همه چیز درباره مبردها

نویسنده : مهندس آرش مرتضی نیا

مختصر تاریخچه علم تبرید

علم تبرید از اواسط قرن نوزدهم آغاز شد . اولین سیستم تبرید ساخته شده توسط شخصی بنام Jacob Perkins در سال ۱۸۳۴ بود که در آن از اتر بعنوان مبرد در یک سیکل تراکمی استفاده میشد .

دی اکسید کربن (Co_2) در سال ۱۸۶۶ و آمونیاک (NH_3) در سال ۱۸۷۳ اولین مبردهایی بودند که در صنعت بکارگرفته شدند . از دیگر مبردهای استفاده شده در همین سالها میتوان به دی اکسید گوگرد (So_2) و متیل اتر نیز اشاره کرد که استفاده از این مبردها نیز ، تنها به سیستمهای صنعتی محدود میشد .

با آغاز قرن بیستم سیستمهای ایجاد برودت بعنوان سیستمهای تهویه مطبوع در پروژه های عظیم ساختمانی نیز بکار گرفته شد . ساختمان Milam در San Antonio TEXAS اولین ساختمانی بود که در آن سیستم تهویه مطبوع مرکزی بکار رفت . در سال ۱۹۲۶ شخصی بنام Thomas Midgely مبرد CFC-R12 را ابداع نمود که در مقابل سایر مبردهای بکاررفته در آن زمان سمی و قابل اشتعال نبوده و دارای بازدهی بیشتری بود .

در همین سالها بود که سیستمهای ایجاد برودت کم کم از انحصار صنعت خارج گشته و خیلی زود شکل یک کالای تجاری را بخود گرفت و استفاده از این سیستم ها ، به محیطهای مسکونی و اداری نیز کشیده شد . Willis Carrier شخصی بود که اولین چیلر سانتریفوژ را جهت استفاده در تهویه مطبوع ابداع کرد .

خواص مبرد ها

برای انتخاب یک مبرد (سیالی که در سیستم تبرید به کار گرفته میشود) معیارهایی باید مد نظر قرار گیرد که در زیر به مهمترین این معیارهـــا اشاره ای میکنیم :

- **از لحاظ ترکیب شمیائی**

باید بگونه ای باشد که در دماهای مختلف خواص ثابتی را از خود نشان دهد .

- **از لحاظ سلامتی و ایمنی**

سمی و قابل اشتعال نبوده و اثرات مخربی بر روی هوا و محیط پیرامون ما نگذارد .

- **از لحاظ خواص گرمائی**

باید دارای نقطه جوش و نقطه بحرانی و ظرفیت گرمائی مناسبی باشد . دارای دمای انجماد پائین ویسکوزیته (گرانروی) کم و رسانائی گرمایی زیادی باشد .

- **دیگر خواص**

قابلیت اختلال و حل شدن در روغن را بمقدار لازم داشته باشد . در صورت نشت سیستم به سادگی بتوان نشتی را تشخیص داد . تولید و استفاده از مبرد ارزان و مقرون به صرفه باشد .

شاید شما هم مبردی را دیده باشید که در سیکل های تبرید بکار میرود ولیکن همه خصوصیات قید شده بالا را نداشته باشد . مهمترین معیار ثابت بودن خواص شیمیائی مبرد است زیرا اگر خواص مبرد درون سیکل تبرید در دماهای مختلف تغییر کند و یا مبرد در یک محدوده دمایی شروع به تجزیه شدن نماید دیگر ثابت بودن بقیه پارامترها معنائی پیدا نمیکند .

از طرفی ، ثابت بودن خواص شیمیائی مبرد نیز برای همیشه مفید نیست و در بعضی از موارد ما را دچارمشکل می کند . برای نمونه ما به مبردی نیاز داریم که در صورت نشت پیدا کردن از سیستم و وارد شدن در جو خواص شیمیائی خود را برای همیشه حفظ ننموده بلکه به راحتی شروع به تجزیه شدن کرده و تشکیل ماده مضری نیز ندهد در قسمتهای بعدی این مسئله بیشتر مورد بحث قرارمیگیرد .

البته فراموش نشود علاوه بر خواص مبرد ، خواص ترمودینامیکی سیستم نیز معیین کننده کارائی سیستم میباشد . برای نمونه فشار کار سیستم نباید بیش از حد بالا یا بیش از حد پائین باشد . اگر فشار کار بیش از حد پائین باشد احتمال ورود هوای بیرون به درون سیستم وجود دارد و اگر فشار کار بیش از حد بالا باشد موجب نزدیک شدن دما و فشار به دما و فشار بحرانی سیال عامل میگردد .

در یک سیستم تبرید علاوه بر مبرد ، فلز (بکار رفته در لوله ها و قطعات داخلی کمپرسور و ...) ، روغن (جهت روغن کاری قطعات متحرک کمپرسور و شیرها و ...) ، لاستیک ها ، پلاستیک ها ، تفلون ها (بکاررفته بعنوان واشر ، اورینگ و ....) نیز وجود دارد که باید فعل و انفعالات مابین مبرد و این مواد نیز بررسی و درنظر گرفته شود .

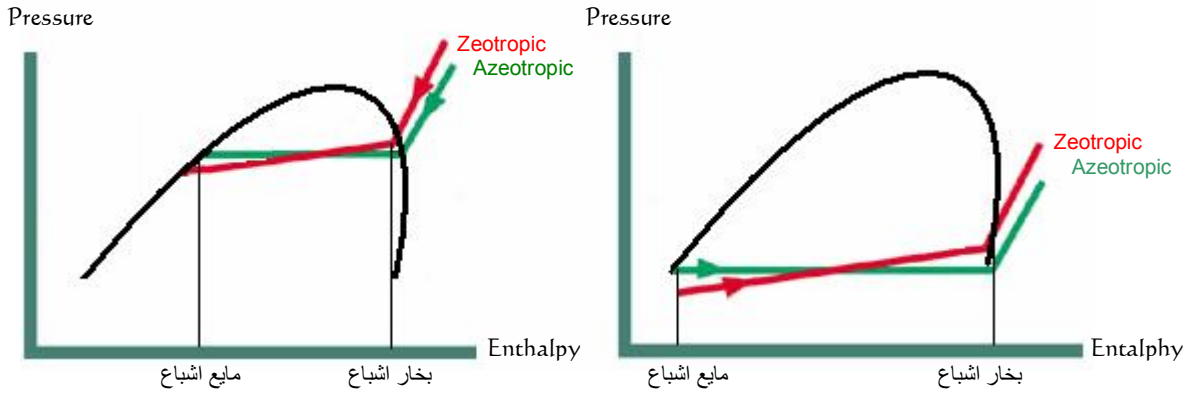
مبردهای مخلوط Zeotropic و Azeotropic

یک مبرد میتواند خالص و یا اینکه خود مخلوطی از چند مبرد دیگر باشد . نمونه هایی از مبردهای خالـــــص R12 (CCl_2F_2) ، R22 ($CHClF_2$) و R13 ($CClF_3$) میباشند و نمونه هایی از مبردهای مخلوط R502 (R22/R115) و R404A (R125/R143a/R134a) میباشند .

اگر یک مبرد که خود مخلوطی از چند مبرد دیگر است با تغییرات دما رفتاری بمانند یک مبرد خالص از خود نشان دهد به آن یک مبرد مخلوط از نوع Azeotropic گویند ولیکن اگر مبرد با تغییرات دما رفتاری مانند رفتار یک مخلوط از خود نشان دهد به آن مخلوط Non-Azeotropic یا Zeotropic گویند .

یک مبرد از نوع مخلوط Azeotropic در یک دمای خاص شروع به تبخیر/ تقطیر مینماید و همانطور که گفتیم میتوان آنرا بعنوان یک مبرد خالص درنظر گرفت و برای آن در یک فشار ثابت و معیین میتوان یک نقطه جوش را مشخص نمود (Boiling point) . ولی یک مبرد از نوع مخلوط Non-Azeotropic یا Zeotropic زمانیکه شروع به تبخیر شدن میکند بیشتر اجزای سبک تشکیل دهنده مخلوط در ابتدا تبخیر شده و سایر اجزای تشکیل دهنده مخلوط که سنگین تر میباشند در مراحل بعدی شروع به تبخیر شدن میکنند . بنابراین برای این دسته از مبردها نمیتوان در یک فشار معیین و ثابت یک نقطه جوش تعیین نمود بلکه نقطه جوش اینگونه مبردها همواره بصورت یک بازه دمایی یا بصورت یک نقطه جوش میانگین ارائه میگردد (Avg. Boiling Point) . در هنگام تقطیر هم دقیقا عکس این عمل اتفاق می افتد بدین صورت که بیشتر اجزای سنگین مخلوط تقطیر شده و در مرحله بعد بقیه اجزای سبک تر تشکیل دهنده مخلوط شروع به تقطیر شدن میکنند . بنابراین هنگام تبخیر/ تقطیر یک مبرد از نوع مخلوط Zeotropic در منطقه اشباع مابین دو نقطه مایع اشباع و بخار اشباع فشار و دما ثابت نمانده و تغییرات دما و فشار را مشاهده میکنیم .

در شکل زیر رفتار دو نوع مخلوط ذکر شده در منطقه اشباع با یکدیگر مقایسه شده است .



شکل ۱ – رفتار دو مخلوط Azeotropic و Zeotropic

همانطور که میدانید فرآیند اواپراتور و کندانسور در فشار ثابت انجام میپذیرد ولیکن مشاهده میشود در سیستمی که از مبرد Zeotropic استفاده میگردد فشار مبرد در مقطع ورودی به اواپراتور کمتر از فشار مبرد در مقطع خروجی از اواپراتور و فشار مبرد در مقطع ورودی به کندانسور بیشتر از فشار مبرد در مقطع خروج از کندانسور است .

برای اینکه شیب نمودار شکل ۱ مابین دو نقطه اشباع برای یک مبرد از نوع Zeotropic به حداقل ممکن برسد لازم است که مبدل بصورت جریان مخالف (Counter-flow) عمل نماید و ترجیها در عضوی مانند کندانسور مرحله تقطیر تا زیر نقطه اشباع یعنی محدوده مایع سرد (Sub-cool) نیز پیش رود تا مطمئن شویم تمام مبرد از حالت بخاربه فاز مایع تبدیل شده است .

هنگام استفاده از مبردهای Zeotropic یکی از مواردی که باعث بروز مشکل در سیستم میشود ، اجتماع مبرد در قسمتی از سیستم مانند مایع شکن ها و رسیورها و مخازنی است که در آنها ممکن است جوشش مبرد صورت گیرد. این مشکل بدلیل تبخیر نشدن تمامی اجزای مبرد مخلوط بطور همزمان و یکسان است . برای اجتناب از این مسئله باید حدالامکان از هرگونه تجمع مایع در سیستم جلوگیری نمود و سیستم بگونه ای طراحی شود که در آن مبرد همواره در جریان باشد .

همچنین بروز هر گونه نشتی در عضوی از سیستم نیز که در فاز اشباع بخارــ مایع کار میکند (کندانسور و اواپراتور) حتی بعد از رفع عیب نیز موجب کم شدن کارآیی سیستم میگردد زیرا به سبب وجود نشتی از سیستم قسمتی از مخلوط که دارای چگالی کمتری است و در فاز بخار قرار دارد از مبرد جدامیگردد و مخلوط باقیمانده از مبرد دارای خواص متفاوتی از مخلوط اولیه خواهد بود .

نام گذاری مبردها

اولین نامگذاری مبردها برای استفاده عمومی در سال ۱۹۵۶ انجام گرفت که بحث در مورد نحوه این نامگذاری در استاندارد ASHRAE 34-1989 ذکر شده است . برخی منابع معتقدند که اینگونه نحوه نام گذاری برای اولین بار توسط کمپانی Dupont پیشنهاد شده است . بر اساس یک قرارداد بین المللی مبردها با حروف R در ابتدای نام آنها شناخته میشوند . در ادامه این حرف R چندین رقم و حرف نیزآورده میشوند که این چند رقم یا حرف معرف ترکیب شیمیائی مولکول مبرد بصورت زیر است :

روش اول نام گذاری

مبردی با نام Rxyz را در نظر بگیرید .

- اگر پارامتر X برابر مقدار صفر باشد به این معنی است که مبرد از سری هیدروکربن **متان** میباشد .

  مانند : R12 (R012) یا R22 (R022)

- اگر پارامتر X برابر مقدار ۱ باشد به این معنی است که مبرد از سری هیدروکربن **اتان** میباشد .

  مانند : R114 یا R134a

- اگر پارامتر X برابر مقدار ۲ باشد به این مفهوم است که مبرد از سری هیدروکربن **پروپان** است .

  مانند : R290

در این گروه از مبردها (۲و۱و۰=X) پارامتر Y معرفی کننده تعداد اتم هیدروژن بعلاوه ۱ و پارامتر Z معیین کننده تعداد اتمهای فلوئور در مولکول مبرد میباشد .

برای نمونه :

مبرد R22 (یا همان R022) با فرمول شمیائی $CHClF_2$ (کلرو دی فلوئورو متان) ، ازسری هیدروکربن متان دارای ۱-۲ یعنی ۱ اتم هیدروژن و ۲ اتم فلوئور میباشد .

مبرد R134a با فرمول شمیائی $C_2H_2F_4$ (تترا فلوئورو اتان) ، از سری هیدروکربن اتان دارای ۱-۳ یعنی۲ اتم هیدروژن و ۴ اتم فلوئور میباشد .

- اگر پارامتر X برابر مقدار ۴ باشد ، به این مفهوم است که مبرد از نوع مخلوط Zeotropic است .

نمونه ای از این مبردها R407C و R407A میباشند .

- اگر پارامتر X برابر مقدار ۵ باشد ، بدین معناست که مخلوط از نوع Azeotropic میباشد . کل مخلوط رفتاری همانند یک مبرد خالص از خود نشان میدهد و مخلوط دارای یک نقطه جوش معین است .

نمونه ای از این مبردها R502 و R507 میباشند .

دو پارامتر Y و Z نیز اعداد ترتیبی هستند که تنها جهت شماره گذاری مبرد بکار میروند .

- اگر پارامتر X برابر مقدار ۶ باشد ، به این معنا است که مبرد یک ترکیب آلی میباشد . از این نمونه میتوان به بوتان R600 ، متیل آمین R630 اشاره کرد .

این دسته از مبردها دارای چندین زیر گروه شامل انواع ترکیبات آلی هیدروکربنی ، ترکیبات اکسیژن ، ترکیبات سولفریک و ترکیبات نیتروژنی میباشند .

دو پارامتر Y و Z بصورت دو رقم تعیین کننده شماره زیر گروه این ترکیب آلی است .

- اگر پارامتر X برابر مقدار ۷ باشد ، یعنی ترکیب یک ترکیب غیر آلی میباشد بمانند : آمونیاک R717 و آب R718 و یا دی اکسید کربن R744 .

دو پارامتر Y و Z نیز در این نامگذاری جرم مولکولی ترکیب را مشخص میکند .

- اگر پارامتر X برابر ۱۱ باشد ، ترکیب یک ترکیب اشباع نشده از خانواده **اتان** ها میباشد مانند : R1150 .
- اگر پرامتر X برابر ۱۲ باشد ، بدین مفهوم است که ترکیب یک ترکیب اشباع نشده از خانواده **پروپان** ها میباشد مانند : R1270

دو پارامتر Y و Z نیز سری ترکیب را مشخص میکند .

روش دوم نام گذاری

مبردی با نام Rxyzp را در نظر بگیرید .

- پارامتر X تعیین کننده تعداد پیوندهای دوگانه کربن=کربن مولکول مبرد میباشد (که غالبا این پارامتر برابر مقدار عددی صفر بوده و نوشته نمیشود) .
- پارامتر Y تعیین کننده تعداد اتمهای کربن موجود در مولکول مبرد منهای یک است .
- پارامتر Z معیین کننده تعداد اتمهای هیدروژن مولکول ترکیب بعلاوه یک است .
- پارامتر P نیز معیین کننده تعداد اتمهای فلوئور مولکول ترکیب است .

توجه کنید که این قاعده نامگذاری شامل نامگذاری مبردهای خانواده R400 (Zeotropic ها) ، R500 (Azeotropic ها) ، R600 (مبردهای آلی) و R700 (مبردهای غیر آلی) نمیشود .

برای نمونه :

مبرد R217 (یا R0217) با فرمول شیمیایی C_3F_7Cl (منوکلرو هپتا فلوئورو پروپان) دارای ۷ اتم فلوئور ، ۱-۱ یعنی صفر اتم هیدروژن ، ۱+۲ یعنی ۳ اتم کربن بوده و دارای هیچ پیوند دوگانه کربن=کربنی نیز نمیباشد .

نکته ۱

- حروف انتهایی کوچک ، معیین کننده ساختار مولکولی ترکیب (ایزومری ترکیب) است .

برای نمونه R600 بوتان یا R600a ایزوبوتان که در هر دو ترکیب فرمول شمیائی C_4H_{10} یکسان است ولیکن نحوه قرارگرفتن اتمها در دو ترکیب متفاوت میباشد که در نتیجه خواص دو ترکیب نیز متفاوت خواهد بود . نمونه دیگر مبرد R216 (دی کلرو هگزا فلوئورو پروپان) با فرمول $C_3F_6Cl_2$ میباشد که درای چندین ایزومر بصورت زیر است :

R216	$CF_3CCl_2CF_3$
R216a	$CF_2ClCF_2CF_2Cl$
R216b	$CF_2ClCFClCF_3$
R216c	$CFCl_2CF_2CF_3$

نکته ۲

- حروف انتهایی بزرگ ، نیز در نامگذاری معیین کننده نسبت سهم اجزای تشکیل دهنده مخلوط است . برای نمونه R407 مخلوطی از مبرد های R32 و R125 و R134a است ، با این تفاوت که R407A دارای مخلوط (20%) R32 و (40%) R125 و (40%) R134a و مبرد R407C مخلوط (23%) R32 و (25%) R125 و (52%) R134a میباشند .

نکته ۳

- در مبردهایی که در آنها عنصر برم (Br) بجای عنصر کلر(Cl) مشاهده میشود ، همین قاعده نامگذاری نیز صادق است با توجه به این نکته که در انتهای نامگذاری حرف B نیز ذکر میگردد بدین معنا که در مولکول ترکیب بجای عنصر کلر عنصر برم موجود است . همچنین رقمی که بعد از حرف B آورده میشود مشخص کننده تعداد اتم برم موجود در ترکیب است .

برای نمونه :

مبرد R13B1 (یا R013B1) با فرمول شیمیائی CF_3Br (برومو تری فلوئورو متان) ، از سری هیدروکربن متان دارای ۱-۱ یعنی صفر اتم هیدروژن و ۳ اتم فلوئور و ۱ اتم برم میباشد .

مبرد R22B1 (یا R022B1) با فرمول شیمیائی $CHBrF_2$ (برومو دی فلوئورو متان) ، از سری هیدروکربن متان دارای ۱-۲ یعنی ۱ اتم هیدروژن و ۲ اتم فلوئور و ۱ اتم برم میباشد .

نکته ٤

- مبردهایی که مولکول آنها یک ترکیب مشتق شده حلقوی شکل میباشد ، در نامگذاری آنها بعد از حرف R حرف C نیز ذکر میگردد ، که از این جمله میتوان به RC316 با فرمول $C_4Cl_2F_6$ (دی کلرو هگزا فلوئورو بوتان) اشاره کرد .

آشنایی با چند مبرد

R11 : تری کلرو فلوئورو متان (CCl_3F)

این مبرد دارای نقطه جوش ^oC ۲۳٫۸+ در فشار ۱ اتمسفر میباشد . از این مبرد علاوه بر استفاده در سیستمهای تبرید بعنوان یک حلال جهت شستشو و بعنوان پف دهنده فوم تزریق شده نیز استفاده میگردد . این مبرد مایعی بی رنگ و بی بو و بسیار فرار است بطوری که در مجاورت هوا سریع تبخیر میگردد . تولید این مبرد بر اساس مصوبه انجمن هوای پاک از اول ژانویه ۱۹۹۶(استاندارد ARI-700) توسط بسیاری از تولید کنندگان متوقف شد .

پس از این سال مبرد HCFC-R123 بعنوان جایگزین مبرد R11 در چیلرهای سانتریفوژ و HCFC-R141b جایگزین مبرد R11 جهت استفاده در تزریق فوم معرفی گردیدند . همچنین بر اساس گزارش منتشر شده در سال ۱۹۹۶ توسط NICNAS

(National Industrial Chemical Notification and Assessment Scheme)

مبرد HCFC-R123 سرطان زا معرفی شده و بر طبق این گزارش اثرات مخرب استفاده از این مبرد بر روی سلامتی پس از گذشت مدت زمان زیادی بروز خواهد کرد .

R12 : دی کلرو فلوئورو متان (CCl_2F_2)

این مبرد دارای نقطه جوش ^oC ۲۹٫۸- در فشار ۱ اتمسفر میباشد و دارای گرمای نهان تبخیر کمی است . وزن مخصوص زیادی دارد بطوریکه وزن مخصوص آن در حالت بخار اشباع ۵ الی ۶ برابر وزن مخصوص آمونیاک است و از این رو افت فشار سیلکولاسیون این مبرد زیاد است .

فرئون ۱۲ و روغن (معدنی) در هم حل میشوند ولیکن در دماهای پائین ۴۰- الی ۴۵- سانتیگراد امکان جدا کردن آن از روغن بواسطه قراردادن سیستم جدا کننده روغن براحتی ممکن میباشد .

تولید این مبرد نیز بر اساس استاندارد ARI-700 توسط بسیاری از تولید کنندگان متوقف شد .

پس از توقف تولید این مبرد ، مبرد R134a با فرمول شیمیایی $C_2H_2F_4$ (تترا فلوئورو اتان) بعنوان جایگزین این مبرد معرفی گردید که در فشار ۱ اتمسفر دارای نقطه جوش ^oC ۲۶- میباشد .

مبرد R134a جایگزین بسیار مناسبی برای R12 است که اثر تخریبی بر روی لایه ازن از خود بجای نمیگذارد .

R134a نسبت به R12 رطوبت بیشتری جذب میکند بطوریکه قدرت حل شدن آن در آب در دمای ^oC۲۵ برابر ppm ۲۸۰۰ میباشد در صورتیکه این عدد برای مبرد R12 برابر ppm ۹۰ است .

از دیگر مبردهای جایگزین R12 میتوان به R413A ، R414A و R414B نیز اشاره کرد .

R22 : منوکلرو دی فلوئورو متان ($CHClF_2$)

این مبرد در فشار ۱ اتمسفر دارای نقطه جوش ^oC ۴۰٫۸- میباشد و بطور وسیعی در سیستمهای خانگی تجاری و صنعتی استفاده میشود . به ازای حجم جابجائی یکسان کمپرسور، ظرفیت برودتی مبرد R22 تقریبا ۶۰٪ بیشتر از مبردR12 میباشد . همچنین فشار کار و دمای آدیاباتیک این مبرد نیز نسبت به مبرد R12 بیشتر است . تولید این مبرد تا سال ۲۰۳۰ توسط تولیدکنندگان مبرد ادامه خواهدیافت .

R502 (R22/R115)

این مبرد مخلوطی از دو مبرد R22 به نسبت ۴۸٫۸٪ و R115 به نسبت ۵۱٫۲٪ میباشد .

فشار کار سیستم با مبرد R502 کمی بیشتر از فشار کار سیستم با مبرد R22 است . نقطه جوش R502 در فشار ۱ اتمسفر برابر ^oC ۴۵٫۴- میباشد .

تولید این مبرد نیز طبق استاندارد ARI-700 توسط بسیاری از تولید کنندگان متوقف شده است .

مبردهایی از قبیل R404A ، R403B و R507 را بعنوان جایگزین این مبرد ، میتوان استفاده نمود .

مبردهای سری ۹

این مبردها در سال ۲۰۰۰ برای اولین بار توسط دو کمپانی سازنده مبردها Rhodia و Dupont تولید و به بازار عرضه شد . معروفترین مبردها از این خانواده سه مبرد با نامهای ۴۹ (R413A) – ۵۹ (R417A) – ۶۹ (R403B) میباشند که هر سه از دسته HFC ها بوده و مقدار عددی پارامتر ODP آنها برابر عدد صفر است . از قابلیت چشمگیر این مبردها قابلیت استفاده از آنها با هر سه نوع روغن متداول در بازار ایران (MO , AB , POE) میباشد . همچنین میتوان از مبرد ۴۹ بجای مبرد R12 – از مبرد ۵۹ بجای مبرد R22 – از مبرد ۶۹ بجای مبرد R502 استفاده نمود با توجه به این که لزومی به تخلیه سیستم از مبرد قبلی نیست بلکه میتوان از هر یک از دو نوع مبرد نام برده را با هم بطور همزمان و بطور مخلوط استفاده نمود .

اثرات مخرب مبردها بر محیط

علاوه بر انتشار مواد سمی یا مواد منفجر شونده ، انتشار مبردها در محیط پیرامون نیز باعث بروز مشکلاتی برای بشر خواهد شد . مبردها بر حسب میزان خسارتی که به لایه ازن و محیط پیرامون ما میرسانند طبقه بندی میشوند . میزان این زیان با مقدار دو پارامتر ODP (the ozone depletion potential) و GWP (the global warming potential) سنجیده میشود .

ODP

در دهه ۱۹۷۰ شیوع سرطان پوست بشر را مجبور کرد که برای زندگی بر روی زمین در مورد لایه ازن بیشتر بداند . ۹۰٪ لایه ازن در قسمت استراتوسفر (که در ارتفاع ۱۰ الی ۵۰ کیلومتری بالای زمین قرار دارد) قرارگرفته است . این لایه مانع از رسیدن اشعه ماوراء بنفش خورشید به سطح زمین میشود . نبود این لایه محافظ باعث ایجاد بیماریهای از قبیل سرطان پوست و آب مروارید ، کاهش رشد گیاهان ، خسارت به اکو سیستم اقیانوسها ، صدمه زدن به زندگی حیات وحش و حتی صدمه زدن به مواد بکار رفته در سازه ها و ساختمانها میشود .

در سال ۱۹۸۰ برای اولین بار مشاهده شد لایه ازن در قطب جنوب بشدت ضخامت خود را از دست داده است . در زمستان ابرهای سرد قطبی ($-78^{o}C$) لایه استراتوسفر ذرات ریز بخارآب ، نیتروژن و اکسید نیتروژن یخ زده را در خود نگه میداشتند . همچنین ترکیباتی مانند کلرید هیدروژن ، هیدروکلرید اسیدها و نیترات کلر بصورت غیرفعال در این ابرها مشاهده میشدند . با پایان یافتن زمستان سرد و افزایش دما اشعه ماوراء بنفش خورشید با ذرات غیر فعال ابرهای سرد لایه استراتوسفر برخورد کرده و با فعال نمودن آنها توسط معادله زیر شروع به تخریب لایه ازن مینمود :

$$Cl + O_3 \rightarrow O_2 + ClO$$
$$(Br + O_3 \rightarrow O_2 + BrO)$$

هرچند مولکول مونو اکسید کلر ClO (یا BrO) ناپایدار است ولیکن این معادله بقدری انجام میپذیرفت که مقداری ترکیب پایدار تشکیل شود . ترکیباتی که در آنها عنصر برم نیز موجود بود بر طبق همین معادله باعث تخریب لایه ازن میشدند . این رخدادها همه تاثیر انتشار موادی از قبیل CFC ها ، HCFC ها ، متیل بروماید و .... توسط بشر در هوا بود .

مقدار عددی پارامتر ODP برای مبرد CFC-R11 را بطور پیش فرض برابر عدد ۱ درنظر میگیرند و ODP سایر ترکیبات نسبت به مبرد R11 سنجیده میشوند برای نمونه ترکیبات CFC و HCFC دارای عدد ODP بین ۰,۰۱ تا ۱,۰ میباشند . ترکیباتی همانند BFC ها که در آنها عنصر برم (Br) مشاهده میشود دارای عدد ODP بالاتر از ۱۰,۰ هستند . تتراکلراید کربن دارای OPD برابر ۱,۲ است . متیل کلروفرم دارای ODP بر ابر ۰,۱۱ میباشد و ترکیبات HFC که در آنها عنصر کلر خذف شده است دارای ODP برابر صفرهستند .

هرچه مقدار عددی پارامتر ODP بیشتر باشد ترکیب در تخریب لایه ازن نقش بیشتری ایفا میکند .

GWP

در دهه ۱۹۹۰ بشر با مشکل دیگری بنام گرم شدن تدریجی هوای پیرامون کره زمین مواجه شد .

کره زمین توسط لایه نازکی بنام اتمسفر احاطه شده است . وجود همین لایه است که امکان زیستن بر روی کره زمین را برای بشر فراهم نموده و زمین را از سایر سیارات منظومه شمسی متمایز کرده است . انتشار گازهای گلخانه ای (Greenhouse gases) در جو با به تله انداختن گرمای منعکس شده از سطح زمین و محبوس کردن آن سبب گرم شدن تدریجی هوای زمین شده و اجازه نخواهند داد گرمای زمین به فضای بیرون جو بازتابانده شود . هر قدر میزان غلظت این گازها در هوا بیشتر باشد ، میزان محبوس شدن گرمای بازتابیده نیز ، بیشتر خواهد بود. بعد از انقلاب صنعتی میزان ترکیبات Co_2 بمقدار ۲۸٪ ، ترکیبات متان ۱۴۵٪ و اکسید نیتروژن ۱۳٪ در جو افزایش یافته اند (این ۳ گاز از مهمترین گازهای گلخانه ایی میباشند) . ترکیباتی از قبیل HFC ها ، PFC ها و SF_6 نیز از گازهای گلخانه ای بشمار میروند . هرچند مقدار این گازها در جو نسبت به سایر گازهای گلخانه ی کمتر است ولیکن زمان حیات این گازها و پایداری آنها نسبت به سایر گازهای گلخانه ایی بیشتر میباشد .

پارامتر GWP معیین کننده شدت تاثیر یک ماده هنگام انتشار در محیط ، بر گرم شدن کره زمین است و هرچه مقدار عددی این پارامتر بیشتر باشد انتشار ماده موردنظر تاثیر بیشتری در گرم شدن تدریجی کره زمین دارد .

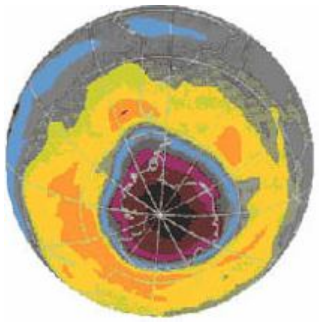
بطور پیش فرض این مقدار را برای مبرد R744 (گاز دی اکسید کربن Co_2) برابر ۱ در نظر میگیرند .

مبرد CFC-R12 دارای GWP برابر ۸۵۰۰ مبرد CFC-R11 دارای GWP برابر ۵۰۰۰ و مبردهای HFC و HCFC دارای مقدار GWP بین ۹۳ تا ۱۲۱۰۰ میباشند . آب ترکیبی است که درای GWP برابر صفر است .

توجه کنید که هنگام استفاده از منابع مختلف جهت مقایسه GWP ترکیبات ، ممکن است با اعداد مختلفی روبرو شوید که این اختلاف در بیان اعداد مختلف بدلیل زمان های مختلف انجام تحقیق و یا روش های مختلف تحقیق میباشد .

TEWI (total environmental warming impact)

یکی دیگر از پارامترهایی که جهت مقایسه اثرات مخرب یک ماده بر گرم شدن کره زمین بکار میرود TEWI میباشد . GWP معین کننده اثر تخریبی یک ماده بطور مستقیم بر گرم شدن هوای کره زمین میباشد ولیکن TEWI نمایانگر اثر تخریبی مستقیم و غیر مستقیم یک ماده بر گرم شدن کره زمین است که اثر غیر مستقیم آن بواسطه احتراق سوختهای فسیلی و آزادشدن Co_2 در پروسه تولید این ماده میباشد .



شکل ۲ – این تصویر توسط ماهواره آمریکایی Nimbus-7 در ۳ اکتبر ۱۹۹۷ گرفته شده است
که میزان تخریب لایه ازن در قطب جنوب را نشان میدهد .

دسته بندی مبرد ها

میتوان مبرد های بکار رفته در سیستمهای تبرید را بطور اجمالی به صورتهای زیر تقسیم بندی نمود :

تقسیم بندی از لحاظ ترکیب شیمیائی

۱- CC (کلرو کربن ها) که شامل دو عنصر کلر و کربن میباشند .

مانند مبرد : R10 و ...

۲ - CFC (کلروفلوئوروکربن ها) که شامل سه عنصر کلر ، فلوئور ، کربن میباشند .

مانند مبرد : R502 ، R12 ، R11 و ...

۳ - BFC (بروموفلوئوروکربن ها) که شامل سه عنصر برم ، فلوئور ، کربن میباشند .

مانند مبرد : R13B1 ، R22B1 و ...

۴ - HCFC (هیدروکلروفلوئوروکربن ها) که شامل چهار عنصر : هیدروژن ، کلر، فلوئور ، کربن میباشند

مانند : R22 ، R401A ، R402B و ...

۵- HFC (هیدروفلوئوروکربن ها) که شامل سه عنصر هیدروژن ، فلوئور ، کربن میباشند .

مانند : R134a ، R404A ، R507 و ...

۶ - PFC (فلوئورو کربن ها) که شامل دو عنصر فلوئور و کربن میباشند .

مانند : R218 ، R14 ، R116 و ...

۷ - HC (هیدرو کربن ها) که شامل دو عنصر هیدروژن و کربن میباشند .

مانند : R600 ، R50 ، R290 و ...

۸ - مبردهای غیر آلی از قبیل : (NH_3) R717 ، (CO_2) R744 ، (H_2O) R718 و .... .

تقسیم بندی مبرد ها از لحاظ کاربرد در ایجاد برودت

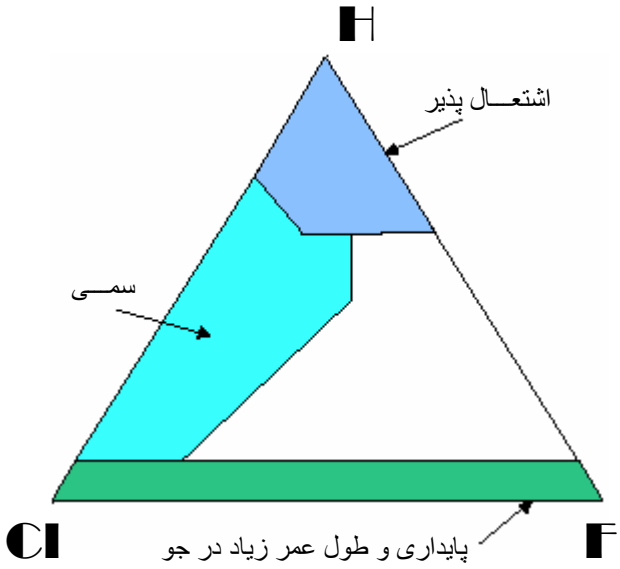
۱ – مبردهایی که بطور معمول در سیستمهای تهویه مطبوع بکار گرفته میشوند. مانند : R407C ، R410A

۲ – مبردهایی که معمولا هم در سیستمهای تهویه مطبوع و هم در سیستمهای تبرید (ایجاد دمای نه چندان پائین) استفاده میگردند. مانند : R134a ، R22

۳ – مبردهایی که معمولا در سیستمهای تبرید (ایجاد دمای پائین) استفاده میگردند. مانند : R404A ، R502

۴ – مبردهایی که در سیستمهای تبرید (ایجاد دمای مادون سرد) استفاده میگردند. مانند : R23 ، R13 ، R503

مبردهای نوع CFC بطور وسیعی در صنعت و تجهیزات خانگی استفاده می شد ولیکن از دهه ۹۰ تولید و استفاده از این مبردها ممنوع شده و جای خود را به مبردهای HCFC و HFC داده اند . تولید مبردهای HCFC نیز بر طبق تعهد بین المللی تا سال ۲۰۳۰ میلادی ادامه خواهد یافت .
مبردهای هیدروکربنی و ترکیبات آن اکثرا از ترکیب عناصر هیدروژن ، فلوئور ، کلر (و بعضا برم یا نیتروژن) با کربن بدست می آیند .
افزایش کلر موجود در ترکیب یک مبرد سبب افزایش پارامتر ODP ترکیب ، افزایش نقطه جوش و افزایش میزان سمیت مبرد میشود . از مقایسه CFC ها و HCFC ها و HFC ها مشاهده میشود که HCFC ها نسبت به CFC ها دارای عدد ODP بمراتب کمتری هستند و HFC ها نیز که در ترکیب آنها عنصر کلر حذف گردیده دارای پارامتر ODP برابر صفر میباشند .
افزایش فلوئور در ترکیب مبرد باعث افزایش پارامتر GWP مبرد میگردد که این افزایش بدلیل افزایش قابلیت جذب اشعه فروسرخ خورشید توسط پیوندهای کربن ـــ فلوئور ترکیب است . همچنین افزایش فلوئور سبب افزایش طول عمر مبرد در هوا و ماندگاری آن در جو نیز میگردد . برای نمونه PFC ها مبردهایی هستند که دارای عدد ODP برابر صفر هستند ولیکن میزان ماندگاری آنها در جو زیاد است .
افزایش عنصر هیدروژن در مولکول یک مبرد باعث افزایش قابلیت اشتعال مبرد و کم شدن پایداری و طول عمر مبرد در جو میگردد که این خود به مفهوم پارامتر GWP با مقدار عددی کمتر است . برای نمونه HC ها مبردهایی هستند که GWP آنها از ۵ کمتر بوده ولیکن بشدت قابل اشتعال میباشند .
استفاده از مبردهای قابل اشتعال ، تنها به کشورهای اروپائی محدود شده است و بسیاری دیگر از کشورها بر اساس استاندارد ISO 55149 و EN 378.2000 استفاده از مبردهای قابل اشتعال را ممنوع کرده اند .



شکل ۳ – میزان تاثیر هر یک از عناصر کلر ، فلوئور ، هیدروژن بر روی خواص مبرد
در این شکل نشان داده شده است .

آمونیاک (NH_3) مبردی است که از دهه ۱۸۷۰ در سیستم های تبرید مورد استفاده قرار گرفتـه اسـت . دارای عـدد ODP و GWP برابـر صـفر بوده و نشتی در سیستم براحتی بواسطه بو کشیدن قابل تشخیص میباشد . آمونیاک مبردی سمی بوده و تـنفس آن باعـث بـروز اخـتلال در سیـستم تنفسی میشود و این یکی از دلایلی است که استفاده از این مبرد به سیستمهای صنعتی محدود شده است .

دی اکسید کربن (CO_2) مبردی است که قابل اشتعال نبوده ، اثرات مخربی بر روی لایه ازن از خود بجای نمیگذارد ، سمیت بسیار کمی داشـته و به مقدار زیاد قابل دسترسی است . سیستم تبریدی که از این مبرد بعنوان سیال عامل استفاده میکند دارای بـازدهی کـم و فـشار کـار بـالا میباشـد . بهمین دلیل استفاده از این مبرد در سیکل های تبرید بمقدار قابل توجهی کم است . آینده استفاده از این مبرد نیز تنهـا بـه تهویـه مطبـوع و صـنعت اتومبیل سازی محدود خواهد شد .

کلاس / گروه سلامتی و ایمنی یک مبرد

مبردها از لحاظ ایمنی و سلامتی برای انسانها در دو کلاس و سه گروه طبقه بندی میشوند . این کلاس ها و گروه ها به تعریف ASHRAE بصورت زیر میباشند :

- اگر مبردی در کلاس A باشد بمعنای این است که وجود مبرد به غلظت کمتر از ppm ۴۰۰ در حجم معرف سمی بودن آن نیست .
- اگر مبردی در کلاس B باشد بمعنای این است که وجود مبرد به غلظت کمتر از ppm ۴۰۰ در حجم نیز نشان دهنده سمی بودن آن است .

- مبرد گروه ۱ : مبرد انتشار یافته در هوا در شرایط محیطی $۷۰^{o}F$ و فشار PSI ۱۴,۷ قابل اشتعال نمیباشد محدودیتی در استفاده از این گروه از مبردها وجود ندارد و هنگام نشت و انتشار مبرد در فضا شرایط خطرناکی ایجاد نخواهد شد .
- مبرد گروه ۲ : مبرد دارای قابلیت اشتعال کمی بوده و هنگام انتشار مسمویت و شرایط خطرناکی ایجاد میکند . از مبردهای این گروه در سیستمهای تهویه مطبوع استفاده نمیشود .
- مبرد گروه ۳ : مبرد دارای قابلیت اشتعال بالایی میباشد و محدودیت جدی در زمینه بکارگیری از این مبردها وجود دارد . اگر مبرد جدیدی طبقه بندی نشده باشد تا زمان گروه بندی در این گروه قرارمیگیرد .

	سمیت کمتر	سمیت بیشتر
قابلیت اشتعال زیاد	**A3**	**B3**
قابلیت اشتعال کم	**A2**	**B2**
غیر قابل اشتعال	**A1**	**B1**

در جدول زیر پارامترهای ODP و GWP و کلاس ایمنی برخی از مبردها آورده شده است :

نام مبرد	نام شیمیایی	فرمول شیمیایی	کلاس/گروه ایمنی	زمان بقا در جو (سال)	ODP	GWP
R11	تری کلرو فلوئورو متان	CCl_3F	**A1**	**50**	**1**	**3800**
R12	دی کلرو دی فلوئورو متان	CCl_2F_2	**A1**	**102**	**1**	**8100**
R22	کلرو دی فلوئورو متان	$CHClF_2$	**A1**	**12.1**	**.055**	**1500**
R32	دی فلوئورو متان	CH_2F_2	**A2**	**5.6**	**0**	**650**
R123	۲،۲- دی کلرو ۱،۱،۱- تری فلوئورو اتان	$CHCl_2CF_3$	**B1**	**1.4**	**.02**	**90**
R125	پنتا فلوئورو اتان	CHF_2CF_3	**A1**	**32.6**	**0**	**2800**
R134a	۱،۱،۱،۲- تترا فلوئورو اتان	CF_3CH_2F	**A1**	**14.6**	**0**	**1300**
R404A	R125/R143a/R134a (44/52/4) %		**A1**		—	**3260**
R407C	R32/R125/R134a (23/25/52) %		**A1**		**0**	**1530**
R410A	R32/R125 (50/50) %		**A1**		**0**	**1730**
R500	R12/R152a (74/26) %		**A1**		**.74**	**6010**
R290	پروپان	$CH_3CH_2CH_3$	**A3**	**<1**	**0**	**~0**
R717	آمونیاک	NH_3	**B2**	—	**0**	**0**
R718	آب	H_2O	**A1**	—	**0**	**0**
R744	دی اکسید کربن	CO_2	**A1**	—	**0**	**1**

مبردها و روغن ها

در یک سیستم تبرید همانند بسیاری از سیستمها که در آنها قطعات متحرکی وجود دارد از روغن نیز استفاده میشود. از این روغن ، جهت روغن کاری قطعات متحرک بمانند قطعات داخلی متحرک کمپرسور و یا شیرهای فشارشکن ترموستاتیک (Thermo Expansion Valves) استفاده میگردد .

در اواپراتورهای از نوع DX (Direct Expansion) سیکل تبرید باید بگونه ای طراحی شود که اطمینان داشته باشیم روغن اختلاط یافته در مبرد سیکل تبرید را طی میکند و به محفظه روغن جا گرفته در زیر کمپرسور بازمیگردد و در محلی از سیکل به تله نمی افتد .

در اواپراتورهای از نوع مایع شناور (Flooded) روغن اختلاط یافته در مبرد در اواپراتور بسادگی به تله افتاده و در آن مجتمع میگردد و بطور معمول سیستم بازگشت روغن از اواپرتور به محفظه روغن کمپرسور وجود دارد (بحث در مورد تفاوت میان عملکرد این دو نوع اواپراتور از این مقاله خارج میباشد) .

مهمترین عواملی که باعث میشود روغن اختلاط یافته در مبرد سیکل تبرید را طی کرده و به محفظه روغن کمپرسور بازگردد ، هندسه لوله کشی ، هندسه اجزای سیستم و سرعت گذر مبرد از لوله ها میباشد که این عوامل بر میزان قابلیت اختلاط و حل شدن روغن در مبرد ارجعیت دارند .

انواع روغن های بکار رفته (در کمپرسور) سیکلهای تبرید عبارتند از :

۱ – Mineral (MO) (معدنی)

۲ – Polyol Ester (POE)

۳ – Alkylbenzene (AB)

۴ – Polyalkylene Glycol (PAG)

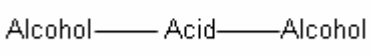
۵ – Poly Alpha Olefin (PAO)

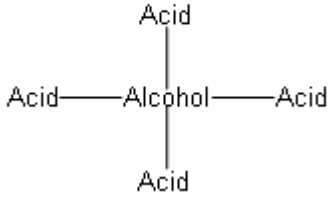
٦ – Polyvinyl Ether (PVE)

دو نوع اول یعنی روغن های MO و POE از شایعترین نوع روغن مورد استفاده در بازار و صنعت تبرید ایران میباشند . روغن های MO (معدنی) از نفت خام و روغن های POE موادی مصنوعی هستند که از الکل بدست می آیند .

Polyol esters (POE)

Diester





- CFC ها معمولا با روغن های MO و AB بکار گرفته میشوند . کلر موجود در اینگونه مبردها باعث ایجاد اختلال و حل شدن مبرد در روغن شده و نیاز به هیچگونه ترکیب اضافی در رو غن نیست .

- HCFC ها معمولا هم با روغن های MO و AB و هم با روغن های POE بکارگرفته میشوند (**هرچند قابلیت استفاده HCFC ها با روغن های POE توسط کمپانی های سازنده مبرد بطور یقین تایید نشده است**)

- HFC ها هم مبردهایی هستند که معمولا با روغن های از نوع POE مورد استفاده قرارمیگیرند .
R134a مبردی است که از خانواده HFC ها بوده ، ولیکن علاوه بر POEها ، قابلیت حلالیت خوبی در روغن های نوع PAG نیز از خود نشان میدهد .

- بهترین روغن برای استفاده با مبردهای غیر آلی R744 (Co_2) و R717 (NH_3) نیز در سیستمهای تبرید ، MO و PAO میباشند

البته در میان استثنائهایی نیز وجود دارد . از آن جمله میتوان به مبرد R422A اشاره نمود که از دسته HFC ها بوده ولیکن بنابر ادعای دو کمپانی سازنده Dupont و Rhodia این مبرد با روغن های MO و POE وAB
قابل استفاده است . از نمونه های دیگر مبرد R416A میباشد که از دسته HCFC ها بوده ولیکن بنا به توصیه کمپانی سازنده این مبرد Dupont بهتر است این مبرد با روغن از نوع POE بکارگرفته شود .
توجه کنید که استفاده همزمان دو نوع روغن MO و POE با هم در کمپرسور سیستم تبرید باعث ایجاد اختلال در انتقال حرارت دو جزء کندانسور و اواپراتور خواهد شد .
هنگام تعویض روغن کمپرسور یک سیستم تبرید از MO به AB ، باید حداقل در حدود ۵۰ الی ۸۰ درصد روغن MO قبلی از سیستم حذف گردد و هنگام تعویض روغن کمپرسور یک سیستم تبرید از MO یا AB به POE باید حداقل درحدود ۹۵ درصد روغن قبلی از سیستم حذف گردد .
روغن های نوع POE به شدت جاذب آب و رطوبت هستند و اگر رطوبت وارد سیستم تبرید شود خطر تشکیل اسید وجود دارد که این اسید ممکن است به کمپرسور و سایر قطعات سیستم صدمه وارد نماید .
همچنین اینگونه روغنها ظاهرا قابلیت پاک کنندگی و تمیزکنندگی نیز دارند که این نیز به نوعی میتواند موجب بروز مشکل در سیستم شود . بدین صورت که ، ذراتی که در این روغن حل نشده ولیکن از قطعات سیستم جداشده اند ممکن است در نازل Expansion Valve مجتمع گردیده و مانع از عبور مبرد مایع به درون اواپراتور گردند . البته این مشکلات با نصب فیلتر و درایر کافی در مسیر خط مایع سیستم قابل پیشگیری است .

در زیر مشخصات دو نوع روغن با برند *Suniso* و *Shell* ذکر گردیده است .

SUNISO SL Series ***Polyol Ester*** Oils

Type	SL15	SL22	SL32	SL46	SL68	SL100
Density at 15ºC Kg/L	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96
Viscosity at 40ºC cSt	***15.5***	***22.0***	***32.0***	***47.2***	***70.1***	***100***
Viscosity at 100ºC cSt	3.6	4.6	5.8	7.2	9.1	11.3
Viscosity Index	115	127	125	120	109	106
Flash Point ºC	235	232	235	235	252	254
Pour Point ºC	<-62	-48	-48	-44	-36	-36
Color	L0.5	L0.5	L0.5	L0.5	L0.5	L0.5
Water ppm	<100	<100	<100	<100	<100	<100

SHELL CLAVUS G Series ***Mineral*** Oils

Type	G32	G46	G68	G100
Density at 15ºC Kg/L	0.884	0.889	0.894	0.898
Kinematic Viscosity *at 40ºC cSt* at 100ºC cSt	***30*** 4.6	***44*** 5.6	***65*** 7.0	***95*** 8.6
Flash Point ºC	195	195	205	215
Pour Point ºC	-42	-39	-36	-30
Floc Point ºC - R12	<-50	-48	-45	-40
Flowability in U-tube ºC	-34	-29	-25	-20

جدول

جدول ارائه شده در ضمیمه مقاله لیستی شامل شایعترین مبردهای مورد استفاده بهمراه نام تجاری آنها ، روغن مناسب و قابل استفاده با این مبردها ، نقطه جوش آنها در فشار ۱ اتمسفر و نحوه استفاده از HFC ها و HCFC ها بعنوان جایگزین مبردهای CFC را ، در خود دارد .

منابع :

1 - ISCEON Refrigerants Programmes and Information (www.isceon-refrigerants.com)
2 - A Technical Handbook About Refrigerant Applications (www.swep.se)
3 - Bitzer Refrigerant Report
4 - ASHRAE Refrigeration Handbook (www.ashrae.org)
5 - McQuay International (www.McQuay.com)
6 - The Australian Institute of Refrigeration Air Conditioning and Heating Inc (AIRAH) (www.airah.org.au)
7 – Dupont Suva General Replacement Guide And Technical Information (www.dupont.com/Suva) and (www.refrigerants.Dupont.com)
8 - Atofina , Manufacturer Of Refrigerants (www.atofinaChemicals.com)
9 - International Institude of Refrigerants (www.iifiir.org)
10 - A-GAS Company , Manufacturer Of Refrigerants (www.agas.com)