

استاندارد ASHRAE34 بیش از صد خنک‌کن همراه با نام‌گذاری آنها را براساس این استاندارد توضیح می‌دهد [3]. نام همه خنک‌کن‌ها با حرف لاتین R برگرفته از ابتدای واژه Refrigerant (معادل لاتین واژه خنک‌کن) آغاز می‌شود [4].

الف) هالوژن اشباع

این خنک‌کن‌ها مشتق شده از متان، اتان و پروپان (آلکان‌ها با فرمول C_nH_{2n+2}) هستند. فریون‌ها که از ترکیب فلئوئورها و کلرورها با متان، اتان و پروپان به دست می‌آید، جزء این دسته از خنک‌کن‌ها هستند. در این نوع از خنک‌کن‌ها، شماره خنک‌کن، بیان‌کننده ترکیب شیمیایی آن نیز هست. این دسته از خنک‌کن‌ها با یک شماره سه رقمی به صورت Rxyz و به شرح زیر شماره‌گذاری می‌شوند:

x+1: تعداد اتم‌های کربن در یک مولکول؛

y-1: تعداد اتم‌های هیدروژن در یک مولکول؛

z: تعداد اتم‌های فلور در یک مولکول؛

در ارتباط با نام‌گذاری فوق، ذکر نکات زیر ضروری است:

اگر تعداد اتم‌های کربن در مولکول شیمیایی برابر با یک باشد، شماره خنک‌کن دو رقمی می‌شود؛

اگر در فرمول شیمیایی به جای اتم کلر، اتم برماید بنشیند، بعد از شماره خنک‌کن، حرف B به همراه یک عدد آورده می‌شود که مبین تعداد اتم‌های برماید است.

ایزوتروپ‌های مختلف با یک فرمول شیمیایی، خواص مختلفی دارند. لذا برای تمیز بین ایزوتروپ‌های مختلف، بعد از شماره خنک‌کن، حروف a، b و c ظاهر می‌شوند که هر یک از این حروف، بیان‌کننده ایزوتروپ خاصی است.

ب) هالوژن‌های اشباع نشده

هالوکربن‌های اشباع نشده که دارای پیوندهای کربن-کربن غیراشباع هستند، با شماره‌ای چهار رقمی به صورت Rnxyz شماره‌گذاری می‌شوند که در آن n بیانگر تعداد پیوندهای کربن-کربن اشباع نشده است و x، y و z مطابق بند فوق هستند.

Refrigerant

ماده‌ای خالص یا مخلوطی از مواد که به‌طور مداوم در حالت شاره قرار دارد و در چرخه‌های سرمایش و پمپ‌های گرمایی برای انتقال گرما به کار می‌رود.

در اغلب چرخه‌های سرمایش، ماده خنک‌کن، چرخه‌های تغییر فاز از مایع به گاز و برعکس را به‌طور پی‌درپی طی می‌کند. از شماره‌های در چرخشی که در چنین فرآیندهایی شرکت می‌کنند، می‌توان به فلئوئوروکربن‌ها و کلروفلئوئوروکربن‌ها اشاره کرد که از آغاز قرن بیستم بسیار پرکاربرد شدند. هرچند که بعدها استفاده از این شماره‌ها به علت اثر گلخانه‌ای و تخریب لایه ازن، منسوخ شد. از دیگر خنک‌کن‌های متداول مورد استفاده در صنعت، می‌توان به آمونیاک، دی‌اکسید گوگرد و هیدروکربن‌های عاری از هالوژن‌ها مانند پروپان اشاره کرد.

مشخصات خنک‌کن‌ها

هر خنک‌کن ایدئال می‌بایست خواص ترمودینامیکی و خواص فرآیندی مانند عدم خوردگی تجهیزات مکانیکی، سازگاری با محیط زیست، سمی نبودن و اشتعال‌ناپذیری را برآورده کند؛ همچنین این شماره‌ها نباید آثار تخریبی بر لایه اوزون و تغییرات اقلیمی داشته باشند. با توجه به معیارهای متعدد و متفاوتی که ذکر شد، شماره‌های گوناگون با دربر داشتن تعدادی از این شرایط، در صنعت متداول شده‌اند و انتخاب شماره مناسب، بستگی به نوع فرآیند و کاربرد آن دارد. مسائل مواد انرژی و اقتصاد و بهینه‌سازی، باید در انتخاب شماره مناسب، مد نظر قرار گیرند [1]. از جمله خواص ترمودینامیکی مطلوب می‌توان به داشتن نقطه جوش پایین‌تر از دماهای موجود در فرآیند، گرمای تبخیر بالا، چگالی مناسب در شرایط مایع، چگالی نسبتاً بالا در حالت گازی و دمای بحرانی بالا اشاره کرد. از آنجا که نقطه جوش و چگالی گاز تابع فشار شاره در همه جای فرآیند هستند، انتخاب بهینه و مناسب خنک‌کن‌ها می‌بایست براساس کاربرد آنها در فشارهای عملیاتی فرآیند صورت پذیرد [2].

ج) سایر مواد آلی

مواد آلی (به غیر از موارد ذکر شده در بالا) که در صنعت با عنوان خنک‌کن استفاده می‌شوند با سری R600 شناخته می‌شوند، این مواد به ترتیب زمانی که در صنعت برودت به عنوان خنک‌کن، رایج و به کار گرفته شده‌اند، از شماره 600 نام‌گذاری شده‌اند. در این نوع از خنک‌کن‌ها از روی شماره خنک‌کن، نمی‌توان ترکیب شیمیایی آن را به دست آورد.

د) مخلوط‌ها (خنک‌کن چند جزئی)

این نوع خنک‌کن‌ها، مخلوطی از چند ماده یا خنک‌کن هستند. یک خنک‌کن چند جزئی، با اجزای آن و درصد جرمی هر یک از جزءها شناخته می‌شود. اجزای تشکیل دهنده خنک‌کن، به ترتیب افزایش دمای جوش نرمال آورده می‌شوند. خنک‌کن‌های چند جزئی به دو دسته عمده آزئوتروپیک و زئوتروپیک تقسیم می‌شوند.

خنک‌کن‌های آزئوتروپیک، مخلوط‌هایی هستند که درصد فازهای بخار و مایع اجزای مختلف آن، در هنگام چگالش و یا تبخیر در فشار معین یکسان است. دمای جوش در خنک‌کن‌های آزئوتروپیک در فشار ثابت و در حالت دو فازی، ثابت باقی می‌ماند. خنک‌کن‌های آزئوتروپ به ترتیب زمانی که در صنعت سرمایه‌گذاری به عنوان خنک‌کن تجاری شده‌اند، از شماره 500 نام‌گذاری شده‌اند.

خنک‌کن‌های زئوتروپیک، مخلوط‌هایی هستند که دمای جوش آنها، در فشار ثابت و در حالت دو فازی، ثابت نیست. خنک‌کن‌های زئوتروپ، به ترتیب زمانی که در صنعت سرمایه‌گذاری، به عنوان خنک‌کن تجاری شده‌اند، از شماره 400 نام‌گذاری شده‌اند.

نکته: خنک‌کن‌های چند جزئی تجاری شده با اجزای یکسان، اما با درصد‌های جرمی مختلف، با حروف A، B و C شناخته می‌شوند.

ه) مواد طبیعی (غیر آلی)

مواد طبیعی نظیر آمونیاک، آب، هوا و ... به صورت R700+m نام‌گذاری می‌شوند که در آن m، جرم مولکولی ماده است.

معضلات محیط‌زیستی

ویژگی‌های مهم واکنش ندادن و بی‌اثر بودن هالوژن‌ها، کلروفلوئوروکربن‌ها (CFCها)، ChloroFluoroCarbons و هیدروکلروفلوئوروکربن‌ها (HCFCها)، HydrochloroFluoroCarbons در کنار اشتعال‌ناپذیری و سمی نبودن، این دسته از خنک‌کن‌ها را تبدیل به یکی از مناسب‌ترین گزینه‌ها کرده بود. ولی همانگونه که پیش‌تر اشاراتی شد، ماندگاری طولانی مدت این گازها در جو و آثار تخریبی و بروز پدیده گرمایش زمین و آسیب رساندن به لایه ازن، نگرانی فزاینده‌ای را درباره کاربرد این شماره‌ها در چرخه‌های سرمایه‌گذاری ایجاد کرده است. قدرت تخریب و آسیب رساندن در بین این دسته از شماره‌ها، از زیاد به کم به این صورت است: بروموکلروفلوئوروکربن‌ها، CFCها و HCFCها. در میان گروه HCFCها از این دسته از شماره‌ها، هیدروفلوئوروکربن‌ها و فلئوروکربن‌ها شماره‌های ضعیف‌تر از نظر آسیب رساندن به جو، به حساب می‌آیند؛ هرچند که قدرت تخریب همین شماره‌های ضعیف، چیزی در حدود صد برابر قدرت تخریبی کربن دی‌اکسید است. در میان دیگر خنک‌کن‌های نام‌آشنا پروپان و آمونیاک ویژگی مهم خنکی بودن و بی‌اثری را ندارند و در صورت نشت کردن از

پروپان، آمونیاک، آب و ... به صورت R700+m نام‌گذاری می‌شوند که در آن m، جرم مولکولی ماده است.

ویژگی‌های گوناگون و متضاد میان انواع خنک‌کن‌هاست که انتخاب خنک‌کن پاک و ایمن و بهینه را دچار پیچیدگی می‌کند [5-9].

مداخل مرتبط

اژن؛ چرخه‌های ترمودینامیکی؛ چگالنده؛ سرمایه‌گذاری؛ گازهای گلخانه‌ای؛ گرمایش جهانی؛ مواد در انرژی.

کتاب‌شناسی

- [1] Rosenthal, Elisabeth; Lehren, Andrew. "Relief in every window, but global worry too". *New York Times*, 2015.
- [2] Siegfried Haaf, H.H. *Refrigeration Technology*. Wiley-VCH, 2002.
- [3] ANSI/ASHRAE Standard 34-2001. "Designation and safety classification of refrigerants". 2010.
- [4] موسوی نائینیان، سید مجتبی، «نام‌گذاری مبردها براساس استاندارد ASHRAE34». انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، 1، 1393.
- [5] Benhadid-Dib, S.; Benzaoui, A. "Refrigerants and their environmental impact substitution of hydro chlorofluorocarbon HCFC and HFC hydro fluorocarbon: search for an adequate refrigerant." *Energy Procedia*, 18, 2012.
- [6] Sarbu, I. "A review on substitution strategy of non-ecological refrigerants from vapour compression-based refrigeration, air-conditioning and heat pump systems". *Refrigeration*, 46, 2014.
- [7] Gil, B.; Kasperski, J. "Efficiency analysis of alternative refrigerants for ejector cooling cycles". *Energy Conversion and Management*, 94, 2015.
- [8] Kasperski, J.; Gil, B. "Performance estimation of ejector cycles using heavier hydrocarbon refrigerants". *Applied Thermal Engineering*, 71(1), 2014.
- [9] Cao, L.; Liu, J.; Xu, X. "Robustness analysis of the mixed refrigerant composition employed in the single mixed refrigerant (SMR) liquefied natural gas (LNG) process". *Applied Thermal Engineering*, 93, 2015.

محمدحسن پنجه‌شاهی و آبتین عطایی



پژوهشگاه مواد و انرژی