

فصل دوم

طراحی شیرهای صنعتی

۲-۱: مقدمه

شیرهای صنعتی (Industrial Valves) یکی از مهم‌ترین تجهیزات مورد استفاده در صنایع مختلف هستند که نقش کلیدی در کنترل جریان سیالات (مایعات، گازها و بخارات) ایفا می‌کنند. این تجهیزات با توجه به نوع کاربرد، شرایط عملیاتی و نیازهای فرآیندی، در انواع مختلفی طراحی و تولید می‌شوند. استفاده از شیرهای صنعتی در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، آب و فاضلاب، نیروگاهی و بسیاری از بخش‌های دیگر، بهینه‌سازی فرآیندها، افزایش بهره‌وری و بهبود ایمنی را به همراه دارد.

برخی از مهم‌ترین نقش‌های شیرهای صنعتی در کنترل جریان سیالات عبارتند از:

- تنظیم دبی جریان: امکان تنظیم دقیق مقدار سیال عبوری از خطوط لوله را فراهم می‌کنند.
- کنترل فشار: در سیستم‌هایی که فشار بالایی دارند، استفاده از شیرهای کنترلی مانع از افزایش ناگهانی فشار و بروز آسیب‌های احتمالی می‌شود.
- مدیریت جهت جریان: برخی از شیرها مانند شیرهای یک‌طرفه، از بازگشت سیال جلوگیری کرده و مسیر حرکت آن را تعیین می‌کنند.
- افزایش ایمنی سیستم: در صنایعی که با مواد خطرناک سر و کار دارند، شیرهای ایمنی نقش مهمی در جلوگیری از نشت و حوادث ایفا می‌کنند.

در بیان اهمیت استفاده از شیرهای صنعتی می‌توان موارد زیر را برشمرد:

- افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها: انتخاب صحیح شیرهای صنعتی موجب بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود.
- حفظ ایمنی تجهیزات و نیروی انسانی: کنترل دقیق فشار و جریان از بروز حوادث ناخواسته جلوگیری می‌کند.
- بهبود کیفیت فرآیندها: در صنایع حساس مانند داروسازی و پتروشیمی، دقت در کنترل جریان مواد تأثیر مستقیمی بر کیفیت محصول نهایی دارد.

- کاهش اثرات زیست‌محیطی: جلوگیری از نشتی و کاهش انتشار گازهای مضر به محیط‌زیست کمک می‌کند.

۲-۲: دسته بندی و انواع شیرهای صنعتی

انواع شیرهای صنعتی بر اساس عملکرد

۱. شیرهای قطع و وصل (On/Off Valves): این نوع شیرها برای باز و بسته کردن کامل جریان سیال مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله این شیرها می‌توان به شیر توپی (Ball Valve)، شیر دروازه‌ای (Gate Valve) و شیر سماوری (Plug Valve) اشاره کرد.
۲. شیرهای کنترلی (Control Valves): این شیرها برای تنظیم میزان جریان، فشار یا دمای سیال به کار می‌روند. شیر پروانه‌ای (Butterfly Valve)، شیر سوزنی (Needle Valve) و شیر دیافراگمی (Diaphragm Valve) از این دسته‌اند.
۳. شیرهای یک‌طرفه (Check Valves): این شیرها برای جلوگیری از بازگشت جریان طراحی شده‌اند و مانع از برگشت سیال به عقب می‌شوند. شیر یک‌طرفه فنری و شیر یک‌طرفه لولایی نمونه‌هایی از این نوع هستند.
۴. شیرهای ایمنی و اطمینان (Safety & Relief Valves): این شیرها نقش مهمی در حفظ ایمنی سیستم‌های تحت فشار دارند و برای تخلیه فشار اضافی استفاده می‌شوند.

انواع شیرهای صنعتی بر اساس مکانیزم حرکت داخلی

- شیرهای صنعتی بر اساس مکانیزم حرکت بخش مسدودکننده جریان به دو دسته خطی و دورانی تقسیم بندی می‌شوند.
۱. در شیرهای خطی بخش مسدودکننده جریان با یک حرکت خطی باز یا بسته می‌شود که معمولاً به صورت عمودی می‌باشد.
 ۲. در شیرهای دورانی عضو مسدودکننده جریان با چرخش حول محور عمودی شیر، مسیر عبور سیال را باز و بسته می‌نمایند.

انواع شیرهای صنعتی بر اساس جنس و متریال ساخت

جنس شیرهای صنعتی بسته به کاربردها و پارامترهای طراحی می تواند فولاد ضد زنگ، چدن و یا آلیاژهای مخصوص باشد.

۲-۲-۱: شیرهای قطع و وصل

همانطور که گفته شد شیرهای قطع و وصل برای باز و بسته کردن کامل جریان سیال مورد استفاده قرار می گیرند. از جمله این شیرها می توان به شیر توپی (Ball Valve)، شیر دروازه ای (Gate Valve) و شیر سماوری (Plug Valve) اشاره کرد که در ادامه به بررسی هر یک می پردازیم.

شیر توپی یا کرولی Ball Valve: یکی از پرکاربردترین انواع شیرهای صنعتی است که برای کنترل جریان سیالات مورد استفاده قرار می گیرد. این شیر از یک گوی دوار با یک سوراخ در مرکز آن تشکیل شده که با چرخش ۹۰ درجه مسیر جریان را باز یا بسته می کند.



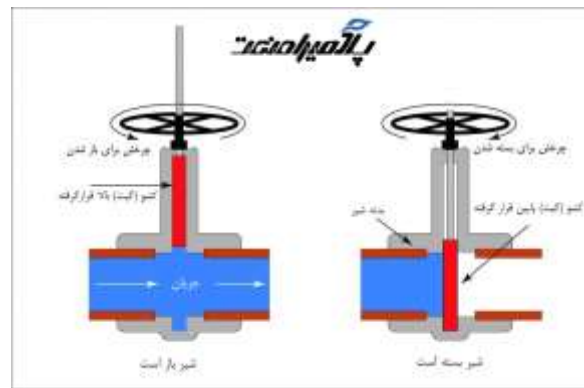
ویژگی ها و مزایای شیرهای توپی عبارتند از:

- سرعت عملکرد بالا: تنها با یک چرخش ۹۰ درجه، مسیر سیال باز یا بسته می شود.
- آب بندی قوی: طراحی دقیق باعث کاهش نشتی و افزایش اطمینان در کنترل جریان می شود.
- مقاومت در برابر فشار و دما: این شیرها قادر به تحمل فشارها و دماهای بالا در صنایع مختلف هستند.

- طول عمر بالا و استهلاک کم : به دلیل سادگی مکانیزم و عدم وجود اصطکاک زیاد، این شیرها دوام بالایی دارند.
- نگهداری و تعمیر آسان : ساختار ساده آن امکان تعویض و نگهداری آسان را فراهم می‌کند.
- مقاومت در برابر خوردگی : در مدل‌های ساخته شده از استیل ضدزنگ یا آلیاژهای مقاوم، این شیرها در برابر مواد خورنده مقاوم هستند.

شیر دروازه ای Gate Valve :

این نوع شیر، دارای یک دریچه (Gate) است که به صورت عمودی در مسیر جریان حرکت می‌کند و باعث قطع یا وصل کامل جریان می‌شود.



مزایا و ویژگیهای شیرهای دروازه ای عبارتند از:

- افت فشار کم در حالت کاملاً باز
- قابلیت استفاده برای انواع سیالات مانند آب، نفت، گاز و بخار
- مقاوم در برابر سایش و خوردگی (بسته به جنس ساخت)

نقاط ضعف این شیرها عبارتند از:

- سرعت باز و بسته شدن پایین
- نیاز به نیروی زیاد برای باز و بسته شدن

شیر سماوری Plug Valve :

این شیر دارای یک دریچه استوانه‌ای یا مخروطی (Plug) است که با چرخش ۹۰ درجه، مسیر جریان را باز یا بسته می‌کند. عملکرد این شیر شبیه به شیر توپی است، اما با یابین حال تفاوت‌هایی بین این دو شیر وجود دارد. در جدول زیر ویژگی‌های دو شیر توپی و سماوری با هم مقایسه شده‌اند.



ویژگی	شیر توپی	شیر سماوری
مکانیزم عملکرد	دارای یک توپ با یک سوراخ که با چرخش ۹۰ درجه، جریان باز و بسته می‌شود.	دارای یک توپ با یک سوراخ که با چرخش ۹۰ درجه، جریان باز و بسته می‌شود.
طراحی داخلی	سطح داخلی کاملاً صاف و کروی	سطح داخلی استوانه‌ای یا مخروطی
افت فشار	افت فشار کمتر به دلیل طراحی کاملاً باز در حالت روشن	افت فشار کمی بیشتر نسبت به شیر توپی
آب بندی	آب بندی قوی و حداقل میزان نشتی	آب بندی قوی اما ممکن است نیاز به روغنکاری داشته باشد
دوام و مقاومت	مقاومت بالا در مقابل سایش و خوردگی	ممکن است در طولانی مدت دچار سایش شود

۲-۲-۲: شیرهای کنترلی Control Valves

این شیرها برای تنظیم میزان جریان، فشار یا دمای سیال به کار می‌روند. شیر پروانه‌ای (Butterfly Valve) ، شیر سوزنی (Needle Valve) و شیر دیافراگمی (Diaphragm Valve) از این دسته‌اند.

شیر پروانه ای Butterfly Valve :

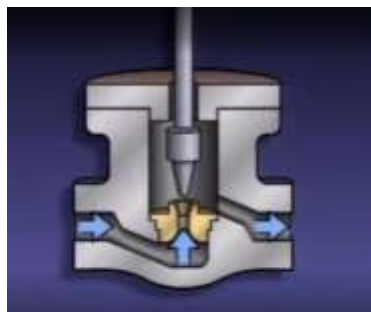
شیر پروانه‌ای یکی از انواع شیرهای کنترلی است که دارای یک دیسک چرخان در وسط مسیر جریان است. این دیسک با چرخش ۹۰ درجه‌ای جریان سیال را کنترل می‌کند. در این نوع شیر، جریان می‌تواند به صورت کامل یا

جزئی مسدود شود. به دلیل طراحی ساده، وزن کم و عملکرد سریع، این شیر در بسیاری از صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شیر سوزنی Needle Valve:

شیر سوزنی یکی از انواع شیرهای کنترلی است که برای تنظیم دقیق جریان سیالات در سیستم‌های صنعتی و آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شیر دارای یک دیسک مخروطی شکل (سوزنی) است که با حرکت خطی درون یک نشیمنگاه مخروطی قرار گرفته و به این ترتیب امکان کنترل تدریجی جریان را فراهم می‌کند. از این شیرها زمانی استفاده می‌شود که هدف اندازه‌گیری دقیق جریان باشد. با توجه به ساختمان و عملکرد این شیرها، از آنها صرفاً برای نرخ پایین جریان استفاده می‌شود. از آنجا که در شیر سوزنی اختلاف فشار بسیار زیادی ایجاد می‌شود، در مواردی که افت فشار یک عامل کنترلی محسوب شود و برای سیستم مضر باشد به هیچ عنوان نباید از این دسته شیرها استفاده کرد.



ویژگی های عملکردی شیرهای سوزنی عبارتند از:

- قابلیت کنترل دقیق جریان: به دلیل حرکت نرم و تدریجی دیسک
- عدم ایجاد شوک در جریان: تغییرات تدریجی فشار و دبی، از شوک های ناگهانی در سیستم جلوگیری می کند.
- امکان تنظیم فشار در سیستم های حساس: به دلیل دقت بالا در تنظیم جریان
- جلوگیری از نوسانات شدید جریان: عملکرد نرم و تدریجی آن باعث جلوگیری از تغییرات ناگهانی جریان می شود.

شیر دیافراگمی Diaphragm Valve :

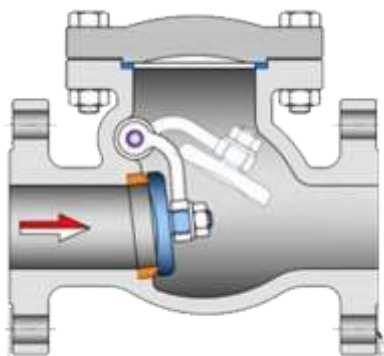
شیر دیافراگمی نوعی شیر صنعتی است که از یک دیافراگم انعطاف پذیر برای کنترل جریان سیال استفاده می کند. این شیر به دلیل طراحی خاص خود، آب بندی قوی، مقاومت بالا در برابر خوردگی و نداشتن نشتی داخلی، برای سیالات خورنده، دوغاب ها، مایعات چسبناک و گازها ایده آل است.



نحوه عملکرد شیر دیافراگمی به این صورت است که با چرخاندن فلکه ساقه به سمت بالا حرکت می کند. بنابراین دیافراگم از روی نشیمنگاه بلند شده و مسیر جریان باز می شود. با تنظیم مقدار حرکت دیافراگم، میزان باز شدن مسیر و در نتیجه دبی سیال کنترل می شود. بالعکس با حرکت ساقه به سمت پایین، دیافراگم روی نشیمنگاه قرار گرفته و مسیر جریان کاملاً مسدود می شود. در این حالت آب بندی قوی ایجاد شده و از نشت سیال جلوگیری می شود.

۲-۲-۳: شیرهای یک طرفه Check Valves

شیر یک طرفه نوعی شیر خودکار است که فقط اجازه جریان سیال در یک جهت را می دهد و از برگشت جریان جلوگیری می کند. این ویژگی باعث می شود که در سیستم های پمپینگ، پمپ ها، صنایع نفت، گاز، آب و فاضلاب و بسیاری از کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار گیرد.



نحوه عملکرد شیر یک طرفه به این صورت است که زمانی که سیال در جهت صحیح جریان دارد فشار سیال در یچه را به سمت بالا یا جلو حرکت داده و مسیر جریان را باز می کند. زمانی که جریان معکوس شود در یچه به طور خودکار بسته می شود و از برگشت سیال جلوگیری می کند. در مدل های دارای فنر، بسته شدن سریع تر انجام می شود تا از ضربه قوچ (Water Hammer) جلوگیری شود.

مزایا و ویژگیهای شیرهای یک طرفه عبارتند از:

- جلوگیری از برگشت جریان و محافظت از پمپ ها و تجهیزات
- عملکرد خودکار بدون نیاز به اپراتور
- کاهش آسیب های ناشی از ضربه قوچ در سیستم های تحت فشار
- طراحی متنوع برای شرایط مختلف عملیاتی

(ضربه قوچ یا چکش آبی یک پدیده ی فیزیکی در سیستم های لوله کشی است که زمانی رخ می دهد که جریان سیال به طور ناگهانی متوقف یا تغییر کند. این تغییر ناگهانی باعث ایجاد افزایش فشار شدید و موج ضربه ای در لوله ها می شود که می تواند به شیرآلات، لوله ها، پمپ ها و دیگر تجهیزات سیستم آسیب بزند)

۲-۲-۴: شیرهای ایمنی و اطمینان Safety & Relief Valves

شیرهای ایمنی و اطمینان تجهیزاتی مهم در سیستم‌های تحت فشار هستند که برای محافظت از تجهیزات و جلوگیری از افزایش بیش از حد فشار طراحی شده‌اند. این شیرها هنگام رسیدن فشار به مقدار تعیین شده، به صورت خودکار باز شده و بخشی از سیال را تخلیه می‌کنند تا فشار اضافی از بین رفته و در نتیجه از انفجار یا خرابی تجهیزات جلوگیری شود.



نحوه عملکرد شیرهای ایمنی و اطمینان به این صورت است که اگر فشار سیال از مقدار مجاز فراتر رود، نیرو به فنر و دیسک داخلی شیر وارد می‌شود. هنگامی که فشار به حد تعیین شده برسد، دیسک یا پیستون شیر باز شده و مقداری از سیال را تخلیه می‌کند. پس از کاهش فشار به سطح ایمن، فنر دیسک را دوباره روی نشیمنگاه قرار داده و مسیر تخلیه را می‌بندد.

تفاوت شیرهای ایمنی و اطمینان را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

شیر ایمنی (Safety Valve):

- ✓ به طور ناگهانی و سریع باز می‌شود تا مقدار زیادی سیال را تخلیه کند.
- ✓ معمولاً برای گازها و بخارها استفاده می‌شود.
- ✓ در صنایع بخار، نیروگاه‌ها و پتروشیمی کاربرد دارد.

شیر اطمینان (Relief Valve) :

- ✓ به صورت تدریجی باز شده و مقدار مشخصی از سیال را تخلیه می کند.
- ✓ معمولاً برای مایعات استفاده می شود.
- ✓ در سیستم های هیدرولیکی و پمپ ها کاربرد دارد.

۲-۳: اصول طراحی شیرها

۲-۳-۱: اصول طراحی مکانیکی

طراحی مکانیکی شیرهای صنعتی باید بر اساس موارد زیر انجام شود:

- **انتخاب جنس مناسب:** جنس بدنه و سایر اجزا باید با توجه به نوع سیال، فشار و دما انتخاب شوند. مواد معمول شامل فولاد ضدزنگ، فولاد کربنی، آلیاژهای نیکل و پلیمرها هستند.
- **تحمل فشار و دما:** طراحی باید مطابق با استانداردهای API، ANSI و ASME باشد تا تحمل فشار و دمای مورد نیاز را تضمین کند.
- **سیستم آب بندی:** آب بندی مناسب به همراه مقاومت در برابر خوردگی و سایش.
- **نحوه اتصال:** اتصال به لوله ها می تواند بسته به نیاز سیستم از نوع فلنجی، جوشی یا دنده ای باشد.

۲-۳-۲: اصول طراحی هیدرودینامیکی:

- **کاهش افت فشار:** طراحی شیر باید به گونه ای باشد که کمترین مقاومت را در برابر جریان سیال ایجاد کند.
- **جلوگیری از کاویتاسیون:** در فشارهای بالا و جریان های سریع باید از پدیده کاویتاسیون جلوگیری شود.
- **حداقل کردن لرزش و نویز:** طراحی بهینه مسیر جریان و استفاده از مواد جاذب لرزش و نویز می تواند عملکرد سیستم را بهبود بخشد.

(پدیده کاویتاسیون زمانی رخ می دهد که فشار سیال در یک نقطه از سیستم به کمتر از فشار بخار آن سیال برسد، در نتیجه حباب های بخار در داخل سیال تشکیل می شوند. زمانی که این حباب ها به نواحی با فشار بالاتر حرکت کرده و فروپاشی می کنند، انرژی زیادی آزاد می شود که می تواند منجر به آسیب های مکانیکی در سطح داخلی تجهیزات شود)

۲-۳-۳: اصول طراحی ایمنی و استانداردها

طراحی شیرهای صنعتی باید مطابق با استانداردهای بین المللی باشد:

- API 600 و API 602 : استانداردهای مربوط به طراحی و ساخت شیرهای دروازه‌ای.
- API 598 : استاندارد تست و بازرسی شیرهای صنعتی.
- ASME B16.34 : استاندارد طراحی و انتخاب مواد.
- ISO 5211 : استاندارد محرک‌های شیر.

۲-۳-۴: ملاحظات نگهداری و تعمیرات

- دسترسی آسان به اجزا: طراحی باید به گونه‌ای باشد که قطعات به راحتی تعویض و تعمیر شوند.
- استفاده از قطعات استاندارد: قطعات باید مطابق با استانداردهای رایج باشند تا در دسترس باشند.
- حداقل نیاز به روانکاری: در برخی از شیرها استفاده از سیستم‌های خود روانکار می‌تواند طول عمر آنها را افزایش دهد.

نتیجه گیری

طراحی شیرهای صنعتی نیازمند در نظر گرفتن فاکتورهای مکانیکی، هیدرودینامیکی، ایمنی و نگهداری است. انتخاب صحیح جنس، نوع مکانیزم و رعایت استانداردهای بین‌المللی می‌تواند عملکرد و دوام شیرهای صنعتی را بهبود بخشد و هزینه‌های نگهداری را کاهش دهد.