فلومتر جرمی چیست و چه کاربردی دارد؟

فلومتر جرمی (Mass Flow Meter) یک ابزار اندازه‌گیری جریان است که **دبی جرمی سیال** را اندازه‌گیری می‌کند؛ یعنی مشخص می‌کند در یک بازه زمانی چه مقدار **جرم** از مایع یا گاز از خط لوله عبور کرده است. برخلاف برخی جریان سنج ها که دبی حجمی را بر حسب لیتر یا مترمکعب اندازه می‌گیرند، خروجی فلومتر نوع جرمی معمولاً با واحدهایی مثل **kg/h، kg/min یا t/h** بیان می‌شود.

در بازار تجهیزات ابزار دقیق، این ابزار با نام‌هایی مانند **دبی‌سنج جرمی، جریان‌سنج جرمی، مس فلومتر (Mass Flow Meter)** شناخته می‌شود.



اجزای تشکیل‌دهنده فلومتر جرمی

اجزای اصلی دستگاه اندازه گیری جریان مدل جرمی بسته به نوع و مدل دستگاه می‌تواند شامل موارد زیر باشد:



- سنسور اندازه‌گیری
- تیوب یا مسیر عبور سیال
- سیستم تحریک
- سنسور دما
- المنت حرارتی در مدل‌های Thermal Mass
- ترانسمیتر و واحد پردازش
- نمایشگر و بدنه
- اتصالات فرایندی و خروجی‌ها و رابط‌های ارتباطی

فلومتر جرمی چگونه کار می‌کند و چه وظیفه‌ای دارد؟

وظیفه اصلی **فلومتر مدل جرمی** اندازه‌گیری **جرم واقعی سیال عبوری از خط لوله در واحد زمان** است. به‌عبارت ساده، این ابزار مشخص می‌کند در هر ثانیه، دقیقه یا ساعت چه مقدار جرم از یک مایع یا گاز از نقطه موردنظر عبور می‌کند. مقدار اندازه‌گیری‌شده با واحدهایی مانند **kg/h، kg/min، g/min یا t/h** گزارش می‌شود.



بنابراین فلومتر جرمی فقط وظیفه تشخیص وجود یا عدم وجود جریان را ندارد؛ بلکه برای **اندازه‌گیری و پایش دقیق میزان مصرف یا انتقال سیال** در فرآیندهای صنعتی استفاده می‌شود. اطلاعات آن می‌تواند برای **کنترل فرآیند، بررسی میزان مصرف، تزریق و دوزینگ مواد، کنترل تولید و انتقال مایعات و گازها** مورد استفاده قرار گیرد. همچنین نحوه عملکرد دقیق آن به نوع دبی سنج جرمی بستگی دارد. در ادامه به طور کامل به آن ها پرداخته ایم.

انواع فلومتر جرمی صنعتی

فلومترهای جرمی بر اساس تکنولوژی اندازه‌گیری جریان به **دو نوع اصلی** تقسیم می‌شوند:



1- فلومتر جرمی کوریولیس (Coriolis)

فلومتر کوریولیس یکی از رایج‌ترین انواع جریان سنج نوع جرمی است و دبی جرمی را بر اساس **اثر کوریولیس و تغییرات ارتعاش تیوب اندازه‌گیری** محاسبه می‌کند.

در این نوع، سیال از داخل یک یا چند تیوب عبور می‌کند که توسط سیستم داخلی دبی سنجی به ارتعاش درمی‌آیند. عبور سیال باعث ایجاد تغییر در حرکت و فاز ارتعاش تیوب‌ها بر اثر **نیروی کوریولیس** می‌شود. سنسورها این تغییر را تشخیص می‌دهند و بخش الکترونیکی دستگاه با پردازش آن، **دبی جرمی سیال** را محاسبه می‌کند. در بسیاری از مدل‌ها امکان اندازه‌گیری پارامترهای دیگری مانند **چگالی و دمای سیال** نیز وجود دارد.

این نوع مس فلومتر عمدتاً برای مایعات و در برخی کاربردها برای گازها استفاده می‌شوند و بسیاری از مدل‌ها علاوه بر دبی جرمی، قابلیت اندازه‌گیری **چگالی و دمای سیال** را نیز دارند.

2- فلومتر جرمی حرارتی (Thermal Mass)

فلومتر جرمی حرارتی یا **ترمال مس فلومتر** دبی جرمی را بر اساس **انتقال حرارت میان سنسور و سیال در حال حرکت** اندازه‌گیری می‌کند. این نوع ابزار اندازه گیری بیشتر برای **گازها** مانند هوای فشرده و گازهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سنسور دستگاه مقدار مشخصی گرما ایجاد می‌کند و جریان گاز بخشی از این حرارت را با خود منتقل می‌کند. هرچه جریان بیشتر باشد، میزان انتقال حرارت نیز تغییر می‌کند. دستگاه این تغییر حرارتی را اندازه‌گیری کرده و از طریق آن **دبی جرمی گاز** را محاسبه می‌کند.

فلومترهای حرارتی از نظر ساختار نصب نیز می‌توانند در مدل‌هایی مانند **Inline** و **Insertion** عرضه شوند؛ مدل Inline در مسیر لوله نصب می‌شود، در حالی که مدل Insertionدارای پروبی است که داخل خط لوله قرار می‌گیرد.

تفاوت فلومتر جرمی با فلومتر حجمی چیست؟

تفاوت اصلی جریان سنج صنعتی **مدل جرمی (Mass Flow Meter)** و **مدل حجمی (Volumetric Flow Meter)** در پارامتری است که اندازه‌گیری می‌کنند. فلومتر نوع جرمی مقدار **جرم سیال عبوری در واحد زمان** را اندازه می‌گیرد، در حالی که دبی سنجی حجمی مقدار **حجم سیال عبوری در واحد زمان** را محاسبه می‌کند.

برای مثال، دبی سنج جرمی ممکن است جریان را به صورت **t/h یا kg/h** نمایش دهد؛ اما خروجی فلومتر حجمی معمولاً با واحدهایی مانند **L/min، m³/h یا L/h** بیان می‌شود.

ویژگی	فلومتر جرمی	فلومتر حجمی
پارامتر اندازه‌گیری	جرم سیال	حجم سیال
واحدهای رایج	kg/h، kg/min، t/h	L/min، L/h، m³/h
تأثیر تغییر چگالی	اندازه‌گیری جرم مستقیماً انجام می‌شود	تغییر چگالی می‌تواند در تبدیل حجم به جرم مؤثر باشد
نمونه‌های رایج	کوریولیس، Thermal Mass	مغناطیسی، توربینی، اولتراسونیک و ورتکس*
کاربرد	فرآیندهایی که مقدار واقعی جرم ماده اهمیت دارد	اندازه‌گیری و پایش حجم جریان

نکته مهم :دما و فشار می‌توانند باعث تغییر **چگالی و حجم** سیال شوند، در حالی که جرم همان مقدار ماده را بیان می‌کند. به همین دلیل در فرآیندهایی که مقدار دقیق ماده مصرفی یا منتقل‌شده اهمیت دارد، اندازه‌گیری دبی جرمی کاربرد زیادی دارد.

فلومتر جرمی در چه صنایعی و در کنار چه تجهیزاتی استفاده می‌شود؟

فلومتر جرمی صنعتی در صنایعی استفاده می‌شود که **اندازه‌گیری دقیق مقدار ماده عبوری** اهمیت دارد. این تجهیز معمولاً به‌تنهایی بخشی از یک خط فرایندی است و در کنار تجهیزاتی مانند **پمپ، کمپرسور، مخزن، شیر کنترل، سیستم دوزینگ، میکسر و PLC/DCS**قرار می‌گیرد.

1- **صنایع نفت، گاز و پتروشیمی:** برای اندازه‌گیری جریان سوخت، هیدروکربن‌ها، مواد شیمیایی و گازهای فرایندی؛ معمولاً در کنار **پمپ، مخزن، شیر کنترل و خطوط انتقال** استفاده می‌شود.
2- **صنایع شیمیایی:** برای اندازه‌گیری و کنترل مقدار مواد اولیه و افزودنی‌ها در فرایند تولید؛ در کنار **دوزینگ پمپ، میکسر، راکتور و مخازن مواد شیمیایی** کاربرد دارد.
3- **صنایع غذایی و نوشیدنی:** برای کنترل مقدار ورود مواد اولیه، افزودنی‌ها و سیالات مورد استفاده در تولید؛ در کنار **پمپ، میکسر، مخزن و دستگاه‌های پرکن** نصب می‌شود.
4- **صنایع دارویی و بهداشتی:** برای اندازه‌گیری دقیق مواد و کنترل فرایندهای دوزینگ؛ معمولاً همراه با **دوزینگ پمپ، مخزن، میکسر و سیستم‌های کنترل فرایند** به کار می‌رود.
5- **نیروگاه‌ها و تأسیسات انرژی:** برای اندازه‌گیری و پایش مصرف سوخت و برخی گازهای مورد استفاده در فرایند؛ در کنار **بویلر، مشعل، کمپرسور و خطوط انتقال سوخت** استفاده می‌شود.
6- **صنایع فولاد و فلزات:** برای اندازه‌گیری و کنترل جریان برخی گازهای فرایندی و سوخت؛ در کنار **کوره‌های صنعتی، مشعل‌ها و خطوط انتقال گاز** کاربرد دارد.
7- **تصفیه آب و فاضلاب:** برای کنترل مقدار تزریق برخی مواد شیمیایی یا گازها به فرایند تصفیه؛ در کنار **دوزینگ پمپ، مخزن مواد شیمیایی و شیرهای کنترلی** استفاده می‌شود.
8- **خودروسازی و تجهیزات تست:** برای اندازه‌گیری جریان سوخت، هوا یا گاز در برخی خطوط تولید و سیستم‌های آزمایش؛ در کنار **پمپ، کمپرسور و تجهیزات تست و اندازه‌گیری** مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فلومتر جرمی برای چه سیالاتی مناسب است؟

این نوع برای اندازه‌گیری دبی انواع **مایعات و گازها** قابل استفاده است، اما انتخاب نوع آن به مشخصات سیال و شرایط فرایند بستگی دارد.

فلومتر کوریولیس بیشتر برای مایعات و همچنین برخی گازها کاربرد دارد و می‌تواند برای سیالاتی مانند **آب، روغن، سوخت، حلال‌ها، مواد شیمیایی، مواد غذایی مایع و سیالات با ویسکوزیته‌های مختلف** مورد استفاده قرار گیرد. در مقابل، **فلومتر جرمی حرارتی** عمدتاً برای اندازه‌گیری جریان **گازها** مانند هوای فشرده، نیتروژن، اکسیژن، آرگون، گاز طبیعی و برخی گازهای صنعتی به کار می‌رود.

در انتخاب مَس فلو متر تنها مایع یا گاز بودن سیال کافی نیست؛ عواملی مانند **خورندگی، ویسکوزیته، چگالی، ترکیب سیال، فشار، دما و محدوده دبی** نیز باید بررسی شوند. برای سیالات خورنده نیز لازم است جنس قسمت‌های در تماس با سیال متناسب با ماده مورد اندازه‌گیری انتخاب شود.

نکات مهم هنگام نصب فلومتر صنعتی جرمی

نحوه نصب فلومتر جرمی بر دقت و عملکرد آن تأثیر مستقیم دارد و الزامات دقیق نصب باید بر اساس **نوع** جریان‌سنج جرمی **و دستورالعمل سازنده** بررسی شود. مهم‌ترین نکات عبارت‌اند از:

- فلومتر را مطابق **جهت جریان مشخص‌شده روی بدنه** نصب کنید.
- سایز فلومتر باید متناسب با **دبی و قطر خط لوله** انتخاب شده باشد.
- در اندازه‌گیری مایعات، از **پر بودن تیوب اندازه‌گیری** اطمینان حاصل کنید.
- از نصب دستگاه در نقاطی که احتمال **تجمع حباب گاز در مایع** وجود دارد خودداری کنید.
- برای اندازه‌گیری گازها، شرایطی که باعث **تجمع مایع یا میعانات** در سنسور می‌شود باید کنترل شود.
- از وارد شدن **تنش و وزن لوله‌ها** به بدنه دستگاه اندازه‌گیری دبی جرمی جلوگیری کنید.

- لرزش شدید خط لوله و تجهیزات اطراف مانند **پمپ و کمپرسور** باید تا حد امکان کنترل شود.
- فشار و دمای فرایند باید در محدوده مجاز دستگاه اندازه‌گیری دبی جرمی باشد.
- در مدل مس ترمال، الزامات مربوط به طول مستقیم لوله قبل و بعد از جریان‌سنج جرمی اهمیت دارد و باید طبق توصیه سازنده رعایت شود.
- اتصالات الکتریکی، ارت و سیم‌کشی ترانسمیتر باید مطابق دستورالعمل دستگاه انجام شود.
- پس از نصب، تنظیمات، **Zero Calibration/Zero Verification** یا راه‌اندازی اولیه را در صورت نیاز و طبق دستورالعمل سازنده انجام دهید.

مزایای فلومتر جرمی

- اندازه‌گیری مستقیم **دبی جرمی**
- دقت و تکرارپذیری مناسب، به‌خصوص در بسیاری از فلومترهای کوریولیس
- مناسب برای **کنترل مصرف، دوزینگ، بچینگ و کنترل فرایند**
- امکان اندازه‌گیری **چگالی و دما** در بسیاری از مدل‌های کوریولیس
- مناسب بودن Thermal Mass برای اندازه‌گیری مستقیم دبی جرمی بسیاری از **گازها و هوای فشرده**
- امکان اتصال بسیاری از مدل‌های صنعتی به **DCSوPLC**

محدودیت‌های فلومتر جرمی

- قیمت برخی مدل‌ها، به‌خصوص **فلومتر کوریولیس**، می‌تواند نسبت به بعضی فناوری‌های اندازه‌گیری جریان بالاتر باشد.
- انتخاب اشتباه سایز یا محدوده دبی می‌تواند عملکرد اندازه‌گیری را تحت تأثیر قرار دهد.
- برخی مدل‌های کوریولیس ممکن است **افت فشار** قابل توجهی ایجاد کنند.
- وجود **جریان دوفازی یا حباب گاز در مایع** می‌تواند اندازه‌گیری بعضی جریان سنج جرمی کوریولیس را مختل کند.

- دقت Thermal Mass می‌تواند تحت تأثیر **ترکیب و خواص حرارتی گاز** قرار گیرد؛ بنابراین باید متناسب با گاز موردنظر انتخاب یا کالیبره شود.
- شرایط نصب، لرزش خط، پروفایل جریان و الزامات لوله‌کشی بسته به فناوری و مدل باید مطابق دستورالعمل سازنده رعایت شود.

عوامل مؤثر بر قیمت فلومتر صنعتی مدل جرمی

قیمت **فلومتر جرمی صنعتی** ثابت نیست و با توجه به مشخصات فنی، نوع سیال و شرایط فرایند تغییر می‌کند. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قیمت عبارت‌اند از:

- **نوع فلومتر جرمی:** مدل **کوریولیس (Coriolis)**و **حرارتی (Thermal Mass)** ساختار و کاربرد متفاوتی دارند و قیمت آن‌ها نیز یکسان نیست.
- **سایز و قطر خط لوله:** سایز اتصال و ظرفیت عبور جریان از عوامل مهم در تعیین قیمت دستگاه است.
- **دقت اندازه‌گیری:** مدل‌هایی با دقت و تکرارپذیری بالاتر معمولاً قیمت بیشتری دارند.
- **نوع سیال:** گاز یا مایع بودن سیال و ویژگی‌هایی مانند چگالی، ویسکوزیته و خورندگی در انتخاب مدل و متریال مؤثر است.
- **فشار و دمای کاری:** جریان سنج جرمی طراحی‌شده برای فشار یا دمای بالا ممکن است به متریال و ساختار خاصی نیاز داشته باشند.
- **جنس قسمت‌های در تماس با سیال:** استفاده از متریال‌هایی مانند **استنلس استیل** یا آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی می‌تواند قیمت را افزایش دهد.
- **نوع اتصال:** فلنجی، رزوه‌ای و سایر اتصالات فرایندی، بسته به سایز و کلاس فشار، روی قیمت تأثیر دارند.
- **خروجی و پروتکل ارتباطی:** امکاناتی مانند **4–20mA، Pulse، HART، Modbus یا Fieldbus** می‌توانند در قیمت نهایی مؤثر باشند.
- **قابلیت‌های اندازه‌گیری:** برخی مدل‌ها علاوه بر دبی جرمی، پارامترهایی مانند **چگالی و دما** را نیز اندازه‌گیری می‌کنند.
- **استاندارد و تأییدیه‌ها:** نیاز به استانداردهای مربوط به **محیط‌های انفجاری، بهداشتی یا کاربردهای خاص صنعتی** می‌تواند قیمت را تغییر دهد.

- **برند و کشور سازنده:** برند، کیفیت ساخت، خدمات پس از فروش و کشور تولیدکننده از دیگر عوامل تعیین‌کننده قیمت هستند.

در نتیجه، برای **استعلام قیمت فلومتر جرمی** بهتر است اطلاعاتی مانند **نوع سیال، محدوده دبی، سایز لوله، فشار و دمای کاری، نوع اتصال، دقت موردنیاز و سیگنال خروجی** مشخص شود تا مدل مناسب انتخاب و قیمت دقیق‌تری اعلام شود.

خرید و قیمت فلومتر جرمی از یاس کنترل در مشهد

برای **خرید فلومتر جرمی، استعلام قیمت و انتخاب مدل مناسب** می‌توانید با کارشناسان **یاس کنترل** در ارتباط باشید. با توجه به نوع سیال، محدوده دبی، فشار و دمای کاری، سایز خط و دقت موردنیاز، کارشناسان یاس کنترل پیش از خرید مس فلومتر شما را برای انتخاب **بهترین دبی سنج نوع جرمی مناسب با شرایط فرایند** راهنمایی می‌کنند.

یاس کنترل یکی از معتبرترین و باتجربه ترین فروشگاه های تجهیزات اندازه گیری و ابزار دقیق در مشهد است.

