات عند درجات الحرارة المتوسطة والمنخفضة
R500	ضواغط ترددية Reciprocating	الثلاجات ومكيفات الشباك المنزلية خاصة عندما تكون الذبذبة 50 Hz
R502	ضواغط ترددية Reciprocating	ثلاجات عرض الأغذية المجمدة والآيس كريم والمجمدات المنزلية
R503	ضواغط ترددية Reciprocating	أنظمة التبريد ذات درجة الحرارة المنخفضة -90°C
R13	ضواغط ترددية Reciprocating	أنظمة التبريد ذات درجة الحرارة المنخفضة -90°C
R113	طرد مركزي Centrifugal	أنظمة التكييف الصغيرة والمتوسطة وأنظمة التبريد الصناعية

جدول يبين نوع الضاغط المستخدم مع بعض وسائط التبريد

أداء وسائط التبريد :

الجدول التالي يقارن بين أداء وحدات التبريد المختلفة وذلك عند الأحوال التالية:

- درجة حرارة المبخر $0^{\circ}C$
- درجة حرارة المكثف $50^{\circ}C$

وسيط التبريد	التركيب الكيميائي	طاقة التبريد (kJ/m^3)	نسبة الانضغاط ($r = \frac{p_c}{p_e}$)	ضغط المكثف (p_c, bar)	معامل الأداء (COP)
R11	CCl_3F	443	5.9	2.4	5.53
R21	$CHCl_2$	636	5.68	4.0	4.64
R22	$CHCl_2F$	3671	3.88	19.3	5.14
R114	$C_2Cl_2F_7$	784	5.06	4.5	4.61
R717	NH_3	42.75	4.96	20.6	5.53

جدول يبين مقارنة أداء بعض وسائط التبريد

وسائط التبريد الثانوية Secondary Refrigerants

وسائط التبريد الثانوية الأكثر استعمالاً هي الماء، كلوريد الكالسيوم، كلوريد الصوديوم، المحاليل الملحية (brines)، الإثيلين، الميثانول (methyalcohol) والجلسرين.

الماء هو أكثر الوسائط الثانوية استعمالاً حيث يستعمل في أجهزة التكيف الضخمة وعمليات

التبريد التي تصل درجة الحرارة المطلوب فيها أعلى من درجة حرارة التجمد للماء.

يعتبر الماء أجود الوسائط الثانوية وذلك للأسباب التالية:

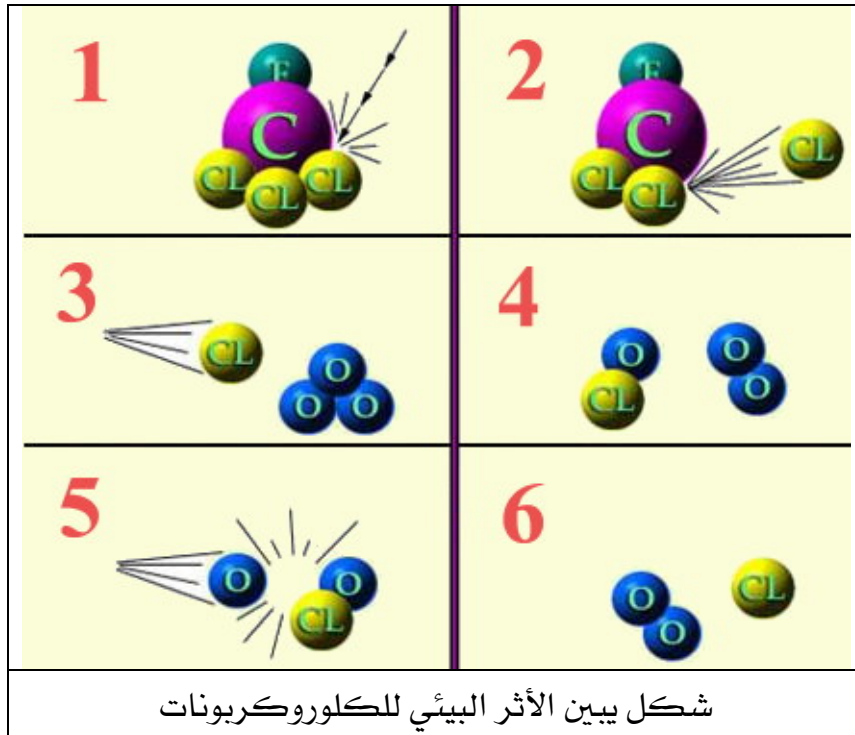
- خواصه الانسيابية.
- حرارته النوعية عالية ($c_p = 4.18kJ/kg$).
- رخيص الثمن.
- غير مسبب للتآكل نسبياً.

الكلوروفلوروكربونات (CFCs) وطبقة الأوزون

طبقة الأوزون تعمل على امتصاص أشعة بيتا فوق البنفسجية $UV - \beta$ radiation لأن وجود كميات كبيرة من $UV - \beta$ radiation يعني:

- التأثير على الجلد مما يسبب سرطان الجلد.
- إعتام عدسة العين للإنسان.
- ضعف نظام المناعة.
- التقليل من إنتاجية المحاصيل الزراعية.
- التأثير على المحيطات والأسماك.

جزيئات الكلوروفلوروكربونات تنتشر خلال طبقة الجو العليا منذ ١٥ - ٢٠ سنة وعملت على تحطيم طبقة الأوزون كالاتي:



- (١) الكلوروفلوروكربونات تتحلل عندما تصطدم بأشعة الشمس البنفسجية لتعطي $C + Cl_2 + F_2$
- (٢) الأشعة تعمل على فصل ذرة الفلورين.
- (٣) ذرة الفلورين تصطدم بذرة الأكسجين (الأوزون).
- (٤) الأوزون (O_3) يتفاعل مع الكلورين ليعطي Cl_2O .

(٥) ذرة الأكسجين الحرة تصطدم مع Cl_2O .

(٦) أكسيد الكلورين يتحلل إلى $Cl_2 + O_2$.

أيضا $3Cl_2 + O_3 = 3Cl_2O$ وهكذا

وذلك يوضح لنا التأثير الضخم لوسائط التبريد في تآكل طبقة الأوزون بسبب جزيء واحد من

الكلورين.

يسمى تأثير وسائط التبريد على طبقة الأوزون جهد تناقص الأوزون ((ODP) ozone depletion potential) وعليه نجد أن:

- ODP=1 لوسيط التبريد R=11 و ODP=0.5 لوسيط التبريد R=22

- وتسمى زيادة درجة حرارة الكرة الأرضية نتيجة لوسائط التبريد بالجهد الحراري العالمي (Global

warming Potential, GWP) وهذه تساوي:

GWP= 1 for CO₂

و GWP=0.05 for CFCs

اتفاقية مونتريال لحماية طبقة الأوزون Montreal Protocol

الاتفاقية تنص على التخلص تدريجيا من تصنيع وسائط التبريد الكلوروفلوروكربونات (CFCs) وذلك كالتالي:

- التخلص من تصنيع وسائط التبريد R12,R11 في الفترة من 1986-2000

- لوسائط التبريد الكلوروفلوروكربونات (CFCs) الأخرى تكون فترة التخلص منها هي:

- 2015-2030 وخاصة R22.

- تم تعديل هذه الاتفاقية عدة مرات.

- الاتفاقية استتشت الدول النامية في الفترة الابتدائية حتى 2005.

- تم تصنيع بدائل لوسائط التبريد صديقة للبيئة مثال ذلك R134a.

- إعادة تشغيل وسائط التبريد مرة أخرى بعد تنقيتها وتطهيرها.

وسائط التبريد البديلة Alternative Refrigerants

تم تصنيع بدائل لوسائط التبريد صديقة للبيئة لتحل مكان وسائط التبريد القديمة (HFCs) و (HCFCs) لتعمل في مختلف مجالات التبريد وتكييف الهواء. الجدول التالي يوضح بعض البدائل واستخداماتها:

ملاحظات	بديلاً عن	وسيط التبريد
يستعمل لمثلجات المياه (ضواغط الطرد المركزي أو الحلزوني)	R12	R134a
يستعمل في النظم المجمعة - مثلجات - وحدات منفصلة	R22	R407c (R32 + R125 + R134a)
يعطي لمصنعي المعدات الاقتصادية في حجم الوحدة والضواغط	للمعدات المجمعة فقط	R410a (R32 + R125)
يعمل مع النظام الموجود حالياً	R12	R413A (R218 + R134a + R600A)
يعمل مع النظام الموجود حالياً	R22	R417a (R134a + R600a)

جدول يبين وسائط التبريد البديلة

للأسف، فإن الوسائط البديلة السابقة تؤثر على البيئة بظاهرة البيت الزجاجي (greenhouse effect) مما جعل بعض البلدان كالبنمارك، النرويج والسويد تفكر في التخلص من مثل هذا النوع من وسائط التبريد. عليه بدأ التفكير في تكنولوجيا حديثة ووسائط تبريد بديلة كالتالي تستعمل في دوائر الامتصاص. من أمثلة الوسائط البديلة:

أ - الهيدروكربونات HCs :

لها خصائص تبريد ممتازة مع تأثير قليل على البيئة السبب الذي جعلها تستخدم في الثلاجات المنزلية وبعض نظم التبريد التجارية وكذلك في نظم تكييف الهواء. ولكن هذه الوسائط لها قابلية للاشتعال؛ عليه يلزم استعمال وسائل سلامة أكبر.

ب - النشادر $Ammonia(NH_3)$ R717

كما ذكرنا سابقاً يستعمل بكثرة في صناعة الأغذية ومخازن التبريد نسبة لخصائصه التبريدية الجيدة. النشادر له $ODP=0$ و $GWP=0$ غير أنه سام وقابل للاشتعال في ظروف معينة.

ج - ثاني أكسيد الكربون R744 - Carbon dioxide (CO₂)

من حيث السلامة له ODP=0 و GWP منخفض ويعتبر ثاني أكسيد الكربون من الوسائط الممتازة فقط يعيبه التدني في كفاءته للطاقة (low energy efficiency) بسبب تدني درجته الحرجة ($T_{critical} = 31.3^{\circ}C$) ولكن يمكن التغلب على هذه المشكلة باستعمال مبادل حراري.

د - الهواء (R729) Air

يمكن استخدامه في دورات التبريد غير التقليدية غير أن كفاءته منخفضة.

هـ - الماء (R718) Water (H₂O)

يعتبر الماء من وسائط التبريد الأمثل لاستعمالات درجات الحرارة العالية ($T > 0^{\circ}C$) غير أن كبر الحجم النوعي في حالته الغازية (specific vapor volume) يجعل هنالك صعوبة من حيث كبر حجم الضاغط. يستخدم الماء في نظم التبريد بالامتصاص مع بروميد الليثيام (Lithium Bromide).

المحاليل الملحية Brines

المحلول الملحي عبارة عن مادة تبريد مساعدة تعمل على نقل الحرارة بدون حدوث تغير في حالتها وتستخدم في أنظمة التبريد غير المباشرة يتكون المحلول الملحي من ماء وملح وتتوقف درجة حرارة تجمد المحلول الملحي على نوع الملح المذاب في الماء ودرجة التركيز به. يلاحظ أنه عند إذابة الملح في الماء فإن درجة حرارة تجمد المحلول تكون أقل من درجة حرارة تجمد الماء. والأملاح الشائعة الاستعمال هي:

- كلوريد الكالسيوم Calcium chloride (CaCl₂)

ويستعمل في الحالات التي تحتاج إلى درجة حرارة حوالي $-17^{\circ}C$

- كلوريد الصوديوم Sodium Chloride (NaCl)

باستعمال هذا الملح أقل درجة حرارة يمكن الحصول عليها هي $-21^{\circ}C$

ويلاحظ أن تعرض المحاليل الملحية للهواء يساعد على إصابة المعادن بالصدأ خاصة مع كلوريد الصوديوم ولذلك يفضل استخدام كلوريد الكالسيوم.

هناك بعض المركبات التي تذوب في الماء ويطلق عليها مانعات التجمد (Antifreeze solutions) وهي تستعمل عادة لتقليل درجة حرارة التجمد للماء ومنها على سبيل المثال:

- الجلسرين Glycerine

- الكحول Alcohol

- بروبلين الجليكول Propylene Glycol

- إيثلين الجليكول Ethylene Glycol

الخلاصة

- لاختيار وسيط التبريد المناسب، يجب الإلمام بخصائص وسيط التبريد الفيزيائية، الكيميائية الحرارية والبيئية.
- نظراً لطول الاسم الكيميائي لوسائط التبريد، فقد تم تعريف كل وسيط بعدد مكون من رقمين أو ثلاثة للدلالة على التكوين الكيميائي لوسيط التبريد.
- وسائط التبريد يمكن تقسيمها إلى:
 - ◆ الكلوفلوركاربونات (CFC's)
 - ◆ الهيدروكلوركلوفلوركاربونات (HCFC's)
 - ◆ الهيدروفلوركاربونات (HFC's)
 - ◆ توليفة من وسيطين أو أكثر
 - ◆ الوسائط البديلة
 - ◆ الوسائط الثانوية
- حسب تعريف ASHRAE، وسائط التبريد غير العضوية اعطيت لها الرقم 700 زائداً الحجم النوعي للوسيط. أما بالنسبة للوسائط الهيدروكربونات والهالوكربونات، تم وضع الرقم XYZ مصحوباً بعده بالحرف R، حيث الرقم Z من الناحية اليمنى يشير إلى عدد ذرات الفلور، الرقم Y بالوسط يشير إلى عدد ذرات الهيدروجين زائداً واحد والرقم الأخير على اليسار X يشير إلى عدد ذرات الكربون ناقصاً واحد.
- أسطوانات وسائط التبريد تميز بالألوان، كل وسيط له لون أسطوانة معينة.
- وسائط التبريد روعي فيها بعض الخصائص الكيميائية، الفيزيائية والحرارية.
- من مميزات وسائط التبريد التوافق مع متطلبات اتفاقيات البيئة (EPA).