



سیستم مدیریت ایزو  
www.isomanagement.ir

تماس تلفنی جهت دریافت مشاوره:

۱. مشاور دفتر تهران (آقای محسن ممیز)

☎ ۰۹۱۲ ۹۶۳ ۹۳۳۶

۲. مشاور دفتر اصفهان (سرکار خانم لیلا ممیز)

☎ ۰۹۱۳ ۳۲۲ ۸۲۵۹

مجموعه سیستم مدیریت ایزو با هدف بهبود مستمر عملکرد خود و افزایش رضایت مشتریان سعی بر آن داشته، کلیه استانداردهای ملی و بین المللی را در فضای مجازی نشر داده و اطلاع رسانی کند، که تمام مردم ایران از حقوق اولیه شهروندی خود آگاهی لازم را کسب نمایند و از طرف دیگر کلیه مراکز و کارخانه جات بتوانند به راحتی به استانداردهای مورد نیاز دسترسی داشته باشند.

این موسسه اعلام می دارد در کلیه گرایشهای سیستم های بین المللی ISO پیشگام بوده و کلیه مشاوره های ایزو به صورت رایگان و صدور گواهینامه ها تحت اعتبارات بین المللی سازمان جهانی IAF و تامین صلاحیت ایران می باشد.

هم اکنون سیستم خود را با معیارهای جهانی سازگار کنید...





جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران  
۱۵۴۵۸  
چاپ اول  
۱۳۹۷

INSO  
15458  
1st Edition  
2018

Identical with  
ISO 19685: 2017

فناوری خلأ – خلأسنجها –  
ویژگیها، کالیبراسیون و  
عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری برای  
فشارسنج‌های پیرانی

Vacuum technology — Vacuum gauges —  
Specifications, calibration and  
measurement uncertainties for  
Pirani gauges

ICS: 23.160

استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۴۵۸ (چاپ اول): سال ۱۳۹۷

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@isiri.gov.ir](mailto:standard@isiri.gov.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: [standard@isiri.gov.ir](mailto:standard@isiri.gov.ir)

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

- 
- 1- International Organization for Standardization
  - 2- International Electrotechnical Commission
  - 3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
  - 4- Contact point
  - 5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری خلأ - خلأسنج‌ها - ویژگی‌ها، کالیبراسیون و عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری برای

فشارسنج‌های پیرانی»

رئیس:

سمت و/یا محل اشتغال:

هاشم اف، امیرحسین  
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

سازمان انرژی اتمی ایران

دبیر:

آریافر، مهدی  
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - کنترل)

سازمان انرژی اتمی ایران

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آذری، سیاوش  
(کارشناسی فیزیک)

سازمان ملی استاندارد ایران - مرکز اندازه‌شناسی اوزان و مقیاس‌ها

بابا محمدی، میثم  
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک)

شرکت یارنیکان صالح

حمزه، کوروس  
(کارشناسی ارشد مهندسی الکترونیک)

انجمن خلأ ایران

حسینی غیاثوند، حشمت الله  
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - کنترل)

کمیته فنی متناظر INSO/OIML TC3

خواجه‌زاده، علی  
(کارشناسی ارشد شیمی)

سازمان انرژی اتمی ایران

رشیدی، عباس  
(دکترای مهندسی شیمی)

دانشگاه مازندران

سمیع‌پور، فرهاد  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی

شجاعی، مصطفی  
(کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک)

سازمان انرژی اتمی ایران

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

عربلو، رضا

(کارشناسی فیزیک اتمی)

قزل سفلو، هادی

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

مهیار، احمدرضا

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

میرزائی پوئینک، محمد

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

نصیری، علی

(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

ویراستار:

پاغنده، معصومه

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

سمت و/یا محل اشتغال:

پژوهشکده سیستم های پیشرفته صنعتی

سازمان انرژی اتمی ایران

سازمان انرژی اتمی ایران

سازمان انرژی اتمی ایران

سازمان انرژی اتمی ایران - پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

کارشناس استاندارد

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۱-۳ تعاریف اجزاء
۳	۲-۳ تعاریف پارامترهای فیزیکی
۵	۴ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها
۶	۵ اصول کار فشارسنج پیرانی
۷	۶ ویژگی‌های فشارسنج پیرانی
۷	۱-۶ عمومی
۷	۲-۶ اصول اندازه‌گیری
۷	۳-۶ نوع خروجی
۷	۴-۶ گستره خروجی و تفکیک‌پذیری صفحه نمایش خروجی
۷	۵-۶ گستره اندازه‌گیری و حد بالای اندازه‌گیری
۷	۶-۶ عدم قطعیت اندازه‌گیری مورد انتظار
۸	۷-۶ مواد در معرض گاز
۸	۸-۶ فلنج اتصال
۸	۹-۶ رابط و اتصالات پینی
۸	۱۰-۶ زمان گرم شدن
۸	۱۱-۶ سازگاری بین تیوب فشارسنج و کنترل‌کننده
۸	۱۲-۶ شرایط عملیاتی (محیطی) عادی
۹	۱۳-۶ منبع تغذیه الکتریکی
۹	۱۴-۶ طول کابل
۹	۱۵-۶ بیشینه دمای پخت
۹	۱۶-۶ ابعاد حسگر فشارسنج و کنترل‌کننده
۹	۱۷-۶ راستای نصب
۹	۷ ویژگی‌های بیشتر (اختیاری) برای فشارسنج پیرانی
۹	۱-۷ ناپایداری بلندمدت

صفحه	عنوان
۱۰	۲-۷ ضریب حساسیت نسبی
۱۰	۳-۷ پسماند
۱۰	۴-۷ زمان پاسخ
۱۰	۵-۷ سابقه بازرسی و گواهینامه کالیبراسیون
۱۰	۶-۷ پیکربندی
۱۰	۷-۷ وزن
۱۰	۸-۷ شرایط حمل و نقل و انبارش
۱۰	۹-۷ عکس‌ها
۱۱	۱۰-۷ بیشینه توان مصرفی
۱۱	۱۱-۷ نقطه تنظیم فشار
۱۱	۸ کالیبراسیون و سایر روش‌های اجرایی اندازه‌گیری
۱۱	۱-۸ عمومی
۱۱	۲-۸ شرایط کالیبراسیون
۱۲	۳-۸ مونتاژ و تنظیمات تجهیز تحت کالیبراسیون
۱۳	۴-۸ کالیبراسیون
۱۳	۵-۸ عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری در هنگام کالیبراسیون
۱۴	۶-۸ گواهینامه کالیبراسیون
۱۴	۷-۸ روش اجرایی اندازه‌گیری پسماند
۱۵	۸-۸ روش اجرایی اندازه‌گیری زمان پاسخ
۱۵	۹ عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری در کاربرد
۱۷	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) فشارسنج پیرانی نوعی
۱۸	کتابنامه



## پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری خلأ- خلأسنج‌ها - ویژگی‌ها، کالیبراسیون و عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری برای فشارسنج‌های پیرانی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در سیصد و شصت و یکمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌های مورخ ۱۳۹۷/۰۴/۲۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 19685: 2017, Vacuum technology — Vacuum gauges — Specifications, calibration and measurement uncertainties for Pirani gauges

## مقدمه

استانداردهای ISO 27893 و ISO 3567 جزء استانداردهای پایه بوده و مختص نوع خاصی از خلأسنج‌ها نمی‌باشند و کاربرد عمومی دارند.

این استاندارد، مکمل استانداردهای ISO 27893 و ISO 3567 هنگام مشخصه‌نویسی یا کالیبراسیون فشارسنج‌های پیرانی یا استفاده از آن‌ها به عنوان فشارسنج‌های مرجع است.

فشارسنج‌های پیرانی به‌طور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری فشار در خلأ متوسط تا فشار اتمسفری استفاده می‌شوند. در این استاندارد پارامترهای مربوطه، روش اجرایی کالیبراسیون و عدم قطعیت‌ها برای انتشار مقیاس فشار و اندازه‌گیری فشارهای خلأ کم و متوسط با فشارسنج پیرانی تشریح می‌شوند.

## فناوری خلأ- خلأسنج‌ها- ویژگی‌ها، کالیبراسیون و عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری برای فشارسنج‌های پیرانی

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین پارامترهای فشارسنج‌های پیرانی و روش اجرایی کالیبراسیون آن‌ها می‌باشد. این استاندارد عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری را که در هنگام استفاده از این فشارسنج‌ها در نظر گرفته می‌شوند، تشریح می‌کند.

این استاندارد برای خلأسنج‌های پیرانی در گستره فشار ۰٫۰۱ Pa تا ۱۵۰ kPa کاربرد دارد.

این استاندارد مکمل استانداردهای ISO 3567 و ISO 27893 هنگام کالیبراسیون فشارسنج‌های پیرانی و استفاده از آن‌ها به عنوان استاندارد مرجع می‌باشد.

همچنین، این استاندارد روش‌های اجرایی را برای مشخص کردن زمان پاسخ و پسماند فشارسنج‌های پیرانی تعیین می‌کند.

### ۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

#### 2-1 ISO 3567, Vacuum gauges — Calibration by direct comparison with a reference gauge

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۴۳۵: سال ۱۳۹۳، خلأسنج‌ها - کالیبراسیون بوسیله مقایسه مستقیم با خلأسنج مرجع، با استفاده از استاندارد ISO 3567: 2011 تدوین شده است.

#### 2-2 ISO 27893, Vacuum technology — Vacuum gauges — Evaluation of the uncertainties of results of calibrations by direct comparison with a reference gauge

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۴۰۳: سال ۱۳۹۵، فناوری خلأ - خلأسنج‌ها- ارزیابی عدم قطعیت‌های ناشی از کالیبراسیون از طریق مقایسه مستقیم با خلأسنج مرجع، با استفاده از استاندارد ISO 27893: 2011 تدوین شده است.

## 2-3 ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۲۵: سال ۱۳۸۶، الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون، با استفاده از استاندارد ISO/IEC 17025: 2005 تدوین شده است.

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

#### ۳-۱ تعاریف اجزاء

۳-۱-۱

#### خلأسنج رسانایی گرمایی

##### thermal conductivity gauge

خلأسنجی که در آن، فشار با توجه به انتقال انرژی گرمایی بین سطوح دو جزء ثابت که در دماهای متفاوتی نگهداری می‌شوند، مشخص می‌شود.

یادآوری - این خلأسنج بر اساس رسانایی گرمایی وابسته به فشار گاز، عمل می‌کند.

[منبع: برگرفته از زیربند 2.4.2.2 استاندارد ISO 3529-3: 2014 - تغییرات: مثال حذف شده است]

۳-۱-۲

#### فشارسنج پیرانی

##### Pirani gauge

فشارسنج رسانایی گرمایی که در آن المان گرم‌شده (فیلمان) بخشی از یک «پل وتستون»<sup>۱</sup> است که انرژی را برای این جزء تأمین می‌کند و به وسیله آن، مقاومت الکتریکی یا توان تلف‌شده این جزء اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری ۱- در برخی از فشارسنج‌های پیرانی حد بالای گستره اندازه‌گیری با استفاده از همرفت گرمایی در داخل تیوب، توسعه یافته است. معمولاً این نوع فشارسنج، فشارسنج پیرانی بهبود یافته با همرفت<sup>۲</sup> نامیده می‌شوند.

یادآوری ۲- به پیوست الف مراجعه شود.

[منبع: برگرفته از زیربند 2.4.2.2 استاندارد ISO 3529-3: 2014 - تغییرات: یادآوری ۱ جایگزین شده

است]

1- Wheatstone bridge

2- Convention-enhanced Pirani gauge

### ۲-۳ تعاریف پارامترهای فیزیکی

۱-۲-۳

#### حجم داخلی

#### internal volume

حجمی از فشارسنج که در معرض خلأ قرار دارد، تا جایی که روی فلنج اتصال وصل شده است.

۲-۲-۳

#### ضریب تطابق گرمایی

#### thermal accommodation coefficient

نسبت دمای مطلق مولکول پس از برخورد با المان گرم‌شده به دمای مطلق المان گرم‌شده در فشارسنج پیرانی است.

۳-۲-۳

#### ناپایداری بلند مدت

#### long-term instability

کمیت مشخص کننده تغییر معمول خطای اندازه‌گیری نسبی  $e = \frac{\Delta p}{p} = \frac{P_{UUC}-P}{P}$  در طول زمان، به طوری که دوره زمانی مشخص باشد.

**یادآوری-** خطاهای اندازه‌گیری به‌منظور تعیین ناپایداری بلند مدت این نوع فشارسنج به‌وسیله نیتروژن در فشار  $p = (10 \pm 1) \text{ Pa}$  در یک دوره زمانی مشخص شده گرفته می‌شود. کمیت  $\delta_t$  باید یک کمیت نسبی باشد و ممکن است به‌وسیله دو روش زیر تعیین شود:

**الف-** به‌صورت انحراف معیار نسبی خطای اندازه‌گیری  $e_i$  به‌دست آمده از حداقل سه کالیبراسیون که هر کدام در دوره زمانی مشخص و مجزایی هستند:

$$\delta_t = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}$$

که در آن:

$n$  تعداد کالیبراسیون‌های  $i$  است، و

$$\bar{e} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i$$

ب- به صورت میانگین قدر مطلق (غیر منفی) تغییرات خطای اندازه‌گیری  $\Delta p_i$  بین کالیبراسیون‌های مجدد در دوره زمانی مشخص و مجزا:

$$\delta_t = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |e_{i+1} - e_i|}{n - 1}$$

که در آن:

$n$  مانند توضیح بالا است.

**یادآوری ۲-** فرمول ردیف الف برای هنگامی که خطای اندازه‌گیری یک رانش<sup>۱</sup> قابل ملاحظه را نشان نداده بلکه به صورت تغییرات تصادفی است، و فرمول ردیف ب برای هنگامی که خطای اندازه‌گیری یک رانش سیستماتیک و یکنواخت را نشان می‌دهد، توصیه می‌شود.

**یادآوری ۳-** اگر سیگنال خروجی فشارسنج، فشار نباشد (به عنوان مثال ولتاژ یا جریان) این سیگنال باید قبل از این که خطای اندازه‌گیری محاسبه شود، براساس مشخصات سازنده به فشار تبدیل شود.

**یادآوری ۴-** ناپایداری بلندمدت می‌تواند به وسیله کالیبراسیون‌های مجدد با یک فشارسنج با درستی بیشتر یا یک استاندارد اولیه تعیین شود. این کار اغلب به یک جابه‌جایی نیاز دارد که خود می‌تواند منجر به ناپایداری مقدار کالیبره شده شود. به همین دلیل، فرض یک رابطه خطی بین ناپایداری با زمان منطقی نیست (به عنوان مثال  $\delta_t$  برای دوره ۲ ساله ۲ برابر  $\delta_t$  برای یک دوره ۱ سال نیست).

**یادآوری ۵-** چنانچه دوره زمانی به گونه‌ای دیگر مشخص نشده باشد، توصیه می‌شود که  $\delta_t$  برای یک دوره ۱ ساله تعیین شود. این معمولاً یک توازن معقول بین هزینه‌ها و تأثیر جابه‌جایی از یک سو و یک رانش محتمل و کمترین عدم قطعیت اندازه‌گیری ممکن، از سوی دیگر است.

**مثال -** اگر  $\delta_t$  برطبق فرمول ردیف ب برابر ۶/۵٪ تعیین شود، در صورتی که دوره زمانی کالیبراسیون مجدد یک سال باشد، «برای یک دوره یکساله ۶/۵٪  $\delta_t$ » گزارش خواهد شد.

۴-۲-۳

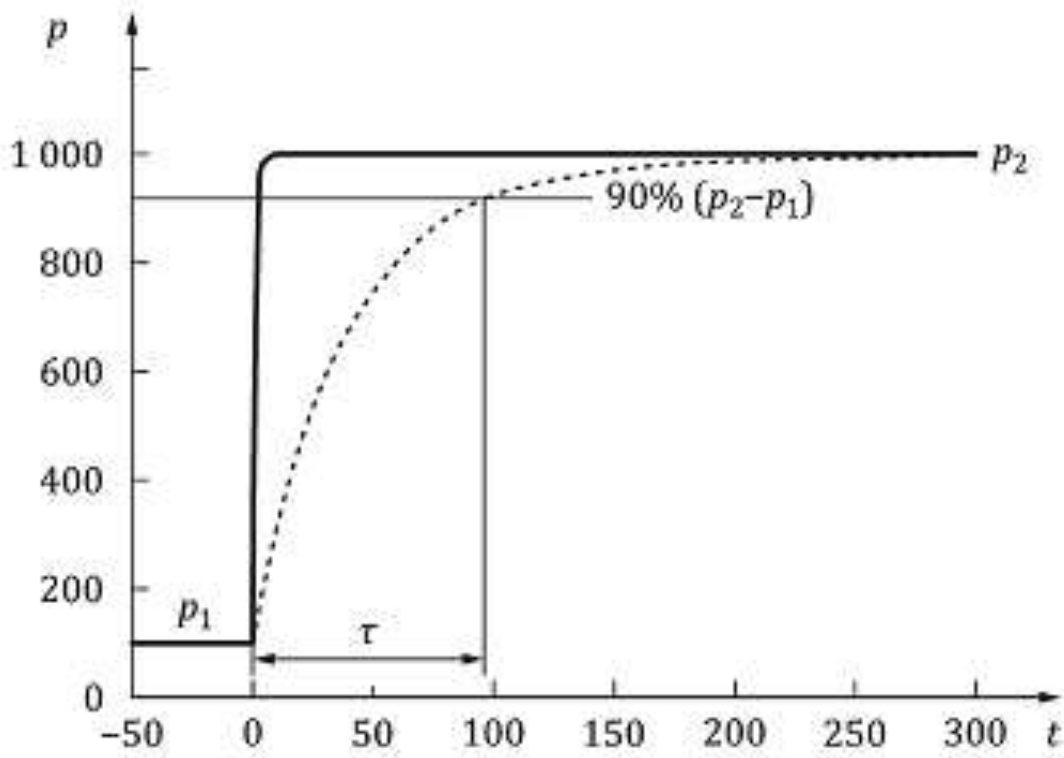
زمان پاسخ

$\tau$

### response time

مدت زمانی که طول می‌کشد تا فشارسنج پیرانی ۹۰٪ تغییر ناگهانی فشار را بین ۱ kPa تا ۱۰۰ Pa (جهت تغییر فشار به سمت بالا یا پایین باید مشخص شود) سپری کند. این آزمون با گاز نیتروژن انجام می‌شود.

**یادآوری -** به شکل ۱ مراجعه شود.



شکل ۱ - نمایشی برای توضیح تعریف زمان پاسخ  $\tau$

۵-۲-۳

پسماند

### hysteresis

اختلاف نسبی نشاندهی فشارسنج پیرانی هنگامی که در معرض فشار یکسان در توالی افزایشی و کاهش‌ی قرار گیرد.

## ۴ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها

در این استاندارد نمادها و کوتاه‌نوشت‌های زیر به کار می‌رود:

نماد	عنوان	یکا
$e$	خطای اندازه‌گیری نسبی	1 یا %
$p$	فشار، قابل ردیابی برحسب سیستم بین‌المللی یکاها (SI)	Pa
$\Delta p$	خطای اندازه‌گیری (فشار اندازه‌گیری شده، $p_{UUC}$ ، منهای فشار مرجع، $p$ )	Pa
$p_{UUC}$	فشار اندازه‌گیری شده به وسیله تجهیز تحت کالیبراسیون <sup>۱</sup>	Pa
$\delta_t$	ناپایداری بلند مدت که در بند ۳-۲-۳ تعریف شده است	1 یا %
$\tau$	زمان پاسخ	ms
${}^1UUC$	تجهیز تحت کالیبراسیون	

<sup>1</sup> Unit under calibration

## ۵ اصول کار فشارسنج پیرانی

فشارسنج پیرانی یک نوع فشارسنج خلأ رسانایی گرمایی است. در فشارسنج پیرانی، مولکول‌های گاز گرم را از یک المان گرم شده به دیواره اطراف که معمولاً در دمای اتاق است، هدایت می‌کنند (به شکل الف-۱ مراجعه شود). در یک گستره معین فشار، این گرمای منتقل شده توسط مولکول‌ها متناسب با چگالی مولکولی و در نتیجه متناسب با فشار است. این تغییر دمای مربوط به المان گرم شده، که اغلب یک فیلمان است، باعث تغییر در مقاومت آن می‌شود. این مقاومت بخشی از یک مدار پل و تستون است که انرژی را برای المان تأمین می‌کند و از طریق آن، مقاومت الکتریکی یا توان تلف شده المان اندازه‌گیری می‌شود. مدار پل و تستون ممکن است یا دمای المان گرم شده، یا توان گرمایشی، یا ولتاژ یا جریان مقاومت را ثابت نگه دارد. هنگامی که دمای فیلمان ثابت نگه داشته شود، بزرگ‌ترین گستره اندازه‌گیری خطی وجود دارد. برای اطلاعات بیشتر به منبع [1] کتاب‌نامه مراجعه شود.

رسانایی گرمایی به شدت وابسته به نوع گاز است. رسانایی گرمایی به درجه آزادی مولکول، جرم آن و ضریب تطابق گرمایی مولکول با سطح مواد عنصر گرم شده بستگی دارد (به منبع [2] کتاب‌نامه مراجعه شود). بنابراین، سیگنال اندازه‌گیری شده به وسیله فشارسنج پیرانی نیز به شدت وابسته به گاز است. ناخالصی‌های روی سطح به طور قابل ملاحظه‌ای بر ضریب تطابق گرمایی تأثیر می‌گذارد، که فشارسنج‌های پیرانی را به آلودگی فرایندهای خلأ حساس می‌کند. پوشش المان گرم شده ناشی از چنین فرآیندهایی نیز حد پایین‌تر اندازه‌گیری و به علت تغییر قطر فیلمان، حساسیت را تغییر می‌دهد.



در فشارهای بالاتر، در ناحیه جریان چسبناک<sup>۱</sup>، رسانایی گرما از طریق گاز مستقل از فشار می‌شود. هر چه مولکول گاز سبک‌تر باشد، این پدیده در فشار پایین‌تری اتفاق می‌افتد. این پدیده گستره اندازه‌گیری مفید فشارسنج پیرانی را محدود می‌کند. پدیده همرفت همچنان باعث مقداری اتلاف انرژی گرمایی از المان گرم-شده می‌شود، اما حساسیت فشارسنج پیرانی در این ناحیه خیلی کم است.

حد پایین‌تر اندازه‌گیری از آستانه تشخیص و تفکیک‌پذیری فشارسنج پیرانی با رسانایی گرمایی به بدنه نگهدارنده المان گرم‌شده و تابش تعیین می‌شود. به همین دلیل، تغییرات دمای محیط بر حساسیت فشارسنج در فشار کمتر از  $10^{-1}$  Pa به میزان قابل توجهی تأثیر می‌گذارد.

دمای دیواره حسگر فشارسنج نیز ممکن است به وسیله المان‌های گرم‌شده تحت تأثیر قرار گیرد. در فشارهای بالاتر از ۱ kPa، برای ثابت نگه داشتن دما، توان گرمایشی بیشتری برای المان گرم‌شده نسبت به فشارهای پایین‌تر مورد نیاز است و در نتیجه دیواره اطراف آن داغ می‌شود. این پدیده توان گرمایشی را کاهش می‌دهد و می‌تواند باعث ایجاد پسماند شود.

**یادآوری** - در سال‌های اخیر، نوع دیگری از فشارسنج رسانایی گرمایی تجاری‌سازی شده است. المان گرم‌شده در دمای ثابت عمل نمی‌کند، بلکه به‌طور ادواری به‌وسیله یک شیب افزایشی ولتاژ تا یک آستانه دمای معین گرم می‌شود (به منبع [3] کتاب‌نامه مراجعه شود). زمان لازم برای گرم کردن المان تا این آستانه به فشار وابسته است. از لحاظ عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری، این نوع فشارسنج رسانایی گرمایی مشابه فشارسنج پیرانی است و همچنین این استاندارد می‌تواند برای این نوع از فشارسنج‌ها به کار رود.

## ۶ ویژگی‌های فشارسنج پیرانی

### ۱-۶ عمومی

ویژگی‌های و مشخصات زیر برای این‌که کاربران فشارسنج بتوانند عدم قطعیت اندازه‌گیری را تخمین بزنند و/یا مقیاس فشار را گزارش کنند، مورد نیاز است.

### ۲-۶ اصول اندازه‌گیری

باید مشخص شود که چگونه اتلاف گرمایی در حسگر فشارسنج اندازه‌گیری می‌شود (به‌طور پیوسته، تپی<sup>۲</sup>، همرفتی بهبودیافته).

---

1- Viscous Flow Regime  
2- Pulsed

### ۳-۶ نوع خروجی

نوع خروجی (آنالوگ، دیجیتال) و یکای (یا یکاهای) سیگنال نشان داده شده (برای مثال ولتاژ، جریان، فشار) باید مشخص شود. اگر سیگنال نشان داده شده خروجی برحسب یکای فشار داده نشود، باید از تبدیل یکای سیگنال به فشار که در کتابچه راهنمای سازنده ارائه شده است، استفاده کرد.

### ۴-۶ گستره خروجی و تفکیک پذیری صفحه نمایش خروجی

برای خروجی دیجیتال، گستره خروجی و تفکیک پذیری مربوطه باید مشخص شود.

### ۵-۶ گستره اندازه گیری و حد بالای اندازه گیری

گستره اندازه گیری فشار و حد بالای اندازه گیری برای گاز نیتروژن باید مشخص شود. گستره اندازه گیری معمولاً به عدم قطعیت اندازه گیری بستگی دارد. گستره اندازه گیری برای عدم قطعیت اندازه گیری داده شده یک فشارسنج تازه تولید شده برای گاز نیتروژن باید توسط سازنده مشخص شود. گستره اندازه گیری، گستره بین کمینه و بیشینه فشاری است که در آن خوانش فشارسنج در محدوده عدم قطعیت اندازه گیری تعریف شده قرار می گیرد. همچنین اگر گستره فشار برحسب پاسکال داده نشود، باید مقادیر برحسب یکای پاسکال داده شده باشد.

### ۶-۶ عدم قطعیت اندازه گیری مورد انتظار

عدم قطعیت اندازه گیری مورد انتظار در گستره اندازه گیری که در زیربند ۵-۶ آورده شده است برای هر دستگاه مجزایی از این نوع می تواند به دست آید، باید مشخص شود. بهتر است این عدم قطعیت به صورت مقدار نسبی خوانش برحسب درصد داده شود. باید مشخص شود که چگونه فشارسنج باید تنظیم شود تا عدم قطعیت های اندازه گیری را برآورده کند. اگر در یک فشار معین باید تنظیمی انجام شود، نوع گاز باید مشخص شده باشد.

**یادآوری** - عدم قطعیت اندازه گیری مورد انتظار یک نوع دستگاه شامل خطای اندازه گیری هم می شود. در مورد فشارسنج های پیرانی این عدم قطعیت اندازه گیری عمدتاً به دلیل غیرخطی بودن فشارسنج است.

عدم قطعیت اندازه گیری یک فشارسنج مجزا با گواهینامه کالیبراسیون آن داده می شود (به زیربند ۶-۸ مراجعه شود). عدم قطعیت اندازه گیری یک فشارسنج مجزا می تواند به طور قابل توجهی کوچک تر از عدم قطعیت مورد انتظار برای آن نوع دستگاه باشد، زیرا لازم نیست خطای اندازه گیری را شامل شود.

### ۷-۶ مواد در معرض گاز

مواد حسگر فشارسنج که در معرض گاز عملیاتی قرار می گیرد، باید مشخص شود.

#### ۸-۶ فلنچ اتصال

نوع و اندازه فلنچ حسگر فشارسنج باید مشخص شود.

#### ۹-۶ رابط و اتصالات پینی

روش برقراری ارتباط با کامپیوتر باید مشخص شود؛ نوع کانکتور و عملکرد هر یک از اتصالات پینی (خروجی پین)<sup>۱</sup> باید مشخص شود.

#### ۱۰-۶ زمان گرم شدن

زمان گرم شدن دستگاه برای عملکرد بهینه در گستره اندازه‌گیری (یعنی نشاندهی درون گستره اندازه‌گیری درون حدود عدم قطعیت اندازه‌گیری است) باید مشخص شود.

#### ۱۱-۶ سازگاری بین تیوب فشارسنج و کنترل کننده

حداقل یک نوع کنترل کننده سازگار با حسگر فشارسنج باید مشخص شود. اگر هیچ نوع کنترل کننده‌ای توصیه نشود، لازم است داده‌های فنی کنترل کننده برای کارکرد مناسب فشارسنج داده شود.

#### ۱۲-۶ شرایط عملیاتی (محیطی) عادی

گستره دمای حسگر فشارسنج و/یا گاز عملیاتی و گستره رطوبت برای اندازه‌گیری قابل اطمینان فشار که در آن فشارسنج می‌تواند به کار گرفته شود، باید مشخص شود.

#### ۱۳-۶ منبع تغذیه الکتریکی

ولتاژ مورد نیاز (AC یا DC)، فرکانس و توان و در صورت کاربرد، پایداری آن‌ها (به عنوان مثال بیشینه نوفه ریپل<sup>۲</sup>) باید مشخص شود.

#### ۱۴-۶ طول کابل

طول کابل بین حسگر فشارسنج و کنترل کننده باید مشخص شود.

یادآوری - کابل بلندتر می‌تواند به تداخل الکترو مغناطیسی حساس باشد.

#### ۱۵-۶ بیشینه دمای پخت

بیشینه دماها به ترتیب برای حسگر فشارسنج و کابل‌ها باید مشخص شود. اگر بخش کنترل یا بخش نشانگر به‌طور مستقیم به حسگر فشارسنج (فشارسنج «یکپارچه» یا «فعال») متصل شده باشد، و بتواند برداشته

---

1- Pin-out  
2- Ripple noise

شود، این مورد باید بیان شود و بیشینه دمای پخت برای حسگر فشارسنج به تنهایی و برای حسگر فشارسنج با بخش کنترل متصل به آن باید داده شود.

#### ۶-۱۶ ابعاد حسگر فشارسنج و کنترل کننده

بهتر است ابعاد حسگر فشارسنج، کنترل کننده و در صورت کاربرد، ابعاد بُرش خورده برای کنترل کننده‌های که به صورت پانلی نصب می‌شوند در نقشه‌های پایه برحسب یکاهای SI مشخص شود. ممکن است این ابعاد به صورت عرض، عمق و ارتفاع ( $h$   $d$   $w$ ) بیان شوند. علاوه بر این، سایر یکاها نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

#### ۶-۱۷ راستای نصب

بهتر است راستای نصب فشارسنج (عمودی، افقی، اختیاری) مشخص شوند.  
یادآوری - حساسیت (نتایج کالیبراسیون) ممکن است به راستای نصب بستگی داشته باشد.

### ۷ ویژگی‌های بیشتر (اختیاری) برای فشارسنج پیرانی

#### ۷-۱ ناپایداری بلندمدت

ناپایداری بلند مدت باید با یکاهای نسبی برای یک دوره زمانی مشخص (به عنوان مثال ۱ ماه، ۱ سال) بیان شود. برای چنین اندازه‌گیری‌هایی، باید گازهای خالص در فشارهای پایدار یا تکرارپذیر مورد استفاده قرار گیرند و فشارسنج تحت شرایط عادی خود به کار گرفته شود. مقادیر نمونه ممکن است ارائه شود.

#### ۷-۲ ضریب حساسیت نسبی

ممکن است ضرایب حساسیت نسبی در یک جدول یا نمودار (اگر به فشار وابسته باشند) برای انواع مختلف گاز داده شوند.

#### ۷-۳ پسماند

پسماند همان‌گونه که در زیربند ۷-۸ تعریف شده است، می‌تواند مشخص شود.

#### ۷-۴ زمان پاسخ

زمان پاسخ همان‌گونه که در زیربند ۸-۸ تعریف شده است، می‌تواند مشخص شود.

#### ۷-۵ سابقه بازرسی و گواهینامه کالیبراسیون

یک مدرک از سابقه بازرسی که نشان دهنده عملکرد مناسب دستگاه (خوانش‌ها و فشارهای واقعی در حدود گستره اندازه‌گیری برای گاز نیتروژن) است، می‌تواند همراه با فشارسنج ارائه شود. اگر گواهینامه

کالیبراسیون دستگاه ارائه شده است، باید حاوی اطلاعاتی درباره نحوه قابلیت‌رديابی آن به یک استاندارد ملی مرتبط با خلأ باشد.

#### ۶-۷ پیکربندی

پیکربندی (فعال، غیرفعال) ممکن است مشخص شود.

#### ۷-۷ وزن

توصیه می‌شود وزن فشارسنج (مانند حسگر، کنترل‌کننده، کابل) مشخص شود.

#### ۸-۷ شرایط حمل و نقل و انبارش

توصیه می‌شود شرایط انبارش و حمل و نقل برای جلوگیری از آسیب و صدمه به فشارسنج، به عنوان مثال محیط گازی، پاکیزگی، دما، رطوبت نسبی، ارتعاش، ضربه و غیره مشخص شود.

#### ۹-۷ عکس‌ها

برای تجسم روشن و با جزئیات، توصیه می‌شود یک عکس یا نقشه از تیوب فشارسنج در حالت قائم و پانل‌های جلو و عقب (سمت اتصال‌دهنده<sup>۱</sup>) کنترل‌کننده فشارسنج ارائه شود.

#### ۱۰-۷ بیشینه توان مصرفی

توصیه می‌شود بیشینه توان مصرفی حسگر فشارسنج با یک کنترل‌کننده پیشنهادی در نزدیکی فشار اتمسفر مشخص شود. در صورتی که حسگر فشارسنج مستقل باشد («فشارسنج فعال»)، بهتر است بیشینه توان مصرفی برای آن داده شود.

#### ۱۱-۷ نقطه تنظیم فشار

توصیه می‌شود در دسترس بودن یا نبودن نقاط تنظیم کنترل بیرونی مشخص شود.

### ۸ کالیبراسیون و سایر روش‌های اجرایی اندازه‌گیری

#### ۱-۸ عمومی

اگر کالیبراسیون با مقایسه مستقیم با فشارسنج مرجع انجام شود، طبق استاندارد ISO 3567 عمل می‌شود. در زیربندهای بعدی، در صورت کاربرد، جزئیات مربوط به فشارسنج‌های پیرانی با ارجاع به استاندارد ISO 3567 ارائه می‌شود.

اگر در موارد نادری، کالیبراسیون با یک استاندارد اولیه انجام شود، کاربر باید از روش‌های اجرایی زیر برحسب مورد استفاده کند.

## ۸-۲ شرایط کالیبراسیون

پیشنهاد می‌شود که زنجیره کامل اندازه‌گیری - حسگر فشارسنج، کابل و واحد نشانگر - به صورت یکپارچه کالیبره شوند. در غیر این صورت، آزمایشگاه کالیبراسیون باید اطمینان حاصل کند که تمام تجهیزات لازم برای ثبت خروجی (به عنوان مثال یک ولت‌متر دیجیتال) مطابق با استاندارد ISO/IEC 17025 کالیبره می‌شوند.

به عنوان مثال، اگر یک فشارسنج فعال به یک ولت‌متر برای خوانش خروجی نیاز دارد، و مشتری ولت‌متر را فراهم نکرده است، آزمایشگاه کالیبراسیون باید یک ولت‌متر کالیبره شده تأمین کند. در این حالت، مشتری باید از این مطلع شود که مقادیر کالیبراسیون تنها در صورتی معتبر هستند که از تجهیزات کالیبره شده در سایت‌های خود استفاده کند.

تجهیز تحت کالیبراسیون باید برای کالیبراسیون مناسب باشد، یعنی توصیه می‌شود وضعیت تجهیز تحت کالیبراسیون در زمان کالیبراسیون با قوانین عمومی پذیرفته شده فناوری و همچنین با ویژگی‌های خاص مدارک سازنده مطابقت داشته باشد. این مورد با بازرسی‌های خارجی و آزمون‌های عملکردی محقق می‌شود.

بازرسی باید شامل موارد زیر باشد:

- بازرسی چشمی آلودگی (پوشش سطح) و پاکیزگی داخل حسگر فشارسنج؛
  - بازرسی چشمی آسیب (عقربه، نوشته‌ها، خوانا بودن نشاندهی، سطوح مهر و موم)؛
  - بررسی در دسترس بودن مدارک لازم برای کالیبراسیون (اطلاعات فنی، دستورالعمل‌های عملیاتی).
- پیشنهاد می‌شود که یک اظهارنامه مبنی بر عدم آلودگی فشارسنج با مواد سمی، خورنده، منفجره، پرتوزا، میکروبیولوژیکی یا سایر مواد مضر از کاربر خواسته شود.
- اگر آزمایشگاه کالیبراسیون تصمیم بگیرد که نیاز است یک روش اجرایی تمیزکاری قبل از کالیبراسیون انجام شود، لازم است مشتری مطلع شود یا دستگاه بازگردانده شود. هرچند در بسیاری از موارد، بهترین گزینه می‌تواند جایگزینی حسگر فشارسنج با یک حسگر جدید است، که بعداً کالیبره می‌شود.
- آزمون‌های عملکردی باید شامل موارد زیر باشند:

- عدم نشت تجهیز تحت کالیبراسیون؛
- عملکرد عملیاتی (مانند عملکرد خاموش/روشن، قابلیت تنظیم نقطه صفر)؛
- اجزای تنظیم کنترل‌کننده در موقعیت‌های تعریف شده.

پایداری نشاندهی و تجدیدپذیری به طور خاص معیارهای مهمی برای وضعیت خلاسنج هستند. باقی‌مانده رطوبت هوا و دیگر باقی‌مانده‌ها، به عنوان مثال باقی‌مانده مواد فرایندی، باید از حسگر فشارسنج تحت کالیبراسیون حذف شود. این کار از طریق خلأ کردن، احتمالاً با کمک پخت حاصل می‌شود.

#### ۳-۸ مونتاز و تنظیمات تجهیز تحت کالیبراسیون

توصیه می‌شود فشارسنج در راستای پیشنهادشده به وسیله سازنده یا توافق‌شده با مشتری نصب شود. پیشنهاد می‌شود در هنگام کالیبراسیون جهت رو به بالا روی فشارسنج با یک برچسب علامت‌گذاری شود. برای فشارسنج‌های پیرانی بهبود یافته با همرفت، اغلب راستای افقی سیم گرم‌شده (فیلمان) برای کارکرد درست در فشارهای بالا مورد نیاز است.

قبل از هر گونه تنظیم و کالیبراسیون، فشارسنج باید در شرایط دمایی پایدار باشد. پس از خلأ کردن و روشن کردن، توصیه می‌شود زمان گرم شدن طبق مشخصات سازنده رعایت شود. پیشنهاد می‌شود زمان پایداری ۳۰ min باشد، مگر آن‌که به وسیله سازنده به ترتیب دیگری مشخص شود.

مرسوم است که تنظیمات در حد بالای اندازه‌گیری و صفر فشارسنج قبل از کالیبراسیون انجام شود.

ممکن است برخی از مشتریان به داده‌های کالیبراسیون قبل از هرگونه تنظیم نیاز داشته باشند، برای مثال به دلیل اینکه آن‌ها نمی‌توانند همان تنظیمات را در سایت خود انجام دهند. بر طبق استاندارد ISO/IEC 17025، قبل از اینکه تنظیمات انجام شود، این مورد با توافق مشتری بررسی می‌شود.

نوع گاز کالیبراسیون باید ثبت شود. توصیه می‌شود تمام تنظیمات فشارسنج پیرانی از جمله کانال اندازه‌گیری، گرم کردن، پیکربندی سیگنال خروجی با تأیید مشتری باشد.

#### ۴-۸ کالیبراسیون

پیشنهاد می‌شود برای کالیبراسیون، یک یا چند فشارسنج دیافراگمی خازنی یا خلأسنج‌های با درستی مشابه یا بهتر که کل گستره اندازه‌گیری را پوشش می‌دهند، به عنوان فشارسنج مرجع استفاده شوند (به زیربندهای 6.6 و B.10 استاندارد ISO 3567: 2011 مراجعه شود).

به علت خطی بودن ضعیف فشارسنج پیرانی، کالیبراسیون به وسیله یک استاندارد اولیه معمولاً معقول نیست. خوانش فشارسنج‌های پیرانی به شدت به نوع گاز بستگی دارد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود مشتری کالیبراسیون با نوع خاصی از گاز (گاز رایج در سیستم خلأ هنگامی که فشارسنج در حال استفاده است) را درخواست کند، به شرطی که آزمایشگاه کالیبراسیون بتواند با آن نوع گاز کار کند. اگر نوع گاز مشخص نشده باشد، گاز آزمون برای کالیبراسیون گاز نیتروژن است (به زیربندهای 6.4 و B.2 استاندارد ISO 3567: 2011 مراجعه شود).

## ۸-۵ عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری در هنگام کالیبراسیون

برای این منظور استاندارد ISO 27893 به کار می‌رود. مؤلفه‌های مجزای عدم قطعیت به طراحی خاص فشارسنج پیرانی بستگی دارد.

فهرست زیر یک تصویر کلی از مؤلفه‌های عدم قطعیت مربوط به فشارسنج پیرانی در هنگام کالیبراسیون ارائه می‌کند:

- تفکیک‌پذیری خروجی سیگنال؛
- ناپایداری کوتاه‌مدت (تکرارپذیری)؛
- رانش صفر<sup>۱</sup>
- رانش حد بالای اندازه‌گیری<sup>۲</sup>
- تغییر دمای محیط.

## ۸-۶ گواهینامه کالیبراسیون

گواهینامه کالیبراسیون طبق استانداردهای ISO/IEC 17025 و ISO 3567 انجام می‌شود (به بند 8 استاندارد ISO 3567: 2011 مراجعه شود).

علاوه بر نکاتی که در استاندارد ISO 3567 درباره گواهینامه ذکر شده است، لازم است روش اجرایی تنظیم قبل از کالیبراسیون تشریح شود، به ویژه اینکه از کدام نوع گاز برای تنظیم نزدیک ۱۰۰ kPa استفاده شده است.

اگر سیگنال خروجی فشارسنج پیرانی براساس فشار نباشد، توصیه می‌شود مدل ریاضی ارائه‌شده به‌وسیله سازنده که سیگنال خروجی (مانند ولتاژ، جریان) را به فشار تبدیل می‌کند در گواهینامه تکرار شود. در موارد خاص از فشارسنج‌های پیرانی، عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری در گواهینامه کالیبراسیون می‌تواند نسبتاً کوچک باشد و می‌تواند برای یک کاربر بی‌تجربه به صورت یک دستگاه بسیار دقیق به نظر آید. هرچند، در استفاده‌های بعدی ممکن است عدم قطعیت‌های اضافی قابل توجهی بسیار بیشتر از آن‌چه که در گواهینامه ارائه شده است، اعمال شود. به همین دلیل، به شدت پیشنهاد می‌شود که جمله زیر در گواهینامه اضافه شود:

«در موارد خاص از فشارسنج‌های پیرانی، عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری داده‌شده در گواهینامه کالیبراسیون می‌تواند نسبتاً کوچک باشد و ممکن است برای یک کاربر بی‌تجربه به صورت یک دستگاه بسیار دقیق به نظر آید. هرچند، در استفاده‌های بعدی ممکن است عدم قطعیت‌های اضافی و قابل توجهی وجود داشته باشد.»

1- Zero drift

2- Full-scale drift



به طور ویژه منابع بزرگ عدم قطعیت عبارتند از: استفاده از یک گاز دیگر (حتی هنگامی که برای انواع شناخته شده گاز تصحیح اعمال شود)، قرار گرفتن در معرض انواع گازهای خورنده یا گازهایی که بی اثر نباشند، استفاده از مقادیر درون یابی شده (که در این گواهینامه نیست، یعنی غیرخطی بودن) استفاده در دمای محیطی مختلف، ناپایداری بلند مدت، آلودگی، و وادادگی گرمایی<sup>۱</sup> در فشارهای بالا.»

یادآوری - اغلب، فشارسنج پیرانی از خطای اندازه گیری قابل توجه وابسته به فشار جلوگیری می کند. عدم قطعیت داده شده در گواهینامه پس از تصحیح قبلی برای این خطا اعمال می شود.

#### ۷-۸ روش اجرایی اندازه گیری پسماند

برای تعیین پسماند، لازم است یک فشارسنج مرجع یا استاندارد با اثر پسماند ناچیز استفاده شود. اندازه گیری پسماند باید به روش زیر انجام شود:

الف - خلأ بالای حداقل ۱ mPa را با پمپ ایجاد کنید، خوانشها را در توالی افزایشی در فشارهای ۱ Pa، ۱۰ Pa، ۱۰۰ Pa و ۱۰۰۰ Pa با گاز نیتروژن انجام دهید؛

ب - فشارسنج را در معرض فشار ۸۰ kPa قرار دهید، ۵ min صبر کنید؛

پ - خوانشها را در جهت پایین در فشارهای ۱۰۰۰ Pa، ۱۰۰ Pa، ۱۰ Pa و ۱ Pa انجام دهید؛

ت - خلأ بالای حداقل ۱ mPa را با پمپ ایجاد کنید.

توصیه می شود هر دو جهت توالی افزایشی و کاهشی تا حد امکان سریع انجام شود، اما برای هر نقطه فشار باید یک خوانش پایدار در حد تفکیک پذیری به دست آید. توصیه می شود میانگین سه چرخه تعیین شود.

#### ۸-۸ روش اجرایی اندازه گیری زمان پاسخ

اگر لازم است زمان پاسخ مشخص شود، زمان پاسخ باید با گاز نیتروژن به عنوان گاز آزمون به روش زیر اندازه گیری شود.

تغییر پله ای به سمت پایین: بعد از نصب روی یک سیستم خلأ مناسب و سپری شدن زمان گرم شدن، فشارسنج را در معرض فشار ۱ kPa قرار دهید. فشار را به وسیله باز کردن یک شیر سریع با انبساط به داخل یک محفظه خلأ مناسب در ۱۰ ms یا کمتر تا ۱۰۰ Pa کاهش دهید.

تغییر پله ای به سمت بالا: بعد از نصب روی یک سیستم خلأ مناسب و سپری شدن زمان گرم شدن، فشارسنج را در معرض فشار ۱۰۰ Pa قرار دهید. فشار را به وسیله باز کردن یک شیر سریع با انبساط از یک مخزن مناسب در ۱۰ ms یا کمتر تا ۱ kPa افزایش دهید.

تمام فشارهای ذکر شده اسمی هستند و توصیه می‌شود فشارها در محدوده  $\pm 20\%$  از مقادیر اسمی برآورده شوند.

**یادآوری ۱-** تغییرات پله‌ای فشار را می‌توان به وسیله محفظه‌هایی با حجم‌های اندازه‌گیری شده و از قبل پُر شده با یک شیر سریع باز شونده در میان محفظه‌ها، محقق کرد. برای یک تغییر پله‌ای به سمت پایین، انبساط از یک محفظه با حجم کوچک به یک محفظه با حجم ۹ برابر بزرگ‌تر و خلأ شده امکان‌پذیر است. همین تغییر فشار نیز می‌تواند با انبساط به یک محفظه با حجم ۹۹ برابر بزرگ‌تر، که قبلاً با فشار Pa ۹۱ پُر شده است، محقق شود. برای تغییر پله‌ای فشار در جهت بالا، محفظه با حجم کوچک با فشار Pa ۱۰۰ پُر می‌شود و مخزن با حجم ۹ برابر بزرگ‌تر با فشار Pa ۱۱۰۰ پُر می‌شود.

برای انبساط، شیرهای مناسب با هدایت به اندازه کافی بالا و زمان باز شدن سریع مورد نیاز است.

**یادآوری ۲-** اگر مدار الکترونیک کنترل‌کننده که خروجی فشارسنج را ثبت می‌کند در مقایسه با تغییر پله‌ای فشار ms ۱۰ کند باشند، سرعت مدار الکترونیک بر زمان پاسخ حسگر و نه بر اصل اندازه‌گیری فیزیکی غالب خواهد بود.

## ۹ عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری در کاربرد

ممکن است برخی از عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری در طول کالیبراسیون مهم نباشند، اما در استفاده بعدی از فشارسنج نقش مهمی ایفا کنند، برای مثال هنگامی که به عنوان فشارسنج مرجع استفاده می‌شوند.

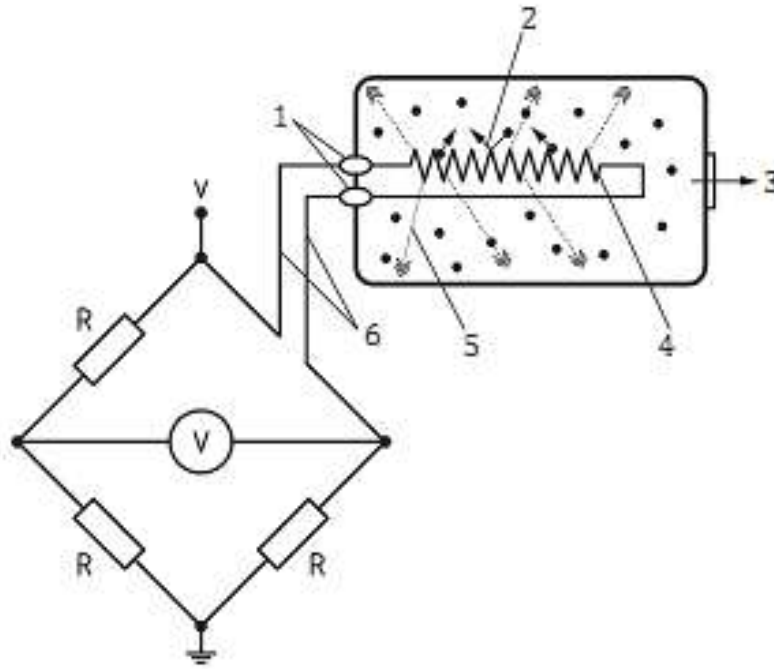
فهرست زیر، علاوه بر موارد ذکر شده در زیربند ۸-۵، تصویری کلی از مؤلفه‌های مؤثر بر عدم قطعیت را ارائه می‌دهد:

- ناپایداری بلند مدت؛
- غیرخطی بودن؛
- اختلاف دمای محیط نسبت به شرایط کالیبراسیون؛
- رانش ناشی از تغییر دمای محیط؛
- تمیز بودن گازی که فشارسنج در معرض آن قرار می‌گیرد و به‌طور کلی ترکیب گاز؛
- آلودگی و فرسایش المان گرم‌شده؛
- پسماند.

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

فشارسنج پیرانی نوعی



راهنما:

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| ۱ | عایق                          |
| ۲ | رسانایی گرمایی از طریق گاز    |
| ۳ | خلأ                           |
| ۴ | فیلمان                        |
| ۵ | تلفات گرما به وسیله تابش      |
| ۶ | رسانایی گرمایی از طریق سیم‌ها |

شکل الف-۱- فشارسنج پیرانی نوعی

### کتابنامه

- [1] JOUSTEN, K., ed. Handbook of Vacuum technology. 2nd ed. Chapter 13.5. Wiley-VCH, Weinheim, 2016
- [2] JOUSTEN, K. On the gas species dependence of Pirani vacuum gauges. J. Vac. Sci. Technol. A. 2008 ,26 (3) pp. 352–359
- [3] W. JITSCHIN and S. LUDWIG. Pulsed hot filament vacuum gauge with Pirani sensor (Article in German). Vakuuum in Forschung und Praxis (VIP) 2004, 16 pp. 23–29
- [4] Ellefson, R.E. et al. Recommended practice for calibrating vacuum gauges of the thermal conductivity type. JVST A. 2000, 18 (5) pp. 2568–2577
- [5] JOUSTEN, K. Temperature corrections for the calibration of vacuum gauges. Vacuum. 1998, 49 pp. 81–87
- [6] Total Pressure Measurements in Vacuum Technology, A. Berman. Chapter 4.3. Academic Press, 1985
- [7] Total and Partial Pressure Measurements in Vacuum Systems, JH Leck. Chapter 2, Springer 1989