

برای سردخانه زیر صفر چه مبردی مناسب است؟ راهنمای انتخاب

انتخاب مبرد مناسب برای سردخانه زیر صفر یکی از مهم‌ترین تصمیم‌ها در طراحی، راه‌اندازی یا نوسازی سیستم‌های تبرید است. در این سردخانه‌ها، محصول باید برای مدت مشخصی در دمایی پایین‌تر از صفر نگهداری شود؛ بنابراین سیستم سرمایشی باید بتواند بدون افت عملکرد، دمای مطلوب را ایجاد و آن را به‌صورت پایدار حفظ کند. نوع گاز مبرد، در کنار عواملی مانند ظرفیت کمپرسور، طراحی مدار تبرید و شرایط محیطی، نقش مهمی در رسیدن به این هدف دارد.

به گزارش خبرگزاری گزارش خبر، انتخاب مبرد مناسب برای سردخانه زیر صفر یکی از مهم‌ترین تصمیم‌ها در طراحی، راه‌اندازی یا نوسازی سیستم‌های تبرید است. در این سردخانه‌ها، محصول باید برای مدت مشخصی در دمایی پایین‌تر از صفر نگهداری شود؛ بنابراین سیستم سرمایشی باید بتواند بدون افت عملکرد، دمای مطلوب را ایجاد و آن را به‌صورت پایدار حفظ کند. نوع گاز مبرد، در کنار عواملی مانند ظرفیت کمپرسور، طراحی مدار تبرید و شرایط محیطی، نقش مهمی در رسیدن به این هدف دارد.

انتخاب نادرست گاز مبرد سردخانه زیر صفر ممکن است پیامدهایی مانند افزایش مصرف انرژی، کاهش ظرفیت سرمایشی، بالا رفتن دمای دهش کمپرسور یا دشوار شدن فرآیند تعمیر و نگهداری را به همراه داشته باشد. از طرف دیگر، مبردی که برای یک سیستم تبرید صنعتی بزرگ مناسب است، لزوماً برای یک سردخانه فروشگاه یا دستگاهی با طراحی متفاوت انتخاب مناسبی نخواهد بود.

به همین دلیل، نمی‌توان تنها بر اساس قیمت یا رایج‌بودن یک گاز، درباره مناسب‌بودن آن تصمیم گرفت. دمای کاری، نوع محصول، ظرفیت سردخانه، سازگاری با کمپرسور و روغن، فشار کاری، ایمنی و اثرات زیست‌محیطی، همگی باید در فرآیند انتخاب در نظر گرفته شوند. در ادامه، مهم‌ترین معیارهای انتخاب مبرد و ویژگی‌های رایج برای سردخانه‌های زیر صفر بررسی می‌شود.

سردخانه زیر صفر چیست و چه تفاوتی با سردخانه بالای صفر دارد؟

سردخانه زیر صفر به فضایی گفته می‌شود که دمای آن برای نگهداری محصولات، پایین‌تر از صفر درجه سانتی‌گراد تنظیم می‌شود. این نوع سردخانه معمولاً برای نگهداری گوشت، مرغ، ماهی، بستنی، مواد غذایی منجمد و محصولات به کار می‌رود که برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری، باید در حالت انجماد باقی بمانند. در چنین شرایطی، سیستم تبرید سردخانه باید بتواند دمای پایین را به‌صورت مداوم تأمین کند و در برابر تغییرات بار حرارتی نیز عملکرد پایدار داشته باشد.

تفاوت اصلی سردخانه زیر صفر با سردخانه بالای صفر، فقط در عدد تنظیم‌شده روی ترموستات نیست. در سردخانه‌های بالای صفر، هدف معمولاً خنک نگه‌داشتن محصول بدون یخ‌زدگی است؛ به همین دلیل برای نگهداری میوه، سبزیجات، لبنیات، دارو و برخی مواد غذایی تازه استفاده می‌شوند. اما در سردخانه زیر صفر، سیستم باید گرمای محصول و فضای داخلی را تا نقطه انجماد یا پایین‌تر از آن کاهش دهد. این موضوع به انتخاب تجهیزات و گاز مبرد مناسب دمای پایین نیاز دارد.

در سردخانه‌های زیر صفر، دمای تبخیر مبرد معمولاً پایین‌تر است و کمپرسور، اواپراتور، شیر انبساط و سایر اجزای مدار تبرید باید متناسب با این شرایط انتخاب شوند. هرچه دمای موردنیاز پایین‌تر باشد، عواملی مانند فشار مکش، دمای دهش کمپرسور، ظرفیت سرمایشی و مصرف انرژی اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. بنابراین، نمی‌توان مبرد مورد استفاده در یک سیستم بالای صفر را بدون بررسی فنی در یک سردخانه زیر صفر به کار برد.

همچنین باز و بسته‌شدن درها، ورود محصول جدید، عایق‌کاری، دمای محیط و حجم سردخانه می‌توانند بار حرارتی سیستم را تغییر دهند. به همین دلیل، انتخاب مبرد مناسب سردخانه زیر صفر باید بر اساس مجموعه‌ای از مشخصات فنی انجام شود، نه فقط دمای اسمی سردخانه.

مهم‌ترین معیارهای انتخاب مبرد برای سردخانه زیر صفر

انتخاب مبرد مناسب سردخانه زیر صفر باید بر اساس مشخصات فنی و شرایط واقعی پروژه انجام شود. هیچ گازی را نمی‌توان بدون بررسی ظرفیت، دمای کاری و طراحی سیستم، به‌عنوان بهترین گزینه برای همه سردخانه‌ها معرفی کرد. به همین دلیل، پیش از انتخاب یا خرید گاز مبرد سردخانه، لازم است ویژگی‌های سیستم با مشخصات مبرد موردنظر تطبیق داده شود. بررسی گزینه‌های موجود و توجه به انتخاب گاز مبرد متناسب با سیستم می‌تواند احتمال انتخاب نادرست را کاهش دهد.

دمای کاری و دمای تبخیر

مهم‌ترین معیار، دمایی است که سردخانه باید در آن فعالیت کند. دمای نگهداری محصول، میزان انجماد موردنیاز و شرایط محیطی، محدوده دمای

تبخیر سیستم را مشخص می‌کنند. گاز مبرد سردخانه زیر صفر باید بتواند در این محدوده، عملکردی پایدار و ظرفیت سرمایشی مناسبی داشته باشد.

نیازهای یک سردخانه نگهداری مواد غذایی منجمد با یک تونل انجماد یا سیستم انجماد سریع یکسان نیست؛ بنابراین دمای نهایی و سرعت رسیدن به آن باید پیش از انتخاب مبرد مشخص شود.

ظرفیت سرمایشی و نوع سیستم

حجم سردخانه، مقدار محصول ورودی، میزان باز و بسته‌شدن درها و بار حرارتی محیط، ظرفیت سرمایشی موردنیاز را تعیین می‌کنند. این ظرفیت باید با نوع کمپرسور، اواپراتور، کندانسور، شیر انبساط و ساختار کلی مدار تبرید هماهنگ باشد.

اگر مبرد نتواند ظرفیت موردنیاز سیستم را تأمین کند، کمپرسور برای جبران این کمبود مدت بیشتری کار خواهد کرد و در نتیجه مصرف برق و استهلاک تجهیزات افزایش می‌یابد. بنابراین، انتخاب مبرد مناسب سیستم تبرید فقط بر اساس نام یا میزان رایج‌بودن یک گاز انجام نمی‌شود.

سازگاری با تجهیزات سیستم

مبرد باید با کمپرسور، روغن تبرید، شیر انبساط، آب‌بندی‌ها و تجهیزات کنترلی سازگار باشد. تفاوت در فشار کاری یا ویژگی‌های شیمیایی مبردها می‌تواند عملکرد قطعات را تحت تأثیر قرار دهد.

این معیار در سیستم‌هایی که قرار است مبرد آن‌ها در آینده جایگزین شود اهمیت بیشتری دارد. در چنین شرایطی، سازگاری گزینه جدید باید به‌صورت جداگانه و بر اساس مشخصات سازنده تجهیزات بررسی شود.

راندمان و مصرف انرژی

فشار مکش، فشار دهش، دمای دهش کمپرسور و ضریب عملکرد، از شاخص‌هایی هستند که برای ارزیابی راندمان مبرد به کار می‌روند. مبرد مناسب باید بتواند با فشار و دمای قابل‌قبول، سرمایش موردنیاز را ایجاد کند.

در ارزیابی اقتصادی نیز نباید فقط قیمت اولیه گاز را در نظر گرفت. مصرف برق، دفعات سرویس، هزینه شارژ مجدد و طول عمر قطعات، در هزینه نهایی بهره‌برداری از سیستم تبرید نقش دارند.

الزامات ایمنی

مبردها از نظر اشتعال‌پذیری و سمیت یکسان نیستند. به همین دلیل، محل نصب سردخانه، حجم شارژ، سیستم تهویه و سطح دسترسی افراد باید در انتخاب گاز مبرد برای سردخانه لحاظ شود.

در پروژه‌هایی که از مبردهای قابل‌اشتعال یا سمی استفاده می‌شود، رعایت الزامات طراحی، نصب و سرویس اهمیت ویژه‌ای دارد. این موضوع به‌خصوص در سردخانه‌های صنعتی یا فضاهای پرتردد، باید از ابتدای طراحی مورد توجه قرار گیرد.

اثرات زیست‌محیطی و تأمین‌پذیری

شاخص GWP، محدودیت‌های زیست‌محیطی و امکان تهیه مبرد در آینده نیز بخشی از فرآیند انتخاب هستند. بعضی مبردهای قدیمی با وجود سابقه مصرف گسترده، به دلیل اثر گلخانه‌ای بالا با محدودیت‌های بیشتری مواجه شده‌اند.

از طرف دیگر، انتخاب مبردی که تأمین آن دشوار باشد، می‌تواند هزینه تعمیر و نگهداری سردخانه را در بلندمدت افزایش دهد. بنابراین هنگام مقایسه انواع گاز مبرد سردخانه، علاوه بر عملکرد فنی، باید دسترسی به گاز، قطعات و خدمات تخصصی آن نیز بررسی شود.

در مجموع، انتخاب مبرد برای سردخانه زمانی قابل‌اعتماد است که دمای کاری، ظرفیت سرمایشی، سازگاری تجهیزات، راندمان، ایمنی و امکان تأمین آینده، هم‌زمان در نظر گرفته شوند. پایین یا استفاده گسترده از یک گاز، به‌تنهایی نمی‌تواند مناسب‌بودن آن را برای یک سیستم مشخص ثابت کند.

مبردهای رایج در سردخانه‌های زیر صفر

پس از بررسی معیارهای انتخاب، اکنون می‌توان گزینه‌های رایج در سیستم‌های برودتی دمای پایین را بهتر مقایسه کرد. مبردهایی مانند R۴۰۴A و R۵۰۷ سال‌ها در سردخانه‌های تجاری و صنعتی استفاده شده‌اند؛ بااین‌حال، محدودیت‌های زیست‌محیطی باعث شده گزینه‌هایی مانند R۴۴۹A، R۲۹۰، R۴۵۲A و R۷۴۴ نیز در پروژه‌های جدید یا طرح‌های نوسازی مورد توجه قرار بگیرند.

البته معرفی یک مبرد به‌عنوان «بهترین گاز برای سردخانه زیر صفر» بدون بررسی طراحی سیستم درست نیست. هر یک از گزینه‌های زیر، مزایا،

مبرد R۴۰۴A

R۴۰۴A یکی از مبردهای شناخته‌شده در سیستم‌های تبرید دمای پایین است و در بسیاری از سردخانه‌های قدیمی، ویتترین‌های فروشگاه‌ها، تجهیزات انجماد و برخی کاربردهای صنعتی به کار رفته است. سابقه استفاده گسترده و دسترسی نسبتاً مناسب، از دلایل محبوبیت این گاز بوده است.

با این حال، GWP بالای R۴۰۴A باعث شده استفاده از آن در بسیاری از بازارها با محدودیت‌های زیست‌محیطی بیشتری همراه باشد. بنابراین اگرچه این مبرد ممکن است در یک سیستم موجود عملکرد قابل‌قبولی داشته باشد، استفاده از آن در طراحی‌های جدید باید با توجه به مقررات، تأمین‌پذیری و گزینه‌های جایگزین بررسی شود.

مبرد R۵۰۷

R۵۰۷ نیز در برخی سیستم‌های سردخانه‌ای و تجهیزات دمای پایین استفاده شده و از نظر عملکرد، برای کاربردهای مشخصی گزینه‌ای شناخته‌شده محسوب می‌شود. این مبرد در بعضی سیستم‌های تجاری و صنعتی به کار رفته است، اما مانند R۴۰۴A با چالش‌هایی از نظر اثرات زیست‌محیطی و محدودیت‌های آینده روبه‌روست.

در صورت استفاده از R۵۰۷ یا جایگزینی آن، باید مشخصات کمپرسور، روغن تبرید، فشار کاری و ظرفیت سرمایشی سیستم بررسی شود. صرف شباهت کاربردی این گاز با یک مبرد دیگر، به معنای امکان تعویض مستقیم آن نیست.

مبردهای R۴۴۹A و R۴۵۲A

R۴۴۹A و R۴۵۲A از جمله گزینه‌هایی هستند که در برخی پروژه‌ها برای کاهش اثرات زیست‌محیطی یا جایگزینی مبردهای قدیمی‌تر مورد بررسی قرار می‌گیرند. این مبردها می‌توانند در بعضی سیستم‌های تجاری و صنعتی دمای پایین کاربرد داشته باشند، اما عملکرد آن‌ها به طراحی مدار و تنظیمات تجهیزات وابسته است.

پیش از استفاده از این گزینه‌ها، موارد زیر باید بررسی شود:

ظرفیت سرمایشی سیستم
فشار مکش و دهش
نوع روغن کمپرسور
وضعیت شیر انبساط
تنظیمات کنترل و حفاظت
دستورالعمل سازنده تجهیزات

به همین دلیل، انتخاب R۴۴۹A یا R۴۵۲A باید به‌عنوان یک تصمیم فنی برای همان سیستم مشخص انجام شود، نه یک جایگزینی عمومی برای تمام سردخانه‌ها.

مبرد R۲۹۰

R۲۹۰ همان پروپان با گرید مناسب برای کاربردهای برودتی است و به دلیل راندمان مناسب و GWP پایین، در برخی تجهیزات جدید مورد توجه قرار گرفته است. این مبرد می‌تواند در سیستم‌های کوچک‌تر و تجهیزاتی که از ابتدا برای استفاده از آن طراحی شده‌اند، عملکرد مطلوبی داشته باشد.

محدودیت اصلی R۲۹۰، اشتعال‌پذیری آن است. بنابراین میزان شارژ، طراحی تجهیزات، محل نصب، تهویه، کنترل‌نشستی و دستورالعمل‌های ایمنی باید با دقت بررسی شوند. استفاده از این مبرد در سیستمی که برای آن طراحی نشده یا بدون رعایت الزامات ایمنی، می‌تواند خطرآفرین باشد.

مبرد R۷۱۷ یا آمونیاک

آمونیاک یا R۷۱۷ یکی از مبردهای با سابقه و کارآمد در سیستم‌های تبرید صنعتی است. این گزینه به‌ویژه در سردخانه‌های بزرگ، کارخانه‌های صنایع غذایی، مراکز توزیع و پروژه‌هایی با ظرفیت سرمایشی بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

راندمان مناسب و هزینه مطلوب بهره‌برداری از مزایای آمونیاک است؛ اما سمیت آن، نیاز به طراحی مهندسی، تجهیزات ایمنی، تهویه مناسب و حضور نیروی متخصص را افزایش می‌دهد. به همین دلیل، R۷۱۷ معمولاً برای پروژه‌های صنعتی و زیرساخت‌های مجهز مناسب‌تر از سردخانه‌های کوچک و عمومی است.

RY44 یا دی اکسیدکربن، گزینه‌ای با GWP بسیار پایین است که در برخی سیستم‌های مدرن و طراحی‌های تخصصی به کار می‌رود. این مبرد می‌تواند در سامانه‌های چندمرحله‌ای، سوپرانگشتی و برخی پروژه‌های تجاری یا صنعتی دمای پایین مورد توجه قرار گیرد.

مهم‌ترین ویژگی فنی RY44، فشار کاری بالای آن است. به همین دلیل، تمام اجزای سیستم، از کمپرسور و لوله‌کشی گرفته تا شیرها و تجهیزات کنترلی، باید برای این شرایط طراحی شده باشند. در نتیجه، RY44 برای هر سردخانه‌ای مناسب نیست و استفاده از آن به دانش طراحی و تجهیزات تخصصی نیاز دارد.

به‌طور کلی، R404A و R507 بیشتر در سیستم‌های قدیمی و کاربردهای شناخته‌شده دیده می‌شوند، درحالی‌که R449A و R452A در برخی پروژه‌های جایگزینی و نوسازی بررسی می‌گردند. R717، R290 و RY44 نیز هرکدام مزایای فنی قابل‌توجهی دارند، اما به الزامات طراحی و ایمنی خاص خود نیازمندند. بنابراین، بهترین مبرد برای سردخانه زیر صفر را باید بر اساس نوع سیستم، ظرفیت، دمای کاری و شرایط پروژه تعیین کرد.

مقایسه مبردهای رایج برای سردخانه زیر صفر

جدول زیر امکان مقایسه سریع گزینه‌های رایج را فراهم می‌کند. برای انتخاب نهایی مبرد مناسب سردخانه زیر صفر، مشخصات فنی سیستم و دستورالعمل سازنده تجهیزات باید بررسی شود.

مبرد

وضعیت کلی از نظر کاربرد

نکته مهم هنگام انتخاب

R404A

بیشتر در سیستم‌های قدیمی و موجود

بررسی محدودیت‌های زیست‌محیطی و امکان تأمین

R507

مورد استفاده در برخی سیستم‌های قدیمی تجاری و صنعتی

بررسی فشار کاری و سازگاری با تجهیزات

R۴۴۹A

قابل بررسی برای بعضی پروژه‌های نوسازی

نیازمند ارزیابی ظرفیت و روغن سیستم

R۴۵۲A

مناسب برخی تجهیزات دمای پایین

وابسته به طراحی و تنظیمات مدار تبرید

R۲۹۰

گزینه‌ای برای تجهیزات طراحی شده مخصوص آن

رعایت الزامات مربوط به اشتعال‌پذیری

RV۱۷

گزینه‌ای برای پروژه‌های صنعتی با ظرفیت بالا

نیازمند طراحی تخصصی و تجهیزات ایمنی

RV۴۴

قابل استفاده در سامانه‌های مدرن و تخصصی

نیازمند تجهیزات سازگار با فشار کاری بالا

این جدول برای مقایسه اولیه است و به‌تنهایی جایگزین محاسبات مهندسی یا بررسی مشخصات سازنده نمی‌شود.

آیا می‌توان مبرد سیستم قدیمی را تعویض کرد؟

در بسیاری از موارد، امکان تعویض مبرد سیستم قدیمی وجود دارد؛ اما این کار یک جایگزینی ساده و مستقیم نیست. هر سیستم تبرید بر اساس محدوده مشخصی از فشار، دما، ظرفیت و نوع روغن طراحی شده است. بنابراین، سازگاری مبرد جدید با کمپرسور و سایر اجزای مدار باید پیش از اجرای کار بررسی شود.

این فرآیند که معمولاً با عنوان Retrofit سیستم تبرید شناخته می‌شود، به وضعیت تجهیزات و نوع مبرد فعلی بستگی دارد. پیش از تصمیم‌گیری، باید مواردی مانند مدل کمپرسور، روغن مورد استفاده، ظرفیت سرمایشی، نوع شیر انبساط، فیلتر درایر و دستورالعمل شرکت سازنده بررسی شوند. در بعضی سیستم‌ها تنها با تخلیه اصولی گاز قبلی، وکیوم و شارژ مبرد جدید می‌توان سیستم را راه‌اندازی کرد؛ اما در برخی دیگر، تغییر روغن یا تعویض بعضی قطعات ضروری است.

نکته مهم این است که مبردهای مختلف نباید با یکدیگر مخلوط شوند. همچنین شارژ گاز جدید روی مبرد قبلی می‌تواند ترکیبی نامشخص در مدار ایجاد کند و به کاهش ظرفیت سرمایشی، افزایش فشار کاری یا اختلال در عملکرد کمپرسور منجر شود. به همین دلیل، مراحل کلی جایگزینی گاز مبرد سردخانه باید شامل موارد زیر باشد:

شناسایی مبرد فعلی و ثبت شرایط عملکرد سیستم

بازیابی و تخلیه اصولی گاز موجود
بررسی قطعات و اصلاح اجزای ناسازگار
وکیوم‌کردن کامل مدار
شارژ مبرد جدید طبق مقدار و روش تعیین‌شده
کنترل نشتی، فشارها و دمای عملکرد پس از راه‌اندازی

در نهایت، تعویض مبرد زمانی تصمیم مناسبی است که گاز جدید از نظر فنی و اقتصادی با سیستم سازگار باشد. اگر تجهیزات فرسوده باشند یا تغییرات موردنیاز هزینه زیادی ایجاد کند، تعمیر سیستم موجود یا نوسازی کامل آن ممکن است گزینه منطقی‌تری از جایگزینی مبرد باشد.

جمع‌بندی؛ برای سردخانه زیر صفر کدام مبرد مناسب است؟

برای همه سردخانه‌های زیر صفر نمی‌توان یک مبرد واحد را به‌عنوان بهترین گزینه معرفی کرد. انتخاب مبرد مناسب سردخانه زیر صفر به عواملی مانند دمای کاری، ظرفیت سرمایشی، نوع کمپرسور، روغن تبرید، طراحی مدار، شرایط بهره‌برداری و الزامات ایمنی بستگی دارد.

مبردهایی مانند R۴۰۴A و R۵۰۷ در بسیاری از سیستم‌های قدیمی سابقه استفاده دارند، اما محدودیت‌های زیست‌محیطی و تأمین آینده آن‌ها باید بررسی شود. گزینه‌هایی مانند R۴۴۹A و R۴۵۲A در برخی پروژه‌های نوسازی مورد توجه قرار گرفته‌اند و مبردهایی مانند R۷۱۷، R۲۹۰ و R۷۴۴ نیز هرکدام برای تجهیزات و شرایط خاصی مناسب هستند.

در نهایت، پاسخ پرسش «برای سردخانه زیر صفر چه مبردی مناسب است؟ بدون بررسی مشخصات فنی سیستم ممکن نیست. انتخاب گاز مبرد سردخانه باید بر اساس سازگاری با تجهیزات، عملکرد مورد انتظار، ایمنی و هزینه بهره‌برداری انجام شود؛ زیرا گازی که برای یک سیستم تبرید صنعتی مناسب است، لزوماً برای سردخانه‌ای دیگر بهترین انتخاب نخواهد بود.