فلومتر کوریولیس چیست؟

فلومتر جرمی کوریولیس یکی از دقیق‌ترین تجهیزات اندازه‌گیری جریان سیالات است که با استفاده از نیروی کوریولیس، دبی جرمی مایعات و گازها را به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری می‌کند. این دستگاه برخلاف بسیاری از فلومترهای حجمی، برای محاسبه دبی جرمی به اندازه‌گیری جداگانه چگالی نیاز ندارد.



فلومتر نوع کوریولیس علاوه بر دبی جرمی، قابلیت اندازه‌گیری چگالی و دمای سیال را نیز دارد و در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، داروسازی و صنایع غذایی استفاده می‌شود.

فرمول محاسبه نیروی کوریولیس در فلومتر جرمی

$$Fc = 2 \times m \times \omega \times v$$

در این فرمول:

- **Fc:** نیروی کوریولیس (نیوتن)
- **M:** جرم سیال (کیلوگرم)
- **ω:** سرعت زاویه‌ای ارتعاش (رادیان بر ثانیه)
- **V:** سرعت سیال (متر بر ثانیه)

فرمول محاسبه دبی جرمی سیال در مس فلومتر کوریولیس

$$Qm = K \times \Delta t$$

در این فرمول:

- **Qm:** دبی جرمی سیال (کیلوگرم بر ثانیه)
- **K:** ضریب کالیبراسیون فلومتر
- **Δt:** اختلاف زمانی ارتعاش سنسورها (ثانیه)

نکته: با افزایش دبی جرمی سیال، اختلاف زمانی ارتعاش سنسورها بیشتر می‌شود و فلومتر با استفاده از این اختلاف، مقدار دبی جرمی را محاسبه می‌کند.


فرمول فلومتر کوریولیس
1
فرمول محاسبه نیروی کوریولیس در فلومتر جرمی
$Fc = 2 \times m \times \omega \times v$
Fc: نیروی کوریولیس (نیوتن)
m: جرم سیال (کیلوگرم)
ω: سرعت زاویه‌ای ارتعاش (رادیان بر ثانیه)
v: سرعت سیال (متر بر ثانیه)
2
فرمول محاسبه دبی جرمی سیال در فلومتر کوریولیس
$Qm = K \times \Delta t$
Qm: دبی جرمی سیال (کیلوگرم بر ثانیه)
K: ضریب کالیبراسیون فلومتر
Δt: اختلاف زمانی ارتعاش سنسورها (ثانیه)
0.000
kg/h

نحوه کار و اساس عملکرد فلومتر جرمی کوریولیس

فلومتر صنعتی کوریولیس (Coriolis Mass Flowmeter) بر اساس نیروی کوریولیس کار می‌کند. این دستگاه با ایجاد ارتعاش در لوله‌های عبور سیال و اندازه‌گیری اختلاف فاز ارتعاش، دبی جرمی مایعات و گازها را به‌صورت مستقیم محاسبه می‌کند.



اساس کار فلومتر کوریولیس چگونه است؟

عملکرد فلومتر جرمی نوع کوریولیس شامل ۵ مرحله اصلی است:

1. **ورود سیال:** سیال وارد یک یا چند لوله اندازه‌گیری داخل فلومتر می‌شود.
2. **ایجاد ارتعاش:** یک سیستم تحریک‌کننده، لوله‌ها را با فرکانس مشخصی به ارتعاش درمی‌آورد.
3. **ایجاد نیروی کوریولیس:** عبور سیال از لوله‌های مرتعش باعث ایجاد نیرو و تغییر شکل بسیار جزئی در الگوی ارتعاش آن‌ها می‌شود.
4. **تشخیص اختلاف فاز:** سنسورهای نصب‌شده روی لوله، اختلاف زمانی یا فازی ارتعاش را در نقاط مختلف اندازه‌گیری می‌کنند.
5. **محاسبه دبی جرمی:** ترانسمیتر با پردازش اختلاف فاز، مقدار دبی جرمی را محاسبه و معمولاً با واحدهایی مانند kg/h یا t/h نمایش می‌دهد.

فلومتر کوریولیس چگونه چگالی و دما را اندازه‌گیری می‌کند؟

علاوه بر دبی جرمی، این دستگاه با بررسی فرکانس طبیعی ارتعاش لوله، چگالی سیال را اندازه‌گیری می‌کند. سنسور دمای داخلی نیز دمای لوله را ثبت کرده و برای جبران اثر تغییرات دما بر اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

در نتیجه، دبی سنج کوریولیس می‌تواند با یک مجموعه اندازه‌گیری، اطلاعات دبی جرمی، چگالی، دما و دبی حجمی محاسبه‌شده را ارائه دهد.

انواع فلومتر جرمی کوریولیس (Coriolis Mass Flowmeter)

مس فلومتر کوریولیس بر اساس تعداد لوله‌های اندازه‌گیری، شکل لوله و نوع طراحی دستگاه به مدل‌های مختلفی تقسیم می‌شود. مهم‌ترین تفاوت این مدل‌ها در ساختار داخلی، محدوده دبی، افت فشار و نوع سیال مناسب است.



۱. فلومتر کوریولیس تک لوله‌ای مستقیم

این مدل دارای یک لوله مستقیم و مرتعش است که سیال بدون تقسیم‌شدن جریان از آن عبور می‌کند. افت فشار نسبتاً پایین و مسیر عبور ساده از ویژگی‌های آن است.

- ✓ سیالات مناسب: روغن‌های غلیظ، رزین، مواد شیمیایی، لجن و برخی دوغاب‌ها.

۲. فلومتر کوریولیس دو لوله‌ای مستقیم

در این نوع، سیال بین دو لوله مستقیم تقسیم می‌شود. ارتعاش متقابل لوله‌ها به کاهش تأثیر لرزش‌های خارجی کمک می‌کند.

- ✓ سیالات مناسب: آب، سوخت، حلال‌ها، مواد شیمیایی و برخی گازهای صنعتی.

۳. فلومتر کوریولیس دو لوله‌ای خمیده

این مدل دارای دو لوله خمیده با طراحی‌هایی مانند Uو Vاست و یکی از ساختارهای رایج در صنعت محسوب می‌شود. برای اندازه‌گیری دقیق دبی جرمی در فرایندهای مختلف کاربرد دارد.

- ✓ سیالات مناسب: نفت خام، بنزین، گازوئیل، مواد پتروشیمی، مایعات غذایی و گازهای صنعتی.

۴. فلومتر کوریولیس تک‌لوله‌ای خمیده

این فلومتر از یک لوله خمیده استفاده می‌کند و برخی مدل‌های آن برای اندازه‌گیری دبی‌های بسیار کم طراحی شده‌اند.

- ✓ سیالات مناسب: مواد افزودنی، حلال‌های شیمیایی و مایعات با دبی پایین.

۵. فلومتر کوریولیس چهارلوله‌ای

این نوع دارای چهار لوله اندازه‌گیری است و در بعضی طراحی‌ها برای اندازه‌گیری دبی‌های زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- ✓ سیالات مناسب: نفت، فرآورده‌های سوختی و سیالات صنعتی در خطوط انتقال با ظرفیت بالا.

انواع فلومتر کوریولیس بر اساس کاربرد و ساختار نصب

علاوه بر شکل لوله، فلومترهای کوریولیس در مدل‌های کامپکت (Compact) با ترانسمیتر متصل به سنسور و ریموت (Remote) با ترانسمیتر جداگانه تولید می‌شوند.

همچنین مدل‌های بهداشتی برای صنایع غذایی و دارویی، مدل‌های فشار بالا برای گاز CNG و مدل‌های مخصوص دماهای بسیار پایین یا بالا در بازار وجود دارند.

کاربردهای فلومتر جرمی کوریولیس در صنایع مختلف

فلومتر coriolis در صنایعی استفاده می‌شود که اندازه‌گیری دقیق وزن سیال عبوری، کنترل مقدار مواد اولیه، تزریق مواد شیمیایی و اندازه‌گیری میزان مصرف یا انتقال سیالات اهمیت دارد.

این فلومتر برای اندازه‌گیری دبی جرمی انواع مایعات، گازها، سیالات غلیظ و برخی دوغاب‌ها کاربرد دارد.

جدول کاربرد فلومتر کوریولیس بر اساس صنعت و نوع سیال

صنعت	کاربرد دقیق فلومتر	سیالات مورد استفاده
نفت و گاز	اندازه‌گیری مقدار نفت و سوخت هنگام انتقال، فروش و بارگیری مخازن	نفت خام، گازوئیل، بنزین، نفت سفید، LPGو گاز طبیعی
پتروشیمی	کنترل خوراک راکتورها، ترکیب مواد اولیه و اندازه‌گیری مواد تولیدی	هیدروکربن‌ها، حلال‌ها، رزین‌ها و مواد پلیمری مایع
صنایع شیمیایی	تزریق دقیق مواد، کنترل واکنش‌های شیمیایی و تعیین نسبت اختلاط	اسیدها، بازها، الکل، حلال‌ها و مواد خورنده
صنایع غذایی	کنترل مقدار مواد اولیه در تولید، پرکردن بسته‌ها و تنظیم فرمول محصول	شیر، ماست، روغن خوراکی، عسل، شربت، سس و شکلات مایع
صنایع دارویی	اندازه‌گیری دقیق مواد اولیه، دوزینگ و کنترل حجم بچ تولید	محلول‌های دارویی، آب خالص، الکل و حلال‌های دارویی
آب و فاضلاب	تزریق مواد تصفیه‌کننده و اندازه‌گیری دبی و چگالی لجن	مواد منعقدکننده، پلیمرها، اسیدها، قلیاها و لجن
صنایع رنگ و رزین	کنترل ترکیب رنگ، تنظیم نسبت مواد و اندازه‌گیری مصرف	رنگ مایع، رزین، چسب، تینر و حلال‌ها
نیروگاه‌ها	اندازه‌گیری مصرف سوخت و کنترل تزریق مواد شیمیایی	گازوئیل، مازوت، روغن سوخت و مواد شیمیایی
صنایع معدنی	کنترل انتقال و غلظت مواد در خطوط فرایندی	دوغاب‌های معدنی و مایعات دارای ذرات معلق
صنایع دریایی	اندازه‌گیری سوخت تحویلی به کشتی و نظارت بر مصرف سوخت	سوخت دریایی، گازوئیل و نفت کوره

این کاربردها بسته به مدل فلومتر، محدوده دبی، فشار، دما و سازگاری متریال دستگاه با سیال متفاوت هستند.

نحوه نصب فلومتر جرمی کوریولیس (Coriolis Flowmeter)

نصب صحیح فلومتر جرمی کوریولیس تأثیر مستقیمی بر دقت اندازه‌گیری و عملکرد دستگاه دارد .این فلومتر را می‌توان بسته به مدل، به‌صورت افقی یا عمودی نصب کرد؛ اما جهت نصب باید با نوع سیال و طراحی لوله‌های اندازه‌گیری متناسب باشد.



برخلاف بسیاری از فلومترها، **فلومتر coriolis** معمولاً به طول مستقیم مشخصی از لوله در ورودی و خروجی نیاز ندارد؛ بااین‌حال رعایت نکات زیر ضروری است.

1. انتخاب جهت نصب بر اساس نوع سیال

نوع سیال	جهت نصب پیشنهادی	دلیل
مایعات مانند آب، روغن و سوخت	افقی با خم لوله رو به پایین	جلوگیری از جمع‌شدن حباب هوا
گازها مانند نیتروژن و گاز طبیعی	افقی با خم لوله رو به بالا	جلوگیری از تجمع مایعات و میعانات
مایعات غلیظ و دوغاب‌ها	عمودی با جریان رو به بالا، در مدل‌های سازگار	کمک به خروج حباب‌ها و کاهش رسوب
مایعات دارای احتمال حباب	عمودی با جریان رو به بالا	کمک به عبور حباب‌های آزاد از سنسور

این جهت‌ها برای طراحی‌های متداول لوله خمیده هستند؛ در مدل‌های لوله مستقیم یا طراحی‌های خاص، دستورالعمل سازنده ملاک است.

2. مراحل نصب فلومتر کوریولیس روی خط لوله

1. **انتخاب محل نصب:** دستگاه را در نقطه‌ای نصب کنید که جریان پایدار باشد و احتمال تجمع هوا، رسوب یا تخلیه ناخواسته سیال وجود نداشته باشد.
2. **بررسی جهت جریان:** فلومتر را مطابق فلش حک‌شده روی بدنه و دستورالعمل سازنده نصب کنید.
3. **اتصال به لوله:** اتصالات فلنجی یا رزوه‌ای را مطابق مشخصات دستگاه نصب کرده و از اعمال تنش مکانیکی به بدنه جلوگیری کنید.
4. **کنترل ارتعاشات:** لوله‌کشی را متناسب با مدل دستگاه مهار کنید و تا حد امکان از انتقال لرزش شدید پمپ‌ها جلوگیری کنید.
5. **نصب شیر قطع جریان:** در بسیاری از کاربردهای مایع، نصب شیر قطع جریان در خروجی فلومتر به حفظ پر بودن سنسور هنگام توقف جریان کمک می‌کند.
6. **اتصال ترانسمیتر:** برق، ارتینگ و خروجی‌های ارتباطی مانند 4–20 mA یا پروتکل‌های دیجیتال را مطابق نقشه سیم‌کشی متصل کنید.

7. **راه‌اندازی اولیه:** پس از پرکردن لوله و هواگیری، عملکرد دستگاه، نشتی اتصالات، دبی و وضعیت صفر را بررسی کنید.

3. نکات مهم هنگام نصب فلومتر کوریولیس

نکته نصب	دلیل اهمیت
جلوگیری از ورود حباب هوا	پیشگیری از خطای اندازه‌گیری
رعایت جهت جریان	عملکرد مطابق تنظیمات دستگاه
جلوگیری از لرزش شدید	کاهش نویز و ناپایداری اندازه‌گیری
جلوگیری از کاویتاسیون	حفظ دقت و جلوگیری از آسیب احتمالی
رعایت فشار و دمای مجاز	افزایش ایمنی و عمر دستگاه
انتخاب وضعیت مناسب نصب	جلوگیری از تجمع گاز، میعانات یا رسوبات

کالیبراسیون فلومتر جرمی کوریولیس

کالیبراسیون فلومتر کوریولیس (Coriolis Flowmeter Calibration) فرایندی است که طی آن دقت اندازه‌گیری دبی جرمی دستگاه با استفاده از تجهیزات مرجع استاندارد بررسی می‌شود. هدف از کالیبراسیون، شناسایی خطاهای اندازه‌گیری و اطمینان از عملکرد صحیح فلومتر در شرایط صنعتی است.



مراحل کالیبراسیون فلومتر کوریولیس

1. **بررسی اولیه:** کنترل وضعیت سنسور، ترانسمیتر، اتصالات و تنظیمات دستگاه.
2. **بررسی نقطه صفر (Zero Verification):** اطمینان از صفر بودن جریان در شرایطی که لوله کاملاً از سیال پر و جریان متوقف شده است.
3. **آزمایش دبی:** عبور سیال با چند دبی مشخص از فلومتر.

4. **مقایسه با مرجع:** مقایسه مقادیر ثبت‌شده با دستگاه مرجع کالیبره‌شده یا سیستم توزین دقیق.
5. **محاسبه خطا:** تعیین اختلاف مقدار اندازه‌گیری‌شده با مقدار مرجع.
6. **تنظیم و تأیید نهایی:** در صورت نیاز و با رعایت دستورالعمل سازنده، اصلاح تنظیمات و ثبت نتایج کالیبراسیون.

چه زمانی فلومتر کوریولیس نیاز به کالیبراسیون دارد؟

- مشاهده اختلاف غیرعادی در مقدار دبی اندازه‌گیری‌شده
- پس از تعمیر یا تعویض قطعات مؤثر بر اندازه‌گیری
- هنگام استفاده در فرایندهایی که دقت بسیار بالا اهمیت دارد
- طبق برنامه دوره‌ای کنترل کیفیت و الزامات کارخانه

نکته مهم :تنظیم نقطه صفر با کالیبراسیون کامل دبی تفاوت دارد .فلومترهای کوریولیس معمولاً در کارخانه کالیبره می‌شوند و تنظیم مجدد صفر تنها در شرایط خاص و پس از بررسی صحت نقطه صفر توصیه می‌شود .

خدمات کالیبراسیون فلومتر کوریولیس در یاس کنترل

برای بررسی دقت اندازه‌گیری، دریافت مشاوره تخصصی و هماهنگی خدمات کالیبراسیون فلومتر جرمی کوریولیس می‌توانید با کارشناسان یاس کنترل تماس بگیرید .این مجموعه در زمینه تجهیزات ابزار دقیق و خدمات کالیبراسیون صنعتی فعالیت دارد.

برندهای معتبر تولیدکننده فلومتر جرمی کوریولیس

شرکت‌های مختلفی در زمینه طراحی و تولید **فلومتر جرمی کوریولیس** فعالیت دارند که محصولات آن‌ها از نظر دقت اندازه‌گیری، کیفیت ساخت و کاربردهای صنعتی متفاوت هستند.

برخی از شناخته‌شده‌ترین برندهای دبی‌سنج کوریولیس عبارت‌اند از:

- **امرسون (EMERSON):** شرکت آمریکایی و تولیدکننده فلومترهای کوریولیس با برند Micro Motion.
- **اندرس هاوزر (Endress+Hauser):** شرکت سوئیسی با ریشه آلمانی و تولیدکننده فلومترهای کوریولیس اندرس هاوزر سری Promass.
- **کرونه (KROHNE):** شرکت آلمانی و تولیدکننده فلومترهای جرمی کوریولیس سری OPTIMASS.
- **یوکوگاوا (YOKOGAWA):** شرکت ژاپنی و تولیدکننده فلومترهای کوریولیس سری ROTAMASS.

انتخاب برند مناسب به نوع سیال، محدوده دبی، دقت موردنیاز و شرایط فرایندی بستگی دارد.

خرید و قیمت فلومتر کوریولیس

قیمت فلومتر جرمی کوریولیس به عواملی مانند برند سازنده، سایز دستگاه، محدوده دبی، دقت اندازه‌گیری، جنس بدنه و شرایط کاری بستگی دارد. برای خرید فلومتر کوریولیس باید نوع سیال، فشار، دما و کاربرد صنعتی دستگاه را در نظر بگیرید تا بهترین مدل متناسب با نیاز خود را انتخاب کنید.

برای **خرید فلومتر کوریولیس و استعلام قیمت روز** می‌توانید به سایت یاس کنترل مراجعه کنید. مجموعه یاس کنترل با داشتن شعبه در **مشهد و تهران**، خدمات مشاوره تخصصی و تأمین تجهیزات ابزار دقیق را ارائه می‌دهد. برای دریافت اطلاعات بیشتر و انتخاب فلومتر مناسب با کارشناسان یاس کنترل تماس بگیرید.