

مواد سرمازا و وضعیت مبردها در قرن بیست و یکم

سید مجتبی موسوی نائینیان
دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده

حذف فریون‌ها (CFC) و محدودیت دیگر مبردهای مخرب محیط زیست، تکلیف خاصی برای متخصصان این صنایع، در ۲۰ سال اولیه قرن بیست و یکم به وجود آورده است. این متخصصان با در نظر گرفتن بهینه‌سازی مصرف انرژی، باید نسبت به طراحی وسایل و تجهیزات با تکنولوژی نوین و ایمن نمودن دستگاه‌ها برای استفاده از گازهای طبیعی، و با همکاری مهندسان شیمی، به کشف مبردهای بی‌خطر برای محیط زیست نیز اقدام کنند.

واژه‌های کلیدی: مبردهای CFC مخرب لایه اُزن، مبردهای HFC بی‌خطر برای ازن جو، مبردهای طبیعی (duple zero)، (GWP) پتانسیل گلخانه‌ای (گرمایش کره زمین)، (IPCC) کمیته بین‌المللی تغییرات اقلیمی، سیستم تبرید تبخیری - تراکمی (با مصرف انرژی الکتریکی)، سیستم‌های تبرید جذبی (با مصرف انرژی حرارتی).

مقدمه

اگر در سال ۱۹۱۰ میلادی، در تمام جهان فقط ۱۰۰۰ یخچال ساخته می‌شد (امریکا - انگلیس - آلمان) بعد از سال ۱۹۳۰ با کشف فریون‌ها، تولید آن سریعاً افزایش یافت، به طوری که در سال ۱۹۴۰، تولید یخچال به ۴ میلیون (امریکا و اروپا) و در سال ۱۹۵۰، به ۷ میلیون دستگاه و در سال ۱۹۹۰ به ۵۰ میلیون (امریکا - اروپا - آسیا) رسید و امروز بین ۶۵ تا ۷۰ میلیون دستگاه در سال ساخته می‌شود. طبق داده‌های IPCC، شروع ترویج صنایع برودتی (سرمازا)، سال ۱۹۵۰ اعلام شده است. کشف مبردهای فریونی در افزایش تولید یخچال و فریزر و کاربرد سیستم‌های برودتی در صنایع مختلف بسیار مؤثر بود و حتی کمک کرد تا سرمای مصنوعی در زندگی بشر تأثیر بگذارد. کشف انواع مواد سرمازا طبق آمار IPCC در سال‌های مختلف میلادی به شرح زیر است:

۱۷۴۴: کشف آمونیاک (R۷۱۷)

۱۷۸۷: مایع شدن آمونیاک - اختراع ماشین مبرد بخاری (یاکوب پرکینس)

۱۸۳۴: تولید دی اکسید کربن در حالت جامد - اثر پلته

۱۸۴۴: اختراع ماشین مبرد هوایی (ژول گوری)

۱۸۵۹: اختراع سیستم جذبی آب و آمونیاک (فردیناند کاری)

۱۸۶۹: شناخت کاهش دمای مواد در اثر خفگی (ژول - تامسون)

۱۸۷۲: اختراع و ثبت کمپرسور آمونیاکی (دیوید بویل)

۱۸۸۱: ساخت ماشین مبرد انیدرید کربنیک (لینده و وینه کاوژن)

۱۸۸۹: ساخت کمپرسور تراکم دومرحله‌ای با انیدرید کربنیک

۱۹۱۰: ساخت ماشین مبرد انژکتوری (م. لبلان)

۱۹۳۰: شروع تولید فریون ۱۲ (R۱۲)

۱۹۳۵: شروع تولید فریون ۲۲ (R۲۲)

۱۹۵۳: شروع تولید فریون ۵۰۲ (R۵۰۲)

۱۹۸۵: امضاء قرارداد وین

۱۹۸۷: امضاء پروتکل مونترآل (کانادا)

۱۹۹۶: ممنوع شدن مبردهای CFC

۱۹۹۷: امضاء پروتکل کیوتو (ژاپن)

در سال ۱۹۲۸ میلادی، در صنایع شیمیایی آتلانتا (امریکا) اشخاصی چون میدگلی، خین مکناری در مورد خواص دی کلرور دی فلئور متان (سینتتیک شماره ۱۲) تحقیقاتی کردند و در سال ۱۹۳۰، تولید R۱۲ شروع شد. در آن زمان با توجه به این که فریون ۱۲ بی‌بو، غیرقابل اشتعال، بدون ضرر و هم‌چنین دارای خواص ترمودینامیکی عالی بود، در سیستم‌های برودتی به‌خصوص کوچک انقلابی را به‌وجود آورد. میزان تولید فریون ۱۲ که در سال ۱۹۳۲ معادل ۱۳۶ تن و در سال ۱۹۳۴ معادل ۶۰۰ تن و در سال ۱۹۳۷ معادل ۳۰۸۴ تن بود در سال ۱۹۳۶ به ۳۴۰۰۰۰ تن و در سال ۱۹۸۶ میزان تولید انواع CFC به ۱۳۰۰۰۰۰ تن رسید که مهم‌ترین آن‌ها R۱۱، R۱۲، R۲۲، R۱۱۳ و R۱۱۵ بود. تولید فریون‌ها، باعث شد که علاوه بر افزایش تولید یخچال و فریزر، در صنایع شیمیایی، ماشین‌سازی، پزشکی، داروسازی، صنایع

مواد غذایی، صنایع الکتریکی، آتش‌نشانی و غیره سرمای مصنوعی کاربرد پیدا کند. در واقع فقط سی درصد از فریون‌های تولیدی، در صنایع برودتی مصرف می‌شد و بقیه در صنایع دیگر به کار می‌رفت. در سال ۱۹۷۰ در روزنامه‌ها نظر دانشمندان انگلیسی مبنی بر وجود R11 در مدار بالای اتمسفر چاپ شد و در ۱۹۷۴، متخصصان شیمی دانشگاه کالیفرنیا در مورد رل کلر در مولکول‌های R11 در ماورای جو خبر دادند که عامل مؤثر بر تخریب لایه‌ی ازن است. در ۱۹۸۵، نتایج مطالعه بر لایه ازن در قطب‌ها بین ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۴ منعکس شد و در مارس ۱۹۸۵، در کنفرانس وین مسأله حفظ ازن جو و در سپتامبر ۱۹۸۷، با امضاء پروتکل مونرآل ممنوعیت تولید مواد مبرد مخرب ازن جو (R11، R12، R113، R114، R115، R12B1، R13B1 و R114B2) اعلام شد.

جدول ۱ - مبردهای CFC (مخرب لایه ازن)

پتانسیل گرمایی (گلخانه‌ای) GWP سال ۱۰۰	پتانسیل تخریب ازن ODP	فشار بحرانی بار	دمای بحرانی °C	دمای جوش °C	فرمول شیمیایی	نوع
۴۰۰۰	۱	۴۴/۱	۱۹۸	۲۳/۸	CCl ₂ F	R ₁₁
۸۵۰۰	۱	۴۱/۳	۱۱۲	-۲۹/۸	CCl ₂ F ₂	R ₁₂
—	۳	۴۱/۲۴	۱۵۴/۵	-۳/۷	CClBrF ₂	R ₁₂ B ₁
۱۱۷۰۰	۱	۳۸/۷	۲۸/۸	-۸۱/۴	CClF ₃	R ₁₃
۵۶۰۰	۱۰	۳۹/۸۵	۶۷	-۵۷/۷	CBrF ₃	R ₁₃ B ₁
۶۳۰۰	—	۳۷/۴۵	-۴۵/۶۶	-۱۲۷/۹	CF ₄	R ₁₄
۱۷۰۰	۰/۰۵۵	۴۹/۸۶	۹۶/۱	-۴۰/۸	CHClF ₂	R ₂₂
۵۰۰۰	۰/۸	۳۴/۱	۲۱۴/۱	۴۷/۶	CClF ₂ - CCl ₂ F ₃	R ₁₁₃
۹۳۰۰	۱	۳۲/۶	۱۴۵/۷	۳/۸	CCF ₂ - CClF ₂	R ₁₁₄
۹۳۰۰	۰/۶	۳۱/۶	۸۰	-۳۸	CClF ₂ - CF ₃	R ₁₁₅
۲۰۰۰	۰/۰۶۵	۴۱/۴	۱۳۷	-۹/۸	CH ₃ - CClF ₂	R ₁₄₂ B
۴۸۰	۰/۰۲۳	۳۵/۷	۱۲۲/۲	-۱۳/۲	CHClF - CHF ₃	R ₁₂₄

جدول ۲ - مبردهای HFC (بدون خطر برای لایه اُزن)

جانشینی	GWP ۱۰۰ سال	فشار بحرانی بار	دمای بحرانی °C	دمای جوش °C	درصد وزنی	ترکیب	نوع
R12(R22)	۱۳۰۰	۴۰/۷	۱۰/۱	-۴۶/۵-۲۶/۲	--	CH ₂ F-CF ₃	R134a
R502	۳۷۵۰	۳۷/۳	۷۲/۱	-۴۶/۵	۴۴ ۱۴ ۴۲	R125 R134a R143a	R404A
R22	۱۶۱۰	۴۱/۶	۷۵/۸	-۴۳/۷	۲۳ ۲۵ ۵۲	R32 R125 R134a	R407C
R22 R13B1	۱۸۹۰	۴۹/۶	۷۳	-۵۰/۵	۵۰ ۵۰	R32 R125	R410A
R502	۳۸۰۰	۳۷/۱۷	۷۰/۸۱	-۴۶/۵	۵۰ ۵۰	R125 R134a	R507
ترکیب عنصر در مخلوط	۳۲۰۰	۳۹/۲	۶۷/۷	-۴۸/۵	-	CHF ₂ -CF ₃	R125
R503	۱۲۷۰۰	۳۷	۱۳/۵	-۸۷	۳۹ ۶۱	R23 R116	R508A

مواد سرمازا /... /سید مجتبی موسوی نائین

۴۷

جدول ۳ - ترکیبات جانشینی R12 , R22 در روسیه

ملاحظات	ترکیب	مبرد
CM1 جانشینی مناسب برای R12 که در فشار اتمسفر دمای تبخیر °C ⁰ 32/2- و فشار تقطیر آن در °C 40 برابر ۱۸/۱۰ بار و بازده بروندی حجمی آن 887kj/m ³ است. روغن مصرفی در کمپرسور معمولی معدنی است. پتانسیل تخریب ازن معادل صفر ODP= و پتانسیل گرمایی GWP=4	R152a/R600a	C1
	R134a/R218/R600a (70/20/10)	CM1
	R134a /R600a	CM2
	R1243 /R600a	CM3
	R846/R218 (5/95)	R510
	R22/R21/R142b (65/15/20)	C10M1
	R22/R21/R134a (65/15/20)	C10M2

نشریه انرژی ایران / سال نهم / شماره ۳ / مرداد ۱۳۸۴

و بدین ترتیب زحمات تحقیق ۵۰ ساله در مورد این مواد فرو ریخت و از ژانویه سال ۱۹۹۶، تولید فریون ۱۲ و در عرض ۲۵ سال باید تولید فریون ۲۲ قطع شود (اتحادیه اروپا سال ۲۰۱۵ را برای عدم تولید R۲۲ تعیین کرده است). بنابراین باید جانشینی برای میردهای مخرب لایه ازن پیدا می‌شد، امریکا با پیش بینی لازم R۱۳۴a را جانشین R۱۲ کرد و از طریق یونیدو تحت عنوان کمک به جهان سوم بعضی کشورها را مجبور به قبول آن کرد که پس از چند سال مشخص شد که R۱۳۴a پتانسیل بالای گلخانه‌ای (گرمایش کره زمین) دارد، ضمن این‌که روغن مصرفی از نوع سنتتیک بود، پس از آن ترکیبات دیگری پیشنهاد شد که در جدول (۲) منعکس است. در روسیه ترکیباتی مطابق جدول (۳) کشف و مورد استفاده قرار گرفت.

پتانسیل گلخانه‌ای، گرمایی (GWP) عامل دیگری است که در کاربرد مواد مبرد باید مورد توجه قرار گیرد که در سال ۱۹۹۲ در ریودوژانیرو و تحت نظارت سازمان ملل توصیه شده است و آن را برای محیط زیست خطرناک تشخیص داده‌اند و در سال ۱۹۹۷ در کنفرانس کیوتو، پروتکل مربوط به امضا رسید.

جدول ۴ - مبردهای طبیعی

مبرد	پتانسیل گرمایی GWP	پتانسیل تخریب ازن ODP	فشار بحرانی P _{cr} (bar)	دمای بحرانی T _{cr} ⁰ C	دمای تبخیر نرمال t ₀ ⁰ C	فرمول شیمیایی	ماده
R744	۱	صفر	۷۳/۸۳	۳۱/۰۵	-۷۸/۴۷	CO ₂	دی اکسی
	۳	صفر	۴۸/۷	۳۲/۲	-۸۸/۸	C ₂ H ₆	اتان
R1150	۳	صفر	۵۰/۶	۹/۵	-۱۰۳/۵	C ₂ H ₄	اتیلن
R290	۳	صفر	۴۲/۴۸	۹۶/۷	-۴۲/۳۸	C ₃ H ₈	پروپان
R600a	۳	صفر	۳۶/۴	۱۳۴/۷	-۱۱/۹	C ₄ H ₁₀	ایزوبوتان
R717	—	صفر	۱۱۳/۴	۱۳۲/۲	-۳۳/۳	NH ₃	آمونیاک
R600	۳	صفر	۳۷/۹۶	۱۵۲/۰	-۰/۸۸	C ₄ H ₁₀	n بوتان
R1270	۳	صفر	۴۶/۱	۹۱/۸	-۴۷/۷	C ₃ H ₆	پروپیلن
	—	صفر	۳۷/۹	-۱۴۰/۶	-۱۹۴/۶	—	هوا

جدول ۵ - خواص آمونیاک و دی اکسید کربن

مشخصه	آمونیاک	دی اکسید کربن
جرم مولکولی kg/kmop	۱۷/۰۳۰۴	۴۴/۰۱۱
دمای بحرانی k (کلوین)	۴۰۵/۳۶۷	۳۰۴/۲ ± ۰/۰۲
فشار بحرانی MPa	۱۱/۳۳۶	۷/۲۸۳ ± ۰/۰۰۵
جرم مخصوص بحرانی	۲۳۵	۲۶۸
دمای نقطه سه گانه k (کلوین)	۲۳۹/۸۲	۲۱۶/۵۸ ± ۰/۰۱
فشار نقطه سه گانه MPa	۰/۰۰۶۰۶۵	۰/۵۱۷۹ ± ۰/۰۰۰۵
گرمای نهان تبخیر در (Kj/kg)	۱۳۷۲	۲۶۸ (در ۱۵ ⁰ C)

گازهایی که در پتانسیل گرمایش کره زمین مؤثرند، متان، اکسید ازن، فلئور هیدروکربورها، فلئور کربن، هگزا فلئور گوگرد، یعنی همه مبردهای غیرمخرب ازن که در ۱۰ سال گذشته باعث نجات صنایع برودتی شده بودند.

پتانسیل گرمایی (گلخانه‌ای) کلیه فریون‌ها هزار یا ده هزار بار بیش از دی اکسید کربن (انتخاب شده به عنوان واحد = ۱ GPW) است و فرصت‌هایی از عناصر دارای GPW بالا، در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ تعیین شده است.

۴۹

اتحادیه اروپا در ۴ مارس سال ۲۰۰۲ تصمیم به قبول پروتکل کیوتو گرفت. امریکا این پروتکل را نپذیرفت و حتی تصمیم ریودوژانیروی کنوانسیون سازمان ملل را رد کرد ولی پس از ۲ سال بالاخره آن را امضا کرد. امروزه بیشتر کشورها به استفاده از مبردهای طبیعی پرداخته‌اند (جدول ۴) در جدول ۵ خواص گازهای طبیعی (آمونیاک و دی کسید کربن) که بیشتر مورد توجه است، منعکس شده است. تفاوت این گازها با مبردهای شیمیایی مثل فریون‌ها در خطر انفجار، دارا بودن بوی تند، تولید فشار بالا در سیستم و خطر آتش‌سوزی است. به عبارت دیگر آنچه دانشمندان و متخصصان در ۷۰ سال پیش آن را رها کرده بودند، مجدداً مورد بررسی و توجه قرار گرفته است و این بار براساس تصمیم بین المللی. مبردهای طبیعی تقریباً دارای پتانسیل تخریب صفر ازن و پتانسیل گرمایی، تقریباً صفر هستند (double zero) یعنی بدون خطر برای محیط زیست هستند.

جدول ۶ - شعله‌ور شدن و خودسوزی بعضی مبردها

پارامتر	R290	R600a	R717	R152a
حد پایین آتش‌سوزی در مخلوط با هوا %	۲/۱	۱/۳	۱۵	۳/۹
حد فوقانی آتش‌سوزی در مخلوط با هوا %	۹/۵	۸/۵	۲۸	۱۶/۹
درجه حرارت خودسوزی °C	۴۶۶	۴۵۵	۶۵۱	-
انرژی لازم برای خودسوزی ژول	۲/۵ × ۱۰ ^{-۴}	۲/۵ × ۱۰ ^{-۴}	۰/۶۸	۰/۲۲

خطر شعله‌ور شدن و انفجار مواد سرامازی طبیعی مثل پروپان، ایزوبوتان، آمونیاک و R152a در جدول ۶ نمایش داده شده است.

مواد سرامازی طبیعی سازگار با روغن، فراوان، ارزان و تولید آن‌ها انحصاری نیست، اما نباید خطر استفاده از این مواد را در سیستم‌های برودتی نادیده گرفت و از این رو سیستم‌های برودتی تولیدی با ایمنی بیشتری مورد توجه است، سیستم باید کمتر شارژ شود، کپی بودن تجهیزات، صحبت از ۵۰ تا ۷۰ گرم آمونیاک یا هیدروکربن به ازای هریک کیلووات توان سیستم است. واقعاً می‌توان سیستم‌های بدون خطر را برای مواد بدون خطر طراحی کرد. سؤال در مورد اقتصادی بودن آن است. اجتماع تا چه حد حاضر است به خاطر محیط زیست هزینه کند. هزینه کم نیست اما مواد مبرد طبیعی پاسخگویی این سرمایه‌گذاری هستند. در جدول (۷) مقایسه‌ی دو سیستم با توان یکسان ساخت نیمه اول و اواخر قرن بیستم منعکس شده است که پیشرفت تکنولوژی ساخت را مشخص می‌سازد. مشخصات سیکل ماشین مبرد با R134a و دی اکسید کربن برای مقایسه در جدول (۸) داده شده است.

بحثی نیست که سیکل با CO₂ کمتر مؤثر است اما وقتی صحبت از تهویه مطبوع خودرو است و امکان نشستن ماده زیاد است و صحبت از خطر گرمایش کره زمین است، CO₂ مناسب‌تر است. سیکل تراکمی - تبخیری با بوتان و ایزوبوتان و پروپان از نظر راندمان کمتر از سیکل با R134a و حتی R12 نیستند. یخچال‌های تولیدی در اسکاندیناوی با مبرد R134a به دلیل خطر پتانسیل گرمایی نتوانست مجوز سبز برای فروش بگیرد و آلمان کشوری بود که به جای R12، از هیدروکربن‌ها استفاده کرد و میلیون‌ها یخچال تولیدی بدون مشکل خاص مورد استفاده قرار گرفته است.

۵۰
 نروژ میلیون‌ها کولر اتومبیل با CO₂ تولید کرده است. سیستم‌های آمونیاکی در سوپرمارکت‌های اروپا و کشتی‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. در پمپ‌های حرارتی و چیلرهای ساخت اروپا و همچنین خنک کردن مایعات آمونیاک و هیدروکربن به کار رفته است.

جدول ۷- مقایسه سیستم‌ها با توان یکسان

سال ۱۹۳۵	۱۹۹۹
کمپرسور - موتور تیپ باز شیر خفگی	کمپرسور - موتور هرمتیک لوله موئین
مبدل با لوله‌های فین‌دار	مبدل از لوله‌های آلومینیومی
۲۵ گرم پروپان	۲۰ گرم ایزوبوتان

جدول ۸ - مشخصات سیکل تراکمی تبخیری
برای تهویه اتومبیل

مشخصات	R134a	CO ₂
فشار تقطیر در ۵۰°C (مگاپاسکال)	۱/۳	۹
فشار تبخیر در صفر درجه	۰/۳	۳/۵
نسبت فشارها	۴/۳	۲/۸
ضریب برودتی	۴/۱	۳/۲

کشورهای بزرگ اروپایی (انگلیس، آلمان، فرانسه) ریسک خطر آتش سوزی مواد میرد طبیعی را با ایمنی سیستم‌های برودتی پذیرفته‌اند. از جمله کاربرد هیدروکربن‌ها در سیستم‌های هرمتیک با شارژ ۱۵۰ تا ۲۵۰ گرم استاندارد شده است، ولی در بعضی کشورها محدودیتی برای شارژ هیدروکربن پیش بینی نشده است.

شعار خطرناک امروز نابودی فوری کلیه مواد خطرناک برای محیط زیست (پتانسیل تخریب ازن - پتانسیل گرمایشی) است، باید قبل از نابودی، فرصت کافی برای ایجاد تکنولوژی جدید ساخت و روش کاربرد مواد طبیعی و کشف مواد طبیعی بی‌خطر داده شود. اروپا سعی دارد هرچه زودتر در سیستم‌های برودتی از مواد طبیعی استفاده کند. امریکا خیلی با احتیاط نسبت به مواد طبیعی از نظر آتش‌زایی نگاه می‌کند. روسیه گرچه در تولیدات جدید خود از مواد بی‌خطر برای ازن استفاده کرده است اما هنوز از فریون ۲۲ استفاده می‌کند ولی اخیراً به کارخانه‌های یخچال سازی روسیه توصیه شده است که از مخلوط‌ها و مواد طبیعی استفاده کنند. به زودی اکثر کشورهای اروپایی ورود یخچال‌ها با R1۳۴a را ممنوع خواهند کرد. اکثر مؤسسات تحقیقاتی و به‌خصوص شیمیایی در جست و جوی مبردهای جدید هستند و کمپرسورسازی‌ها در فکر تکنولوژی بهتر برای تولید کمپرسورهای آمونیاکی، هیدروکربنی و با انیدرید کربنیک و همچنین مبدل کپ و تجهیزات ایمنی از نظر آتش‌سوزی و انفجار هستند. این شانس است برای نجات صنایع برودتی و نباید آن را از دست داد.

افزایش تولید یخچال و فریزر

در سال ۲۰۰۰، جمعیت دنیا حدود ۶ میلیارد و از ۱۹۵۰ تا سال ۲۰۰۰ رشد جمعیت حدود ۲/۷ میلیارد نفر بوده است. یعنی به‌طور متوسط سالی حدود ۷۴ میلیون نفر به جمعیت دنیا اضافه شده است. در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ رشد جمعیت در حدود ۵۸ میلیون نفر در سال خواهد بود. با توجه به رشد جمعیت در کشورهای صنعتی ۰/۲۶ درصد و کشورهای جهان سوم ۱/۶۵ درصد، اگر امروز مواد غذایی که در نقاط مختلف جابه‌جا می‌شود حدود ۴/۵ میلیارد تن است که ۱/۵ میلیارد تن آن نیاز به سردکردن و منجمد کردن دارد؛ مسلم است که با رشد جمعیت نیاز به مواد غذایی بیشتر می‌شود و باید امکانات لازم برای نگهداری و ضایع نشدن مواد غذایی پیش‌بینی شود. طی ۳۰ سال آخر قرن بیستم رشد مصرف مواد غذایی حدود ۱۵٪ (از ۹۹۴۰ کیلوژول تا ۱۱۳۸۰ کیلوژول) بتدریج ضایعات (و گرسنگی) کاهش می‌یابد و باید تا سال ۲۰۱۵ به ۵٪ برسد. باید برای کاهش ضایعات مواد غذایی در صنایع برودتی و حمل و نقل

پیشرفت حاصل شود و تکنولوژی جدیدی در ساخت یخچال و فریزرها به کار می‌رود که مصرف بهینه انرژی را نیز در برداشته باشد. این امر افزایش سرمایه‌گذاری برای تولید و بهره‌برداری، مصرف انرژی برای تولید سرما، افزایش نیروی انسانی متخصص را طلب می‌کند.

مصرف انرژی و دورنمای صنایع برودتی در قرن بیست و یکم

کمبود انرژی (سوخت) در اواسط قرن بیست و یکم به حد بحران می‌رسد، بنابراین باید برای سوخت‌های امروزی انرژی جانشین پیدا شود. بحثی نیست که برای صرفه‌جویی انرژی باید سیستم‌های برودتی راندمان پایین مثلاً (ماشین مبرد هوایی در دمای تبرید بالاتر از ۶۰- درجه سانتی‌گراد) حذف شوند و در مبدل‌ها از فلزاتی با ضریب هدایت حرارتی بالاتر استفاده شود که این امر در قیمت تولید نیز تأثیر می‌گذارد.

صنایع برودتی به اجبار به سمت سیستم‌های جذبی و کمپرسورهایی با موتور حرارتی متمایل می‌شود. استفاده از سرمای طبیعی؛ هوای خارج، یخ ذخیره شده که در اواخر قرن بیستم از صنایع برودتی حذف شده بودند، مجدداً به سیستم‌های کوچک باز خواهند گشت و شورکردن مواد غذایی برای نگهداری افزایش می‌یابد.

بر طراحان است که در فکر تکنولوژی‌های جدید برای استفاده از گرما و سرما در حد پایین تولید آن‌ها باشند. در قرن بیست و یکم صنعت برودت یکی از روش‌های اساسی تولید انرژی است و از جمله آن‌ها استفاده از گازهای خروجی پالایشگاه‌ها است که هم‌اکنون سوزانده می‌شود. این گازها با استفاده از سرمای عمیق، به مواد انرژی‌زا تبدیل می‌شود. بنابراین گرچه امروزه مواد سرمازا برای محیط زیست مشکل‌زا شده است (پتانسیل تخریب ازن و پتانسیل گرمایش کره زمین)، صنعت برودت با جداسازی مواد مختلف از گازهایی که سوزانده می‌شوند و محیط زیست را آلوده می‌کنند در خدمت محیط زیست خواهد بود.

طبق اطلاع IPCC (کمیته بین‌المللی تغییرات اقلیمی) در صد سال اخیر درجه حرارت در کره زمین ۰/۶ درجه کلوین افزایش یافته است و به همین جهت یخ‌های قطبی در حال ذوب شدن است (در ایسلند ۲۵۰ کیلومتر مکعب یخ ذوب شده است) و افزایش دمای کره زمین را در سال ۲۰۰۵ بین ۱/۸ تا ۲/۶ درجه کلوین و در سال ۲۱۰۰ بین ۳ تا ۶ کلوین پیش بینی شده است که عامل اصلی (۷۵ تا ۸۵ درصد) دی‌اکسید کربن (CO_2) حاصل از سوخت‌ها است ($GWP = 1$). ۱۵ تا ۲۵ درصد را گازهایی چون CH_4 ($GWP = 30$) و NO_x ($GWP = 200$) و HFC ($GWP = 7500$) و FC ($GWP = 22000$) باعث می‌شوند.

در قرن بیست و یکم می‌توان پیش‌بینی کرد که سیستم‌های ترموالکتریکی با مواد نیمه هادی جدید و پدیده الکتروکالریک مورد توجه قرار گیرند. ماشین‌های مبرد تبخیر تراکمی (کمپرسوری) چند قرن دیگر وجود خواهند داشت ولی تغییر خواهند کرد. با استفاده از مواد طبیعی از جمله CO_2 پیش‌بینی می‌شود که کمپرسورهایی بدون نیاز به روغن ساخته شود. به کمک کمپرسورهای گریز از مرکز، امکان تراکم خشک امروز هم امکان‌پذیر شده است. حذف روغن، سطح تبادل حرارت در مبدل‌ها را کاهش می‌دهد. برای یخچال‌ها و فریزرها باید در صدد ساخت کمپرسورهای الکتروگاز و دینامیک (کمپرسور بدون قطعه متحرک) بود.

دورنمای استفاده از مواد طبیعی

استفاده از مبردهای طبیعی اجباری است زیرا فقط این مواد می‌توانند حجم انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند. گازهای طبیعی معمولی هیدروکربن، آمونیاک و همچنین دی‌متیل‌اتر و دی‌اکسید کربن و هوا و آب هستند.

استفاده از مواد طبیعی نه تنها باید مسأله محیط زیست را حل کند، بلکه مصرف انرژی در ماشین‌های مبرد و پمپ‌های حرارتی را کاهش دهد.

در اروپای غربی در سیستم‌های کوچک (یخچال‌ها و فریزرها) و همچنین پمپ‌های حرارتی از هیدروکربن‌ها (پروپان، بوتان، ایزوبوتان) استفاده می‌شود که مقدار شارژ تا ۵ کیلوگرم محدود شده است. این کاربرد بدون توجه به مشکل خطر آتش‌سوزی و انفجار آن‌ها مسلماً توسعه خواهد یافت زیرا کاربرد این مواد در افزایش راندمان انرژی ماشین‌های مبرد مؤثر است.

چون آمونیاک در مقایسه با هیدروکربن‌ها خطر کمتری دارد، کاربرد آن توسعه خواهد یافت چون پتانسیل تخریب ازن و پتانسیل گلخانه‌ای آن صفر است.

آمونیاک سبک‌تر از هوا است، بنابراین مسمومیت را کاهش می‌دهد، دارای بوی تند است که راحت می‌توان وجود آن را حس کرد و محل نشت را یافت. دارای گرمای نهان تبخیر بالا و در صورت نشت فشار آن سریعاً تا فشار اتمسفر کاهش می‌یابد و در نتیجه سرعت نشت کاهش می‌یابد. در 65.0°C مشتعل می‌شود ولی برای اشتعال آن گرمای زیادی لازم است. آمونیاکی که در نیمه دوم قرن بیستم به خاطر وجود فریون‌ها تا حدودی کنار گذاشته شده بود و در سیستم‌های کوچک کاربرد نداشت، امروز بیش از هر مبردی مورد توجه است.

استفاده از دی‌اکسید کربن (CO_2 (R744) در ماشین‌های مبرد و پمپ‌های حرارتی طی مقاله‌ای از نویسندگان در مجله مهندسی شیمی به چاپ می‌رسد. باید اشاره کرد که تنها اشکال این مبرد فشار بالا در سیستم است.

مسأله مؤثر بودن استفاده از هوا به عنوان مبرد محدود به درجه حرارت پایین‌تر از -8.0°C است. آب به عنوان مبرد در سیستم‌های تهویه مطبوع (چیلرهای جذبی) و همچنین پمپ‌های حرارتی کاربرد دارد و آب موجود در مایعات برای خنک کردن مایعات با ایجاد خلاء مورد توجه قرار گرفته است و طی مقاله‌ای در مجله مهندس شیمی به چاپ خواهد رسید.

منابع

- 1- Broadeanck V.M., Kalnin E.M., Serova E.N. The Comparison of the Effectiveness for Two Cycles, Evaporative Refrigeration Systems and Air Refrigeration Systems. Journal of Refrigeration Industry, published in Ruzha, No. 11 & 12, 1999.
- 2- Boga V.N., S.D., Di-methyl-ether, Fuel and Refrigerant for the Diesel Automobiles that have Refrigerator. Journal of Automobiles, Special No. 2000.
- 3- Kalnin E.M. Extension of the Amonia Usage in Refrigeration Industries. Journal of Refrigeration Industry, Published in Ruzha, No. 7, 2001.
- 4- Larin I.K. The Effects of Chemical Materials in Atmosphere, Journal of Life and Chemicals, No. 7, 2001.

- 5- Billiard New Developments in the Food Cold Chain Worldwide //20th Int. Congress of Refrigeration, II RAIF, Sydney, 1999.
- 6- Kaminski W Refrigeration and the Food Industry in the Threshold of the 21th Century / 20th Int. Congress of Refrigeration IIRIF, Sydney, 1999.
- 7- Peter Baz, Keaus Meyersen, Dirk Legatis. Hydrocarbons Technology, The Use of Hydrocarbons as Foaming Agents and Refrigerants in Household Refrigeration. Facts Figures Findings Futures, Yearbook 1995. Eschbom, 1995.
- 8- Kalnin I.M.Refrigeration Industries in Emergency International Decisions, Journal of Refrigeration Industry, Published in Rush, No.4, 2002.
- 9- Svetkov O.B.Refrigerants in 2002, and the Effect of it on Human Life, Journal of Refrigeration Industry, Published in Rush, No.4, 2003.

- ۱۰- دکتر موسوی نائینیان، سیدمجتبی، چرا شتاب برای جایگزینی R1۳۴a به جای R۱۲، مجله حرارت و برودت، شماره ۴۵، فروردین ماه ۱۳۷۷.
- ۱۱- دکتر موسوی نائینیان، سیدمجتبی، بررسی و تحقیق در مورد مناسبترین مبرد (ماده سرمازا)، نشریه انجمن مهندسان مکانیک ایران، شماره دوم، بهمن ماه ۱۳۷۷.
- ۱۲- دکتر موسوی نائینیان، سیدمجتبی، جایگاه آمونیاک در سردخانه‌ها، نخستین همایش سردخانه‌ها و نقش آن در توسعه اقتصادی، ۳۰ بهمن ماه ۱۳۷۵.