NICO TECHNICAL LEARNING SERIES

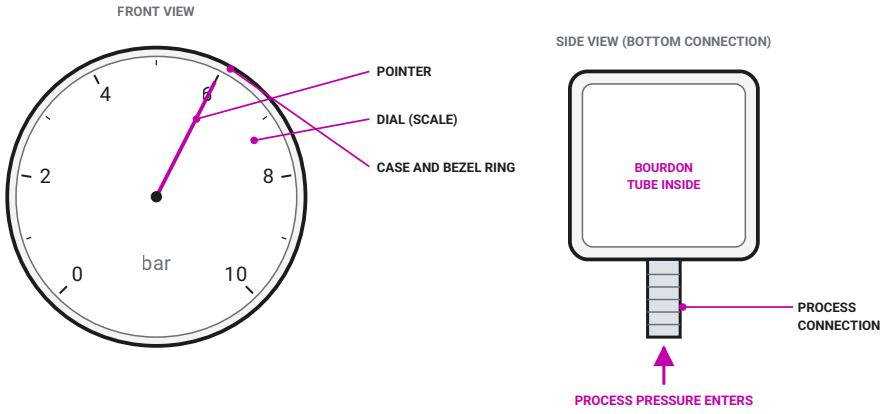
مجموعه آموزش فنی ابزار دقیق

LEVEL 1 — FUNDAMENTALS

گیج فشار چیست و چگونه فشار فرآیند را به حرکت عقربه تبدیل می‌کند؟

How Does an Industrial Pressure Gauge Work? From Process Pressure to Pointer Movement

مانومتر یا پرشر گیج (Pressure Gauge) بدون برق چگونه فشار را نشان می‌دهد؟ تعریف فشار، لوله بوردون (Bourdon Tube)، اجزای داخلی، Range و Span، Accuracy Class، گیج روغنی و خشک، Pulsation و Pressure Spike — با ده شکل آموزشی.



شکل ۱ — گیج فشار صنعتی: نمای روبه‌رو و محل ورود فشار فرآیند

شماره سند	بازنگری	سطح محتوا	تاریخ انتشار
NICO-EDU-PRS-L1-006-FA	Rev00	LEVEL 1	November 2026 — **آبان ۱۴۰۵**

گیج فشار (در گفتار صنعتی: مانومتر یا پرشر گیج، Pressure Gauge) فشار سیال را بدون برق و فقط با حرکت مکانیکی روی صفحه مدرج نشان می‌دهد. فشار وارد یک لوله خمیده و فلزی به نام لوله بوردون (Bourdon Tube) می‌شود، لوله را اندکی صاف‌تر می‌کند، و مکانیزم داخلی همین جابه‌جایی بسیار کوچک را به چرخش قابل‌دیدن عقربه تبدیل می‌کند. این راهنما برای تکنسین، دانشجو، کارشناس خرید و مهندس تازه‌کار نوشته شده و بدون وارد شدن به محاسبات سنگین، زنجیرهٔ کامل را از «فشار» تا «عقربه» توضیح می‌دهد.

پس از مطالعه این راهنما خواهید توانست:

1. فشار نسبی، مطلق، خلأ و فشار ترکیبی را از هم جدا کنید و بدانید گیج صنعتی معمولاً چه چیزی را نشان می‌دهد.
2. تفاوت Pressure Gauge و Pressure Transmitter را بدون پیش‌داوری دربارهٔ «بهتر بودن» یکی بیان کنید.
3. مسیر فشار تا عقربه را از لوله بوردون، لینک، چرخ‌دنده قطاعی و پینیون دنبال کنید.
4. Range، Span، Full Scale و Accuracy Class را درست تعریف کنید و یک مثال عددی ساده حل کنید.
5. گیج روغنی (Liquid-Filled Gauge) و گیج خشک (Dry Gauge) را مقایسه کنید و حد کار پرکننده را بدانید.
6. Pulsation، Pressure Spike و Overpressure را از هم تشخیص دهید و دلیل لرزش عقربه را در سطح مقدماتی بررسی کنید.

1 فشار چیست؟ مبناهای مرجع فشار

فشار (Pressure) نیروی عمودی وارد بر واحد سطح است؛ هر چه نیرو بیشتر یا سطح کوچک‌تر باشد، فشار بزرگ‌تر است. واحدهای رایج در صنعت bar، kPa، MPa و psi هستند. نکتهٔ مهم برای خواندن یک گیج این است که فشار همیشه نسبت به یک مرجع سنجیده می‌شود. اگر مرجع فشار هوای آزاد محیط باشد، عدد را فشار نسبی (Gauge Pressure) می‌نامیم؛ اگر مرجع خلأ کامل باشد، فشار مطلق (Absolute Pressure) است.

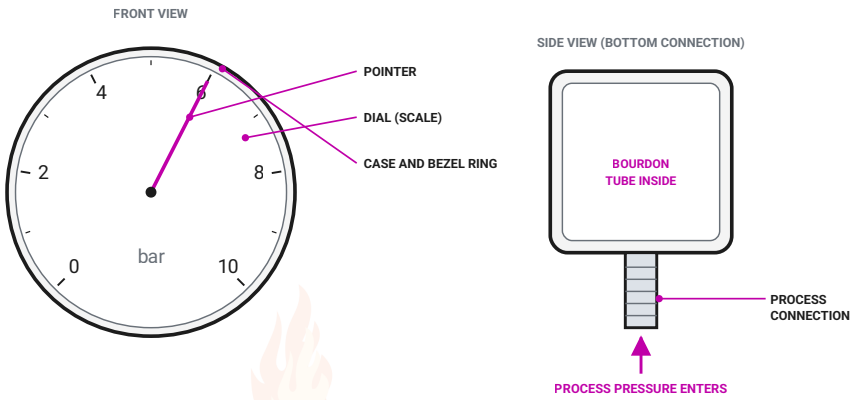
جدول ۱ — مبناهای مرجع فشار و معنای آن‌ها روی گیج

اصطلاح	معنا	مثال ساده
فشار جو (Atmospheric Pressure)	فشار هوای اطراف؛ حدود 1 bar در سطح دریا و با ارتفاع محل و وضعیت جوی تغییر می‌کند	گیج باز، بدون فشار، عدد صفر نشان می‌دهد
فشار نسبی (Gauge Pressure)	فشار نسبت به فشار جو؛ مبنای بیشتر گیج‌های صنعتی	پمپ 6 bar نشان می‌دهد
فشار مطلق (Absolute Pressure)	فشار نسبت به خلأ کامل؛ تقریباً برابر فشار نسبی بعلاوهٔ فشار جو	صفر مطلق یعنی خلأ کامل
خلأ (Vacuum)	فشاری کمتر از فشار جو؛ روی گیج به‌صورت مقدار منفی نسبی خوانده می‌شود	مکش پمپ در ورودی
فشار ترکیبی (Compound Pressure)	گیجی که هم خلأ و هم فشار مثبت را نشان می‌دهد	محدودهٔ -1…+5 bar

عدد «۱ بار» برای فشار جو تقریب مهندسی است؛ مقدار استاندارد دقیق‌تر است و در محاسبات پروژه‌ای باید از منبع و شرایط محل گرفته شود. برای خواندن روزمره، همین‌قدر کافی است که بدانیم گیج صنعتی معمولاً فشار نسبی را نشان می‌دهد.

2 گیج فشار چیست و کجا استفاده می‌شود؟

گیج فشار صنعتی نشان‌دهندهٔ محلی (Local Indication) فشار است: اپراتور یا تکنسین مقدار را همان‌جا و بدون ابزار جانبی می‌خواند. چون برق لازم ندارد، در جاهایی که ساده بودن، قابلیت اطمینان و دید مستقیم مهم است — پمپ، کمپرسور، سیستم هیدرولیک و پنوماتیک، خط لوله، مخزن، دیگ بخار و تجهیزات فرآیندی — رایج‌ترین ابزار اندازه‌گیری فشار است. در بازار فارسی با نام‌های فشارسنج صنعتی، مانومتر صنعتی، پرشر گیج صنعتی و گیج فشار عقربه‌ای نیز دیده می‌شود.



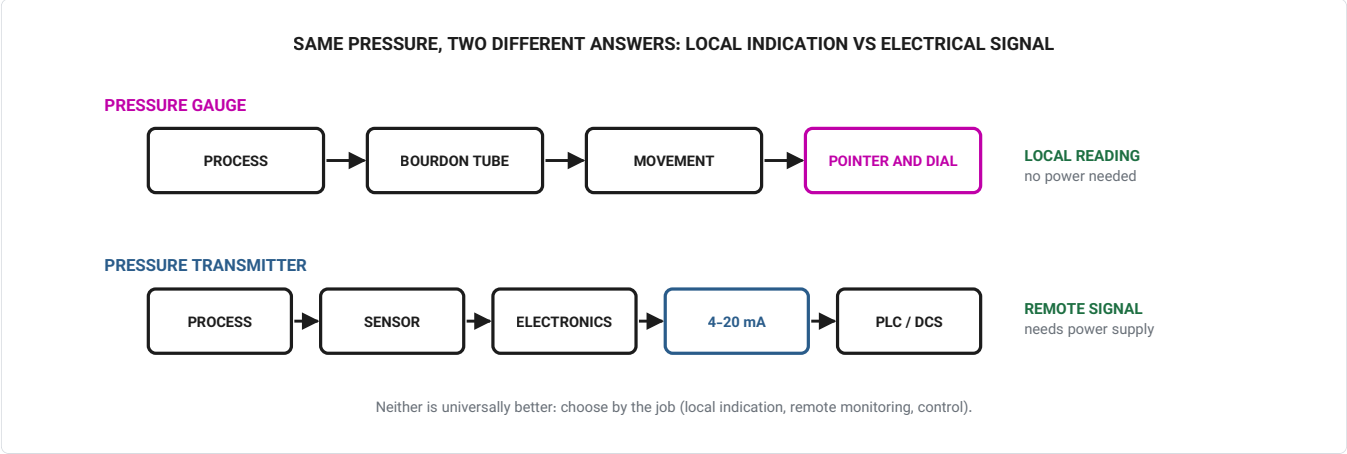
شکل ۱ — نمای روبه‌رو و کناری یک گیج فشار صنعتی با اتصال پایین؛ فشار فرآیند از ساق اتصال وارد می‌شود

جدول ۲ — کاربردهای رایج گیج فشار و آنچه گیج نشان می‌دهد

محل نصب	آنچه گیج نشان می‌دهد
پمپ	فشار مکش و خروجی (Discharge)، برای دیدن سلامت پمپ و فیلتر
کمپرسور	فشار هوای خروجی و فشار روغن، همراه نوسان ناشی از کار کمپرسور
سیستم هیدرولیک و پنوماتیک	فشار کار مدار و فشار تنظیم شیرها
خط لوله و مخزن	فشار فرآیند محلی برای راه‌اندازی، بازرسی و عیب‌یابی
دیگ بخار و تجهیزات حرارتی	فشار بخار؛ معمولاً با لوازم محافظ دما همراه است (سطح ۲)

3 گیج فشار یا ترانسمیتر فشار؟

Pressure Gauge مقدار را روی صفحه نشان می‌دهد و برق نمی‌خواهد؛ ترانسمیتر فشار (Pressure Transmitter) فشار را به سیگنال الکتریکی استاندارد مثل 4–20 mA تبدیل می‌کند تا PLC یا DCS آن را بخواند و ثبت یا کنترل کند. این دو رقیب نیستند؛ در بسیاری از نقاط پروژه کنار هم نصب می‌شوند: ترانسمیتر برای دور از دست، گیج برای تکنسین در محل.



شکل ۲ – دو مسیر برای یک فشار: نشان‌دادن محلی با گیج در برابر سیگنال الکتریکی ترانسمیتر

جدول ۳ – مقایسهٔ گیج فشار و ترانسمیتر فشار (بدون رتبه‌بندی کلی)

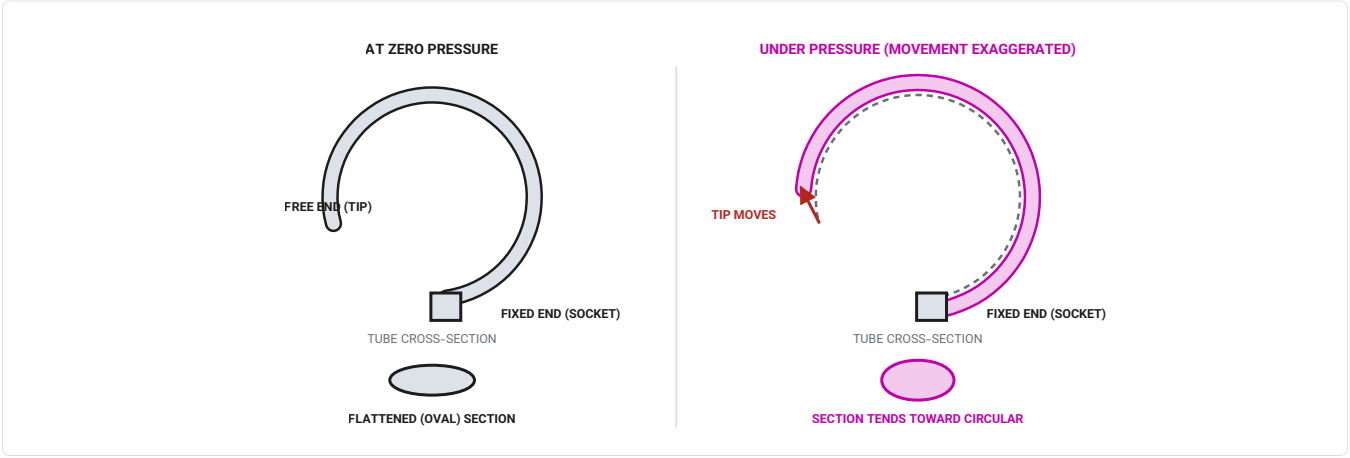
معیار	Pressure Gauge	Pressure Transmitter
نمایش	محلی، با عقربه و صفحهٔ مدرج	معمولاً از راه دور؛ نمایشگر محلی اختیاری است
خروجی	مکانیکی؛ سیگنال الکتریکی ندارد	الکتریکی، مثلاً 4–20 mA با یا بدون HART
تغذیه	لازم نیست	لازم است
اتصال به DCS / PLC	مستقیم ندارد	دارد
کاربرد نوعی	بازدید محلی، راه‌اندازی، عیب‌یابی	پایش، ثبت، کنترل و هشدار

NOTE – دو ابزار، دو نقش

انتخاب بین گیج و ترانسمیتر به نیاز بستگی دارد. اگر فقط یک مقدار محلی لازم است، گیج کافی و ساده است؛ اگر سیستم کنترل باید مقدار را بخواند، ترانسمیتر لازم است. هیچ‌کدام در همهٔ شرایط برتر نیست.

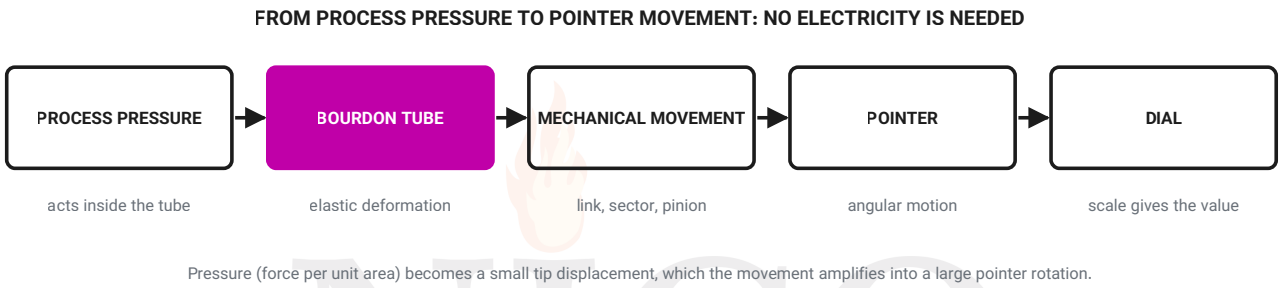
4 لوله بوردون: قلب مکانیکی گیج

در گیج بوردونی (Bourdon Tube Pressure Gauge) عنصر حس‌کننده یک لولهٔ فلزی خمیده با مقطع غیردایره‌ای (بیضی یا تخت) است. یک سر لوله ثابت و به محل اتصال فشار وصل است و سر دیگر بسته و آزاد است. وقتی فشار داخل لوله افزایش می‌یابد، مقطع تخت می‌خواهد گردتر شود؛ این تمایل لوله را اندکی باز (صاف‌تر) می‌کند و نوک آزاد را جابه‌جا می‌کند. تا وقتی تنش در محدودهٔ کشسانی (Elastic Region) بماند، لوله با کاهش فشار به شکل اول برمی‌گردد و عقربه به صفر می‌رسد.



شکل ۳ — لوله بوردون در فشار صفر و تحت فشار؛ تغییر مقطع از تخت به گردتر باعث باز شدن لوله و حرکت نوک می‌شود (حرکت اغراق‌شده)

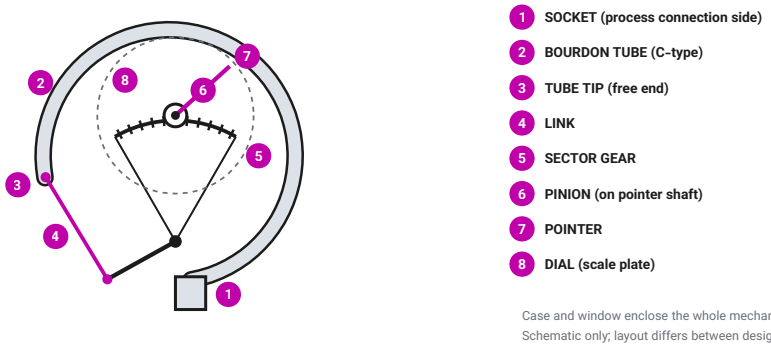
زنجیرهٔ کامل را می‌توان در یک خط خلاصه کرد: فشار فرآیند، لوله بوردون، حرکت مکانیکی، عقربه و صفحهٔ مدرج. در هیچ نقطهٔ این زنجیره برق وجود ندارد.



شکل ۴ — زنجیرهٔ اندازه‌گیری گیج فشار: فشار فرآیند تا مقدار روی صفحه، بدون نیاز به برق

5 اجزای داخلی گیج فشار بوردونی

فشار از اتصال وارد Socket می‌شود و به لوله بوردون می‌رسد. نوک لوله با یک لینک (Link) به اهرم چرخ‌دنده قطاعی (Sector Gear) وصل است. قطاع با پینیون (Pinion) روی محور عقربه درگیر است؛ مجموعهٔ لینک، قطاع و پینیون «مکانیزم» (Movement) نام دارد. عقربه (Pointer) روی محور پینیون می‌چرخد و صفحهٔ مدرج (Dial) مقدار را نشان می‌دهد. پوسته (Case) و شیشه (Window) مکانیزم را از محیط محافظت می‌کنند.



شکل ۵ — اجزای اصلی داخلی گیج بوردونی: سوکت، لوله، لینک، چرخ‌دنده قطاعی، پینیون، عقربه و صفحه (شماتیک)

جدول ۴ — وظیفهٔ هر جزء

جزء	وظیفه
Socket	اتصال فرآیند را به لوله بوردون می‌رساند و سر ثابت لوله را نگه می‌دارد
Bourdon Tube	فشار را به جابه‌جایی نوک تبدیل می‌کند
Link	جابه‌جایی نوک را به اهرم قطاع منتقل می‌کند
Sector Gear و Pinion	حرکت کوچک را به چرخش بزرگ‌تر محور عقربه تبدیل می‌کنند
Pointer و Dial	مقدار فشار را روی مقیاس نشان می‌دهند
Case و Window	حفاظت مکانیکی و محیطی؛ در برخی ساخت‌ها قطعهٔ تخلیه فشار (Blow-out) نیز دارند

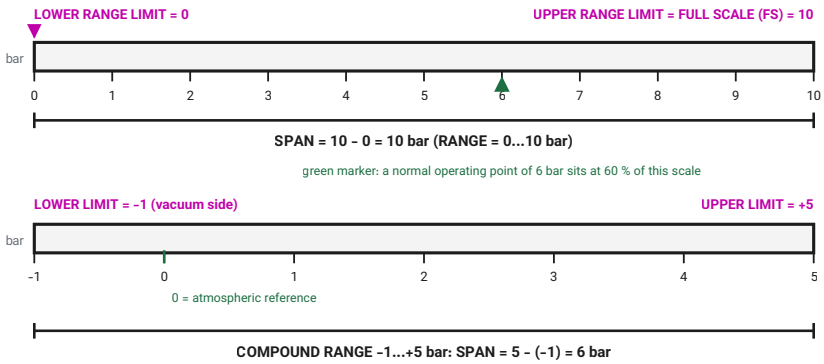
6 حرکت کوچک نوک چگونه عقربهٔ بزرگ را می‌چرخاند؟

نوک لوله بوردون در کل محدودهٔ اندازه‌گیری فقط چند دهم میلی‌متر جابه‌جا می‌شود؛ این مقدار را نمی‌توان با چشم دید. وظیفهٔ مکانیزم «بزرگ‌نمایی» است: لینک حرکت خطی نوک را به چرخش یک اهرم تبدیل می‌کند، قطاع این چرخش کوچک را به پینیون می‌دهد، و چون پینیون شعاع بسیار کوچک‌تری از قطاع دارد، هر زاویهٔ کوچک قطاع به زاویهٔ بسیار بزرگ‌تری روی عقربه تبدیل می‌شود. نتیجه یک چرخش حدود دو سوم دور (در حد ۲۷۰ درجه) برای عبور عقربه از صفر تا بالاترین عدد است.

> **NOTE — اعداد مرتبهٔ بزرگی‌اند**
>
> «چند دهم میلی‌متر» و «حدود ۲۷۰ درجه» مرتبهٔ بزرگی نوعی هستند، نه مشخصهٔ یک محصول. مقدار واقعی به قطر صفحه، رنج، شکل لوله و طراحی مکانیزم بستگی دارد.

7 رنج، اسپن و فول اسکیل

رنج (Range) فاصلهٔ بین پایین‌ترین و بالاترین مقداری است که گیج برای اندازه‌گیری طراحی شده است. پایین‌ترین مقدار را حد پایین و بالاترین مقدار را حد بالا یا Full Scale (FS) می‌گویند. اسپن (Span) تفاضل این دو حد است. در گیجی با رنج 0…10 bar، رنج برابر 0…10 bar و اسپن برابر 10 = 0 - 10 bar است. در گیج ترکیبی 5+…1- bar اسپن برابر 6 = (-1) - 5 bar است.



شکل ۶ — رنج، حد پایین، حد بالا (Full Scale) و اسپن در دو نمونه: 0…10 bar و 1-…5+ bar

COMMON MISTAKE — رنج یعنی فشار کاری نیست

گیج 0…10 bar یعنی مقیاس تا ۱۰ بار ادامه دارد، نه اینکه فرآیند باید همیشه نزدیک ۱۰ بار کار کند. فشار عادی فرآیند معمولاً با حاشیه‌ای زیر حد بالای مقیاس انتخاب می‌شود؛ قواعد عددی این انتخاب در راهنمای سطح ۲ همین مجموعه آمده است.

8 کلاس دقت (Accuracy Class)

کلاس دقت عددی است که حد خطای مجاز گیج را نسبت به اسپن (برای رنج‌هایی که از صفر شروع می‌شوند، نسبت به Full Scale) مشخص می‌کند. گیج کلاس 1.0 یعنی خطای آن در هر نقطهٔ مقیاس از یک درصد اسپن بیشتر نمی‌شود؛ این خطا مقدار ثابت در سراسر مقیاس است و درصدی از «هر قرائت» نیست. هر چه عدد کلاس کوچک‌تر باشد، گیج دقیق‌تر است. کلاس‌های رایج برای گیج‌های بوردونی مطابق EN 837-1 در مجموعهٔ 0.1، 0.25، 0.6، 1.0، 1.6، 2.5 و 4.0 قرار دارند و در کاربرد صنعتی بیشتر 1.0، 1.6 و 2.5 دیده می‌شوند؛ دسترسی به هر کلاس به قطر اسمی گیج بستگی دارد.

مثال ۱ — خطای مجاز یک گیج کلاس 1.0 با رنج 0…10 bar EXAMPLE

داده: رنج 0…10 bar، اسپن 10 bar، کلاس 1.0.

$$E_{max} = \pm (Class / 100) \times Span = \pm (1.0 / 100) \times 10\ bar = \pm 0.10\ bar$$

اگر فشار واقعی 6.00 bar باشد، عقربه می‌تواند بین 5.90 bar و 6.10 bar باشد و باز هم در حد کلاس بماند. اگر همین گیج در 1.0 bar قرار بگیرد، همچنان ±0.10 bar خطا دارد که نسبت به قرائت 10 % می‌شود.

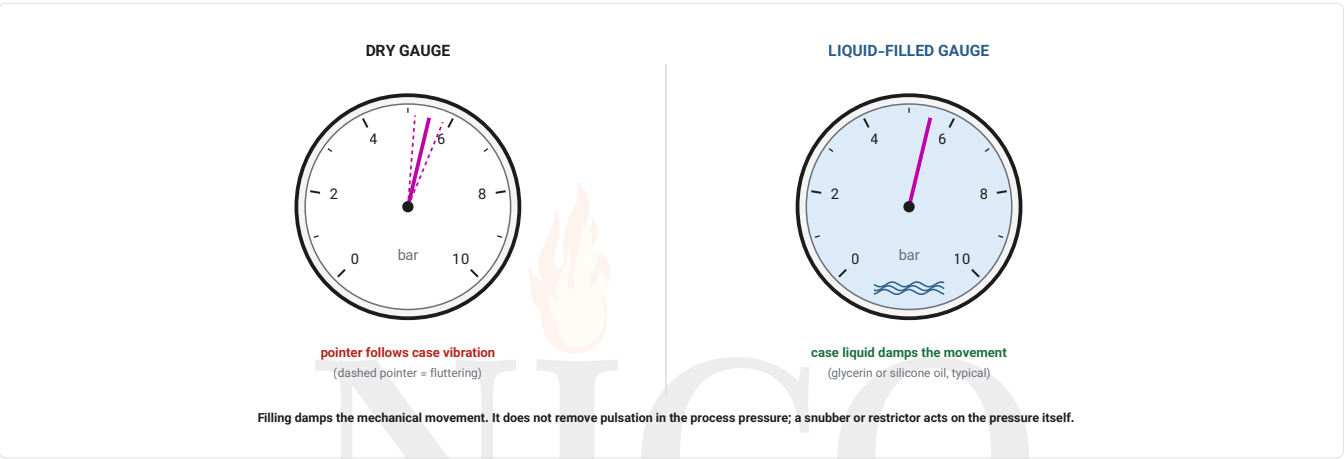
نتیجه: خطای مجاز کلاس بر پایهٔ اسپن است؛ بنابراین گیجی که در ابتدای مقیاس استفاده شود، درصد خطای نسبی بزرگ‌تری نسبت به قرائت دارد.

CAUTION – وضعیت راستی‌آزمایی تعریف

توضیح بالا مفهومی است و بر برگهٔ فنی سازندگان (برای نمونه، برگهٔ WIKA مدل PM 02.02: کلاس 1.0 برابر % 1± اسپن) استوار است. متن رسمی EN 837-1 در این سند خوانده و نقل نشده است؛ هر ادعای هنجاری باید پیش از استفادهٔ قراردادی با استاندارد معتبر تطبیق داده شود.

9 گیج خشک و گیج روغنی (Liquid-Filled Gauge)

در گیج خشک (Dry Gauge) داخل پوسته هواست و مکانیزم آزادانه حرکت می‌کند. در گیج روغنی، پوسته با مایعی مانند گلیسیرین (Glycerin) یا روغن سیلیکون (Silicone Oil) پر می‌شود. این مایع حرکت قطعات متحرک را میرا می‌کند و روغن‌کاری آن‌ها را بهتر می‌کند؛ بنابراین وقتی گیج روی یک پمپ یا موتور پر ارتعاش نصب است، عقربه آرام‌تر می‌ماند و خواندن آسان‌تر می‌شود.



شکل ۷ – گیج خشک و گیج روغنی؛ مایع پوسته حرکت مکانیزم را میرا می‌کند ولی نوسان فشار خود فرآیند را حذف نمی‌کند

IMPORTANT – پرکننده پوسته با اسنابر فرق دارد

مایع داخل پوسته حرکت مکانیکی را میرا می‌کند؛ ولی فشار نوسانی همچنان وارد لوله بوردون می‌شود. اسنابر (Snubber) یا محدودکننده (Restrictor) روی خود سیگنال فشار اثر می‌گذارد. اینکه گیج روغنی «نوسان فشار را از بین می‌برد» برداشت نادرست است.

جدول ۵ – مقایسهٔ مقدماتی گیج خشک و گیج روغنی

معیار	Dry Gauge	Liquid-Filled Gauge
ارتعاش مکانیکی	عقربه ممکن است بلرزد	عقربه معمولاً پایدارتر است
نوسان فشار فرآیند	به لوله می‌رسد	باز هم به لوله می‌رسد؛ فقط حرکت میرا می‌شود
حد دمای کار	بازهٔ دمایی عمدتاً به ساخت بستگی دارد	به نوع و گرانروی مایع پرکننده وابسته است؛ برگهٔ فنی همان مدل را ببینید
نشتی	موضوعیت ندارد	اگر پوسته یا شیشه آب‌بندی نباشد، پرکننده نشت می‌کند

به‌عنوان نمونهٔ عددی از برگهٔ یک سازنده (WIKA، PM 02.02): دمای مجاز سیال برای گیج بدون پرکننده تا 200+ °C، برای پرکنندهٔ گلیسیرین 100+...20- °C و برای روغن سیلیکون 100+...40- °C است. این اعداد خاص همان مدل‌اند و برای مدل دیگر قابل تعمیم نیستند. گلیسیرین در سرما غلیظ‌تر می‌شود و پاسخ عقربه کندتر می‌شود.

10 انواع رایج گیج فشار

گیج بوردونی رایج‌ترین نوع صنعتی است. وقتی فشار بسیار کم است یا فشار باید مستقیم روی یک غشای انعطاف‌پذیر اثر کند، از عنصرهای دیگر استفاده می‌شود. در سطح ۱ فقط تفاوت اصلی را می‌شناسیم.

جدول ۶ — انواع رایج گیج فشار در یک نگاه

نوع	عنصر حس‌کننده و کاربرد نوعی
گیج بوردونی (Bourdon Tube Gauge)	لولهٔ خمیده؛ فشارهای متوسط تا بالا؛ پرکاربردترین نوع صنعتی
گیج دیافراگمی (Diaphragm Gauge)	غشای مسطح یا موج‌دار؛ فشارهای پایین و سیالات خاص
گیج کپسولی (Capsule Gauge)	کپسول از دو غشای جوش‌خورده؛ فشارهای بسیار پایین و گازها
گیج دیجیتال (Digital Pressure Gauge)	حسگر الکترونیکی و نمایشگر؛ نیازمند باتری یا تغذیه؛ ثبت و بیشینه‌یاب در برخی مدل‌ها

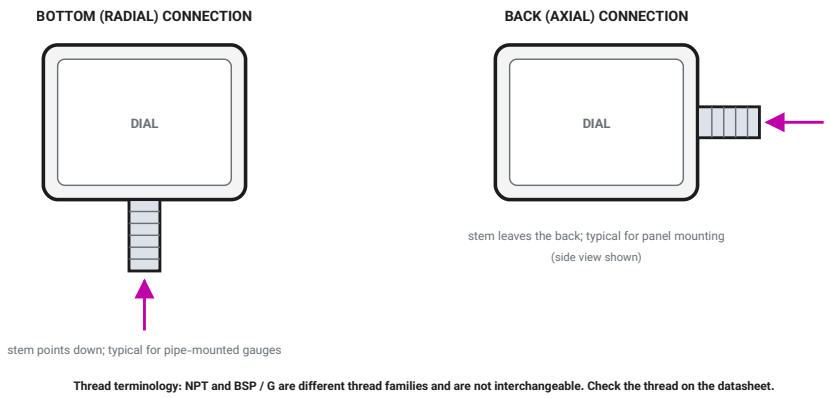
NOTE — استاندارد گیج‌های دیافراگمی و کپسولی

گیج‌های دیافراگمی و کپسولی در بخش سوم سری EN 837 (EN 837-3) پوشش داده می‌شوند. دامنهٔ دقیق آن (از جمله اندازه‌ها و رنج بالا) از صفحهٔ ناشر نقل نمی‌شود و باید از متن استاندارد خوانده شود.

شرکت نیکان صنعت خاورمیانه

11 اتصال فرآیندی (Process Connection)

محل خروج فشار از گیج «اتصال فرآیندی» نام دارد. در اتصال پایین (Bottom Connection یا اتصال شعاعی) ساق گیج به سمت پایین است و بیشتر برای نصب مستقیم روی لوله استفاده می‌شود. در اتصال پشت (Back Connection یا اتصال محوری) ساق از پشت پوسته بیرون می‌آید و برای نصب روی تابلو یا پنل رایج است. قطر و مشخصات رزوه باید با نقطهٔ نصب یکی باشد.



شکل ۸ — اتصال پایین (شعاعی) و اتصال پشت (محوری) در گیج فشار؛ رزوه‌ها بر پایهٔ NPT یا G / BSP تعریف می‌شوند

دو خانوادهٔ رزوهٔ پرکاربرد NPT (رزوهٔ مخروطی استاندارد آمریکایی) و G / BSP (رزوهٔ استاندارد بریتانیایی و اروپایی) هستند. این دو با هم قابل جایگزینی نیستند و نباید با زور به هم بسته شوند؛ تأیید نوع رزوه و اندازه از برگهٔ فنی هر دو طرف ضروری است. برای نمونه، برگهٔ یک سازنده برای یک مدل، چند اندازه رزوهٔ G و NPT را جداگانه فهرست می‌کند.

12 قطر صفحه (Dial Size)

قطر اسمی صفحه — مثلاً 63 mm، 100 mm یا 160 mm — تعیین می‌کند خواندن عدد از چه فاصله‌ای آسان است، مقیاس چقدر جزئیات دارد و چقدر فضای نصب لازم است. قطر بزرگ‌تر یعنی خوانایی بهتر؛ اصل اندازه‌گیری فرق نمی‌کند. این‌که صفحهٔ بزرگ‌تر لزوماً «دقیق‌تر» باشد درست نیست: کلاس دقت جداگانه تعریف می‌شود و گاهی گیج‌های بزرگ‌تر به‌دلیل مکانیزم بهتر کلاس بهتری ارائه می‌کنند، ولی این یک رابطهٔ مستقیم نیست.

13 جنس پوسته و جنس قطعات تماس با فرآیند

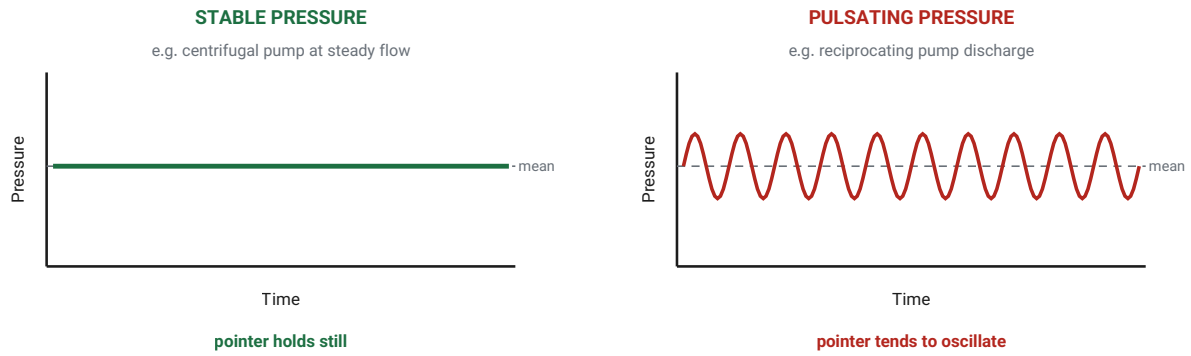
دو مفهوم جدا را باید از هم جدا کرد. جنس پوسته (Case Material) بدنهٔ بیرونی و حلقه را می‌سازد و بر مقاومت در برابر محیط (باران، گردوغبار، خوردگی هوای محل) اثر دارد. جنس قطعات تماس با سیال (Wetted Parts) شامل اتصال و لوله بوردون است و باید با خود فرآیند سازگار باشد. در گیج‌های اقتصادی، قطعات تماس با سیال معمولاً از آلیاژ مس (Brass ،Copper Alloy) و در گیج‌های مقاوم‌تر از فولاد زنگ‌نزن (SS316، SS316L) ساخته می‌شود؛ انتخاب دقیق بر پایهٔ سیال، فشار و دما در سطح ۲ بررسی می‌شود.

ENGINEERING TIP — «گیج فشار استیل» را دقیق بخوانید

عبارت «گیج فشار استیل» ممکن است فقط پوسته و حلقه از استیل باشد، یا فقط قطعات تماس با سیال، یا هر دو (گیج تمام استیل). این سه حالت از نظر کاربرد و قیمت فرق دارند؛ در استعلام و سفارش باید جنس پوسته و جنس قطعات تماس با سیال جداگانه نوشته شود.

14 ضربان فشار (Pulsation)

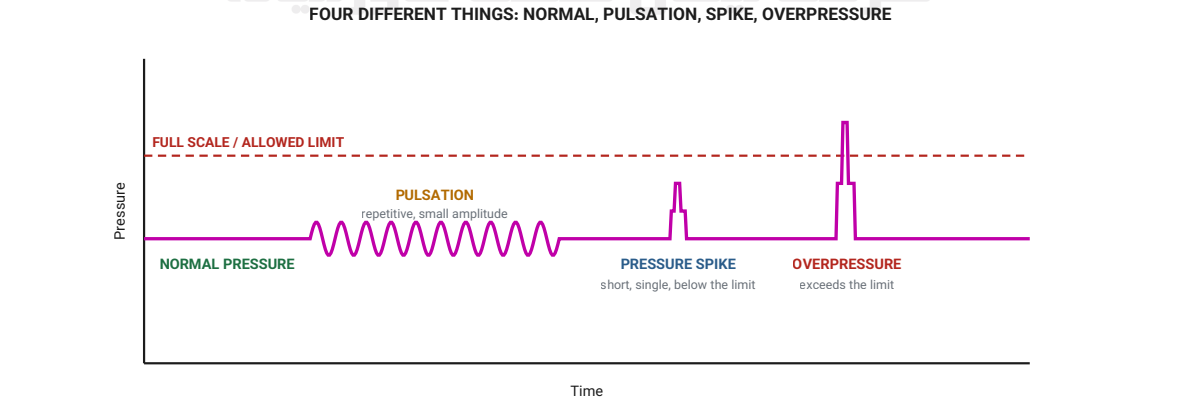
فشار همیشه ساکن نیست. در خروجی پمپ پیستونی یا دیافراگمی، هر ضربه فشار را بالا و پایین می‌برد؛ این نوسان تکرارشونده و با دامنهٔ کوچک‌تر از فشار کاری را ضربان فشار (Pulsation) می‌نامند. در نمودار زمان، فشار پایدار یک خط تقریباً افقی است و فشار ضربانی موجی است که دور مقدار میانگین نوسان می‌کند. عقربهٔ گیج در برابر ضربان مدام حرکت می‌کند و خواندن مقدار سخت می‌شود.



شکل ۹ — فشار پایدار در برابر فشار ضربانی در خروجی پمپ؛ در حالت ضربانی عقربه تمایل به نوسان دارد

15 ضربهٔ فشار (Pressure Spike) و اضافه‌فشار (Overpressure)

این چهار مفهوم به‌اشتباه یکی گرفته می‌شوند، ولی هر کدام معنای متفاوتی دارند و راه‌حل متفاوتی می‌خواهند. فشار عادی مقدار پایدار کار است. Pulsation نوسان تکراری و کم‌دامنه است. Pressure Spike جهش کوتاه و گذرا (مثلاً ناشی از بسته‌شدن ناگهانی شیر) است. Overpressure وقتی رخ می‌دهد که فشار از حد مجاز گیج بالاتر برود؛ این می‌تواند ناشی از یک ضربه یا از فشار پایدار بیش از حد باشد.



شکل ۱۰ — فشار عادی، ضربان، ضربه و اضافه‌فشار روی یک نمودار زمان؛ ضربه تا زمانی که از حد مجاز نگذرد اضافه‌فشار نیست

جدول ۷ — تفاوت چهار حالت فشار

حالت	ویژگی	اثر نوعی روی گیج
فشار عادی	مقدار پایدار کار	خواندن آسان
Pulsation	نوسان تکراری و کم‌دامنه	لرزش عقربه، خستگی تدریجی لوله
Pressure Spike	جهش کوتاه و گذرا	اغلب دیده نمی‌شود؛ می‌تواند آسیب‌زا باشد
Overpressure	فشار بالاتر از حد مجاز	تغییر شکل دائمی لوله، جابه‌جایی صفر

16 چرا عقربه می‌لرزد؟

لرزش عقربه یک علامت است، نه یک عیب مشخص. در سطح ۱ سه منبع اصلی را باید شناخت و به‌ترتیب بررسی کرد.

جدول ۸ — منابع اصلی لرزش عقربه و اولین بررسی

منبع	توضیح	اولین بررسی
ضربان فشار (Pressure Pulsation)	نوسان در خود سیال، مثلاً پمپ پیستونی	آیا نوسان با ریتم پمپ هماهنگ است؟
ارتعاش مکانیکی (Mechanical Vibration)	لرزش پایه یا لوله که به پوسته و مکانیزم منتقل می‌شود	آیا حتی با فشار ثابت عقربه می‌لرزد؟
اغتشاش جریان	تلاطم و تغییر ناگهانی سرعت نزدیک نقطهٔ نصب	آیا نقطهٔ نصب بعد از زانو، شیر یا پمپ است؟

شرکت نیکان صنعت خاورمیانه

17 سه مثال ساده

مثال الف — گیج روی خروجی پمپ EXAMPLE

آنچه می‌بینید: گیج 0…10 bar روی خروجی یک پمپ سانتریفیوژ عدد حدود 6 bar نشان می‌دهد و عقربه تقریباً ثابت است.

> **گیج فشار خروجی پمپ را در همان نقطه اندازه می‌گیرد. اگر عقربه بپرد، ابتدا ضربان یا ارتعاش پمپ را بررسی کنید؛ عدد گیج بر پایهٔ همان اسپن 10 bar قابل خواندن است.**

مثال ب — خط هوای فشرده EXAMPLE

آنچه می‌بینید: گیج 0…16 bar روی خط هوای فشرده 7 bar نشان می‌دهد و با هر بار روشن‌شدن کمپرسور کمی بالا و پایین می‌رود.

> **گیج فشار نسبی هوای خط را نشان می‌دهد؛ نوسان کم مربوط به سیکل کمپرسور و مصرف است و معمولاً عیب نیست.**

مثال پ – مدار هیدرولیک EXAMPLE

آنچه می‌بینید: گیج روی مدار هیدرولیک با هر حرکت جک ناگهان بالا می‌رود و برمی‌گردد.

> **گیج فشار لحظه‌ای مدار را می‌خواند؛ جهش‌های کوتاه ممکن است ضربه‌فشار باشند و برای محافظت از گیج به راه‌حل مناسب (اسنابر) نیاز دارد که در سطح ۲ بررسی می‌شود.**

18 تصورات غلط رایج

این شش تصور در گفت‌وگوهای خرید و نگهداری بیش از بقیه شنیده می‌شود؛ هر کدام با یک توضیح کوتاه اصلاح شده است.

تصور غلط	واقعیت
× مانومتر و Pressure Transmitter یکی هستند.	✓ گیج مقدار را مکانیکی و محلی نشان می‌دهد؛ ترانسمیتر سیگنال الکتریکی می‌دهد.
× گیج 0…10 bar باید همیشه نزدیک 10 bar کار کند.	✓ 10 bar حد بالای مقیاس است؛ فشار کاری معمولاً با حاشیه زیر آن می‌ماند.
× گیج روغنی در هر شرایطی فشار را دقیق‌تر می‌کند.	✓ پرکننده فقط لرزش مکانیکی را میرا می‌کند؛ دقت (کلاس) تغییر نمی‌کند.
× Pressure Spike و Pulsation یک پدیده‌اند.	✓ ضربان تکراری و کم‌دامنه است؛ ضربه کوتاه و گذراست و راه‌حل‌شان فرق دارد.
× Accuracy Class یعنی درصدی از هر قرائت.	✓ در گیج بوردونی عدد کلاس درصدی از اسپن است، نه از قرائت.
× قطر بزرگ‌تر صفحه لزوماً یعنی سنسور دقیق‌تر.	✓ قطر خوانایی را بهتر می‌کند؛ دقت را کلاس تعیین می‌کند.

COMMON MISTAKE – خرید فقط بر پایهٔ رنج و قطر

سفارش گیج فقط با «رنج و قطر صفحه» کافی نیست. سیال، دما، ضربان، نوع اتصال و جنس تماس با فرآیند باید در استعلام نوشته شود؛ در غیر این صورت گیجی با مشخصات ظاهراً درست ولی نامناسب برای سرویس تحویل می‌شود.

جمع‌بندی نکات کلیدی

- گیج فشار بدون برق کار می‌کند: فشار، لوله بوردون را کمی باز می‌کند و مکانیزم همین جابه‌جایی را به چرخش عقربه تبدیل می‌کند.
- گیج مقدار محلی نشان می‌دهد؛ ترانسمیتر سیگنال الکتریکی تولید می‌کند و هر دو در پروژه کاربرد دارند.
- Range همان بازهٔ مقیاس است؛ Span اختلاف حدهاست؛ فشار کاری لزوماً برابر حد بالا نیست.
- کلاس دقت در گیج بوردونی بر پایهٔ اسپن است و در همهٔ مقیاس مقدار ثابت خطای مجاز می‌دهد.
- گیج روغنی لرزش مکانیکی را میرا می‌کند ولی ضربان فشار فرآیند را برطرف نمی‌کند.
- ضربان، ضربه و اضافه‌فشار سه مفهوم متفاوت‌اند و باید جدا بررسی شوند.
- جنس پوسته و جنس قطعات تماس با فرآیند دو موضوع جدا هستند.

19 پرسش‌های متداول

گیج فشار چیست؟

گیج فشار (Pressure Gauge) ابزاری مکانیکی برای نشان دادن محلی فشار سیال است. در نوع بوردونی، فشار لوله‌ای خمیده را کمی باز می‌کند و مکانیزم داخلی این حرکت را به چرخش عقربه تبدیل می‌کند؛ نیازی به برق ندارد.

مانومتر چیست؟

در گفتار صنعتی ایران «مانومتر» معمولاً همان گیج فشار عقربه‌ای است. در اصطلاح فنی، مانومتر در اصل ابزار ستون مایع (مثل لولهٔ U) است؛ پس در اسناد فنی بهتر است از Pressure Gauge یا گیج فشار استفاده شود.

پرشر گیج چگونه کار می‌کند؟

فشار وارد لوله بوردون می‌شود، لوله را کمی صاف می‌کند و نوک آن جابه‌جا می‌شود. لینک، چرخ‌دنده قطاعی و پینیون این جابه‌جایی را بزرگ می‌کنند و عقربه روی صفحهٔ مدرج می‌چرخد.

Bourdon Tube چیست؟

لوله‌ای فلزی و خمیده با مقطع بیضی یا تخت که یک سرش ثابت و سر دیگرش بسته و آزاد است. افزایش فشار داخلی باعث باز شدن لوله و حرکت نوک آزاد می‌شود.

فرق گیج فشار خشک و روغنی چیست؟

گیج خشک پوستهٔ هوایی دارد؛ گیج روغنی با گلیسیرین یا روغن سیلیکون پر شده است. پرکننده لرزش مکانیزم را کم می‌کند و عقربه را آرام‌تر نگه می‌دارد، ولی ضربان خود فشار را از بین نمی‌برد.

گیج فشار روغنی چه کاربردی دارد؟

برای جاهایی که ارتعاش مکانیکی دارند، مثل نزدیک پمپ، کمپرسور، موتور و تجهیزات متحرک. در این شرایط عقربه پایدارتر می‌ماند و روغن‌کاری قطعات هم بهتر می‌شود. حد دمای کار به مایع پرکننده بستگی دارد.

رنج گیج فشار چیست؟

رنج بازهٔ مقیاس گیج است؛ برای مثال 0…10 bar. اسپن اختلاف حد بالا و حد پایین است. فشار کاری باید با حاشیه‌ای زیر حد بالای مقیاس انتخاب شود.

Accuracy Class گیج فشار چیست؟

عددی که حداکثر خطای مجاز را نسبت به اسپن تعیین می‌کند. در گیج کلاس 1.0 با رنج 0…10 bar حد خطا ±0.10 bar در سراسر مقیاس است. کلاس کوچک‌تر یعنی دقت بالاتر.

فرق Pressure Gauge و Pressure Transmitter چیست؟

گیج فشار را مکانیکی و محلی نشان می‌دهد و برق نمی‌خواهد؛ ترانسمیتر فشار را به سیگنال الکتریکی مثل 4–20 mA تبدیل می‌کند تا PLC یا DCS بخواند. هر دو کاربرد خود را دارند.

چرا عقربهٔ گیج فشار می‌لرزد؟

سه علت رایج‌اند: ضربان فشار سیال (مثلاً پمپ پیستونی)، ارتعاش مکانیکی پایه یا لوله، و اغتشاش جریان. اگر با فشار ثابت هم می‌لرزد، ارتعاش مکانیکی محتمل‌تر است.

گیج فشار استیل چه کاربردی دارد؟

عبارت «استیل» ممکن است پوسته، قطعات تماس با سیال یا هر دو را شامل شود. استیل در محیط‌ها یا سیال‌های خورنده و شرایط سخت‌تر استفاده می‌شود؛ انتخاب نهایی به سیال، دما و فشار بستگی دارد و در سطح ۲ بررسی می‌شود.

فشارسنج صنعتی چگونه انتخاب می‌شود؟

با داده‌های فرآیند: فشار عادی و حداکثر، ضربان یا ضربه، سیال، دما، دقت لازم، قطر صفحه، نوع اتصال و جنس. قواعد عددی رنج، لوازم جانبی و نصب در راهنمای سطح ۲ آمده است.

20 استانداردها و منابع

1. EN 837-1 — Pressure gauges — Part 1: Bourdon tube pressure gauges — Dimensions, metrology, requirements and testing

ویرایش ۱۹۹۶؛ شناسهٔ استاندارد راستی‌آزمایی شده؛ متن آن در این سند نقل نشده است. کلاس‌های دقت از منابع ثانویه (برگهٔ سازندگان) آمده‌اند.

2. EN 837-2 — Pressure gauges — Part 2: Selection and installation recommendations for pressure gauges

ویرایش ۱۹۹۷؛ مبنای توصیه‌های انتخاب و نصب؛ قواعد عددی در سطح ۲ با ذکر منبع آمده‌اند.

3. EN 837-3 — Pressure gauges — Diaphragm and capsule pressure gauges — Dimensions, metrology, requirements and testing

عنوان از فهرست BSI تأیید شد؛ دامنهٔ دقیق از متن استاندارد باید خوانده شود.

4. ASME B40.100 — Pressure Gauges and Gauge Attachments (ویرایش ۲۰۲۲)

استاندارد آمریکایی برای گیج‌های عقربه‌ای و لوازم جانبی؛ متن آن خوانده نشده است.

5. WIKA data sheet PM 02.02 — Bourdon tube pressure gauge, stainless steel

نمونهٔ برگهٔ سازنده؛ اعداد پرکننده و دما فقط برای همان مدل معتبرند.

این راهنما سند سطح ۱ است و عمداً وارد قواعد دقیق انتخاب رنج، محاسبهٔ استاندارد EN 837، تنش لوله بوردون، خستگی، چرخهٔ فشار، بودجهٔ عدم‌قطعیت و مدل‌سازی دینامیکی نمی‌شود؛ این موضوعات در راهنماهای سطح ۲ و ۳ همین مجموعه بررسی می‌شوند. اعداد مثال‌ها آموزشی‌اند.

منابع مرتبط NICO

گام بعدی

- راهنمای مهندسی انتخاب، سایزینگ و نصب گیج فشار صنعتی — NICO-EDU-PRS-L2-007-FA
- مهندسی پیشرفتهٔ گیج فشار: خستگی و عدم‌قطعیت — NICO-EDU-PRS-L3-008-FA
- انتخاب رنج مناسب گیج فشار — NICO-EDU-PRS-L2-001-FA
- ترانسمیتر فشار و اختلاف فشار چگونه کار می‌کنند؟ — NICO-EDU-PRS-L1-003-FA

تجهیزات مرتبط NICO

- گیج‌های فشار سری PGN — خانوادهٔ PGN10 تا PGN15 و PGNS10
- اسنابر — ACC50
- دیافراگم سیل — DST40

مشخصات، رنج، کلاس دقت، جنس و تأییدیه‌های هر مدل باید از برگهٔ فنی رسمی NICO گرفته شود؛ هیچ مشخصهٔ محصولی در این راهنما ادعا نشده است.

NICO
شرکت نیکان صنعت خاورمیانه