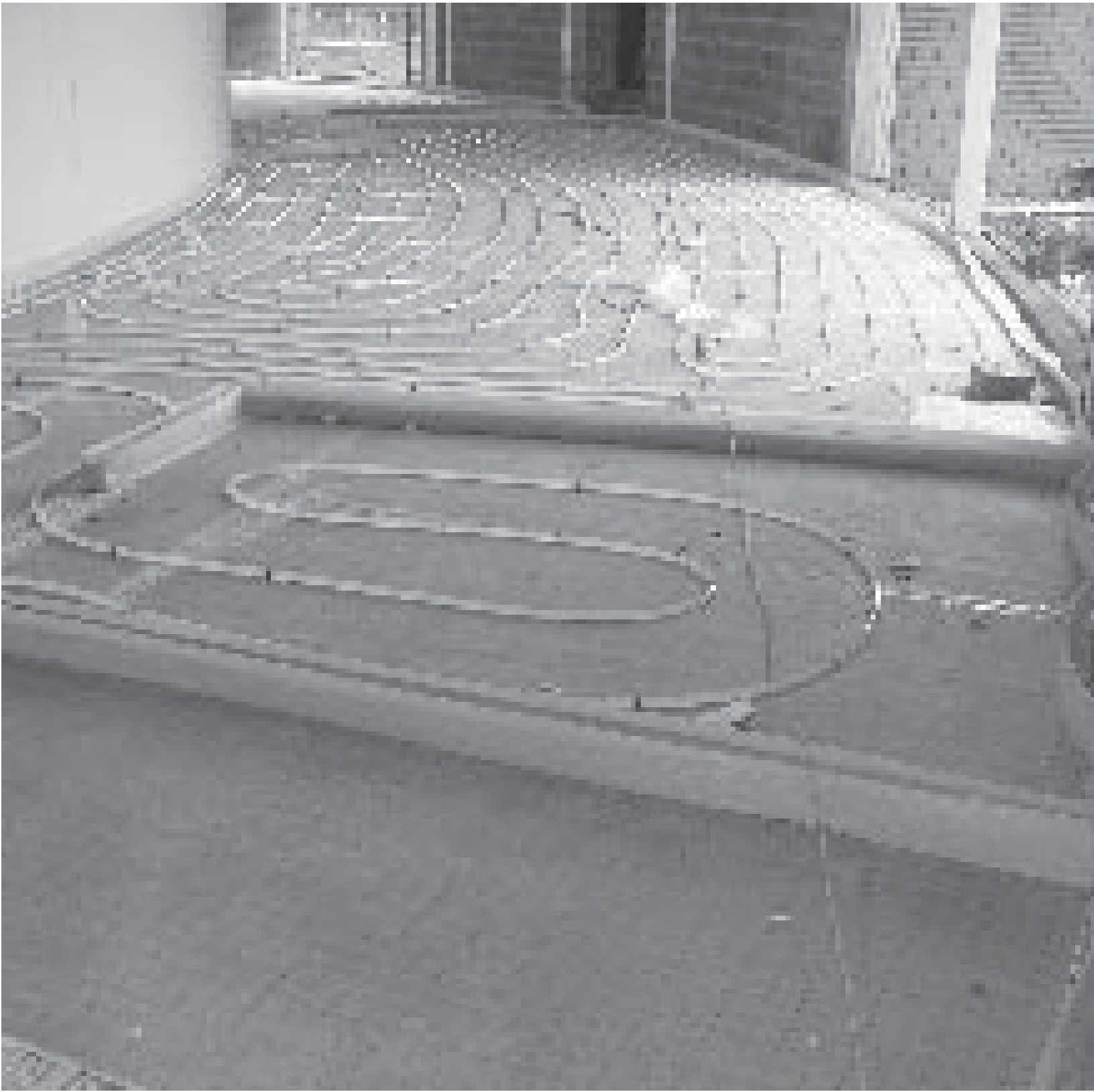
درست و نادرست در دمای برگشتی دیگ‌ها در سامانه‌های گرماتاب

نوشته‌ی: John Siegenthaler
برگردان: مهندس مزدک صدری افشار



با افزایش روزافزون تعداد تاسیسات کف‌های گرماتاب، نگرانی در مورد کارکرد دیگ‌های معمولی در دمای پایین آب نیز بیشتر می‌شود. این مشکلات را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود:

- خوردگی سریع سمت شعله‌ی مبدل حرارتی دیگ به دلیل تقطیر دایم گازهای احتراق
- شوک گرمایی در نتیجه‌ی ورود آب نسبتا سرد به دیگی که در دمای بالا قرار دارد.

روش‌های مطئن برای پیشگیری از این شرایط، هنوز به طور کامل درک نشده و در بسیاری از طراحی‌های سامانه‌های گرماتاب مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در این مقاله قصد داریم نگاهی به باورهای درست و نادرست در مورد حفاظت دمایی در مسیر برگشتی دیگ داشته باشیم.

نگاهی به گذشته

قبل از رشد چشمگیر در تاسیسات کف گرماتاب، بیشتر سامانه‌های هیدرونیک (آبی) دارای جرم گرمایی نسبتا پایینی بوده و در دمای آب نسبتا بالا کار می‌کردند. بیشتر این تاسیسات مجهز به آب گرمکن‌های بدون مخزن کویلی بودند که نیاز به حداقل دمای آب در محدوده‌ی ۱۵۰ °F در تمام اوقات داشت. تعیین ظرفیت بیش از حد نیاز برای دیگ‌ها نیز در آن زمان بسیار معمول بود.

در این شرایط کاری، تقطیر گازهای خروجی یک مشکل کوتاه مدت بود که فقط در ابتدای چرخه شعله‌وری دیگ در شرایط سرد ایجاد می‌شد. در این حالت، تقطیر ایجاد شده در داخل دیگ به سرعت و قبل از این که خطری برای سامانه داشته باشد، از بین می‌رفت. در بعضی موارد، یک پمپ کنار گذر (کنارگذر) بین اتصالات رفت و برگشت دیگ نصب می‌شد.

وظیفه این پمپ، ایجاد یک نقطه اختلاط در بالادست ورودی دیگ برای گرم کردن آب سرد، قبل از ورود به مبدل حرارتی دیگ و جلوگیری از تنش‌های دمایی بود که می‌توانست مانند یک پتک، چدن را دچار ترک خوردگی نماید. به طور خلاصه می‌توان گفت که پمپ کنارگذر، گرما را از سمت داغ مبدل حرارتی دیگ قرض گرفته و از آن برای افزایش دمای سمت سرد استفاده می‌کرد. تاثیر نهایی این عملکرد، کاهش گرادیان دمایی در مبدل حرارتی بود که باعث کاهش تنش‌های دمایی می‌گردید. قابلیت پمپ کنارگذر برای ایجاد این «بافر»، به جرم حرارتی دیگ بستگی داشت که تقریبا با جرم حرارتی سامانه توزیعی که به آن وصل می‌شد، قابل مقایسه بود. پرسش اینجاست که امروز چه چیزی تغییر کرده است؟ یکی از این تغییرات، این است که سامانه‌های گرمایش کف با جرم بالا و دمای پایین، با دیگ‌های معمولی به کار می‌روند.

بیشتر کسانی که این سامانه‌های جدید را نصب می‌کنند، دریافته‌اند که نیازمند روشی برای حفاظت از دیگ در برابر تقطیر دایمی گازهای خروجی می‌باشند. متاسفانه، بسیاری از این افراد هنوز بر این باورند که یک پمپ کنارگذر (به تنهایی) می‌تواند راه حل مناسبی باشد. اما این باور نادرست است و چنین راه حلی بدون شک به بروز خوردگی جدی در دیگ‌هایی که با سامانه‌های توزیع کم دما به کار می‌روند، خواهد انجامید.

نگاه ترمودینامیکی

اجازه دهید از نقطه نظر ترمودینامیکی نگاهی به حفاظت دمای دیگ داشته باشیم. قانون اول ترمودینامیک بیان می‌دارد که انرژی (که در اینجا گرماست)، می‌تواند از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل شود، اما نمی‌تواند در «جای نادرست» قرار گیرد. برای ساده‌تر شدن موضوع، می‌توانیم روش طبیعت برای رفتار با انرژی (Btu) را مانند روش یک حسابرس بانکی برای ردیابی حساب‌های بانکی فرض کنیم. یک مثال خوب در مورد این قانون، چگونگی ایجاد توازن بین نرخ گرمای اضافه شده به آب در سامانه هیدرونیک و نرخ گرمای آزاد شده از این آب، توسط خود «طبیعت» است. طبیعت همیشه «می‌داند» در کدام دما، این نرخ جریان انرژی متعادل می‌شود و بدین ترتیب، دما را به سوی این تعادل می‌راند. فرض کنید دیگی با ظرفیت اسمی ۱۰۰۰۰۰ Btu/h در اختیار داریم که به یک کف گرماتاب متصل شده است.

تخته بتونی کف آنقدر بزرگ هست که بتواند ۱۰۰۰۰۰ Btu/h را در زمانی که دمای متوسط آب در آن معادل ۱۰۰ °F است، آزاد کند. به عبارت دیگر، این کف می‌تواند تمام گرمایی که دیگ قادر به تامین آن است، بدون نیاز به بالا رفتن دمای متوسط آب تا بالاتر از ۱۰۰ °F، آزاد کند. البته این دیگ بایستی بدون توقف کار کند تا ۱۰۰۰۰۰ Btu/h را برای مدار کف تامین نماید.

تنظیم آکوستات این دیگ احتمالا ربطی به کارکرد آن نخواهد داشت بدین معنی که ممکن است دمای آکوستات روی ۱۴۰، ۱۸۰ یا حتا ۲۴۰ °F تنظیم شده باشد اما تا زمانی که دمای آن چند درجه بالاتر از دمای آب در کف گرماتاب باشد، تنها کاری که آکوستات می‌تواند انجام دهد، همان کارکرد بدون توقف دیگ است. روشن است که کف گرماتاب (و نه آکوستات) دمای آب را در این وضعیت کنترل می نماید. در ضمن نباید فراموش کرد که آب ورودی در دمای ۱۰۰ °F به یک دیگ گاز سوز یا نفت سوز، باعث تقطیر دایمی و فراوان گازهای خروجی می‌گردد و این مساله، حتا زمانی که دیگ به طور دایم مشغول کار است، رخ می‌دهد.

تشنه‌ی گرما!

در مثال بالا فرض شده است که تخته بتونی کف در یک دمای ایستا کار کرده و با همان سرعت که دیگ به آب گرما تحویل می‌دهد، گرما را از آب می‌گیرد. هرچند ما اغلب سامانه‌های هیدرونیک را با این فرض «حالت ایستا» طراحی می‌کنیم، اما این شرایط عملا (حداقل برای زمان طولانی) وجود ندارد. واقعیت این است که سامانه‌های ما در بیشتر اوقات سعی دارند دمای یک کف سرد (یا حتا یخ زده) را بالا ببرند.

در این شرایط، کف سرد اقدام به نشان دادن اشتهای فراوان خود برای انرژی گرمایی می‌کند. زمانی که کف بتونی سرد است، می‌تواند گرما را از آب موجود در مدار با سرعتی بسیار بیشتر نسبت به دمای عادی کارکرد سامانه، بگیرد. در چنین شرایطی، کاملا امکان دارد که کف بتونی سرد، گرما را با سرعتی حدود سه یا چهار برابر سرعت جایگزینی گرما توسط دیگ، از آب بگیرد.

برای درک بهتر این مساله، یک سطل را در نظر بگیرید که تا نیمه از آب پر شده است. در بالای این سطل، یک شیلنگ وجود دارد که آب را با سرعت ۵ گالن بر دقیقه به سطل اضافه می کند. در کف سطل، یک سوراخ با قطر $^{1}/_{4}$ اینچ وجود دارد که آب از آن نشت می‌کند. در این شرایط، چه اتفاقی برای سطح آب در این سطل خواهد افتاد؟ احتمالا خواهید گفت که سوراخی با قطر $^{1}/_{4}$ اینچ نمی‌تواند آب را با سرعتی بیش از اضافه شدن از بالا، از سطل تخلیه کند و بنابراین، سطح آب بالا خواهد آمد.

حالا سطح آب در این سطح را به منزله دمای آب در یک سامانه هیدرونیک فرض کنید. اگر انتشار دهنده‌های گرما (مانند رادیاتورهای پایه کوتاه، تخته‌های بتونی کف و غیره) نتوانند گرما را با سرعتی که دیگ اقدام به اضافه کردن گرما به آب می‌کند از آب آزاد نمایند، دمای آب درست مانند سطح آب در سطل بالا می‌رود. برای این که «آن روی سکه» را نیز ببینیم، فرض کنید که قطر سوراخ کف سطل، یکباره به ۲ اینچ افزایش پیدا کند. اگر جریان آب ورودی از شیلنگ ثابت بماند، چه اتفاقی برای سطح آب در سطل خواهد افتاد؟ در این مورد نیز حتما خواهید گفت که سطح آب پایین می‌آید. اما دلیل این امر چیست؟ زیرا نرخ جریان خروجی آب در این حالت، بسیار بیشتر از نرخ جریان ورودی است.

همین مساله در مورد دمای آب در یک سامانه هیدرونیک صادق است، یعنی اگر دیگ نتواند گرما را با سرعت کافی (یعنی سرعت زدایش گرما توسط رادیاتورها و مدارهای کف) به آب اضافه کند، دما پایین خواهد آمد. وجود یک ابزار همزن یا پمپ کنارگذر بین دیگ و انتشار دهنده‌های گرما (رادیاتورها و کف گرماتاب)، ربطی به انرژی لازم از جهت ترمودینامیکی برای گرم کردن آب ندارد. می‌توانید یک پمپ ۵ اسب را بین تغذیه و برگشت دیگ در این شرایط قرار دهید ولی تنها کاری که این پمپ می‌تواند انجام دهد، هم زدن شدید آب در زمان پایین آمدن دماست! بسیاری از تکنیسین‌ها، پایین آمدن عقربه‌ی دماسنج دیگ را در طول آغاز به کار سامانه (گرمایش کف بتونی سرد) با ناامیدی و تعجب شاهد بوده‌اند. احتمالا در این شرایط اولین اقدامی که به نظر تکنیسین می‌رسد، بالا بردن دمای تنظیمی آکوستات دیگ است اما نکته‌ای که در اینجا به آن توجه نشده است، این است که دیگ در این شرایط به صورت «بدون توقف» در حال کار است و هر اندازه Btu که در توان داشته باشد، به آب می‌دهد. در این شرایط، تکنیسین متوجه صدای کارکرد پمپ کنارگذر می‌شود که اثربخشی آن درست مانند یک موتور هواپیماست که بدون ملخ در حال کار است! در اینجا، «مادر طبیعت» دمای سامانه شما را به سمت پایین می‌راند.

چه باید کرد؟

پمپ کنارگذر، در یک سامانه هیدرونیک که مقدار زیادی جرم حرارتی سرد در آن وجود دارد، نقشی ایفا نمی‌کند. تنها راه حل موفق برای بالا بردن دمای یک جرم حرارتی سرد تا دمای کارکرد عادی آن و بدون ایجاد تقطیر گازهای خروجی، نصب ابزاری است که بتواند دمای آب برگشتی را پایش نموده با محدود کردن نرخ جریان آب داغ ورودی به سامانه توزیع، به شرایط «دمای پایین» سامانه واکنش نشان دهد.

این سامانه کنترل، می‌تواند به صورت یک شیر تنظیم دو، سه یا چهار راهه و یا یک پمپ تزریق که با یک کنترل سرعت متغیر کار می‌کند، در نظر گرفته شود. بر خلاف آنچه که بسیاری افراد تصور می‌کنند، این روش حفاظت از دیگ باعث کند شدن فرآیند گرم شدن کف‌های گرماتاب نمی‌گردد. چرا؟ به این دلیل که دیگ با سرعت تمام مشغول به کار بوده در عین حال حفاظت کامل از آن صورت می‌گیرد.

در این حالت، هر مقدار Btu قابل دسترس به کف گرماتاب فرستاده می‌شود. آنچه که حفاظت دیگ انجام می‌دهد، ایجاد حداکثر نرخ خروجی گرما و جلوگیری از «بلعیدن» سریع انرژی گرمایی توسط کف سرد است. این مساله امکان می‌دهد تا دمای برگشت دیگ در حداقل دمای تنظیم شده در هنگام گرم شدن کف، ثابت باقی‌مانده و یا کمی بالاتر از آن باشد.

آیا پمپ‌های کنارگذر بی‌فایده‌اند؟

اتفاقا پمپ‌های کنارگذر، بسیار مفید بوده و نقش مهمی در «بافر» کردن یک دیگ در برابر درون ریزش‌های آب سرد دارند. نقطه اختلاطی که این پمپ‌ها در سامانه ایجاد می‌کنند، باعث ملایم‌تر شدن دمای آب سرد شده و از شوک‌های دمایی جلوگیری می‌کنند.

یک چیدمان معمول، نصب این پمپ به عنوان بخشی از مدار دیگ است که آب داغ را به یک جفت سه راهی نزدیک به هم تغذیه می‌کند. این آرایش، زمانی که بار موجود کمتر از خروجی دیگ است، امکان کنارگذر آب داغ دیگ را برای افزایش دمای آب برگشتی فراهم می‌نماید. اما به یاد داشته باشید که یک پمپ کنارگذر به تنهایی نمی‌تواند به دمای برگشت دیگ، واکنش نشان دهد.

بنابراین، پمپ کنارگذر نمی‌تواند نرخ گرمای گرفته شده از دیگ توسط سامانه را محدود کند. این پمپ، نمی‌تواند به عنوان جانشین کنترل حساس به دما در زمان اتصال یک بار با جرم بالا و دمای پایین به یک دیگ معمولی، عمل نماید. این پمپ‌ها، ابزارهایی ضروری در سامانه‌های هیدرونیک پیشرفته هستند، اما نباید از آن‌ها انتظار داشته باشیم که قوانین ترمودینامیک را تغییر دهند!