

مبردها این مواد مفید و پر در دسترس!

نوشته‌ی: James M. Calm, P.E.



بخش قابل توجهی از نگرانی‌های فعلی در مورد انتخاب مبرد، توجیه‌پذیر نیست. مهندسين، مالکين و ديگر افرادی که درگیر این مساله هستند باید به مشخصات سنتی چیلر براساس هزینه، کارایی، پشتیبانی تولیدکننده‌ی محلی، انتخاب‌های خدماتی موجود و اتکاپذیری مراجعه نمایند. با پیدایش انتظارات سخت‌گیرانه‌تر زیست محیطی، آنان همچنین باید تمام گام‌های عملی برای کاهش انتشار مبردها و افزایش بازدهی سیستم را در نظر بگیرند. انتخاب مبرد تا اواخر سال ۱۹۸۹ کاری ساده و با حداقل ساده‌تر از امروز بود. انتخاب‌های موجود در آن زمان برای چیلرهای سانتریفیوژ (توربو)، به مبردهای R-11، R-12، R-22 و R-500 محدود می‌گردید. نیازهای ویژه مانند ظرفیت‌های پایین یا کارکرد در دماهای چگالش بالا برای بازیافت گرما، به ترتیب کاربرد مبردهای R-113 یا R-114 را می‌طلبید. اغلب مهندسان، یا مبرد مطلوب را تعیین نمی‌کردند و یا تحت‌تأثیر انتخاب‌های پیشنهاد شده در مناقصه‌های موجود قرار می‌گرفتند. آن‌ها تنها ظرفیت، مشخصات کارکرد، لوله‌کشی‌های لازم، توان و مشخصات کنترلی را مشخص می‌نمودند.

انتخاب‌های اولیه

مبرد R-11 که یک کلروفلوئوروکربن (CFC) است، به دلیل بازدهی و قیمت مناسبی که در چیلرهای فشار پایین داشت، اصلی‌ترین انتخاب به‌شمار می‌آمد. حدود دو سوم تاسیسات سانتریفیوژ از این مبرد استفاده می‌کردند. چیلرهای R-11 بیشتر نسبت به تمام انواع سانتریفیوژ دیگر در حال حاضر در حال کار می‌باشند، هرچند تولید آن‌ها در کشورهای توسعه یافته در سال ۱۹۹۴ متوقف شده است. این تناقض از تعداد زیاد تاسیسات نصب شده، همراه با سرعت پایین جایگزینی و تبدیل این گونه چیلرها، ناشی می‌شود. معمول‌ترین انتخاب بعد از این مبرد، مبرد R-12 بود که محدوده ظرفیت چیلرهای سانتریفیوژ را به ظرفیت‌های پایین‌تر تعمیم داد و همچنین زمانی که بازدهی بسیار بالا مورد نیاز نبود، بسیار مقرون به صرفه به‌شمار می‌آمد.

مبرد R-500 در چیلرهای سانتریفیوژ برای دست‌یابی به ظرفیت‌های مشابه R-12 دارای موتورهای ۶۰ هرتز، با استفاده از موتورهای ۵۰ هرتز برای طراحی‌های مشابه به‌کار گرفته شد. این مبرد بعدها در تجهیزات ۶۰ هرتز نیز برای گسترش محدوده‌ی ظرفیت‌های موجود به‌کار گرفته شد. فرکانس ۵۰ هرتز در اروپا، بخش‌هایی از ژاپن و آسیا فرکانس استاندارد بوده و برق ۶۰ هرتز نیز در اغلب بخش‌های آمریکای شمالی و بخش‌هایی از ژاپن، به‌کار گرفته می‌شود. اکثر چیلرها با کمپرسورهای اسکرو، پیستونی یا پیچی (جابه‌جایی مثبت) از مبرد R-22 که یک مبرد هیدروکلروفلوئوروکربن (HCFC) فشار بالاست، استفاده می‌کردند. این مبرد چند منظوره همچنین در بزرگ‌ترین چیلرها که ظرفیت آن‌ها از ۵ MWt (۱۴۰۰ تن) با استفاده از کمپرسورهای سانتریفیوژ فراتر می‌رفت، در صدر انتخاب‌های موجود برای مبردها قرار داشت. تعداد نسبتاً اندکی از سیستم‌ها (کمتر از ۱۰ درصد کل سیستم‌ها) از مبرد R-717 یا آمونیاک استفاده کرده و یا چیلرهای سیکل جذبی بودند. اغلب این چیلرها از آب و لیتیم برماید به‌عنوان مبرد و ماده جاذب استفاده می‌کردند.

مبرد R-11 که یک کلروفلوئوروکربن (CFC) است، به دلیل بازدهی و قیمت مناسبی که در چیلرهای فشار پایین داشت، اصلی‌ترین انتخاب به‌شمار می‌آمد



حذف اواپراتورهای انباشته) برای اجتناب از جدا شدن اجزای مخلوط مبرد می‌باشد. برخی طراحی‌های جدید R-407C با استفاده از سیکل لورنتز برای افزایش بازدهی، از امکانات این مبرد استفاده می‌کنند. تعداد اندک، اما رو به افزایشی از چیلرها نیز از R-717 (آمونیاک) و همچنین مبردهای دیگری مانند R-290 (پروپان)، R-600 (نرمال بوتان)، R-600a (ایزو بوتان)، R-1270 (پروپیلن) یا مخلوطی از این مبردها استفاده می‌کنند. پذیرش این سیستم‌ها در اروپا بیش از بخش‌های دیگر دنیا بوده است. چیلرهای سیکل جذبی که اغلب آن‌ها از آب و لیتیوم بروماید استفاده می‌کنند، کمتر از ۲ درصد از چیلرهای امریکای شمالی را تشکیل می‌دهند. این درصد شامل چیلرهای کوچک آمونیاک/ آب که با سیستم‌های تهویه مطبوع یکپارچه رقابت می‌کند نمی‌گردد، بلکه کمتر از ۰/۲ درصد از سهم بازار در این کاربرد را به خود اختصاص می‌دهد. با این‌که نشانه‌هایی از رونق گرفتن توجه به چیلرهای سانتریفیوژ در ژاپن به چشم می‌خورد، اما چیلرهای سیکل جذبی از عمومیت بسیار بیشتری نسبت به چیلرهای سانتریفیوژ در این کشور برخوردارند. این تمایل محلی عمدتاً به دلیل اختلافات موجود در منابع انرژی، هزینه‌های مربوطه و قوانین مربوط به ساخت این تجهیزات می‌گردد.

چه چیزی تغییر کرده است؟

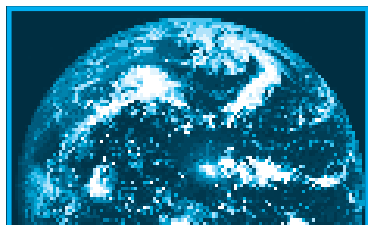
تولیدکنندگان تجهیزات و نه مهندس طراح سیستم یا مالک ساختمان، انتخاب مبردها را انجام داده‌اند. مالکان و مهندسان همان قدر به این انتخاب کم توجه بوده‌اند که به دیگر بخش‌های



استفاده می‌شود، اما هیچ تولیدکننده‌ای این مبرد را برای چیلرهای جدید در کاربردهای ثابت زمینی، عرضه نمی‌نماید. هرچند R-22 هنوز هم در چیلرهای کوچک‌تر که از کمپرسورهای جابه‌جایی مثبت استفاده می‌کنند مبرد غالب به‌شمار می‌آید، اما این تصویر در حال تغییر کردن است. طراحی‌هایی که از مبرد R-134a و همچنین R-407C و R-410A (که هر دو مخلوطی از HFCها هستند) استفاده می‌کنند، برای جایگزین کردن سیستم‌های R-22 وارد میدان شده‌اند. تعدادی از چیلرهای کوچک که عمدتاً در اروپا قرار دارند، از R-404A (که آن هم مخلوط HFCهاست) استفاده می‌کنند. هرچند مشخصات دما - فشار در R-407C شبیه به R-22 است، اما کاربرد آن مستلزم تغییرات طراحی (به‌عنوان مثال

انتخاب‌های فعلی

انتخاب‌های امروزی برای چیلرهای سانتریفیوژ، عبارتند از R-22 در ظرفیت‌های کوچک و بسیار بزرگ، R-123 و R-134a. تعادل بین R-123 و R-134a مانند R-11 و R-12 می‌باشد. تقریباً دو سوم از تاسیسات جدید از R-123 که یک HCFC فشار پایین است، استفاده می‌کنند. بخش عمده‌ای از تجهیزات باقی‌مانده از R-134a که یک HFC فشار متوسط است، بهره می‌گیرند. مقبولیت R-134a در کاربردهای دیگر بسیار بیشتر است و به نظر می‌رسد جایگزین R-22 به‌عنوان پر مصرف‌ترین مبرد، گردد. در تبدیل چیلرهای قدیمی R-114 (که یک CFC است) در کشتی‌های نظامی و به‌خصوص زیردریایی‌ها، از R-236fa (که یک HFC فشار متوسط است)



است از گرم شدن هوا نفع ببرند. متاسفانه، گرم شدن آب و هوا باعث گسترش بیماری‌های مختلف گردیده و همچنین افراد بسیاری که در نزدیکی سطح دریا زندگی می‌کنند در خطر بروز سیل ناشی از افزایش سطح آب در دریاها خواهند بود. همچنین، تغییرات سریع آب و هوایی باعث صدمه رسیدن به محصولات کشاورزی و حیات گیاهی خواهد گردید.

دانشمندانی مانند J.D. Mahlman این ادعا را مطرح می‌نمایند که در حال حاضر میزان دی‌اکسید کربن نسبت به گذشته دو برابر شده و احتمال آن می‌رود که این مقدار تا سال ۲۱۰۰ به چهار برابر افزایش یابد. دی‌اکسید کربن، همان‌طور که می‌دانیم، اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای به‌شمار می‌آید.

دانشمندی دیگر به نام D. L. Albritton یک دیدگاه منحصر به‌فرد در این مورد دارد. وی پیشنهاد می‌کند که تاریخ‌دانان باید پاسخ به تخریب لایه ازن را به‌عنوان یک دوره آموزشی الزامی برای آمادگی جهت موارد دشوارتر در تغییر آب و هوای زمین، مورد توجه قرار دهند. بحث در مورد مسایل زیست محیطی از انکار اثرات مخرب یا مطرح کردن جزئیات مربوط به مزایای تغییرات آب و هوایی، تا هشدارهای جدی در مورد عواقب وخیم این مساله، متغیر است.

«هیات بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (IPCC) در آخرین بررسی‌های خود به این نتیجه رسیده است که شواهد روشنی وجود دارد که نشان می‌دهد تغییرات آب و هوایی زمین آغاز شده است. سهم فعلی HFCها در کل انتشار گازهای گلخانه‌ای تقریباً جزیی است. مقدار آن به‌عنوان معادل دی‌اکسید کربن کمتر از ۲ درصد با احتساب اختلاف موجود در «قابلیت گرم کردن زمین (GWP)» در مورد این دو ماده است. مقدار این ماده ناشی از میردها، حتا از این مقدار نیز پایین‌تر است. اما با این وجود، اثرات کلی HFC نسبت به گازهای دیگری که در پروتکل کیوتو مورد اشاره قرار گرفته‌اند، با رشد سریع‌تری همراه است.

موارد دیگر



بین‌المللی دارند. **تخریب لایه ازن** ازن که شکل مولکولی خاصی از اکسیژن است، تشعشع ماورای بنفش B حاصل از خورشید را جذب می‌کند که در صورت عدم جذب این اشعه، می‌تواند برای انسان، حیوانات و گیاهان خطرناک باشد. مقاله‌ای که در سال ۱۹۷۴ توسط M. J. Molina و F. S. Rowland منتشر شد، مشخص نمود که CFCها منع افزایش میزان کلر هستند که می‌توانند تعادل موجود در تشکیل و تخریب طبیعی ازن را بر هم بزنند. این مقاله و بررسی‌های بعد از آن، نگرانی‌های موجود در ارتباط با نازک شدن لایه ازن توسط کلر و برم حاصل از ترکیبات ساخته‌ی دست بشر را افزایش داد. این مطالعات براساس رشد قابل‌توجه این مواد شیمیایی، احتمال تخریب جدی تر لایه ازن را نشان داد. پروتکل مونترال الزام می‌نماید که مواد معین شده، طبق برنامه زمان‌بندی خاصی از رده مصرف خارج شوند. این مواد شامل مواد شیمیایی دارای کلر و برم که به‌عنوان میرد استفاده می‌شوند، حلال‌ها، مواد دمش فوم، حشره‌کش‌های خاص، مواد اطفای حریق خاص و غیره می‌گردند.

تغییرات آب و هوایی

چشم انداز گرم شدن کره زمین دارای تاریخچه طولانی‌تری است. ریاضیدانی به نام J.B. Fourier در سال ۱۸۲۷ نقش گازهای اتمسفری را در دمای اتمسفریک و دمای سطح زمین مشخص نموده بود. وی عملکرد این گازها را به یک «گلخانه» تشبیه کرد. مقاله‌ای که توسط S. Arrhenius در سال ۱۸۹۶ منتشر شد، اظهار داشت که انتشار دی‌اکسید کربن حاصل از سوخت‌های فسیلی می‌تواند اثر گلخانه‌ای طبیعی را افزایش دهد. تغییرات آب و هوایی زمین به‌دلیل عوامل موجود، موازنه‌های طبیعی و عدم قطعیت‌های موجود در حساسیت‌های هر دو مورد فوق، بسیار پیچیده‌تر از تخریب لایه ازن می‌باشد. با این وجود، اغلب دانشمندان در حال حاضر بر این نکته توافق دارند که گرم شدن زمین در حال رخ دادن است و عواقب آن نیز بسیار وخیم خواهد بود. برخلاف تخریب لایه ازن، برخی مناطق ممکن

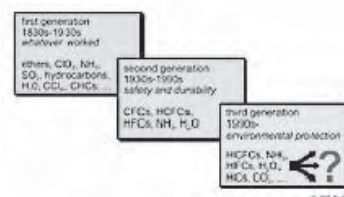


داخلی سیستم توجه داشته‌اند. اغلب آنان انتخاب چیلر را براساس قیمت، کارایی، امکانات و خدمات تولیدکننده‌ی محلی، اولویت‌های کاربردی و اتکاپذیری سیستم انجام می‌دهند. در موارد لزوم، ممکن است آن‌ها فقط برخی میردها را برای هماهنگی با الزامات محلی مستثنا نمایند. قوانین موجود در سال ۱۹۸۷ با پیمان بین‌المللی به‌نام پروتکل مونترال که پیمانی جهانی برای حفاظت از لایه استراتوسفری ازن بود، تغییر یافت. این قوانین بازهم با اصلاحیه‌های بعدی که در سال‌های بین ۱۹۹۰ و ۱۹۹۲ و همچنین در پروتکل کیوتو در مورد تغییر آب و هوای زمین صورت گرفت، تغییراتی یافت. بازنگری‌های بعدی این قوانین در آینده به‌طور قطع با پیشرفت‌های علمی تحت‌تاثیر قرار خواهد گرفت.

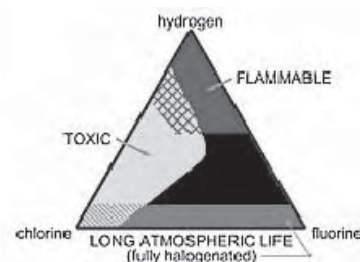
ملاحظات زیست محیطی

دو مساله مهم یعنی تخریب لایه ازن و تغییرات آب و هوایی زمین، هر دو جنبه‌ی

شکل (۱) روند پیشرفت میردها



شکل (۲) جنبه‌های مختلف اشتعال‌پذیری، سمیت و طول عمر اتمسفری با اعمال تغییر در تعداد اتم‌های کلر، فلوئور و هیدروژن در مولکول



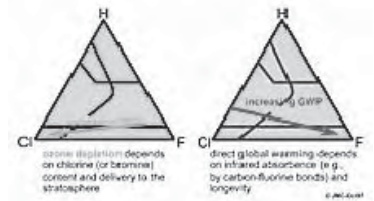


تمام مبردهای اولیه دارای اشتعال پذیری، سمیت و یا هر دو بودند و برخی نیز مواد شیمیایی بسیار واکنش پذیری به شمار می آمدند، بنابراین رخ دادن حوادث ناخواسته بسیار محتمل بود. به عنوان مثال، در آن زمان گاز پروپان به عنوان «مبرد بدون بو و ایمن» تبلیغ می شد! نسل دوم مبردها از سال ۱۹۲۸ در تلاش برای یافتن مبردهای ایمن تر برای استفاده گسترده تر از سیستم های تبرید در یخچال های خانگی آغاز گردید. Midgley و همکارانش اقدام به تهیه جدول خصوصیات مواد در نظر گرفته شده به عنوان مبرد - که خصوصیات پایداری، عدم سمیت و اشتعال پذیری و داشتن نقطه جوش مطلوب را دارا بودند - نمودند. نتایج

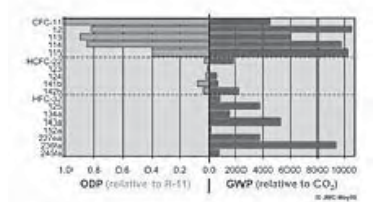
فناوری بسیار مفید برای بشر به شمار می آید. این فناوری، امکان ذخیره سازی و حمل و نقل مواد غذایی و همچنین تولید و حفظ مواد دارویی را فراهم آورده و از گسترش بیماری ها جلوگیری می کند. تبرید همچنین فرآیندهای تولید مهمی را امکان پذیر ساخته، بهره وری را افزایش داده و ایجاد رفاه برای بشر می نماید. مبردها، مهم ترین جزء از سیستم های تبرید به شمار می آیند. گرمای زدوده شده برای تبخیر مبرد، همان عاملی است که تولید سرمایش می نماید. جداسازی مبرد از هوا یا مواد دیگری که باید سرد شوند، مستلزم استفاده از یک مبدل حرارتی - یا همان اواپراتور - برای جداسازی مبرد از محیط می باشد. بخش های دیگر در مدار تبرید، تنها برای به گردش درآوردن مبرد طراحی شده اند. یک کمپرسور (یا ترکیبی از یک مدار جذب - وارهایی و یک پمپ محلول در سیستم های جذبی)، فشار مبرد را افزایش داده و دفع گرما در دمایی بالاتر را امکان پذیر می سازد. کندانسور، مبرد را دوباره به حالت مایع درمی آورد به قسمی که بتواند دوباره تبخیر شود. یک ابزار خفانش Throttling، مانند شیر انبساط یا اوریفیس، جریان را برای جداسازی سمت های کم فشار و پر فشار در مدار، تنظیم می نماید. هر چیز دیگری که در یک سیستم تبرید وجود دارد، برای کنترل کارکرد در بارهای مختلف و شرایط متغیر دفع گرما، انتقال گرما از نقطه مورد نظر به اواپراتور، انتقال گرمای کندانسور به ابزارهای دفع گرما، تامین انرژی برای راه اندازی سیستم یا عملکردهایی برای افزایش ایمنی، طول عمر یا اتکال پذیری سیستم سرمایشی طراحی شده است. تقریباً هر سیالی را می توان با یک عمل تغییر فاز به عنوان مبرد به کار برد. آنچه که تفاوت بین مبردهای مختلف را به وجود می آورد، پایداری، ایمنی، کارایی و سازگاری مبرد با سیستم می باشد.

یکی از درس هایی که از تخریب لایه ازن و تغییرات آب و هوایی زمین آموخته ایم، این است که انتشار مواد شیمیایی می تواند قبل از این که مشکلات مربوطه تشخیص داده شده و یا اثبات شوند، رخ دهد. در حال حاضر، نگرانی های فزاینده ای راجع به تجمع «آلاینده های شیمیایی پایدار (PCP)» و تاثیر آن ها بر روی اکوسیستم ها وجود دارد. یکی از جنبه های این مشکل، تهدید در مورد منابع محدود آب آشامیدنی بر روی زمین می باشد. نگرانی دیگر، تحمیل بار نیتروژن حاصل از کودهای کشاورزی، احتراق سوخت ها و کشت وسیع حبوبات می باشد. بخشی از الزامات مطرح شده مستلزم بهبود بازدهی در مورد تمام کاربردهای انرژی از قبیل عملکرد چیلرها است. آلودگی هوا که توسط استفاده از سوخت های فسیلی ایجاد می شود و همچنین استفاده از منابع طبیعی، موارد دیگر نگران کننده به شمار می آیند. این موارد با بیشتر شدن جمعیت جهان و توسعه اقتصادی و صنعتی کشورهای در حال توسعه، رو به افزایش خواهد داشت. نمی توان مشکلات آینده را به طور دقیق پیش بینی نمود، اما می توان گفت مشکلاتی جدی پیش روی ما خواهد بود. به همین دلیل، باید روش هایی هوشمندانه برای اجتناب از برهم زدن تعادل طبیعت و دفع مواد شیمیایی با طول عمر طولانی انتخاب نماییم، با توجه به این نکته که این مواد یا محصولات ناشی از تخریب آن ها در طول زمان به مرور در زمین تجمع خواهند یافت.

شکل (۳) تاثیر کلرینه کردن و فلورینینه کردن مولکول بر روی تخریب لایه ازن و قابلیت گرم کردن هوای زمین



شکل (۴) قابلیت تخریب لایه ازن (ODP) در مقایسه با قابلیت گرم کردن هوای زمین (GWP) برای مبردهای اصلی تک ترکیبی. همان طور که مشاهده می شود، HCFCها عموماً دارای ODP و GWP بالایی هستند. HCFCها عموماً مقادیر ODP و GWP بسیار کمتری دارند. در HCFCها مقدار ODP تقریباً صفر است، اما برخی از آن ها مقدار GWP نسبتاً بالا دارند.



مبردها

درست است که مبردها در ایجاد نگرانی های زیست محیطی فوق موثرند، اما نقش آن ها نسبتاً جزئی است. یکی از تفاوت های موجود بین این مواد و کاربردهای دیگر مواد شیمیایی مشابه این است که مبردها برای عملکرد خود مستلزم «آزاد شدن در محیط» نمی باشند. در واقع، اجتناب از این دفع ناخواسته باعث بهبود عملکرد سیستم و کاهش هزینه ها نیز خواهد شد. حقیقت این است که مبردهای موجود در داخل سیستم های تبرید مشکلی ایجاد نمی کنند، بلکه مشکل هنگام آزاد شدن آن ها در اتمسفر ایجاد می شود. تبرید، یک

تاریخچه مبردها

اولین مبردها، طی تلاش های نوآورانه ای در مورد سیالات معمولی - هر ماده ای ممکن - در ماشین های تبرید نمونه به کار گرفته شدند. در آن زمان، هدف ایجاد سرمایش بود و در مراحل بعد، پایداری نیز به این هدف اضافه گردید. تقریباً



به دست آمده، توجه این گروه را به مواد آلی فلئوئوردار که قبلاً استفاده نشده بودند، جلب نمود اما به علت عدم وجود اطلاعات کافی، مجبور شدند رویکرد دیگری را اتخاذ نمایند. Midgley به جدول تناوبی عناصر مراجعه نمود. او فوراً عناصری را که تبخیرپذیری مناسبی نداشتند را کنار گذاشت. سپس عناصری که منجر به ایجاد ترکیباتی ناپایدار و سمی می‌شدند و همچنین گازهای بی‌اثر را به خاطر نقطه جوش بسیار پایینی که داشتند، حذف نمود. بدین ترتیب، تنها هشت عنصر باقی ماند: کربن، نیتروژن، اکسیژن، گوگرد، هیدروژن، فلئوئور، کلر و برم. این عناصر در محل تلاقی یک ردیف و ستون جدول تناوبی عناصر تجمع یافته‌اند که فلئوئور تقریباً در مرکز آن قرار می‌گیرد. آزمایش‌هایی که توسط دیگران با اطلاعات و روش‌های جدیدتر تکرار شد، یافته‌های به دست آمده توسط Midgley در مورد مناسب بودن این عناصر را تأیید نمود. جالب است که تمام مبردهایی که قبلاً از سال ۱۹۲۸ مورد استفاده قرار می‌گرفتند، از همین عناصر غیر از یکی از آن‌ها تشکیل شده بودند و آن عنصر، فلئوئور بود.

مبردهای ایده‌آل

یک مبرد ایده‌آل علاوه بر داشتن خواص مطلوب ترمودینامیکی، می‌بایست غیر سمی و

اشتعال‌ناپذیر بوده و در داخل سیستم، کاملاً پایدار باشد. چنین مبردی باید برای محیط زیست - حتی با توجه به محصولات ناشی از تخریب آن - بی‌ضرر بوده و به وفور قابل دسترس بوده یا ساخت آن آسان باشد. این مبرد باید خاصیت خود - روان‌کنندگی داشته و با دیگر مواد به کار رفته در ساخت یا سرویس سیستم تبرید، سازگار باشد. حمل و نقل و ردیابی این ماده نیز بایستی آسان بوده و کاربرد آن مستلزم فشارهای بسیار بالا یا بسیار پایین نباشد. معیارهای دیگری برای یک مبرد ایده‌آل وجود دارند، اما هیچ‌یک از مبردهای فعلی مبرد ایده‌آل محسوب نمی‌شوند. تحلیل‌های شیمیایی و ترموفیزیکی، مشکلاتی در خصوصیات مولکولی این مواد پدیدار می‌کند که عملاً امکان وجود یا ساخت چنین مبرد ایده‌آلی را منتفی می‌سازد. شکل (۲) خصوصیات مربوط به مواد آلی‌هالوژن دار، به خصوص ترکیبات حاوی کلر، فلئوئور و هیدروژن به اضافه کربن را به نمایش می‌گذارد.

افزایش محتوای هیدروژن در مولکول باعث کاهش عمر ماده در جو می‌شود، اما از طرفی ماده را اشتعال‌پذیرتر می‌نماید. افزایش مقدار فلئوئور، اختلاط‌پذیری ماده را کاهش می‌دهد، تا جایی که HFCها و مبردهای پرفلوئوره (تماماً

فلئوئوردار شده) معمولاً مستلزم کاربرد روان‌کننده‌های سنتتیک برای بازگشت روغن می‌باشند. افزایش مقدار کلر عموماً سمیت ماده را افزایش می‌دهد. اما از طرفی، شکل‌های مختلفی از سمیت مانند مرگ‌آور بودن، ایجاد بیماری‌های قلبی، سرطان‌زایی و ایجاد جهش سلولی و همچنین هوش‌بری و ایجاد مشکلات تنفسی وجود دارند. برخی مسمومیت‌ها به‌طور طبیعی فیزیکی و برخی دیگر شیمیایی هستند و مقدار کلر تنها یکی از چندین متغیر شناخته شده می‌باشد. افزایش فلئوئور یا کلر، پایداری اتمسفریک ماده را افزایش داده و طول عمر ماده در جو را بیشتر می‌کند. همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، افزایش مقدار کلر در مولکول‌های مبرد عموماً باعث افزایش «قابلیت تخریب ازن (ODP)» می‌گردد. ترکیباتی که حاوی برم یا کلر نیستند، دارای قابلیت تخریب ازن نزدیک به صفر می‌باشند. به همین قیاس، افزایش تعداد اتم‌های فلئوئور عموماً باعث افزایش «قابلیت گرم کردن زمین» می‌شود. جانشین کردن اتم‌های هیدروژن می‌تواند طول عمر اتمسفری ماده را کاهش دهد. ترکیباتی که طول عمر بسیار کوتاهی دارند، دارای ODP پایینی نیز خواهند بود زیرا بخش عمده‌ای از ماده‌ی منتشر شده قبل از این‌که به لایه



استراتوسفر جو برسد، تجزیه خواهد شد. این مواد همچنین دارای GWP پایینی نیز هستند، زیرا پایداری جوی آن‌ها نسبتاً کم است.

معیارهای انتخاب

با درک این نکته که هیچ میرد ایده‌آلی در حال حاضر وجود ندارد و به نظر نمی‌رسد چنین میردی نیز در آینده نزدیک یافت شود، کاربران باید با انتخاب‌های موجود کار کنند. انتخاب میرد مناسب در بین میردهای موجود کار چندان آسانی نیست زیرا قابل قبول بودن این انتخاب‌ها در آینده قطعیت چندان ندارد. به علاوه، انتخاب مناسب مستلزم مطالعه‌ی شاخص‌های متعددی است. این شاخص‌ها شامل ملاحظات ایمنی و زیست محیطی و موارد کاربردی و سازگاری مواد با سیستم می‌گردند. آن دسته از تولیدکنندگان تجهیزات که میرد را همراه با محصولات خود ارائه می‌دهند، چنین وانمود می‌کنند که انتخاب آن‌ها، تنها انتخاب منطقی است. تولیدکنندگان مواد شیمیایی و شرکت‌های خدماتی مستقل نیز درگیر مسایل بازار هستند، اما انعطاف بیشتری در مورد انتخاب میرد از خود نشان می‌دهند. عجیب نیست که اطلاعات متناقض، گمراه کننده و در برخی موارد غلط، بازار را پر کرده است. در نتیجه، جوی آکنده از ترس، عدم قطعیت و شک

و تردید در این زمینه به وجود آمده است. شاخص‌هایی که باعث این مساله می‌شوند عبارتند از:

- دسترسی پذیری (یا از رده خارج شدن) میرد انتخابی براساس کنترل‌هایی که برای حفاظت از محیط زیست اعمال می‌شود.
- بازدهی
- سمیت
- اشتعال پذیری
- افزایش هزینه‌ها در آینده

دسترس پذیری

میردهای R-22 و R-123 هر دو طبق پروتکل مونترال و قوانین ملی کشورها که به زودی پیاده خواهد شد، باید طبق زمان‌بندی معینی از رده خارج شوند. این پروتکل معین کرده است که تولید این میردها باید تا سال ۲۰۳۰ در کشورهای صنعتی و تا سال ۲۰۴۰ در کشورهای در حال توسعه متوقف شود. این پروتکل همچنین انجام گام‌هایی در جهت کاهش مقدار ODP در HCFCها را تصریح نموده است. قوانین تصویب شده در برخی کشورها، استفاده از این میردها را در تجهیزات جدید، تولید و یا واردات، زودتر از تاریخ مقرر شده در پروتکل فوق ممنوع نموده است. این تاریخ‌ها عموماً برای R-22 به علت ODP

بالتر آن، زودتر یا بسیار زودتر اعلام شده است. نگرانی اصلی در مورد HCFC عملاً مربوط به آزاد شدن R-141b و R-142b که در دم‌ش فوم استفاده می‌شوند، می‌باشد. این کاربرد، ذاتاً کاربردی همراه با آزاد شدن ماده است و مقدار ODP این مواد که به ترتیب ۰/۰۸۶ و ۰/۰۴۳ است، برای HCFCها مقدار بالایی محسوب می‌شود. در عوض، کاربرد میرد در چیلرها باعث ایجاد نرخ آزادسازی بسیار پایینی می‌شود و مقدار ODP مربوط به R-22 و R-123 که به ترتیب ۰/۰۳۴ و ۰/۰۱۲ است، بسیار پایین‌تر می‌باشد. آزمایشات دقیق نشان داده‌اند که تاثیر R-123 به عنوان میرد بر روی تخریب لایه ازن با ۰/۰۰۱ درصد مشارکت، قابل چشم‌پوشی است. مطالعات بیشتر نشان می‌دهند که مزایای زیست محیطی این میرد بیشتر از تاثیر آن بر روی لایه ازن بوده و می‌تواند توجیهی برای تجدید نظر در مورد از رده خارج کردن این میرد به‌شمار آید. هرچند توجیه علمی برای مستثنا کردن R-123 کافی به نظر می‌رسد، اما جنبه‌های اقتصادی و سیاسی این مساله را نمی‌توان به آسانی پیش‌بینی نمود. تولید این ماده، حتا بدون تغییر در تصمیم اتخاذ شده برای این میرد، تقریباً برای سه دهه‌ی دیگر مجاز است و مقدار میرد لازم برای تعمیر چیلرهای



محدوده‌ی بازدهی‌های قابل دسترس ممکن است باهم تداخل نمایند. این امر بدین معنی است که چیلرهای R-123 هنگامی که به‌دست آوردن بالاترین بازدهی‌ها مورد نظر باشد، مزیت ملموسی خواهند داشت. این مزیت عملکردی به معنای تفاوت‌های مهم در «تاثیر معادل گرم شدن کلی (TEWI)» یا «تاثیر گرم شدن چرخه عمر (LCWI)» خواهد بود که نشان‌دهنده‌ی تاثیرات ترکیبی از آزاد شدن مبرد و تاثیر عمده حاصل از مصرف انرژی سیستم برحسب معادل انتشار دی‌اکسیدکربن می‌باشد. شکل (۵) مقادیر TEWI برای بهترین چیلرهای قابل دسترس توسط مبرد را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، از رده خارج شدن R-123 منجر به افزایش تاثیر گرم شدن زمین برای بهترین چیلرها از ۱۴ تا ۲۰ درصد خواهد شد.

سمیت

مبردهای R-22, R-123, R-134a و مبردهای معمول دیگر دارای سمیت پوستی و تنفسی حاد (قرارگرفتن در معرض ماده به‌صورت کوتاه مدت در صورت آزاد شدن ناخواسته) به میزان پایین یا بسیار پایینی هستند. هیچ‌یک از این مواد دارای خاصیت سرطان‌زایی یا ایجاد مشکلات تنفسی نیستند. تنها استثنا در این مورد، R-717 (آمونیاک) است. این ماده در تماس با پوست و چشم‌ها ایجاد ناراحتی کرده و همچنین می‌تواند مشکلات تنفسی ایجاد نماید، اما بوی مشخص این ماده، هشداردهنده خوبی در زمان نشستی‌ها به‌شمار می‌آید. از میان مبردهای فوق، تمام آن‌ها خطرات کمی برای تکنسین‌ها و افرادی که با آن‌ها در تماس هستند دارند. R-123 چنان‌که در حد مجاز در معرض قرارگیری (PEL) و رده‌بندی ایمنی مواد در استاندارد 34 ASHRAE با نام «تخصیص و رده‌بندی مبردها» آمده است، سمی‌تر از R-22 و R-134a محسوب می‌شود. R-717 حتی سمی‌تر از R-123 است، اما هیچ‌یک از این مواد به‌عنوان «بسیار سمی» یا «حتا سمی» در قوانین فدرال یا دستورالعمل‌های موجود، ذکر نشده‌اند. تمام این مبردها می‌توانند با ایمنی کافی با تجهیزات و طراحی مناسب سیستم، مورد

کاربردهای HFC نموده‌اند. تولیدکنندگان تجهیزات، استفاده از مبرد R-326fa را در تجهیزات جدید به علت GWP بسیار بالای آن یعنی ۹۴۰۰ (در مقایسه با ۱۲۰ و ۱۶۰۰ برای R-123 و R-134a) متوقف کرده‌اند.

شکل (۴) مقادیر ODP و GWP برای مبردهای اصلی تک ترکیبی را به نمایش می‌گذارد. در این شکل نکات مهمی مشخص می‌شود که شایان توجه است:

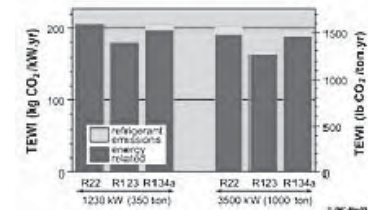
اول این‌که CFCها هر دو عامل تخریب لایه ازن و گرم کردن هوای زمین را تحت تاثیر قرار می‌دهند. دوم این‌که، تنها دو مبرد نشان داده شده دارای هر دو مقدار ODP و GWP پایین هستند که R-123 (یک HCFC) و R-152a (یک HFC) می‌باشند. R-152a دارای خاصیت آتش‌گیری نسبتاً بالا می‌باشد و بنابراین، تنها برای اختلاط با مبردهای دیگر، به‌خصوص در سری R-401 و R-500 مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بازدهی

می‌دانیم که تقریباً هر ماده‌ی قابل تبخیر می‌تواند به‌عنوان مبرد مورد استفاده قرار گیرد. به علاوه، سیالات مختلفی وجود دارند که می‌توانند ضریب کارایی (COP) مشابهی در سیکل‌های نظری تطبیق داده شده با اصلاحات سیکل برای خواص هر سیال ارائه دهند. اما کارایی قابل دسترس در سیکل‌های ساده در بین سیالات مختلف بسیار متغیر است. این اختلاف‌ها در تجهیزات عملی، بیشتر نیز خواهد بود. در بین مبردهایی که در چیلرهای سانتریفیوژ جدید استفاده می‌شوند، R-123 نسبت به انتخاب‌های دیگر بین ۳ تا ۵ درصد از نظر بازدهی نظری برتری دارد. بررسی‌هایی که در نوامبر سال ۱۹۹۶ توسط انستیتو تهبوه مطبوع و تبرید (ARI) انجام شده است نشان داده که R-123 بین ۹ تا ۲۰ درصد مزیت بازدهی برای بهترین تجهیزات موجود در بر خواهد داشت. با افزایش کارایی انجام شده از آن زمان برای R-123 نسبت به بقیه مبردها، این تفاوت بیشتر نیز شده است. اما این بدین معنی نیست که چیلرهای R-123 همیشه کارایی بالاتری نسبت به بقیه چیلرها دارند، زیرا

R-123 جدید و موجود، باید حداقل برای چندین دهه‌ی دیگر قابل دسترس باشد. توجه داشته باشید که تولید R-11 در کشورهای توسعه یافته در سال ۱۹۹۴ یا زودتر از آن متوقف شده است اما هنوز هم مقادیر این مبرد برای سرویس تجهیزات موجود نسبتاً بالاست. بازیافت مبرد ناشی از پایان عمر یا تعویض تجهیزات که پروتکل مونترال آن را مجاز شمرده است می‌تواند مقادیر مناسبی مبرد را با قیمت مناسب در اختیار کاربران قرار دهد. مساله اصلی در این زمینه، حذف نشستی‌ها و نگهداری مناسب تجهیزات برای کاهش مقدار مبرد لازم برای سرویس این دستگاه‌ها می‌باشد. HFCها توسط پروتکل مونترال تحت کنترل نیستند زیرا مقدار ODP آن‌ها تقریباً صفر است. انتشار HFCها تحت پروتکل کیوتو کنترل می‌شود، اما این پیمان هنوز قابلیت اجرایی نیافته است. قالب فعلی پروتکل کیوتو، کاهش انتشار براساس مجموعه‌ای از شش گاز یا گروه مشخص شده با توجه به GWP که شامل HFCها نیز می‌گردد را مشخص می‌سازد. HFCها بخش کوچکی از این کل را تشکیل می‌دهند، اما ترکیباتی هستند که بیشترین سرعت را در افزایش کاربرد دارند. هیچ راهی برای پیش‌بینی این‌که در آینده محدودیت‌های خاصی برای تولید نوع خاصی از مبردها تحمیل خواهد شد یا خیر، وجود ندارد. برخی از کشورها که عمدتاً در اروپا قرار دارند، به‌صورت یک جانبه اقدام به اعمال محدودیت‌ها و حتی ممنوعیت‌هایی در مورد برخی

شکل (۵) انتشار گازهای گلخانه‌ای (که به‌عنوان معادل دی‌اکسیدکربن نشان داده شده است) بر واحد سرمایه‌ایش در سال (TEWI)، برای معمول‌ترین چیلرها در دو ظرفیت مشخص





استفاده قرار گیرند.

ASHRAE Standard 15 با نام «دستورالعمل المنی برای تبرید مکانیکی» و همچنین دستورالعمل‌های ساختمان، حریق و مکانیکی دیگر، حداقل الزامات ایمنی در این مورد را مشخص می‌نمایند. شاخص‌های سمیت به تنهایی نمی‌توانند خطرات نسبی را توصیف نمایند. اغلب این شاخص‌ها و حدود فرارگیری در معرض مواد به صورت غلظت به شکل بدون بعد یعنی V/V ppm (قسمت در میلیون حجمی) یا معادل‌های ابعادی آن‌ها (مثلاً جرم بر واحد حجم) بیان می‌شوند. به علت وجود اختلاف در فراریت مواد و شیوه‌های دیگر آزاد شدن مقادیر مشابهی از مبردهای کم فشار یا پر فشار، اختلاف در غلظت این مواد در دمای اتاق مشاهده می‌گردد. با وجود یک نقطه جوش معمولی یعنی $27/8^{\circ}\text{C}$ (82°F)، بخش عمده‌ای از R-123 به شکل مایع در کف اتاق چگالیده شده و غلظت آن در هوا جزئی خواهد بود. در عوض، R-22 یا R-134a دارای غلظت اولیه‌ی بالاتری خواهند بود، اما با سرعت بیشتری پراکنده می‌شوند. از آنجایی‌که نیروی محرک در یک نشتی همان فشار است، مقدار مبردی که از یک نشتی با اندازه ثابت فرار می‌کند، با بالاتر رفتن فشار، بیشتر خواهد شد. مبرد 123- از بسیاری جهات نسبت به R-11 بسیار ایمن‌تر است. R-134a یکی از مبردهای تجاری با کمترین سمیت به‌شمار می‌آید. هرچند تمام مبردها در صورت استفاده نادرست خطراتی در بر دارند، اما خطرناک‌ترین قسمت کار بر روی سیستم‌های تبرید، رفت و آمد به محل تجهیزات است. با این وجود، احتمال مرگ در اثر قرارگرفتن در معرض مبرد، به جز موارد عمدی، بیش از بیست بار کمتر از خطر کشته شدن توسط رعد و برق است. بدیهی است که این آمار با استفاده از ردیاب‌های نشتی مبرد و تطابق با استانداردها و دستورالعمل‌های ایمنی، کاهش چشمگیری خواهد یافت. طبق مطالعات انجام شده، R-22 باعث ایجاد تومورهای بدخیم در موش‌های آزمایشگاهی می‌شود. اما مبردهای R-123 و R-134a (دومی تنها در غلظت‌های بسیار بالا) باعث افزایش احتمال ایجاد

تومورهای خوش خیم در اواخر عمر موش‌های آزمایشگاهی، بعد از مدت زمانی طولانی قرارگیری در معرض این مواد می‌گردند. بررسی‌های بیشتر نشان داده است که این نتایج ربطی به خطرات موجود برای انسان نداشته و در این زمینه قابل طرح نمی‌باشند.

اشتعال پذیری

هیچ یک از مبردهای معرفی شده برای چیلر به استثنای آمونیاک و هیدروکربن‌ها طبق آزمایشاتی که عموماً برای رده‌بندی ایمنی مبردها انجام می‌شوند، جزو مواد اشتعال‌پذیر نمی‌باشند. میزان اشتعال‌پذیری آمونیاک تقریباً متوسط است و این ماده به آسانی مشتعل نمی‌شود. R-123 و R-236fa به‌صورت تجاری به‌عنوان خاموش‌کننده آتش به‌کار می‌روند. به استثنای آب، تمام مبردهای بالا مستلزم توجه ویژه در مورد حریق‌های حاصل از روان‌کننده‌های کمپرسور در مبردهای تحت فشار می‌باشند. این مساله به‌خصوص در مورد مبردهای اشتعال‌پذیر یا مبردهایی که قابلیت اطفای حریق پایینی دارند، صدق می‌کند.

هزینه‌های آینده

پاسخ کوتاهی که می‌توان برای این مساله ارائه کرد، این است که قیمت مبردها در آینده لزوماً بالاتر نخواهد رفت. سهم مبرد در کل هزینه‌های سیستم و تجهیزات، نسبتاً جزئی است. رویکرد استراتژیک برای کاهش قیمت مبردها جهت سرویس تجهیزات، به حداقل رساندن نیاز به جبران این مبردها می‌باشد. کلید حل این مشکل، انجام آزمایشات نشتی در محل کارخانه و همچنین محل نصب تجهیزات، توجه به توصیه‌های سازنده جهت عملیات نگهداری پیشگیرانه و روش‌های سرویس، آموزش تکنسین‌ها و عکس‌العمل سریع در مقابل نشانگرهای نشتی می‌باشد.

نبرد چیلرها

عبارت «نبرد چیلرها» نشانگر تلاش‌های مربوط به بازاریابی و یا مسایل مربوط به ایمنی این تجهیزات می‌گردد که در دهه‌ی ۱۹۹۰

براساس انتخاب مبرد و تجهیزات، پدیدار گردید. هر کاربرد مشخص چیلر مستلزم بررسی شاخص‌های منحصر به‌فردی است، اما برخی از این موارد جنبه‌ی عمومی دارند. به موارد زیر توجه نمایید: طراحی‌های فشار پایین، به‌خصوص در مورد چیلرهای دارای بازدهی بالا، معمولاً هزینه‌های پایین‌تری را تحمیل می‌نمایند. این تجهیزات، ابزارهای تخلیه برای زدودن هوایی که به داخل سیستم نشت می‌کند دارند، اما عملکرد در فشارهایی کمتر از فشار اتمسفر، باعث کاهش اتلاف مبرد در سیستم می‌گردد (به جای این‌که مبرد به خارج نشت کند، هوا به داخل سیستم نشت خواهد کرد).

چیلرهای فشار بالا معمولاً فشرده‌تر (کوچک‌تر) هستند که عمل تعویض را در مواردی که محدودیت فضا وجود دارد، تسهیل می‌نمایند. این تجهیزات معمولاً هزینه‌های تجهیزاتی (و نه بهره‌برداری) پایین‌تری برای طراحی‌های کم‌بازده ارائه می‌دهند. در این موارد، R-22، R-123 و R-134a انتخاب‌های قابل قبولی هستند. درست است که طراحی‌هایی که از R-22 استفاده می‌کنند به زودی از رده خارج خواهند شد، مقادیر فعلی موجود از این مبرد و همچنین مقادیر بازیافت شده می‌تواند نیازهای سرویس برای چیلرهای فعلی و چیلرهای جدید را برای چندین سال تامین نماید. همان‌طور که در مورد R-11، R-12 و همچنین CFCها یا مبردهای مخلوط دارای CFC (مانند R-500 و R-502) صادق است، بهترین راه برای به حداقل رساندن اتلاف مبرد، حذف نشتی‌ها، بهبود روش‌های سرویس و مدیریت موجودی‌های فعلی مبردهای در حال استفاده می‌باشد. این روش‌ها برای تمام مبردها و نه فقط مبردهایی که تولید آن‌ها در حال متوقف شدن است، ضروری است. مبرد R-717 (آمونیاک) نیز نیازمند توجه است. این مبرد، یک مبرد عالی در کاربردهای مناسب به‌شمار می‌آید. از میان این کاربردها می‌توان به فرآیندهای صنعتی مانند فرآوری مواد غذایی و نوشیدنی‌ها و انبارش آن‌ها و همچنین تبرید مربوط به پست‌های هاک روی یخ یا پاتیناژ اشاره نمود. آمونیاک در مواردی که



به علاوه، کارکرد این تجهیزات در کمتر از فشار جو، خطر ورود هوا و امکان انفجار در صورت فشرده شدن مخلوط هیدروکربن و هوا را در بر خواهد داشت. به عنوان نتیجه گیری می توان گفت که اغلب نگرانی های فعلی در مورد انتخاب مبرد، بی مورد است. مهندسان، مالکان ساختمان ها و دیگر کسانی که در مورد اتخاذ تصمیم راجع به چیلرها دخیل هستند باید به مشخصات سنتی چیلرها براساس قیمت، عملکرد، پشتیبانی تولیدکنندگان محلی، انتخاب های موجود برای خدمات و همچنین اتکاپذیری سیستم رجوع نمایند. با توجه به این که انتظار می رود قواعد سختگیرانه تری در مورد مسایل زیست محیطی تدوین شود، همچنین باید تمام گام های عملی برای کاهش آزاد شدن مبرد از سیستم و افزایش بازدهی، برداشته شود.

References

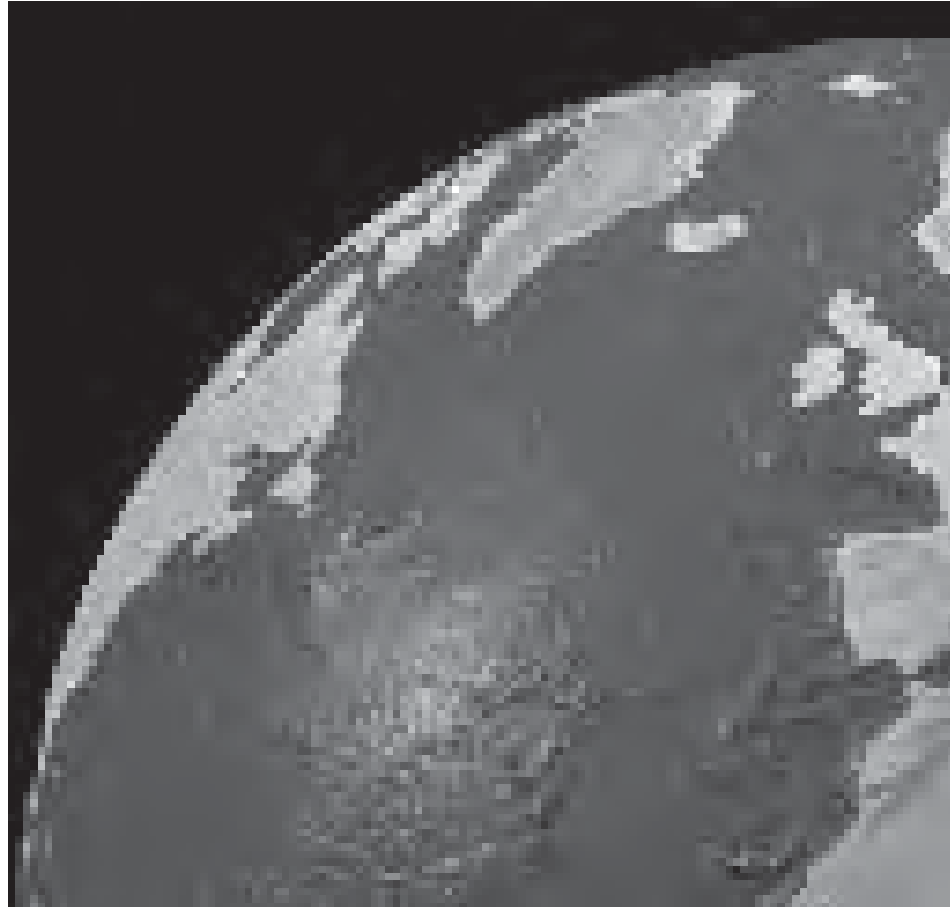
- 1 Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer, United Nations (UN), New York, NY, USA, 1987.
- 2 United Nations Environment Programme (UNEP), Handbook for the International Treaties for the Protection of the Ozone Layer (fifth edition), Ozone Secretariat, Nairobi, Kenya, 2000.
- 3 Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations (UN), New York, NY, USA, 1997.
- 4 J. M. Calm and D. A. Didion, "Trade-Offs in Refrigerant Selections: Past, Present, and Future," Refrigerants for the 21st Century, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA, USA, 6-19, 1997; in Japanese (translation by S. Sakaida) in

بسیار بالا را به خود اختصاص خواهد داد، یعنی چیلرهایی که ظرفیت آن ها از حدود 15 MWt یا 4300 تن بیشتر باشد. یکی از مشکلات موجود، جایگزین کردن مبرد R-123 است زیرا تمام جایگزین های تعیین شده برای این مبرد باعث کاهش ایمنی یا عملکرد سیستم خواهد شد. بنابراین به نظر می رسد راه حل روشنی که برای این مساله وجود دارد، معاف کردن R-123 از خارج شدن از رده ی تولید و مصرف تحت پروتکل مونترال و قوانین محلی می باشد. بدیهی است که این معافیت می تواند محدود به تولید این ماده برای استفاده به عنوان مبرد چیلر باشد. توجهیه علمی برای اعمال چنین معافیتی به اندازه کافی قوی هست زیرا تاثیر R-123 بر روی لایه ازن بسیار جزئی است، مزیت آن در کاهش گرم شدن کره زمین قابل توجه است و طول عمر اتمسفری آن نیز جزو کمترین طول عمرها در بین مبردهای مختلف به شمار می آید. مبرد R-245fa با استفاده از کمپرسورهای چند مرحله ای در ظرفیت های بزرگ یعنی 3 تا 15 MWt (850 تا 4300 تن)، می تواند به بازدهی R-123 نزدیک شود. تجاری شدن این ماده به عنوان مبرد هنوز قطعی نیست. چنین کاربردی بستگی به پذیرش گسترده ی این ماده در بازار به عنوان ماده ی دمش فوم دارد تا مقدار تولید آن به میزان مقرر به صرفه ای برسد. حتا در این صورت نیز R-245fa به دلیل فرآیندهای اختصاصی تولید این ماده، احتمالاً قیمت بیشتری نسبت به مبردهای دیگر خواهد داشت. کاربرد پیشنهاد شده ی R-601 (نرمال پنتان)، R-601a (ایزو پنتان) یا مخلوط آن ها، می تواند بسیار خطرناک باشد. این هیدروکربن ها بسیار اشتعال پذیرند و مقادیر بالای شارژ این مبردها که برای چیلرهای سانتریفیوژ لازم است، می تواند منجر به ایجاد انفجار مهیبی گردد.

آزاد شدن اتفاقی آن باعث تهدید ایمنی عموم شود، مناسب نیست. چیلرهای سیکل جذبی معمولاً بزرگ تر و گران قیمت تر هستند، اما در عوض هنگامی که با گرمای تلف شده حاصل از فرآیندهای دیگر و یا گرمای ارزان قیمت و یا سوخت های فسیلی راه اندازی می شوند، هزینه های بهره برداری پایین تری دارند. این سیستم ها همچنین باعث کاهش مصرف برق در ساعات اوج مصرف و هزینه های مربوط به مصرف در این زمان ها (در کشورهایی که هزینه برق در زمان اوج مصرف با زمان های دیگر متفاوت است) می گردند.

بازدهی چیلرهای جذبی نسبت به سیستم های تراکم بخار نسبتاً پایین تر است که در نتیجه مقادیر LCWI، TEWI یا LCCP این سیستم ها در اغلب موارد و کاربردها، بالاتر خواهد بود. یک معمای قدیمی در مورد لیوانی که تا نصفه از آب پر شده است وجود دارد که همه آن را می دانیم.

فیلسوفان در مورد این بحث می کنند که آیا لیوان مذکور تا نیمه پر از آب است یا نیمی از آن خالی است؟ (به عبارتی، نیمه پر لیوان را باید دید یا نیمه خالی آن را؟) اما اگر همین سوال را از یک مهندس پیرسیم، احتمالاً می گوید لیوان مذکور برای این مقدار آب بیش از اندازه بزرگ است! «نیمی از واقعیت» در مورد مبردها نیز به همین ترتیب است. پاسخ این نیست که آیا این مبردها درست یا نادرست هستند، بلکه این است که این مبردها معمولاً به «سوال» مناسبی اشاره نمی کنند. طراحی های آینده چیلرها که از مبردهای R-134a، R-407C، R-410A، یا R-717 (آمونیاک) استفاده می کنند، به زودی جایگزین R-22 خواهند شد. R-134a همچنان مورد استفاده قرار خواهد گرفت و بازار محدود مربوط به ظرفیت های



17 Inputs for AFEAS/DOE Phase 3 Study of Energy and Global Warming Impacts, Arlington, VA: Air-Conditioning and Refrigeration Institute (ARI), November 1996.

18 Designation and Safety Classification of Refrigerants, ANSI/ASHRAE Standard 34-1997, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA, 1997. Addenda to Number Designation and Safety Classification of Refrigerants, Addenda 34a, 34b, 34c, 34d, and 34f, ASHRAE, 1999, Addenda to Number Designation and Safety Classification of Refrigerants, Addenda 34h, 34j, and 34k, ASHRAE, 2000.

19 J. M. Calm, "Refrigerant Safety," ASHRAE Journal, 36(7):17-26, July 1994.

20 Safety Code for Mechanical Refrigeration, ANSI/ASHRAE Standard 15-1994, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA, August 1994. Emergency Interim Standards Action for ANSI/ASHRAE Standard 15-1994, ASHRAE, May 1998. Addendum to Safety Code for Mechanical Refrigeration, ASHRAE, Addendum 15c, 2000.

21 J. M. Calm, "The Toxicity of Refrigerants," Proceedings of the 1996 International Refrigeration Conference at Purdue, Purdue University, West Lafayette, IN, 157-162, July 1996.

22 J. M. Calm, "Toxicity Data to Determine Refrigerant Concentration Limits," report DOE/CE/23810-110, Air-Conditioning and Refrigeration Technology Institute (ARTI), Arlington, VA, USA, September 2000.

Science of the Total Environment, Part I - 111(1):1-24, Part II - 112(2-3):269-290, and Part III - 112(2-3):291-314, 1992.

12 S. O. Anderson and E. T. Morehouse, "The Ozone Challenge," ASHRAE Journal, 39(9):33-36, September 1997.

13 D. J. Wuebbles and J. M. Calm, "An Environmental Rationale for Retention of Endangered Chemicals," Science, 278(5340):1090-1091, 7 November 1997.

14 World Meteorological Organization (WMO), Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998, chaired by D. L. Albritton, P. J. Aucamp, G. Mégie, and R. T. Watson, report 44, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project, Geneva, Switzerland; United Nations Environment Program (UNEP), Nairobi, Kenya; National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Washington, DC, USA; National Aeronautics and Space Administration (NASA), Washington, DC, USA; and the European Commission, Directorate General XII - Science, Research and Development, Brussels, Belgium; February 1999.

15 P. A. Domanski, D. A. Didion, and J. P. Doyle, "Evaluation of Suction Line - Liquid Line Heat Exchange in the Refrigeration Cycle," International Journal of Refrigeration, 17(7):487-493, September 1994.

16 P. A. Domanski, "Minimizing Throttling Losses in the Refrigeration Cycle," Proceedings of the 19th International Congress of Refrigeration, International Institute of Refrigeration (IIR), Paris, France, IVb:766-773, 1995.

Reito, 73(847):433-444, May 1998; International Journal of Refrigeration, 21(4):308-321, June 1998.

5 R. C. Downing, Fluorocarbon Refrigerants Handbook, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 1988.

6 B. A. Nagengast, "A History of Refrigerants," CFCs: Time of Transition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA, USA, 1989.

7 R. Thévenot, A History of Refrigeration Throughout the World, International Institute of Refrigeration (IIR), Paris, France, 1979.

8 M. O. McLinden and D. A. Didion, "Quest for Alternatives," ASHRAE Journal, 29(12):32-36, 38, 40, and 42, December 1987.

9 J. M. Calm, "Emissions and Environmental Impacts from Air-Conditioning and Refrigeration Systems," Joint IPCC-TEAP Expert Meeting on Limiting the Emissions of HFCs and PFCs (Petten, The Netherlands, 26-28 May 1999), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, and Technical and Economic Assessment Panel (TEAP) of the United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, 1999.

10 J. M. Calm, D. J. Wuebbles, and A. K. Jain, "Impacts on Global Ozone and Climate from Use and Emission of 2,2-Dichloro-1,1,1-trifluoroethane (HCFC-123)," Journal of Climatic Change, 42:439-474, June 1999.

11 C. Kroeze and L. Reijnders, "Halocarbons and Global Warming,"