فصل هفتم

مبدل‌های حرارتی[1]، کوره‌ها

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ ساختمان مبدل‌های حرارتی را بشناسد.

۲ــ طرز کار مبدل‌های حرارتی را توضیح دهد.

۳ــ انواع مبدل‌های حرارتی را توضیح دهد.

۴ــ طرز کار خنک‌کن را توضیح دهد.

۵ــ کوره‌ها را توضیح دهد.

۷ــ۱ــ مقدمه

مبدل‌های حرارتی دستگاه‌هایی هستند که به کمک آن‌ها می‌توان در اثر تماس غیرمستقیم دو سیّال، سیّالی را گرم یا سرد نمود.

کاربرد اصول انتقال حرارت در طراحی تجهیزات برای مقاصد خاص مهندسی اهمیت بسیار زیادی دارد و هدف از به‌کارگیری اصول انتقال حرارت در طراحی، تلاش برای رسیدن به هدف توسعه تولید برای سوددهی اقتصادی است. در حقیقت دانستن نوع مبدل بر اساس سیال‌هایی که از آن عبور می‌کنند نقش مهمی در طراحی و محاسبات اقتصادی مبدل‌های حرارتی به‌دنبال خواهد داشت.

۷ــ۲ــ دسته‌بندی مبدل‌های حرارتی

۷ــ۲ــ۱ــ بر مبنای ساختمان مبدل: در بسیاری مواقع مبدل‌های حرارتی بر مبنای ساختمان تقسیم‌بندی می‌شوند. مبدل‌های حرارتی از نظر ساختمان به ۴ دسته تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارت‌اند از :

۱ــ مبدل‌های حرارتی لوله‌ای[2]

۲ــ مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای[3]

۳ــ مبدل‌های حرارتی پره‌ای[4]

۴ــ بازیاب‌های حرارتی[5]

۱ــ Heat exchangers ۲ــ Pipe heat exchanger ۳ــ plate heat exchanger

۴ــ fin heat exchanger ۵ــ Heat recovers

۷ــ۲ــ۲ــ تقسیم‌بندی مبدل‌ها بر اساس نوع جریان

ــ جریان همسو[۱]

ــ جریان ناهمسو[۲]

ــ جریان همسو (هم‌جهت): در این نوع مبدل‌ها سیّال سرد و گرم هر دو در یک جهت حرکت می‌کنند و در حین عبور از مبدل تبادل حرارتی انجام می‌دهند. شکل ۷ــ۱ جریان همسو را نمایش می‌دهد.

شکل ۷ــ۱ــ جریان همسو

ــ جریان ناهمسو (مخالف جهت): در این مبدل سیّال سرد در یک جهت و سیّال گرم در جهت عکس آن وارد مبدل می‌شود و بدین‌ترتیب تبادل حرارتی صورت می‌پذیرد.

در شرایط یکسان برای یک مبدل با جریان ناهمسو میزان انتقال حرارت بیشتر خواهد بود. در شکل ۷ــ۲ جریان ناهمسو نمایش داده شده است.

شکل ۷ــ۲ــ جریان ناهمسو

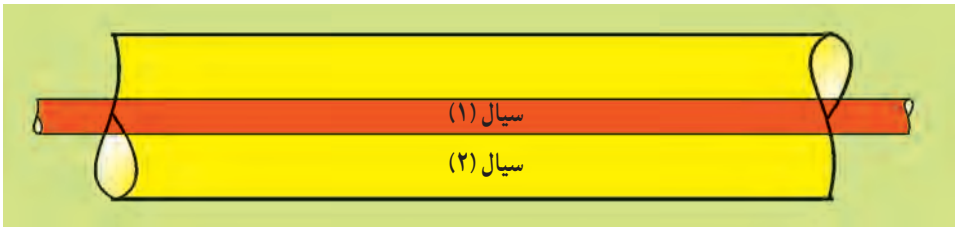
۷ــ۳ــ مبدل‌های حرارتی لوله‌ای

در این نوع مبدل‌ها اساس انتقال حرارت بین دو سیال از طریق دیواره بین آنها می‌باشد. این مبدل‌ها به دو دسته عمده تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱ــ دو لوله‌ای[۳]　　۲ــ لوله و پوسته[۴]

۱ــ Co-current　　۲ــ Counter current　　۳ــ Two pipes　　۴ــ Shell & tube

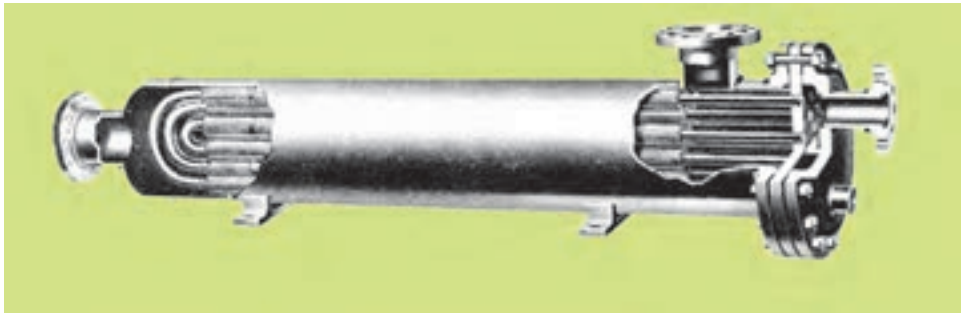
۷ــ۳ــ۱ــ مبدل‌های حرارتی دو لوله‌ای: ساده‌ترین نوع مبدل‌های حرارتی دو لوله‌ای هستند که یک سیّال از درون لوله داخلی می‌گذرد و سیّال دیگر در فضای بین دو لوله جریان دارد. (مطابق شکل ۷ــ۳)



شکل ۷ــ۳ــ مبدل‌های حرارتی دو لوله‌ای

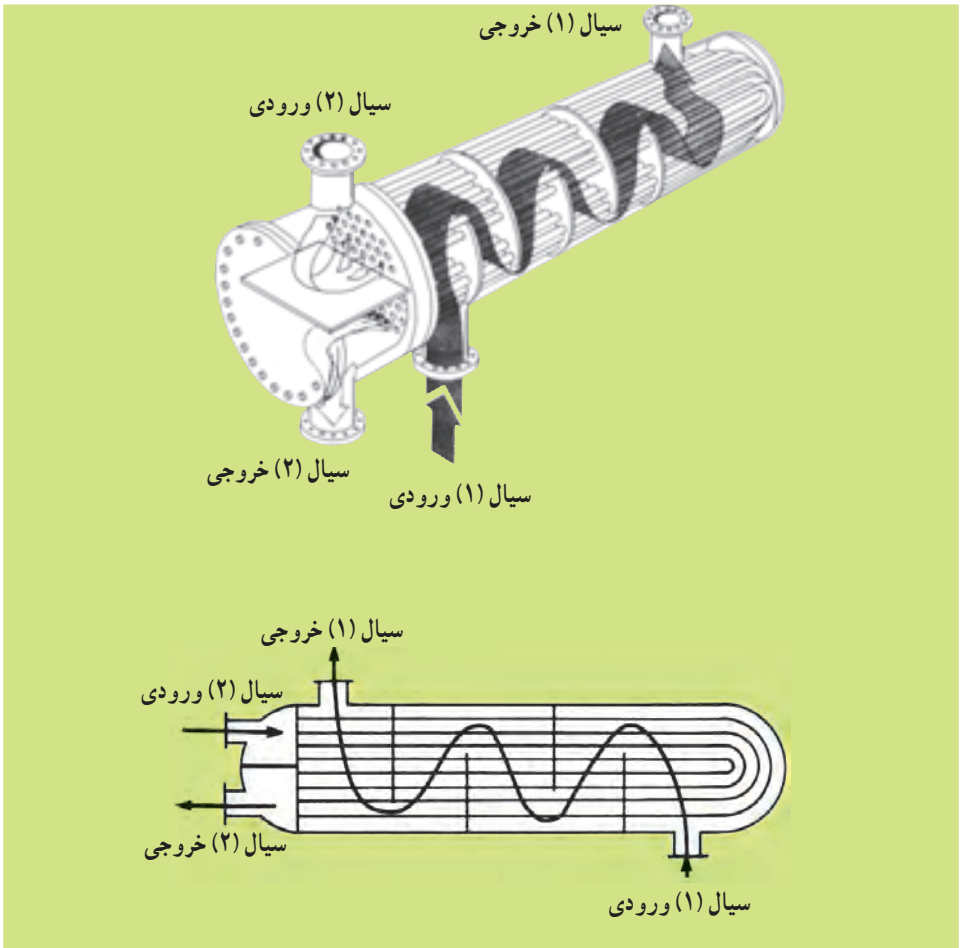
مبدل‌های حرارتی دولوله‌ای زمانی کاربرد دارند که سطح تبادل کمی مورد لزوم باشد و در سرمایش و گرمایش هوا یا گازها کاربرد دارند.

۷ــ۳ــ۲ــ مبدل‌های حرارتی پوسته ــ لوله: مبدل‌های حرارتی که در صنایع فرآیندهای شیمیایی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد از نوع پوسته ــ لوله می‌باشد که در شکل ۷ــ۴ دیده می‌شود.



شکل ۷ــ۴ ــ ساختمان داخلی مبدل‌های حرارتی پوسته ــ لوله

یک سیّال در لوله‌ها جریان می‌یابد در حالی که سیّال دیگر از درون پوسته و از روی لوله‌ها عبور می‌کند. جهت اطمینان از این که سیّال درون پوسته از روی لوله‌ها می‌گذرد و در نتیجه انتقال حرارت بیشتری صورت می‌گیرد و هم‌چنین به‌عنوان نگهدارنده لوله‌ها موانعی در داخل پوسته قرار داده می‌شود که بافل نام دارند. شکل ۷ــ۵ مکانیزم حرکت سیّال را در مبدل‌های پوسته ــ لوله نمایش می‌دهد.



شکل ۷ــ۵ــ اساس کار مبدل‌های حرارتی پوسته ــ لوله

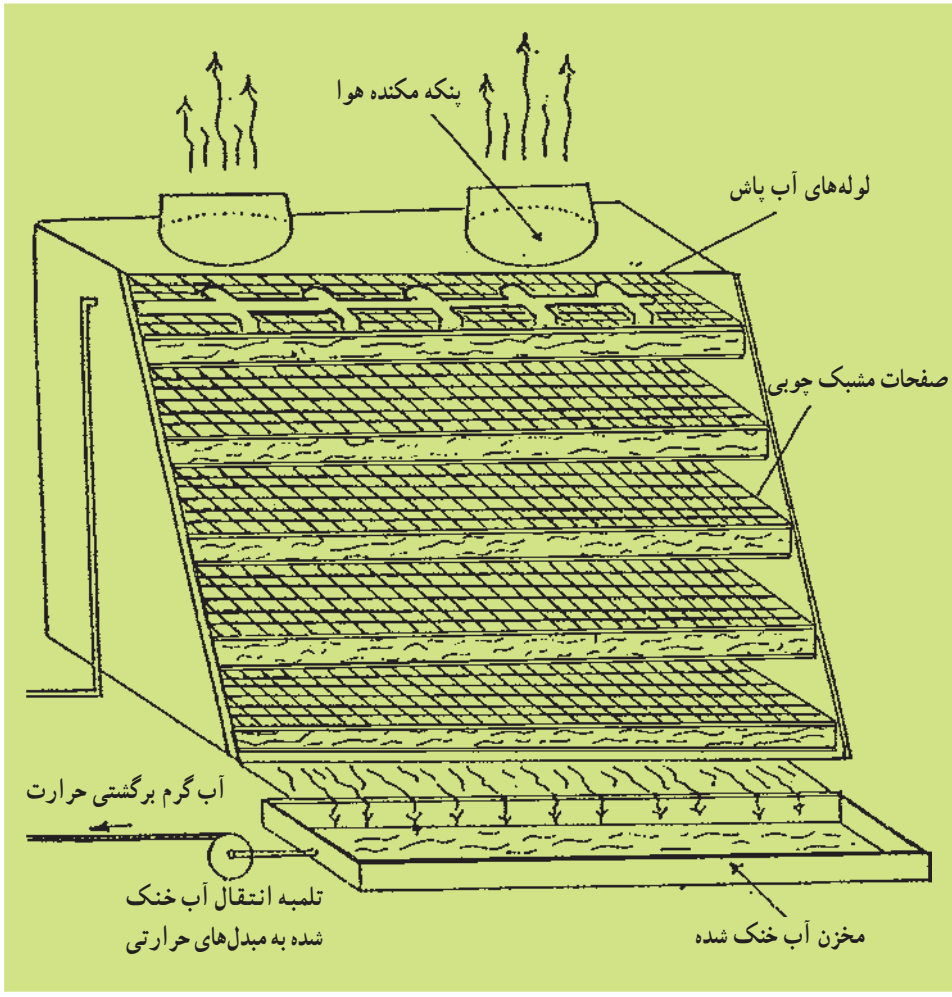
۷ــ۴ــ برج‌های خنک‌کننده

وظیفه برج خنک‌کننده سرد کردن آب مصرفی در مبدل‌ها جهت استفاده مجدد از آن است. برج خنک کننده تشکیل می‌شود از طبقات چوبی مشبک که به‌طور افقی بر روی هم نصب می‌شوند و این صفحات چوبی مشبک (امروزه از صفحات پلیمری نیز استفاده می‌شود.) چنان ساخته می‌شوند که امکان جریان آب از بالا به پایین و بالعکس جریان هوا از پایین به بالا ممکن شود.

اساس کار چنین است که بخشی از گرمای آب ورودی در اثر تماس مستقیم با هوا به آن منتقل می‌گردد. علاوه بر آن مقداری از آب در اثر این تماس تبدیل به بخار گردیده و همراه هوا از بالای برج خارج می‌شود. گرمای لازم برای این تبخیر نیز از بقیه آب گرفته می‌شود. بنابراین جریان آب ورودی به دو طریق یکی در اثر تبخیر بخشی از آن و دیگری توسط انتقال حرارت به جریان هوا خنک می‌شود

و برای استفاده مجدد در سیستم‌های مختلف و مصارف صنعتی و مبدل‌های حرارتی آماده می‌شود. در شکل ۷ــ۶ ساختمان یک برج خنک‌کننده نشان داده شده است.

اساس کار کولرهای آبی نیز شبیه برج‌های خنک‌کننده می‌باشد، با این تفاوت که در آن‌ها هوای خشک و گرم بیرون ساختمان توسط جریان آب خنک شده و به داخل ساختمان هدایت می‌شود به‌جای طبقات چوبی برج خنک‌کننده در کولرهای آبی از صفحات جانبی کولر که با مواد جاذب آب پر شده‌اند استفاده می‌شود. هوای بیرون با عبور از بین لایه‌هایی از این مواد با آب در تماس قرار گرفته و ضمن خنک شدن، بخشی از بخار آب حاصل را همراه خود به داخل ساختمان انتقال می‌دهد. بدین‌وسیله هوای خنک با مقدار رطوبت مناسب وارد ساختمان می‌شود.



شکل ۷ــ۶ــ برج خنک‌کننده

استفاده از آب به‌عنوان خنک‌کننده در مبدل‌های حرارتی کولر آبی و مصارف صنعتی دیگر تابع شرایطی است که از جمله این شرایط می‌توان نکات زیر را برشمرد :

الف ــ آب باید تصفیه شود و از گل و لای و رسوبات عاری باشد.

ب ــ املاح آب تا حد امکان جدا شود.

پ ــ درجه حرارت آب در حد معینی کنترل شود.

ت ــ جهت جلوگیری از تشکیل رسوبات احتمالی، مواد لازم به آب اضافه شود.

ث ــ آب مصرفی مجدداً قابل مصرف شود.

۷ــ۵ــ کوره‌ها

کوره‌ها دستگاه‌هایی هستند که به‌وسیله اکسیداسیون شیمیایی سوخت‌ها و یا با استفاده از الکتریسیته و یا دیگر انرژی‌ها در آن‌ها گرما تولید می‌شود. حرارت حاصل به مصرف گرم کردن، ذوب، تبخیر یا انجام واکنش‌های شیمیایی اجسام داخل کوره می‌رسد.

۷ــ۵ــ۱ــ ساختمان دیواره کوره‌ها: ساختمان دیواره کوره از موادی ساخته می‌شوند که دمای ذوب و نرم شدن آن‌ها خیلی زیاد باشد و بتواند حرارت‌هایی را که در کوره به وجود می‌آید تحمل کند و هم‌چنین مقاومت مکانیکی داشته باشد و تحت تأثیر فعل و انفعالات شیمیایی قرار نگیرد. این‌گونه اجسام را به‌طور عام نسوز می‌گویند. نسوزهای خوب معمولاً گران تمام می‌شوند ؛ لذا دیواره کوره‌ها را نازک اختیار می‌کنند و برای استحکام، پشت دیواره‌ها را با آجرهای نسوز و ارزان‌قیمت می‌سازند. در انتخاب جنس نسوز باید نکات زیر را منظور کرد.

ــ ذوب نشدن، تغییر نکردن و مقاومت در مقابل تأثیرات شیمیایی اجسامی که در کوره گرم می‌شوند.

متخلخل نبودن موادی که در ساختمان کوره به‌کار می‌رود، مقاومت مکانیکی اجسام نسوز متداول عبارت‌اند از : آرژیل، کائولن، سیلیس، آلومین، مانیزی، کربوراندوم و ... .

۷ــ۵ــ۲ــ انواع کوره‌ها: کوره‌هایی که به اشکال گوناگون در صنعت به‌کار می‌روند از بعضی لحاظ شبیه به هم هستند و می‌توان آن‌ها را از نظر نوع اولیه انرژی مورد نیاز به سه دسته‌ی سوختی، الکتریکی و تابشی تقسیم‌بندی کرد :

۷ــ۵ــ۳ــ کوره‌های سوختی: در این نوع کوره، از احتراق مواد سوختی در حضور اکسیژن هوا حرارت ایجاد می‌شود. مواد سوختی معمولاً سوخت‌های فسیلی هستند که شامل فراورده‌های حاصل از نفت خام و یا زغال‌سنگ می‌باشند. در این کوره‌ها معمولاً اجسام گرماپذیر از

سوخت جدا هستند و ممکن است با شعله در تماس مستقیم یا غیرمستقیم باشند.

الف ــ کوره‌های حرارتی سیستم گرمایش فضاهای مسکونی یا اداری: سوخت مصرفی این کوره‌ها گاز طبیعی و یا نفت گاز می‌باشد که معمولاً قبل از ورود به محوطه احتراق توسط مشعل با هوا مخلوط شده و سپس در فضای احتراق مشتعل می‌گردد. سیال عامل انتقال حرارت که آب می‌باشد از داخل یک سری لوله که در داخل کوره تعبیه شده عبور می‌کند و بدین‌وسیله به درجه حرارت تعیین شده (حدود ۵۰ تا ۷۰ درجه سلسیوس) می‌رسد. سپس آب گرم بعد از عبور از لوله‌های سیستم حرارت مرکزی وارد رادیاتورها شده و در آن‌جا حرارت خود را به هوای مجاور انتقال داده و دوباره برای گرم شدن به کوره برمی‌گردد.

ب ــ کوره‌هایی که برای گرم کردن دیگ‌های مولد بخار ساخته می‌شوند: بخار حاصل برای به‌کار انداختن ماشین بخار، توربین‌های مولد برق و یا سایر مصارف صنعتی استفاده می‌شود. سوخت مصرفی در این کوره‌ها زغال‌سنگ معمولی یا زغال گرد شده یا سوخت‌های مایع نفت و مازوت و سوخت‌های گازی می‌تواند باشد که بستگی به جنس و شکل کوره دارد. برای این‌که عمل سوخت به‌خوبی انجام پذیرد باید هوا آزادانه در کوره جریان پیدا کند و در تمام توده سوخت به‌طور یکنواخت پخش شود. اگر سوخت زغال باشد می‌توان به طریق زیر عمل نمود :

زغال را به قطعات کوچک روی سطح یک پنجره آهنی قرار داد و فاصله میان میله‌های پنجره را به‌نحوی تنظیم کرد که هوا به‌طور یکنواخت عبور کند.

۷ــ۵ــ۴ــ کوره‌های الکتریکی: در این نوع کوره‌ها انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود. سه نوع متداول آنها عبارت است از : مقاومتی، القایی و قوسی.

الف ــ کوره مقاومتی: اگر از سیمی به مقاومت R اهم جریانی به شدت I آمپر در مدت t ثانیه عبور کند، مطابق قانون ژول انرژی Q قابل تبدیل به حرارت برابر است با :

$$Q = RI^2t$$

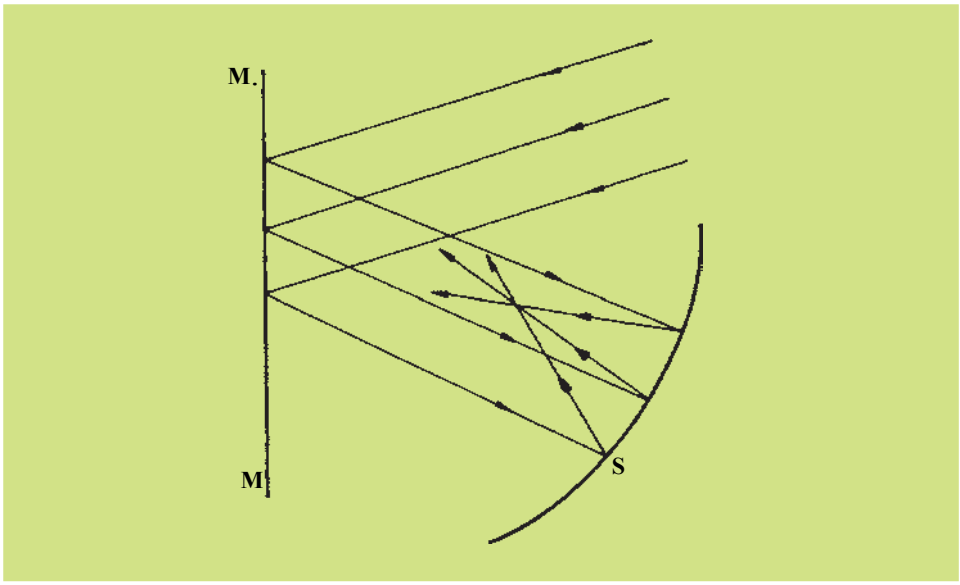
مقدار انرژی حرارتی حاصل بستگی به نوع فلز گرماده دارد. بدیهی است هر چقدر نقطه ذوب ماده گرماده بالاتر باشد حداکثر دمای قابل دسترس بیشتر خواهد بود. فلزاتی که برای ساخت سیم (مقاومت) از آن استفاده می‌شود عبارت است از : پلاتین، مولیبدن، نیکروم و... .

ب ــ کوره القایی: اگر یک جسم هادی الکتریسیته را داخل مدار مارپیچی شکل فلزی که از آن شدت جریان الکتریکی متناوب با فرکانس ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ عبور می‌کند قرار دهیم، در جسم هادی، جریان‌های القایی موسوم به جریان فوکو ایجاد می‌شود. این جریان‌ها جسم را گرم می‌کند.

پ ــ کوره قوسی: اگر میان دو قلم زغال که دو نوک آن در مقابل یکدیگر قرار گرفته‌اند

اختلاف سطح الکتریکی ایجاد کنیم، جریان الکترون از کاتد به آند (دو قلم زغال) برقرار گشته و باعث ایجاد قوسی نورانی با درجه حرارت زیاد در محل فاصله دو الکترود می‌گردد.

۷ــ۵ــ۵ــ کوره تابشی: اگر جسم سیاهی را در مقابل آفتاب قرار دهیم هر سانتی‌متر مربع آن در هر دقیقه ۲ کالری انرژی از شعاع‌های نورانی آفتاب جذب می‌کند. با استفاده از این انرژی می‌توان کوره‌های تابشی ساخت. ساختمان کوره‌های تابشی عبارت است از استفاده از یک یا چند آیینه مسطح و یک یا چند آیینه مقعر. شعاع‌های نورانی آفتاب نخست روی آیینه مسطح برخورد می‌کند و با امتداد موازی محور اصلی آیینه مقعر روی آن تابیده می‌شود. آیینه مقعر اشعه را بازگشت می‌دهد و در کانون خود متمرکز می‌کند. بوته را در کانون آیینه قرار می‌دهند با این دستگاه ممکن است چندین کیلووات انرژی به‌دست آورد. (شکل ۷ ــ ۷)



شکل ۷ ــ ۷ــ کوره تابشی

خودآزمایی

۱ــ طرز کار مبدل‌ها و انواع آن را توضیح دهید.

۲ــ طرز کار و ساختمان برج‌های خنک‌کننده را شرح دهید.

۳ــ ساختمان کوره‌ها و انواع آن را شرح دهید.

۴ــ انواع جریان در مبدل‌های حرارتی را شرح دهید.

فصل هشتم

کنترل فرآیندها

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ کنترل دما را توضیح دهد.

۲ــ کنترل فشار را توضیح دهد.

۳ــ کنترل سطح را توضیح دهد.

۸ــ۱ــ مقدمه

امروزه علم کنترل در همه ابعاد زندگی کاربرد دارد، اعم از کنترل سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی و فنی. از مهم‌ترین مسایلی که در صنایع مختلف همواره مورد توجه بوده و کنکاش برای بهینه‌تر کردن آن صورت گرفته است، بالا بردن کیفیت محصولات و مهم‌تر از آن بالا بردن ایمنی سیستم می‌باشد و این عملی نیست جز با قرار دادن سیستم کنترل مطلوب بر روی خط تولید، که توسط طراحان سیستم‌های کنترل اجرا می‌گردد.

۸ــ۲ــ کنترل دما[1]

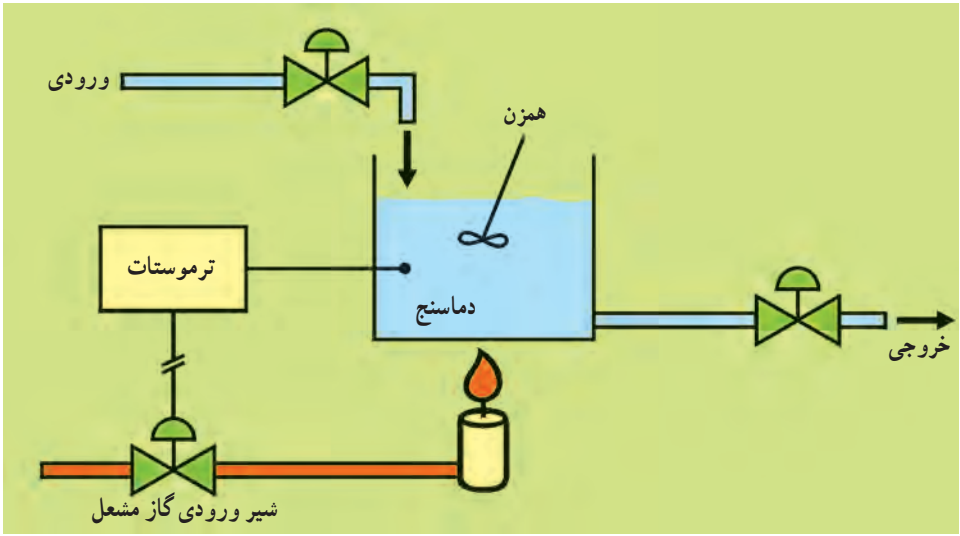
برای درک کنترل دما یک تانک همزن‌دار مجهز به سیستم حرارتی را درنظر بگیرید.

مطابق شکل ۸ــ۱ چنانچه یک مشعل سیّال درون تانک را گرم کند و دمای داخل تانک به وسیله همزن یک‌نواخت بشود، می‌توان سیستم کنترل دما را روی این فرآیند اعمال نمود.

چنانچه دمای سیستم از یک حد معین فراتر برود توسط دماسنج داخل تانک سنجیده و با مقدار مقرر[2] (مطلوب) مقایسه می‌شود. کنترل کننده دما که در این‌جا ترموستات است فرمانی جهت کاهش شدت جریان گاز ورودی به مشعل صادر می‌کند. از این رو با کاهش شدت جریان گاز مشعل دمای داخل تانک کاهش می‌یابد تا به مقدار مطلوب خود برسد.

۱ــ Temperature Control

۲ــ Set Point



شکل ۸ــ۱ــ شماتیک تانک گرم کن همزن‌دار

۸ــ۳ــ حلقه کنترل

برای بررسی سیستم کنترل دما در تانک همزن‌دار فوق لازم است بخش‌های مختلفی که در حلقه کنترل وجود داشته‌اند بررسی شوند.

۱ــ حس کننده دما[۱]: برای اندازه‌گیری دما نیاز به یکی از وسایل اندازه‌گیری مثل ترموکوپل یا دماسنج و ... می‌باشد. در حقیقت مقدار دما توسط یکی از وسایل اندازه‌گیری که «عنصر اندازه‌گیری» نامیده می‌شود دریافت و گزارش می‌شود.

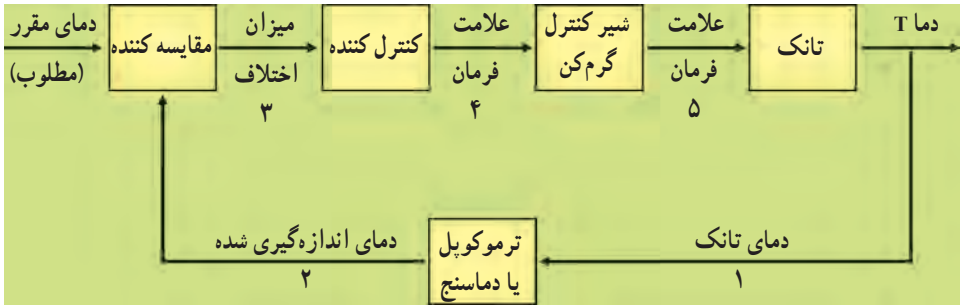
۲ــ مقایسه کننده[۲]: در هر حلقه کنترل، از مقایسه‌کننده جهت یافتن تفاضل بین دمای اندازه‌گیری شده و دمای مطلوب (مقرر) بهره‌برداری می‌شود. در حقیقت مقایسه کننده دمای اندازه‌گیری شده توسط عنصر اندازه‌گیری (ترموکوپل) و دمای مطلوب مقرر فرآیند را با هم مقایسه و اختلاف این دو را محاسبه می‌کند.

۳ــ کنترل کننده[۳]:اختلاف به‌دست آمده از مقایسه کننده به عنصر کنترل‌کننده که در این مثال ترموستات می‌باشد، ارسال می‌شود و کنترل‌کننده بر اساس میزان اختلاف، فرمانی را در راستای رسیدن به شرایط مطلوب صادر می‌کند که در این مثال باعث قطع و یا وصل مسیر جریان گاز به مشعل خواهد شد.

۴ــ عنصر کنترل کننده نهایی[۴]: فرمان ارسالی از کنترل‌کننده باید به یک وسیله مثل شیر کنترل

۱ــ Sensor
۲ــ Comparator
۳ــ Controller
۴ــ Final element controller

گاز ورودی، ارجاع شود و شیر کنترل که در این‌جا عنصر کنترل کننده نهایی است بر اساس فرمان ارسالی باز یا بسته خواهد شد. با عمل کردن این وسیله، فرآیند به شرایط مطلوب می‌رسد و حلقه کنترل کامل می‌شود. شماتیک حلقه کنترل برای یک تانک همزن دار مجهز به گرم‌کن در شکل ۸ــ۲ آمده است.



شکل ۸ــ۲ــ نمودار جعبه‌ای حلقه کنترل برای تانک همزن‌دار مجهز به گرم‌کن

شرح نمودار جعبه‌ای حلقه کنترل:

۱ــدمای سیّال درون تانک توسط ترموکوپل یا دماسنج حس می‌شود.

۲ــ دمای اندازه‌گیری شده به مقایسه‌کننده ارسال می‌شود.

۳ــ میزان اختلاف دمای اندازه‌گیری شده و دمای مطلوب از مقایسه‌کننده به سمت کنترل‌کننده ارسال می‌شود.

۴ــ بر اساس میزان اختلاف، فرمان کنترل به شیر کنترل گرم‌کن فرستاده می‌شود.

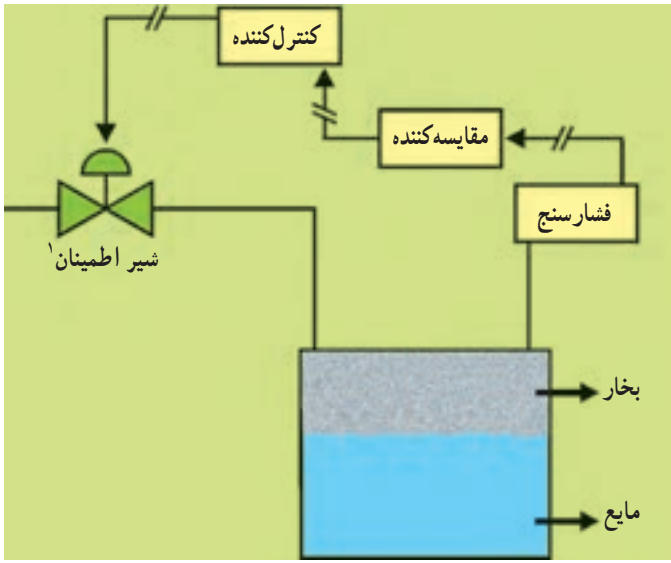
۵ ــ شیر کنترل بر اساس نوع فرمان باز یا بسته می‌شود و گرمای ورودی به تانک را جهت کاهش یا افزایش دما تنظیم می‌کند.

۸ــ۴ــ کنترل فشار[۱]

در برج‌ها و ستون‌ها، تانک‌های ذخیره و اکثر قریب‌به اتفاق ادوات صنایع مختلف، خصوصاً صنایع شیمیایی، کنترل فشار نقش مهمی را ایفا می‌کند چه بسا عدم کنترل فشار باعث بروز خطرات جانی و مالی بسیار شود. به شکل ۸ ــ۳ توجه کنید.

در اثر افزایش فشار بخارات موجود در سیستم کنترل‌کننده فرمانی به شیر اطمینان بالای مخزن می‌فرستد و این شیر پس از باز شدن بخشی از بخارات را خارج می‌کند تا فشار به مقدار مقرر خود برسد.

۱ــ Pressure control



شکل ۸ــ۳ــ تانک ذخیره مجهز به کنترل فشار

پس از انجام عمل کنترل، شیر به حالت عادی خود باز خواهد گشت. دیگ‌های زودپز در منازل بهترین مثال برای این حالت است. مشابه آنچه برای کنترل دما گفته شد، می‌توان حلقه کنترل برای فشار را نیز ترسیم نمود.

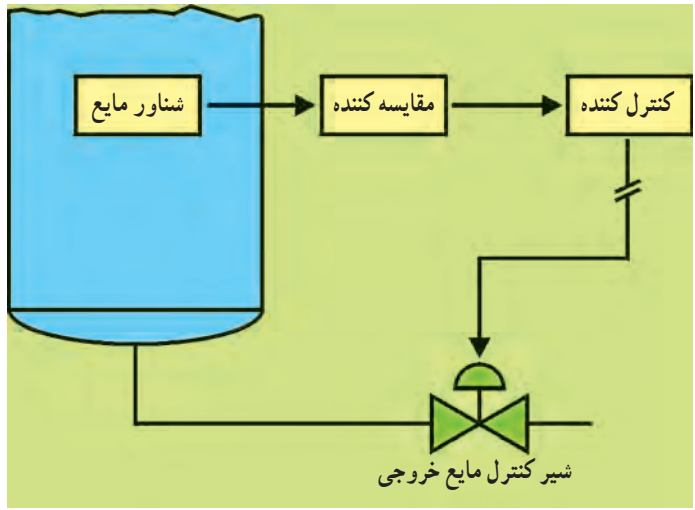
۸ــ۵ــ کنترل سطح مایع[2]

از ساده‌ترین انواع کنترل می‌توان به کنترل سطح مایع درون مخازن برج‌ها و جداکننده‌های[3] نفت و گاز و ... اشاره نمود. در این ادوات برای جلوگیری از طغیان مایع و یا جلوگیری از تخلیه کامل مخزن نیاز به پیش‌بینی یک سیستم کنترل جهت ارتفاع مایع احساس می‌شود. به‌عنوان مثال چنانچه مخازن جداکننده نفت و گاز فاقد سیستم کنترل سطح مایع باشند، نه‌تنها مخزن دیگر عمل جداسازی را انجام نمی‌دهد، بلکه ممکن است بر اساس افزایش سطح مایع در مخزن طغیانی پیش آید و مشکلات عدیده‌ای نیز دربی داشته باشد.

به شکل ۸ــ۴ توجه نمایید.

مکانیزم عملکرد کنترل سطح مایع به سادگی صورت می‌پذیرد. میزان ارتفاع مایع به‌وسیله شناور با مقدار مقرر مقایسه می‌شود و سپس کنترل‌کننده به‌منظور تخلیه بخشی از مایع فرمانی به شیر کنترل صادر می‌کند و در نتیجه حالت تعادل برقرار می‌گردد. البته از فشار ستون سیّال نیز جهت تخمین میزان ارتفاع مایع استفاده می‌شود که مکانیسم کلی کنترل یکی است.

۱ــ Safety valve ۲ــ Level control ۳ــ Separator



شکل ۸ــ۴ــ کنترل مایع در پایین ستون

۸ــ۶ــ اجزای یک سیستم کنترل ساده

در حالت کلی اجزای یک سیستم کنترل عبارت‌اند از :

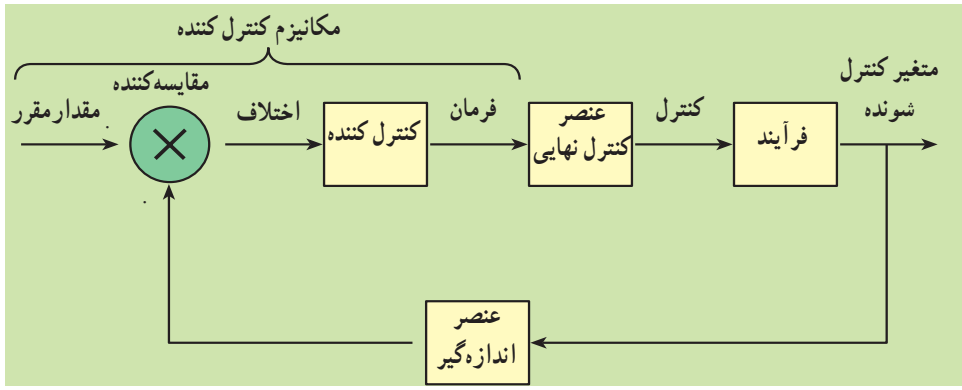
۱ــ فرآیند (عملیاتی که بایستی کنترل روی آن‌ها صورت پذیرد).

۲ــ عنصر اندازه‌گیرنده (دماسنج، فشارسنج و اندازه‌گیر سطح مایع و ...)

۳ــ سیستم کنترل‌کننده (متشکل از نوع کنترل‌کننده و مقایسه‌گر می‌باشد).

۴ــ عنصر کنترل نهایی (شیر کنترل).

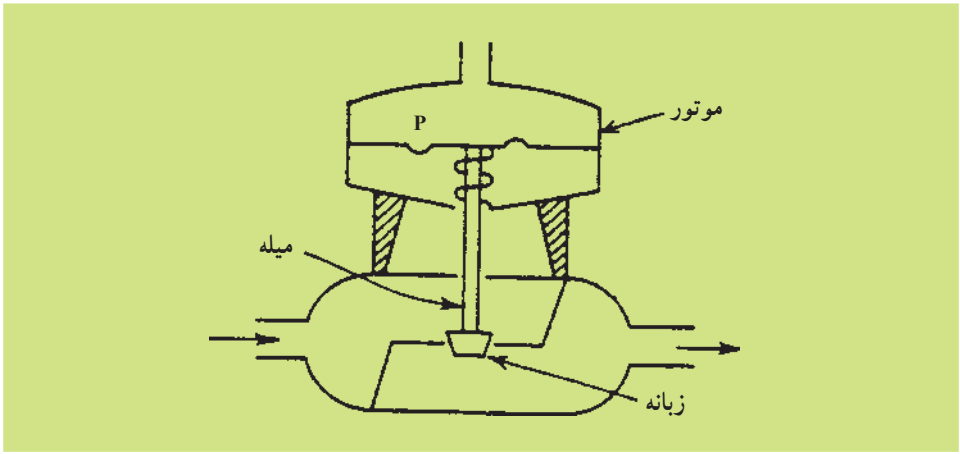
برای درک بهتر سیستم کنترل از نمودار جعبه‌ای در مسایل کنترل فرآیندها استفاده می‌شود. چنین نموداری تجسم رابطه میان علایم مختلف را بسیار آسان‌تر می‌کند شکل ۸ــ۵ نمودار جعبه‌ای را به‌طور کلی برای انواع کنترل بیان می‌کند.



شکل ۸ــ۵ــ نمودار جعبه‌ای یک سیستم کنترل ساده

۸ــ۷ــ شیرهای کنترل بادی[۱]

شیر کنترل مطابق شکل ۸ــ۶ شامل یک دستگاه بادی (موتور شیر) است که با تغییر فشار روی دیافراگمی که تحت نیروی یک فنر قرار دارد، میله شیر را حرکت می‌دهد. میله، پیستونی را در دهانه شیر قرار می‌دهد. با افزایش فشار، پیستون به طرف پایین حرکت می‌کند و جریان سیّال را داخل شیر محدود می‌سازد. این عمل را بسته شدن با باد[۲] می‌گویند. هم‌چنین شیر را می‌توان طوری ساخت که عمل باز شدن با باد[۳] را انجام دهد. موتورهای شیرها اغلب طوری ساخته می‌شوند که موقعیت میله شیر متناسب با فشار بالای شیر باشد. بیشتر شیرهای تجارتی با تغییر بالای شیر از ۳psig تا ۱۵psig از موقعیت کاملاً باز به موقعیت کاملاً بسته حرکت می‌کنند. به‌طور کلی، شدت جریان سیّال درون شیر به فشارهای ورودی، خروجی سیال و اندازه شکاف دهانه شیر بستگی دارد.



شکل ۸ــ۶ــ شیر کنترل بادی (بسته شدن با باد)

خودآزمایی

۱ــ نمودار جعبه کنترل را برای شکل ۸ــ۳ رسم کنید.
۲ــ مکانیزم کنترل دما را به‌طور ساده شرح دهید.
۳ــ شیر کنترل به چه منظوری استفاده می‌شود؟
۴ــ در صورت عمل نکردن کنترل سطح مایع در یک مخزن چه اتفاقی خواهد افتاد؟
۵ــ علت استفاده از کنترل‌کننده در فرآیندهای شیمیایی چیست؟

۱ــ Pneumatic control valves ۲ــ Air to close ۳ــ Air to open