INSO
16468-1
1st. Edition
Oct.2013

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱-۱۶۴۶۸
چاپ اول
آبان ۱۳۹۲

اندازه‌گیری شارش سیال توسط فشارسنج تفاضلی قرار داده شده در مجرای با سطح مقطع دایروی پر از سیال- قسمت ۱: اصول کلی و الزامات

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements

ICS:17.120.10

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ 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.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (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 of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«اندازه‌گیری شارش سیال توسط فشارسنج تفاضلی قرار داده شده در مجرای با سطح مقطع دایروی پر از سیال-قسمت ۱: اصول کلی و الزامات»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
ترکمن، لیلا (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی
دبیر:	
رنجبر، سید فرامرز (دکترای مهندسی مکانیک)	دانشگاه تبریز
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ترکمن، بهاره (فوق لیسانس مهندسی برق)	موسسه غیر انتفاعی آبا
سیدحسینی، سیدفرهاد (لیسانس زمین شناسی)	شرکت بازرسی پارس بینش
خوشروان، اسماعیل (دکترای مهندسی مکانیک)	دانشگاه تبریز
رنجبر، سوده (لیسانس ریاضی)	شرکت بازرسی پارس بینش
فرشی حق رو، ساسان (فوق لیسانس مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی
معصومی، نیما (فوق لیسانس مهندسی مکاترونیک)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین
مهران پور، محمدرضا (فوق لیسانس مهندسی مکاترونیک)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش گفتار ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات،تعاریف،نمادها و یکاها ۲
۴ روش‌های محاسباتی ۴
۵ مشخصه‌های حرارتی ۵
۶ دمای داخلی و داده‌های آب و هوایی ۶
۷ آهنگ جریان حرارتی و قابلیت انتقال حرارت ۷
۸ پارامترهای کاربردی در محاسبات ۸
۹ محاسبات قابلیت انتقال حرارتی ۹
پیوست الف(الزامی)، محاسبه آهنگ جریان حرارتی از زمین ۱۸
پیوست ب(الزامی)، قالب بتونی کف ساختمان با عایق‌کاری لبه ۲۳
پیوست پ(الزامی)، آهنگ جریان حرارتی برای اتاق‌ها ۲۸
پیوست ت(الزامی)، شبیه‌سازی دینامیکی ۲۹
پیوست ث(الزامی)، تهویه زیر کف آزاد ۳۰
پیوست ج(اطلاعاتی)، ضریب انتقال حرارت متناوب ۳۳
پیوست چ(اطلاعاتی)، مشخصه‌های گرمایی زمین ۳۷
پیوست ح(اطلاعاتی)، اثرات جریان آب های زیرزمینی ۳۹
پیوست خ(اطلاعاتی)، بلوک‌های روی طبقه هم‌کف با سیستم های گرمایشی یا سرمایشی جاسازی شده ۴۱
پیوست د(اطلاعاتی)، سردخانه ها ۴۲
پیوست ذ(اطلاعاتی)، مثال های عملی ۴۳
پیوست ر(اطلاعاتی)، کتابنامه ۵۳

پیش گفتار

استاندارد" اندازه‌گیری شارش سیال توسط فشارسنج تفاضلی قرار داده شده در مجرای با سطح مقطع دایروی پر از سیال-قسمت ۱: اصول کلی و الزامات" که پیشنویس آن درکمیسیون‌های مربوط توسط شرکت طرح ابتکار انرژی تهیه وتدوین شده و دردویست و ششمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد اندازه‌شناسی و اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۹۱/۱۲/۱۶ مورد تصویب قرارگرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایرا نمنتشر می‌شود .

برای حفظ همگامی وهماهنگی باتحولات وپیشرفت های ملی وجهانی درزمینهٔ صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران درمواقع لزوم تجدید نظرخواهد شد و هرپیشنهادی که برای اصلاح وتکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر درکمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرارخواهدگرفت بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرارگرفته به شرح زیر است:

ISO 5167-1: 2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements

اندازه‌گیری شارش سیال توسط فشارسنج تفاضلی قرار داده شده در مجرای با سطح مقطع دایروی پر از سیال-قسمت ۱: اصول کلی و الزامات

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعریف عبارات، نشانه‌ها و اصول کلی روش‌های اندازه‌گیری و محاسبات دبی سیالات جاری در یک مجرا به وسیله تجهیزات تفاضلی فشار(صفحات اریفیس[1]، نازل‌ها[2] و لوله‌های ونتوری[3]) قرار داده شده در مجراهای با سطح مقطع دایروی و پر از سیال، می‌باشد. این استاندارد الزامات کلی روش-های اندازه‌گیری، نصب و تعیین عدم قطعیت اندازه‌گیری دبی جریان را نیز تعیین و هم‌چنین محدودیت‌های کلی تعیین شده اندازه لوله و عدد رینولدز مورد استفاده این تجهیزات تفاضلی فشار را نیز تعریف می‌کند. همه قسمت‌های این استاندارد فقط در مورد جریان‌هایی که در مقطع اندازه‌گیری، مادون صوت می‌مانند و می‌توان سیال را تک فاز در نظر گرفت کاربرد دارد. این استاندارد در اندازه‌گیری جریان‌های ضربانی کاربرد ندارد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 4006:1991, Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols

2-2 ISO 5167-2:2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 2: Orifice plates

2-3 ISO 5167-3:2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 3: Nozzles and Venturi nozzles

2-4 ISO 5167-4:2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 4: Venturi tubes

values and procedures for determining declared and design thermal values

1- orifice
2- nozzles
3- Venturi

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ISO 4006، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

یادآوری- تعاریف زیر فقط برای واژه‌های به کار رفته در برخی موارد خاص و واژه‌هایی که تاکید روی معانی آنها مفید به نظر می‌رسند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳-۱ اندازه‌گیری فشار

۳-۱-۱ سوراخ فشار[1] دیواره

شیار حلقوی یا سوراخ گردی که در دیواره یک مجرا توسط دریل و به گونه‌ای ایجاد شده است که لبه سوراخ با سطح داخلی مجرا هم‌سطح است.

یادآوری-سوراخ فشار در اغلب موارد سوراخی دایروی است، اما در موارد خاصی می تواند یک شکاف حلقوی نیز باشد.

۳-۱-۲ فشار استاتیک سیال جاری در خط لوله، P

فشاری که می‌توان با اتصال یک وسیله اندازه‌گیری فشار به سوراخی که به منظور اندازه‌گیری فشار ایجاد شده است(سوراخ فشار دیواره)، اندازه گرفت.

یادآوری- فقط مقدار فشار استاتیک مطلق در تمامی قسمت‌های این استاندارد مورد توجه قرار می‌گیرد.

۳-۱-۳ فشار تفاضلی، Δp

اختلاف بین فشارهای اندازه‌گیری شده(استاتیک) در سوراخ‌های اندازه‌گیری فشار، که یکی از آن‌ها در بالادست و دیگری سمت پایین‌دست دستگاه اولیه و در لوله مستقیمی که در آن جریان وجود دارد(درگلوگاه نازل ونتوری یا لوله ونتوری)، قرار می‌گیرد، در حالی که اختلاف ارتفاع بین سوراخ‌های بالادست و پایین دست جریان در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری- در تمامی قسمت‌های این استاندارد عبارت" فشار تفاضلی" فقط در صورتی به کار می‌رود که سوراخ‌های اندازه-گیری فشار در موقعیت‌های معین برای هر وسیله اولیه استاندارد قرار گرفته باشند.

۳-۱-۴ نسبت فشار، τ

نسبت فشار(استاتیک) مطلق در پایین دست جریان سوراخ‌های اندازه‌گیری فشار به فشار(استاتیک) مطلق در بالادست جریان سوراخ‌های اندازه‌گیری فشار است.

۳-۲ وسایل اولیه

۳-۲-۱ گلوگاه ارفیس

باز کردن حداقل سطح مقطع از یک دستگاه اولیه.

یادآوری- اریفیس‌های وسیله اولیه استاندارد دایروی و هم محور با خط لوله هستند.

1- tapping pressure

۳-۲-۲ صفحه اریفیس

صفحه نازکی که سوراخ دایروی در آن ماشین‌کاری شده است.

یادآوری- صفحات اریفیس استاندارد به عنوان "صفحه نازک" و " با لبه‌های مربعی تیز" توصیف شده است، زیرا ضخامت صفحه در مقایسه با قطر مقطع اندازه‌گیری کوچک است و چون لبه بالادست اریفیس تیز و مربعی است.

۳-۲-۳ نازل

وسیله‌ای متشکل از ورودی همگرا متصل به یک مقطع استوانه‌ای که در حالت کلی گلوگاه خوانده می‌شود.

۳-۲-۴ نازل ونتوری

وسیله‌ای متشکل از ورودی همگرایی که از نازل استاندارد شده ISA 1932 متصل به قسمت استوانه‌ای که "گلوگاه" خوانده می‌شود و یک مقطع انبساطی مخروطی که بخش "واگرا" خوانده می‌شود.

۳-۲-۵ لوله ونتوری

وسیله‌ای که متشکل از یک ورودی همگرا به صورت مخروطی به یک قسمت استوانه‌ای که "گلوگاه" خوانده می‌شود و مقطع انبساطی مخروطی که "واگرا" خوانده می‌شود وصل شده است.

۳-۲-۶ نسبت قطر، β

(یک وسیله اولیه مورد استفاده در لوله مشخص) نسبت قطر اریفیس یا گلوگاه وسیله اولیه به قطر داخلی لوله اندازه‌گیری بالادست جریان وسیله اولیه.

یادآوری- به هر حال، زمانی که مقطع بالادست جریان وسیله اولیه مقطع استوانه‌ای داشته باشد،در صورت برابری قطر مقطع با لوله(مثل لوله ونتوری کلاسیک)، نسبت قطر، نسبت قطر گلوگاه و قطر مقطع استوانه‌ای در صفحه بالادست سوراخ‌های اندازه‌گیری فشار خواهد بود.

۳-۳ جریان

۳-۳-۱ دبی جریان، q

جرم یا حجم عبوری از اریفیس (یا گلوگاه) در واحد زمان.

۳-۳-۱-۱ دبی جرمی جریان، q_m

جرم سیال عبوری از اریفیس (یا گلوگاه) در واحد زمان.

۳-۳-۱-۲ دبی حجمی، q_v

حجم عبوری از اریفیس (یا گلوگاه) در واحد زمان.

یادآوری- در مورد دبی حجمی، لازم است که فشار و دمایی که حجم به آن ارجاع داده شده است، آورده شود.

۳-۳-۲ عدد رینولدز، Re

پارامتر بدون بعدی که بیانگر نسبت نیروهای اینرسی به نیروی لزجی[1] است.

۳-۳-۲-۱ عدد رینولدز لوله، Re_D

پارامتر بدون بعدی که بیانگر نسبت نیروهای اینرسی و نیروی لزجیدر بالادست جریان لوله است.

$$Re_D = \frac{V_1 D}{\nu_1} = \frac{4q_m}{\pi \mu_1 D}$$

۳-۳-۲-۲ عدد رینولدز اریفیس یا گلوگاه، Re_d

پارامتر بدون بعدی که بیانگر نسبت نیروهای اینرسی و لزجت در اریفیس یا گلوگاه دستگاه اولیه است.

$$Re_d = \frac{Re_D}{\beta}$$

۳-۳-۳ نمای آیزنتروپیک[2]، κ

نسبت تغییرات نسبی فشار به تغییرات نسبی چگالی تحت شرایط بی در روی[3] برگشت‌پذیر(آیزنتروپیک) شرایط انتقال.

یادآوری ۱- نمای آیزنتروپیک κ در رابطه متفاوت دیگری برای ضریب قابلیت انبساط ε ظاهر می‌شود و با طبیعت گازو دما وفشار آن تغییر می‌کند.

یادآوری ۲- برای بسیاری از گازها و بخارها مقداری برای κ گزارش نشده است، به خصوص در محدوده گسترده‌ای از دما و فشار. در چنین موردی، به منظور دست‌یابی به اهداف این استاندارد، از نسبت گرمای ویژه در فشار ثابت به گرمای ویژه در حجم ثابت گازهای ایده آل به جای نمای آیزنتروپیک می‌توان استفاده کرد.

۳-۳-۴ضریب ژول تامسون، μ_{JT}

ضریب آنتالپی ثابت دما-فشار.

نرخ تغییر دما نسبت به فشار در حالت آنتالپی ثابت.

$$\mu_{JT} = \left.\frac{\partial T}{\partial p}\right|_H$$

یا :

$$\mu_{JT} = \frac{R_u T^2}{p C_{m,p}} \left.\frac{\partial Z}{\partial T}\right|_H$$

که در آن:

T دمای مطلق؛

p فشار استاتیکی سیال جاری در یک خط لوله؛

H آنتالپی؛

1- viscous forces
2-isentropic
3- adiabatic

R_u ثابت جهانی گازها؛

$C_{m,p}$ ظرفیت گرمایی مولی در فشار ثابت؛

Z ضریب تراکم‌پذیری است.

یادآوری- ضریب ژول تامسون با طبیعت گاز، دما و فشار آن تغییر می‌کند و می‌تواند محاسبه شود.

۳-۳-۵ ضریب تخلیه، C

ضریبی که برای یک جریان غیر قابل تراکم تعریف شده است و دبی واقعی را به دبی تئوری عبوری از یک وسیله ربط می‌دهد و از رابطه سیالات غیرقابل تراکم به دست می‌آید:

$$C = \frac{q_m\sqrt{1-\beta^4}}{\frac{\pi}{4}d^2\sqrt{2\Delta p\rho_1}}$$

یادآوری ۱- کالیبراسیون وسیله اولیه استاندارد توسط سیالات غیرقابل تراکم (مایعات) نشان می‌دهد که ضریب تخلیه فقط به عدد رینولدز وسیله اولیه برای شرایط نصب مشخص بستگی دارد.

هرگاه نصب‌ها از نظر هندسی مشابه باشند و جریان‌ها توسط عددهای رینولدز نوعی مشخص شده باشند مقدار عددی C برای شرایط مختلف نصب یکسان است.

معادلات مقادیر عددی C داده شده در همه قسمت‌های این استاندارد بر مبنای داده‌های تجربی هستند.

عدم قطعیت در مقدار C با کالیبراسیون دبی سنج جریان در یک آزمایشگاه مناسب کاهش می‌یابد.

یادآوری ۲- مقدار $1/\sqrt{1-\beta^4}$ " سرعت ضریب همگرایی" نامیده می‌شود و حاصل ضرب $C\frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}}$ "ضریب جریان" نامیده می‌شود.

۳-۳-۶ ضریب انبساط پذیری، ε

ضریب مورد استفاده برای محاسبه قابلیت تراکم‌پذیری سیال.

$$\varepsilon = \frac{q_m\sqrt{1-\beta^4}}{\frac{\pi}{4}d^2C\sqrt{2\Delta p\rho_1}}$$

یادآوری- کالیبراسیون وسیله اولیه معین توسط سیال تراکم پذیر(گاز) نشان می‌دهد که نسبت $\frac{q_m\sqrt{1-\beta^4}}{\frac{\pi}{4}d^2C\sqrt{2\Delta p\rho_1}}$ به مقدار عدد رینولدز و همچنین مقادیر نسبت فشار و نمای آیزنتروپیک گاز بستگی دارد.

روش به کار رفته برای جای‌گزینی این متغیرها، شامل ضرب ضریب تخلیه،C، دستگاه اولیه، که توسط کالیبراسیون مستقیم برای مایعات و همان مقدار عدد ر ینولدز تعیین شده است، و ضریب انبساط پذیری ε می‌باشد.

ضریب انبساط‌پذیری، ε، برای سیالات غیرقابل تراکم(مایعات) برابر با واحد و برای سیالات تراکم پذیر(گازها) کمتر از واحد است.

آزمون‌ها نشان می‌دهد که ε در عمل مستقل از عدد رینولدز و برای یک نسبت قطر معین یک دستگاه اولیه معین ε فقط به نسبت فشار و نمای آیزنتروپیک بستگی دارد، بنابراین این روش امکان‌پذیر است.
مقادیر عددی ε برای صفحات اریفیس در قسمت دوم این استاندارد، نازل‌ها قسمت سوم این استاندارد و لوله‌های ونتوری قسمت چهارم این استاندارد ارائه شده است. این مقادیر بر اساس معادله کلی ترمودینامیک به کار رفته برای انبساط آیزنتروپیک است.

۳-۳-۷ انحراف متوسط ریاضی پروفیل[1] زبری، Ra

انحراف متوسط ریاضی از خط میانگین پروفیل مورد اندازه‌گیری؛

یادآوری ۱- خط میانگین به گونه‌ای است که مجموع مربعات فاصله‌های بین سطح موثر و خط میانگین حداقل است. در عمل Ra را با تجهیزات استاندارد برای سطوح ماشین‌کاری شده می‌توان اندازه گرفت، اما فقط برای سطوح زبرتر لوله‌ها قابل تخمین است. به استاندارد ISO 4288 رجوع کنید.

یادآوری ۲- برای لوله‌ها، زبری معادل یکنواخت k نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. می‌توان این مقدار را به صورت تجربی به دست آورد(به بند ۷-۱-۵ رجوع کنید) یا از جداول (به پیوست ب رجوع کنید) استفاده شود.

1- profile

۴ نمادها و زیرنویس ها

۴-۱ نمادها

جدول۱- نمادها

نماد	کمیت	بعد	یکای SI
C	ضریب تخلیه	بدون بعد	-
$C_{m,p}$	ظرفیت گرمایی مولی در فشار ثابت	$ML^2T^{-2}\Theta^{-1}mol^{-1}$	j/(mol.K)
d	قطر اریفیس(یا گلوگاه) دستگاه ی اولیه تحت شرایط کاری	L	m
D	قطر لوله ی داخلی بالادست جریان (یا قطر بالادست لوله ی ونتوری کلاسیک)	L	m
H	آنتالپی	ML^2	j/mol
k	زبری معادل یکنواخت	L	m
K	ضریب افت فشار(نسبت افت فشار به فشار دینامیک)	بدون بعد	-
l	فاصله محل سوراخ تحت فشار	L	m
L	فاصله محل سوراخ تحت فشارنسبیL=l/D	بدون بعد	-
p	فشار استاتیک مطلق سیال	$ML^{-1}T^{-2}$	pa
q_m	دبی جرمی	MT^{-1}	kg/s
q_V	دبی حجمی	L^3T^{-1}	m^3/s
R	شعاع	L	m
Ra	انحراف ریاضی متوسط پروفیل زبری	L	m
R_u	ثابت جهانی گازها	$ML^2T^{-2}\Theta^{-1}mol^{-1}$	j/(mol.K)
Re	عدد رینولدز	بدون بعد	-
Re_D	عدد رینولدز بر حسب D	بدون بعد	-
Re_d	عدد رینولدز برحسب d	بدون بعد	-
t	دمای سیال	Θ	$°C$
T	دمای (ترمودینامیک)مطلق سیال	Θ	K
U′	عدم قطعیت استاندارد	بدون بعد	-
V	سرعت محوری متوسط سیال در لوله	LT^{-1}	m/s
Z	ضریب تراکم پذیری	بدون بعد	-
β	نسبت قطر β=d/D	بدون بعد	-

ادامه جدول۱- نمادها

γ	نسبت ظرفیت های گرمایی ویژه[b]	بدون بعد	-
δ	عدم قطعیت مطلق	c	[c]
ΔP	فشار تفاضلی	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
ΔP_c	افت فشار در عبور از آماده ساز	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
Δ	افت فشار در عبور از دستگاه اولیه	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
ε	ضریب انبساط	بدون بعد	-
κ	نمای آیزنتروپیک[b]	بدون بعد	-
λ	ضریب اصطکاک	بدون بعد	-
μ	لزجت دینامیک سیال	$ML^{-1}T^{-1}$	Pa.s
μ_{JT}	ضریب ژول تامسون	$M^{-1}LT^{2}\Theta$	K/pa
υ	ویسکوزیته ی دینامیکی سیال $\upsilon=\mu/\rho$	$L^{2}T^{-1}$	m^2/s
ξ	افت فشار نسبی(نسبت افت فشار به فشار دیفراتسیلی)	بدون بعد	-
ρ	چگالی سیال	ML^{-3}	Kg/m^3
τ	نسبت فشار $\tau=P_2/P_1$	بدون بعد	-
Φ	زاویه کلی مقطع واگرا	بدون بعد	rad

[a] M= جرم، L = طول ,T = زمان ,Θ= دما

[b] γ نسبت ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت به ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت. در گازهای ایده آل نسبت گرماهای ویژه و نمای آیزنتروپیک برابر است(به بند ۳-۳-۳ رجوع کنید). این مقادیر به طبیعت گاز بستگی دارد.

[c] ابعاد و واحدها متناظر با کمیتها هستند.

۲-۴ زیرنویس ها

زیرنویس	معنی
۱	در صفحه اندازه‌گیری بالادست جریان
۲	در صفحه اندازه‌گیری پایین‌دست جریان

۵ اصل روش اندازه‌گیری و محاسبه

۵-۱ اصل روش اندازه‌گیری

اصل روش اندازه‌گیری بر اساس شرایط نصب دستگاه اولیه(مانند صفحه اریفیس، نازل یا لوله ونتوری) به خط لوله‌ای که پر از جریان است، تعیین می‌شود. نصب دستگاه اولیه باعث اختلاف فشار استاتیک بین بالادست جریان و گلوگاه یا پایین دست جریان دستگاه می‌شود. دبی را می‌توان از مقدار اندازه‌گیری شده این اختلاف فشار و اطلاعات مشخصه‌های سیال جاری و همچنین شرایطی که دستگاه کار می‌کند، به دست آورد. فرض

می‌شود که دستگاه از لحاظ هندسی شبیه به دستگاهی کالیبره شده است و تحت همان شرایط کار می‌کند (به سایر قسمت‌های این استاندارد رجوع کنید).

از آنجایی که دبی جرمی به فشار تفاضلی مربوط است و محدوده عدم قطعیت آن در این استاندارد بیان شده است، با استفاده از معادله (۱) می‌توان دبی را محاسبه کرد:

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta P \rho_1} \qquad (۱)$$

به طور مشابه، مقدار دبی حجمی را با استفاده از معادله(۲) می‌توان محاسبه کرد:

$$q_V = \frac{q_m}{\rho} \quad (۲)$$

که در آن:

ρ : چگالی سیال در دما و فشاری است که حجم در آن شرایط بیان شده است.

۵-۲ روش تعیین نسبت قطر دستگاه اولیه استاندارد انتخاب شده

در عمل، هنگام تعیین نسبت قطر یک دستگاه اولیه که باید در خط لوله معین نصب شود، εو C مورد استفاده در معادله (۱) در حالت کلی معلوم نیستند. بنابراین موارد زیر به صورت مقایسه‌ای انتخاب می‌شوند:

- نوع دستگاه اولیه‌ای که باید مورد استفاده قرار گیرد؛ و
- دبی جریان و مقدار متناظر فشار تفاضلی.

سپس مقادیر q_mو Δpمربوط در معادله(۱) قرار می گیرند و به این شکل بازنویسی می‌شوند:

$$\frac{C\varepsilon\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = \frac{4q_m}{\pi D^2 \sqrt{2\Delta p \rho_1}}$$

که نسبت قطر دستگاه اولیه انتخابی از طریق تکرار تعیین می‌شود.

۵-۳ محاسبه دبی

محاسبه دبی جریان، که فرآیندی کاملا ریاضی است، با جای‌گزین کردن عبارت‌های مختلف با مقادیر عددی سمت راست معادله (۱) انجام می‌شود.

به جز حالت لوله‌های ونتوری، ممکن است C به ε وابسته باشد، که آن نیز به q_m بستگی دارد. در چنین مواردی باید مقدار نهایی Cو در نتیجه q_m از طریق تکرار به دست آید. برای راهنمایی بیشتر به پیوست الف، برای انتخاب فرآیند تکرار و حدس اولیه رجوع کنید.

قطرهای D وdکه در معادلات آورده شده‌اند، مقادیر قطرها در شرایط کاری هستند. اندازه‌گیری‌هایی که در شرایط دیگری صورت می‌گیرند باید برای هر انبساط یا انقباض احتمالی دستگاه اولیه و خط لوله به دلیل مقادیر دما و فشار سیال حین اندازه‌گیری مورد تصحیح قرار گیرند.

لازم است که چگالی و ویسکوزیته سیال تحت شرایط کاری معلوم باشند. در مورد سیال قابل تراکم باید نمای آیزنتروپیک نیز تحت شرایط کاری معلوم باشد.

۵-۴ تعیین چگالی، فشار و دما

۵-۴-۱ کلیات

هر روش تعیین مقادیر قابل اعتماد چگالی، فشار استاتیک و دمای سیال قابل قبول است به شرطی که درتوزیع جریان در هر سطح مقطع مورد اندازه‌گیری مشکلی ایجاد نکند.

۵-۴-۲ چگالی

دانستن چگالی سیال در بالادست صفحه اندازه‌گیری فشار لازم است، می‌توان چگالی را به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد یا با دانستن فشار استاتیک مطلق، دمای مطلق و ترکیب سیال در آن موقعیت از طریق معادله حالت مناسب محاسبه کرد.

۵-۴-۳ فشار استاتیک

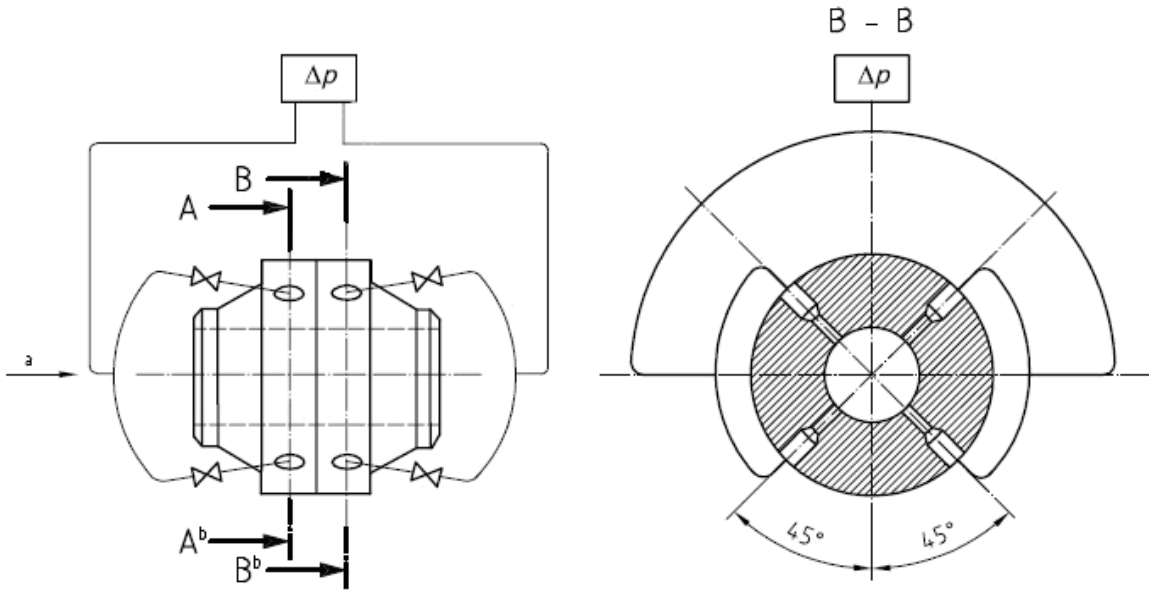
فشار استاتیک سیال باید توسط صفحه-لوله اندازه‌گیری فشار مجزا اندازه‌گیری شود، یا صفحه‌های اندازه-گیری متعدد که به یکدیگر وصل شده‌اند، یا در صورتی که استفاده از سوراخ حلقه تعادل برای اندازه‌گیری فشار تفاضلی در آن دستگاه اولیه خاصی مجاز باشد، توسطسوراخ حلقه تعادل[1] اندازه‌گیری شود(به بند ۵-۲ در قسمت ۲، بند ۲-۲-۵، ۵-۱-۵ یا ۵-۳-۳در قسمت ۳ یا بند ۵-۴ در قسمت ۴ این استاندارد به تناسب مراجعه کنید).

در حالتی که چهار سوراخ اندازه‌گیری فشار به یکدیگر متصل شده باشند تا فشار بالادست جریان، پایین دست یا گلوگاه دستگاه اولیه حاصل شود، بهتر است که به شکل سه گانه T'' به یکدیگر متصل شوند مانند شکل ۱. ترتیب شکل‌گیری سه گانه T'' اغلب در اندازه‌گیری‌های با لوله‌های ونتوری مورد استفاده قرار می-گیرد.

فشار استاتیک سوراخ اندازه‌گیری باید از سوراخ‌های اندازه‌گیری فشار تفاضلی متمایز باشد.

اتصال هم‌زمان یک سوراخ اندازه‌گیری فشار و وسایل اندازه‌گیری فشار تفاضلی و یک دستگاه اندازه‌گیری فشار استاتیک به شرطی که این اتصال دوگانه منجر به انحراف در اندازه‌گیری فشارتفاضلی نشود، مجاز است.

1- *Carrier ring tapping*



[a] جریان

[b] مقطع A-A (بالادست جریان) هم‌چنین نوعی برای مقطع B-B(پایین دست جریان)

شکل ۱- ترتیب قرار گیری سه گانه"T"

۵-۴-۴ دما

۵-۴-۴-۱دمای سیال ترجیحا در پایین‌دست دستگاه اولیه اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری دما به احتیاط خاصی نیاز دارد. غلاف یا حباب ترمومتر باید کمترین فضای ممکن را اشغال کند. اگرحباب در پایین‌دست جریان قرارگرفته باشد، فاصله بین ترمومتر و دستگاه اولیه باید حداقل معادل $5D$باشد(و حداکثر $15D$ در صورتی که سیال گاز باشد) (در مورد لوله ونتوری این فاصله از صفحه اندازه‌گیری فشارگلوگاه اندازه‌گیری می‌شود و حباب نیزباید حداقل در فاصله$2D$ در پایین‌دست جریان از انتهای مقطع دیفیوزر قرار داشته باشد)، و اگر حباب در بالادست جریان واقع شده باشد، بسته به نوع دستگاه اولیه باید مطابق مقادیر ارائه شده در سایر قسمت‌های این استاندارد باشد.

در محدوده کاربردهای این استاندارد می‌توان به طور کلی فرض کرد که دماهای بالادست و پایین دست جریان در نقاط اندازه‌گیری فشار تفاضلی یکسان هستند. به هر حال، در صورتی که سیال گاز ایده‌آل نباشد و دقت بسیار بالایی مورد نیاز باشد و افت فشار زیادی بین نقطه اندازه‌گیری فشار بالادست و موقعیت اندازه-گیری دمای پایین دست جریان دستگاه اولیه وجود داشته باشد، نیاز به محاسبه دمای بالادست جریان از روی پایین دست جریان وجود دارد (در فاصله‌ای بین $15D$تا $5D$از دستگاه اولیه)، با این فرض که انبساط بین دو نقطه از نوع آنتالپی ثابت باشد. برای انجام محاسبه افت فشار $\Delta\varpi$بسته به نوع دستگاه اولیه از بند ۵-۴ قسمت ۲، بند ۵-۱-۸، ۵-۲-۸ یا ۵-۳-۶ قسمت ۳ یا بند ۵-۹ از قسمت ۴ این استاندارد می‌توان استفاده کرد. سپس مقدار متناظر افت دما از نقطه اندازه‌گیری فشار بالادست تا نقطه اندازه‌گیری پایین دست جریان، ΔT، را می‌توان با استفاده از ضریب ژول تامسون، μ_{JT} ،که در بند ۳-۳-۴ توصیف شد، مورد ارزیابی قرار داد:

$$\Delta T = \mu_{JT}\Delta\varpi$$

یادآوری ۱- کار تجربی نشان داده است که این روش، روش مناسبی برای صفحات اریفیس است. برای بررسی صحیح بودن در مورد سایر دستگاه‌های اولیه نیازمندکار بیشتر است.

یادآوری ۲- با وجود این‌که بین نقطه اندازه‌گیری فشار بالادست و نقطه اندازه‌گیری دمای پایین‌دست جریان، انبساط آنتالپی ثابت فرض شده است، اما این امر در تناقض با انبساط آنتروپی ثابت بین نقاط اندازه‌گیری در بالادست و گلوگاه نیست.

یادآوری ۳- اندازه‌گیری دما در شرایطی که سرعت گاز در لوله بیش از مقدار تقریبی $۵۰ m/s$ باشد، می‌تواند منجر به افزایش عدم قطعیت به دلیل ضریب پوشش دما شود.

۵-۴-۴-۲دمای دستگاه اولیه و سیال بالادست آن یکسان فرض می‌شود.

۶ الزامات کلی برای اندازه‌گیری‌ها

۶-۱ دستگاه اولیه

۶-۱-۱دستگاه اولیه باید مطابق با قسمت کاربردی استاندارد ISO5167 ساخت، نصب و استفاده شود.

در صورتی که مشخصه‌های تولید یا شرایط استفاده از وسایل اولیه خارج از محدوده‌های ارائه شده در قسمت کاربردی استاندارد ISO 5167 باشد، نیاز به کالیبراسیون دستگاه اولیه به طور جداگانه و تحت شرایط استفاده وجود دارد.

۶-۱-۲شرایط دستگاه اولیه باید پس از هر اندازه‌گیری یا مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌ها، یا در بازه‌های نزدیک به یکدیگر کنترل شود، به گونه‌ای که تطابق آن با قسمت کاربردی این استاندارد حفظ شود. بهتر است توجه کرد که حتی سیالات به ظاهر خنثی نیز ممکن است روی وسیله اولیه آثار رسوب و ته نشینی به جا بگذارند. تغییرات حاصل در ضریب تخلیه که به مرور زمان اتفاق می‌افتد می‌تواند منجر به مقادیر خارج از محدوده عدم قطعیت‌های ارائه شده در قسمت کاربردی این استاندارد شود.

۶-۱-۳دستگاه اولیه باید از موادی با ضریب انبساط گرمایی معلوم ساخته شود.

۶-۲ طبیعت سیال

۶-۲-۱سیال ممکن است تراکم‌پذیر باشد یا تراکم ناپذیر فرض شود.

۶-۲-۲سیال باید به گونه‌ای باشد که بتوان آن را به طور فیزیکی و گرمایی همگن و تک‌فاز فرض کرد. رفتار محلول‌های کلوئیدی با درجه بالای پراکندگی (مانند شیر)، و فقط این محلول‌ها، تک‌فاز در نظر گرفته می‌شود.

۶-۳ شرایط جریان

۶-۳-۱همه قسمت‌های این استاندارد برای اندازه‌گیری جریان‌های ضربانی به کار نمی‌رود، این نوع جریان در استاندارد ISO/TR 3313 مورد بحث قرار می‌گیرد. دبی جریان ثابت است یا، در عمل، به طور جزئی و به آرامی با زمان تغییر می‌کند.

در صورت برقراری شرط زیر جریان ضربانی محسوب نمی‌شود:

$$\frac{\Delta p'_{rms}}{\bar{\Delta p}} \leq 0.1$$

که در آن:

$\overline{\Delta P}$ مقدار متوسط زمانی فشار تفاضلی؛

$\Delta \hat{p}$ بخش نوسانی فشار تفاضلی؛

$\Delta p'_{rms}$ مقدار مربع میانگین ریشه $\Delta \hat{p}$ است.

$\Delta p'_{rms}$ را فقط با استفاده از یک حس‌گر فشار تفاضلی با پاسخ‌دهی سریع می‌توان به طور دقیق اندازه‌گیری کرد، علاوه بر این، تمام سیستم ثانویه باید مطابق با توصیه‌های طراحی تعیین شده در استانداردISO/TR3313باشد. به هر دلیل معمولا نیاز به کنترل مطابقت با این شرط وجود ندارد.

۶-۳-۲ عدم قطعیت‌های تعیین شده در قسمت کاربردی همه قسمت‌های این استاندارد فقط در صورتی معتبر می‌باشند که هیچ تغییر فازی در عبور از دستگاه اولیه وجود نداشته باشد. افزایش قطر سوراخ یا گلوگاه دستگاه اولیه باعث کاهش فشار تفاضلی می‌شود، که ممکن است مانع تغییر فاز شود. در مورد مایعات، فشار در گلوگاه به کمتر از فشار بخار مایع نمی‌رسد(در غیر این‌صورت کاویتاسیون اتفاق می‌افتد). اگر گاز در مجاورت نقطه شبنم خود باشد، فقط محاسبه دما در گلوگاه مورد نیاز است، در این صورت می‌توان دما را با فرض یک انبساط آنتروپی ثابت در شرایط بالادست جریان محاسبه کرد(در برخی موارد دمای بالادست باید بر طبق معادله بند ۵-۴-۴-۱ محاسبه شود)، دما و فشار در گلوگاه باید به گونه‌ای باشد که سیال در ناحیه تک‌فاز قرار گیرد.

۶-۳-۳ در صورتی که سیال گاز باشد، نسبت فشار تعریف شده در بند ۳-۱-۴ باید بزرگ‌تر یا مساوی یا ۰/۷۵ باشد.

۷ الزامات نصب

۷-۱ کلیات

۷-۱-۱روش اندازه‌گیری فقط در مورد سیالات جاری در خط لوله با مقطع دایروی می‌تواند به کار رود.

۷-۱-۲در مقطع اندازه‌گیری باید لوله پر از سیال باشد.

۷-۱-۳دستگاه اولیه باید بین دو مقطع مستقیم از لوله استوانه‌ای با قطر ثابت و طول حداقل معینی که در آن هیچ گونه مانع یا انشعابی به غیر از موارد تعیین شده در بند ۶ از قسمت‌های ۲، ۳ و ۴ این استاندارد، که هر یک برای دستگاه اولیه خاصی مناسب هستند، وجود نداشته باشد، جاگذاری شود.
در صورتی که انحراف لوله از خط مستقیم بیش از ٪۰٫۴ طول لوله نباشد، می‌توان لوله را مستقیم در نظر گرفت.معمولا بازدید چشمی کافی است. نصب فلنج‌ها در مقاطع مستقیم از بالادست لوله و پایین دست دستگاه اولیه مجاز است.فلنج‌ها باید به گونه‌ای تنظیم شوند که انحراف آنها از خط مستقیم بیش از ٪۰٫۴ نباشد. حداقل طول مستقیم لوله مطابق با الزامات یک نصب ویژه، با نوع و مشخصه‌های دستگاه اولیه و طبیعت جازنی لوله تغییر می‌کند.

۷-۱-۴سوراخ لوله باید در تمام طول حداقل مستقیم لوله دایروی باشد. در صورتی که با بازدید چشمی سطح مقطع دایروی به نظر برسد، دایروی بودن مقطع را می‌پذیریم. دایروی بودن خارج لوله را می‌توان به عنوان راهنما در نظر گرفت، به غیر از نواحی بسیار نزدیک (2D)دستگاه اولیه که الزامات خاصی بر طبق دستگاه اولیه مورد استفاده به کار گرفته خواهد شد.
لوله درزدار را می‌توان با این شرط که دانه‌های حاصل از جوشکاری داخلی با محور لوله در تمام طول لازم برای ارضای الزامات نصب دستگاه اولیه خاص، موازی باشد می‌توان مورد استفاده قرار داد. ارتفاع هیچ یک از دانه‌های حاصل از جوشکاری نباید بیش از گام مجاز در قطر باشد. جز حالتی که درز حلقوی باشد، خط جوش نباید در بازه $\pm 30^\circ$ اطراف خط مرکزی سوراخ‌های اندازه‌گیری که در رابطه با دستگاه اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند، باشد. در صورت استفاده از درز حلقوی، موقعیت جوشکاری معنادار نیست. اگر از لوله مارپیچ استفاده شده باشد، سطح داخلی لوله باید تا حد صیقلی شدن ماشین‌کاری شود.

۷-۱-۵ داخل لوله باید همیشه تمیز باشد. کثیفی که بتواند از لوله جدا شود، باید از بین برود. هر نقص لوله فلزی مانند لایه‌های فلزی باید از بین برود.
مقدار قابل قبول زبری لوله به دستگاه اولیه بستگی دارد. در هر مورد محدودیت‌هایی در مورد مقدار انحراف میانگین ریاضی پروفیل زبری، *Ra*(به بند ۵-۳-۱ از قسمت ۲، بندهای ۵-۱-۲-۹، ۵-۱-۶-۱، ۵-۲-۲-۶، ۵-۲-۶-۱، ۵-۳-۱-۹ و ۵-۳-۴-۱ از قسمت ۳ یا بندهای ۵-۲-۷ تا ۵-۲-۱۰ و ۶-۴-۲ از قسمت ۴ این استاندارد رجوع کنید). بهتر است زبری سطح داخلی لوله در موقعیت‌های محوری یکسان با موقعیت‌های مورد استفاده برای تعیین و تعریف قطر داخلی لوله مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. حداقل چهار اندازه‌گیری باید برای تعیین زبری سطح داخلی لوله مورد استفاده قرار گیرد. در اندازه‌گیری *Ra*، از نوع متوسط گیرنده الکترونیکی ابزار زبری سطح که مقدار قطع آن از ۰٫۷۵mmکمتر نباشد و محدوده اندازه‌گیری کافی برای اندازه‌گیری مقادیر *Ra*که در لوله‌ها وجود دارد، استفاده می‌شود. همان طور که در بند ۶-۱-۲ بیان شد، زبری می‌تواند با زمان تغییر کند و این امر در تعیین دوره زمانی تمیزکردن لوله یا کنترل مقدار *Ra* باید به حساب آورده شود.

مقدار تقریبی Ra را می توان با این فرض که Raبرابر با k/π است به دست آورد، که k زبری یکنواخت معادل که در دیاگرام مودی داده شده است، می‌باشد(به مرجع [۳] رجوع کنید). مقدار kبه طور مستقیم توسط آزمون افت فشار یک نمونه طول لوله به دست می‌آید و با استفاده از معادله کولبروک- وایت[1](به بند ۷-۴-۵-۱ رجوع کنید) برای محاسبه مقدار k از مقدار اندازه‌گیری شده ضریب اصطکاک محاسبه می‌شود. مقادیر تقریبی k برای مواد مختلف را نیز می توان از جداول مختلف ارائه شده در کتاب های مرجع به دست آورد، جدول ب-۱مقادیر k را برای مواد مختلف ارائه می‌دهد.

۷-۱-۶ ممکن است لوله سوراخ‌های زه‌کشی و/ یا سوراخ‌های هواگیری برای خارج شدن رسوبات جامد و سیالاتی که دارای هوا هستند، داشته باشد.
سوراخ‌های زه‌کشی و هواکشی نباید در نزدیکی دستگاه اولیه قرار گرفته باشد. در صورتی که این امر امکان-پذیر نباشد، قطر این سوراخ‌ها باید کمتر از ۰٫۰۸D باشد و باید به گونه‌ای قرار بگیرند که حداقل فاصله، که روی خط مستقیمی که از هر یک از این سوراخ ها به سوراخ‌های اندازه‌گیری فشار دستگاه اولیه در سمت یکسان با سوراخ‌ها اندازه‌گیری می‌شود، بیش از$0٫5D$ باشد. خط مرکزی سوراخ‌های اندازه‌گیری فشار و خط مرکزی سوراخ زه‌کشی یا هواگیری با زاویه حداقل30^{o} نسبت به محور لوله افست شود.

۷-۱-۷اندازه‌گیری عایق‌کاری در صورتی که اختلاف دما بین محیط و دمای سیال جاری که معنادار هستند و باعث ایجاد عدم قطعیت در اندازه‌گیری می‌شوند، مورد نیاز است. این امر به ویژه در صورتی که سیالات مورد اندازه‌گیری در حوالی نقطه بحرانی که تغییرات اندک دما موجب تغییرات شدید در چگالی می‌شود قرار داشته باشد، بسیار صادق است. این امر می‌تواند در دبی‌های پایین مهم باشد، که تاثیرات انتقال حرارت ممکن است موجب انحراف پروفیل‌های دما شود، به عنوان مثال، لایه‌بندی لایه‌های دما از بالا به پایین. ممکن است تغییری در مقدار دمای متوسط از بالادست جریان به سمت پایین دست اندازه‌گیر وجود داشته باشد.

۷-۲ حداقل طول‌های مستقیم بالادست و پایین دست جریان

۷-۲-۱ دستگاه اولیه در خط لوله در موقعیتی نصب می‌شود که شرایط جریان بسیار نزدیک بالادست دستگاه اولیه تقریبا بدون چرخش و جریان کاملا توسعه یافته در لوله است. شرایطی که این الزامات را برآورده کنند در بند ۷-۳ معین شده‌اند.

۷-۲-۲حداقل طول‌های مستقیم بالادست و پایین دست جریان مورد نیاز برای نصب بین اتصالات مختلف و دستگاه اولیه به دستگاه اولیه بستگی دارد. برای برخی از اتصالات مورد استفاده متداول که در بند ۶ قسمت-های ۲ و ۳ و ۴ این استاندارد معین شده‌اند، حداقل طول‌های مستقیم لوله ممکن است مورد استفاده قرار

1- Colebrook-White

بگیرند. به هر حال، یک آماده ساز جریان که در بند ۷-۴ توصیف شده است، اجازه استفاده از طول‌های بالادست بسیار کوتاه‌تری را به ما خواهد داد. چنین آماده‌ساز جریانی در بالادست جریان دستگاه اولیه، در جایی که طول مستقیم کافی برای دست‌یابی به سطح مطلوب عدم قطعیت در دسترس نباشد، نصب می‌شود.

۷-۳ الزامات کلی برای شرایط جریان در دستگاه اولیه

۷-۳-۱ الزامات

اگر شرایط داده شده در بند ۶ از قسمت‌های ۲، ۳ یا ۴ این استاندارد ارضا نشود و بتوان ثابت کرد که شرایط جریان در دستگاه اولیه در تمامی محدوده‌های عدد رینولدز فرآیند اندازه‌گیری جریان بدون چرخش و کاملا توسعه یافته(همان طور که در بندهای ۷-۳-۲ و ۷-۳-۷ تعریف شده است)است، قسمت کاربردی همه قسمت‌های این استاندارد هم‌چنان معتبر می‌ماند.

۷-۳-۲ شرایط بدون چرخش

در صورتی که زاویه چرخش در تمام نقاط سطح مقطع کمتر از 2° باشد، می توان جریان را بدون چرخش فرض کرد.

۷-۳-۳ شرایط جریان قابل قبول

در صورتی می‌توان شرایط پروفیل سرعت را قابل قبول فرض کرد که در هر نقطه در عرض سطح مقطع، نسبت سرعت محوری محلی به بیشینه سرعت محوری در سطح مقطع در محدوده ٪۵ از سرعتی که می‌تواند در جریان بدون چرخش در موقعیت شعاعی یکسان در سطح مقطع واقع در انتهای یک لوله مشابه مستقیم بسیار طویل(بیش ازD۱۰۰) (جریان کاملا توسعه یافته) حاصل شود.

۷-۴ آماده ساز جریان[1] (به پیوست پ رجوع کنید)

۷-۴-۱ آزمون تطابق

۷-۴-۱-۱با این شرط که آماده ساز جریان آزمون تطابق را در بندهای ۷-۴-۱-۲ تا ۷-۴-۱-۶ برای دستگاه اولیه خاص گذرانده باشد، می‌توان از آماده‌ساز جریان همان نوع دستگاه اولیه با هر مقدار نسبت قطر پایین-دست جریان به هر اتصال بالادست جریان تا ۰٫۶۷ استفاده کرد. با این شرط که فاصله بین آماده ساز جریان و دستگاه اولیه و فاصله بین اتصال بالادست و آماده ساز جریان مطابق با بند ۷-۴-۱-۶ و طول مستقیم پایین‌دست جریان مطابق با الزامات آن دستگاه اولیه خاص باشد(ستون ۱۴ از جدول قسمت ۳ این استاندارد، ستون ۱۲ از جدول ۳ قسمت ۳ این استاندارد یا متن جدول ۱ از قسمت ۴ این استاندارد)، نیازی به افزایش عدم قطعیت ضریب تخلیه برای به حساب آوردن شرایط نصب نیست.

1- Flow conditioners

۷-۴-۱-۲در صورت استفاده از یک دستگاه اولیه با نسبت قطر، ۰٫۶۷ تغییر مقدار ضریب تخلیه از مقدار به دست آمده در یک لوله مستقیم طویل کمتر از ٪۰٫۲۳ خواهد بود در صورتی که آماده‌ساز جریان در هریک از موقعیت‌های زیر نصب شده باشد:

الف- در شرایط جریان خوب؛

ب-پایین‌دست جریان یک شیر کشویی نیمه باز(یا صفحه اریفیس به شکلD)؛

پ- پایین‌دست یک دستگاه که تولید چرخش بالایی می‌کنند(دستگاه باید حداکثر زاویه چرخش در عرض لوله حداقل °۲۴ در فاصله ۱۸D از پایین‌دست آن یا حداقل °۲۴ در فاصله ۳۰Dاز پایین دست آن تولید کند). چرخش ممکن است با یک چرخنده یا دستگاه دیگری تولید شود. نمونه‌ای از یک چرخنده چورون[1] است که در شکل ۲ نشان داده شده است.

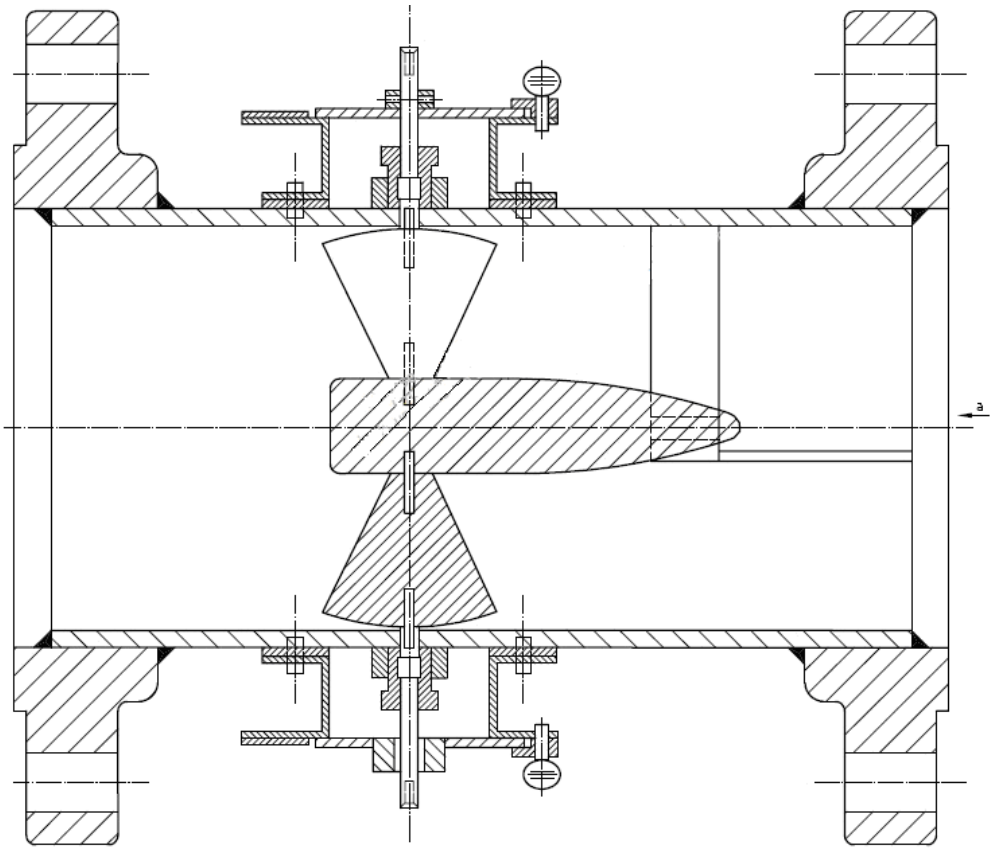
در بالادست اتصالات در بندهای ب و پ طول مستقیم لوله خواهد بود که باید به اندازه‌ای طولانی باشد تا دستگاه اولیه تحت تاثیر اتصالات بالادست جریان تعریف شده در بندهای بیا پ قرار نگیرد.

یادآوری- این آزمون‌ها برای تایید این‌که یک آماده ساز جریان دارای شرایط زیر است، مورد نیازند:

- تاثیر وارونه‌ای در شرایط جریان خوب ندارد؛
- در جریان‌هایی که به شدت نامتقارن هستند کارآمد است؛ و
- در جریان‌های بسیار چرخشی، مانند جریان‌هایی که در پایین دست یک سری لوله پیدا می‌شود، کارآمد است.

استفاده از این آزمون به این معنا نیست که اندازه‌گیری جریان باید در پایین‌دست یک دریچه کشویی نیمه باز انجام بگیرد، کنترل جریان باید در پایین‌دست دستگاه اولیه انجام بگیرد. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد کاری که این آزمون بر اساس آن انجام گرفته است و چرخنده چورون به مراجع [۴] و [۵] مراجعه کنید.

1 -Chevron



شکل ۲- چرخنده چورون

۷-۴-۱-۳ با استفاده از یک دستگاه اولیه با نسبت قطر۰/۴، تغییر مقدار ضریب تخلیه از مقدار به دست آمده در یک لوله مستقیم طویل کمتر از۰/۲۳٪ خواهد بود در صورتی که آماده‌ساز جریان در پایین دست جریان همان اتصال نصب شده باشد. مانند بند ۷-۴-۱-۲پ).

یادآوری- این آزمون در موردی که هنوز چرخش در پایین دست آماده ساز وجود داشته باشد کاربرد دارد. چرخش روی ضریب تخلیه برای ۰/۴=βبیش از ۰/۶۷=β کارآمدتر است.

۷-۴-۱-۴برای تایید قابلیت پذیرش دستگاه‌های آزمون و دستگاه اولیه که آزمون با آن‌ها انجام می‌گیرد، خط مبنای ضرایب تخلیه برای هر دستگاه اولیه، همان طور که در لوله‌های طویل با وسایل آزمون اندازه-گیری شده، در محدوده عدم قطعیت معادله ضریب تخلیه برای یک دستگاه اولیه کالیبره نشده قرار می‌گیرد که در زیر آورده شده است:

- بندهای ۵-۳-۲-۱ و ۵-۳-۳-۱ از قسمت دوم این استاندارد برای یک صفحه اریفیس؛
- بندهای ۵-۱-۶-۲ و ۵-۱-۷-۱ از قسمت سوم این استاندارد برای نازل ISA 1932؛
- بندهای ۵-۲-۶-۲ و ۵-۲-۷-۱ از قسمت دوم این استاندارد برای نازل با شعاع زیاد؛
- بندهای ۵-۳-۴-۲ و ۵-۳-۵-۱ از قسمت سوم این استاندارد برای نازل ونتوری؛
- بندهای ۵-۵-۲ و ۵-۷-۱ از قسمت چهارم این استاندارد برای لوله ونتوری با یک مقطع همگرای "نتراشیده یا ریختگی"؛

- بندهای ۵-۵-۳ و ۵-۷-۲ از قسمت چهارم این استاندارد برای لوله ونتوری با یک مقطع همگرای ماشینکاری شده؛ یا

- بندهای ۵-۵-۴ و ۵-۷-۳ از قسمت چهارم این استاندارد برای لوله ونتوری با مقطع همگرایی که از صفحه آهنی با جوشکاری زبر ساخته شده است.

برای این آزمون‌ها، وسایل آزمون باید اول چرخش را از بین ببرند و سپس طول کافی در بالادست جریان دستگاه اولیه داشته باشند.برای یک صفحه اریفیس طول۷۰D کافی خواهد بود.

۷-۱-۴-۵ اگر لازم باشد که آماده‌ساز جریان در هر عدد رینولدزی قابل قبول باشد، در این صورت باید نه تنها بندهای ۷-۴-۱-۲ و ۷-۴-۱-۳ در یک عدد رینولدز را ارضا کند بلکه باید موارد بندهای الف، ب و پ از بند ۷-۴-۱-۲ را در عدد رینولدز ثانویه نیز ارضا کند. اگر دو عدد رینولدز لوله Re_{low} و Re_{high}باشند، باید در معیار زیر صدق کنند:

$$10^4 \leq Re_{low} \leq 10^6 , Re_{high} \geq 10^6$$

و

$$\lambda(Re_{low}) - \lambda(Re_{high}) \geq 0{,}0036,$$

که λ ضریب اصطکاک لوله است(به مرجع [۳] رجوع کنید)، که می‌تواند از نمودار مودی به دست آمده باشد یا از معادله وایت-کولبروک:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1{,}74 - 2\log_{10}\left(\frac{2k}{D} + \frac{18{,}7}{Re_D\sqrt{\lambda}}\right)$$

که k معادل πRa ارزیابی می‌شود.

اگر فقط استفاده از آماده ساز جریانبرای $Re_D \geq 3 \times 10^6$ مطلوب باشد، انجام آزمون در بند ۷-۴-۱-۲ در مقدار منفردی از Re_D بزرگتر از ۳×۱۰^۶ کافی است.

اگر آماده‌ساز جریان باید برای هر اندازه لوله قابل قبول باشد، تایید اینکه نه تنها بندهای ۷-۴-۱-۲ و ۷-۴-۱-۳ را برای یک اندازه لوله ارضا می‌کند بلکه باید بندهای الف یا ب یا پ از بند ۷-۴-۱-۲ را در یک اندازه دیگر لوله ارضا کند. اگر دو قطر لولهD_{small} وD_{large} باشند، باید در معیار زیر صدق کنند:

$$D_{small} \leq 110\ mm \left(4\ \text{اینچ اسمی}\right) \text{و} D_{large} \geq 190mm\ (8\ \text{اینچ اسمی})$$

یادآوری- الزامات ضریب اصطکاک برای صفحه اریفیس تعیین شده‌اند، ممکن است پروفیل سرعت به اندازه کافی تغییر یابد تا ضریب تخلیه حداقل دو برابر بیشینه مقدار مجاز به دلیل شرایط نصب تغییر کند. از مراجع [۶] و [۷]، تاثیر تغییرات ضریب اصطکاک توسط رابطه زیر داده می‌شود:

$$\Delta C = 3{,}134\ \beta^{3.5}\Delta\lambda$$

با در نظر گرفتن C برابر با ۰.۶ و حداقل مقدار تغییر لازم درC به شکل $1{,}26\beta - 0{,}384\%$ برای $\beta \geq 0.67$ خواهیم داشت:

$$\Delta\lambda \geq \frac{0{,}002\,41\beta - 0{,}000\,735}{\beta^{3.5}}$$

یادآوری ۲- اگرچه برای یک نازل تاثیر $\Delta\lambda$ روی C متفاوت با تاثیرات آن روی صفحه اریفیس خواهد بود، مقادیر لازم عدد رینولدز برای آزمون تطابق هنوز مناسب به نظر می‌رسد.

از آنجایی که بازه محدودی از عدد رینولدز در قسمت‌های دوم و سوم این استاندارد برای یک نازل ونتوری یا لوله ونتوری مجاز است، آماده ساز جریانبه این شرط در این بازه قابل قبول است که در یک عدد رینولدز آزمون تطابق را گذانده باشد.

۷-۴-۱-۶محدوده فاصله بین آماده‌ساز جریانو دستگاه اولیه و فاصله بین اتصال بالادست و آماده ساز جریانکه در آزمون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند،محدوده قابل قبول فاصله‌ها را در حین استفاده از جریان-سنج تعیین می‌کنند. فاصله‌ها بر حسب اعداد قطر لوله‌ها بیان می‌شود.

۷-۴-۱-۷ اگر انجام آزمون تطابق برای آماده‌ساز جریانبرای استفاده تا مقداری بیش از ۰٫۶۷<βمطلوب باشد، ابتدا باید تطابق آن با بندهای ۷-۴-۱-۲ تا ۷-۴-۱-۵ نشان داده شود. سپس آزمون توصیف شده در بندهای ۷-۴-۱-۲، ۷-۴-۱-۴، ۷-۴-۱-۵ در بیشینه مقدار β که آماده ساز جریاندر آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، β_{max}، انجام می گیرد. مقدار تغییر مجاز در ضریب تخلیه به$(0.63\,\beta_{max} - 0.192)\%$افزایش می‌یابد. در مورد بند ۷-۴-۱-۵ :

$$\lambda(Re_{low}) - \lambda(Re_{high}) \geq \frac{0{,}002\,41\beta_{max} - 0{,}000735}{\beta_{max}^{3{,}8}}$$

سپس، به این شرط که آماده ساز آزمون تطابق را در تمامی آزمون های فوق ارضا نماید، آزمون تطابق را برای $\beta \geq \beta_{max}$ ارضا نموده است. محدوده‌های قابل قبول فاصله بین آماده ساز جریانو و سیله اولیه و بین اتصال بالادست و آماده ساز جریاندر بند ۷-۴-۱-۶ تعیین شده است.

۷-۴-۲ آزمون مخصوص

اگر آزمون تطابق برای مجاز ساختن استفاده از آماده‌ساز جریاندر پایین دست هر اتصال بالادست انجام نگرفته باشد نیاز به انجام یک آزمون جریان مخصوص است. اگر یک آزمون از این نوع نصب تغییری در ضریب تخلیه نسبت به مقدار به دست آمده در یک لوله مستقیم طویل کمتر از ٪۰٫۲۳ نشان دهد، آزمون قانع کننده اعلام می‌شود. تغییر مجاز در ضریب تخلیه تا $(0{,}63\,\beta - 0{,}192)\%$ برای مقادیر ۰٫۶۷<β≤۰٫۷۵ یا در مورد نازل ۰٫۶۷<β≤۰٫۸ یا در مورد نازل ونتوری۰٫۶۷<β≤۰٫۷۷۵. در چنین موقعیتی، نیازی به افزایش عدم قطعیت ضریب تخلیه برای در نظر گرفتن شرایط نصب نیست.

۸ عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری دبی جریان

یادآوری- اطلاعات جامع‌تر برای محاسبه عدم قطعیت اندازه‌گیری دبی جریان، یکجا با مثال، در ISO/TR 5168آورده شده است.

۸-۱ عدم قطعیت

۸-۱-۱به منظور دستیابی به اهداف مجموعه این استاندارد عدم قطعیت به عنوان بازه‌ای در حدود نتایج اندازه‌گیری که انتظار می‌رود حدود ٪۹۵ از توزیع مقادیری را که به طور منطقی می‌توان به سنجه نسبت داد در بر بگیرد، تعریف می‌شود.

۸-۱-۲عدم قطعیت اندازه‌گیری دبی جریان محاسبه می‌شود و زمانی که اندازه‌گیری مطابق با قسمت کاربردیاین استانداردها باشد، تحت این نام ارائه می‌شود.

۸-۱-۳ عدم قطعیت به شکل مطلق یا نسبی بیان می‌شود و نتایج اندازه‌گیری جریان می‌تواند به یکی از شکل‌های زیر بیان شود:

- دبی =q±δq
- دبی =q(1± δq)
- دبی =q within $(100ú_q)$%

که δq ابعادی یکسان با q خواهد داشت در حالیکه $\acute{u}_q = {}^{\delta q}/_{q}$ بدون بعد خواهد بود.

۸-۱-۴برای راحتی، بین عدم قطعیت‌های مربوط به اندازه‌گیری‌های انجام گرفته توسط کاربر و عدم قطعیت-های مربوط به مقادیر تعیین شده در قسمت کاربردی این استانداردها تمایز قائل می‌شویم. عدم قطعیت‌های بعدی روی ضریب تخلیه و ضریب قابلیت انبساط خواهند بود؛ از آنجایی که کاربر، کنترلی روی مقادیر ندارد،این عدم قطعیت‌ها، حداقل عدم قطعیتی را که با آن اندازه‌گیری ناگزیر دچار نقص خواهد بود به ما خواهد داد. این عدم قطعیت‌ها به این دلیل به وجود می‌آیند که تغییرات کوچک در هندسه دستگاه مجاز هستند و اینکه تحقیقاتی که این مقادیر بر حسب آنها گزارش می‌شوند، تحت شرایط "ایده‌آل" انجام نگرفته-اند و عدم قطعیت داشته‌اند.

۸-۲ محاسبه عملی عدم قطعیت

۸-۲-۱ عدم قطعیت‌های اجزا

از معادله(۱)، می‌توان دبی جرمی q_m رابه شکل زیر به دست آورد:

$$q_m = C\varepsilon\frac{\pi}{4}d^2\frac{\sqrt{2\Delta p\rho_1}}{\sqrt{1-\beta^4}}$$

در حقیقت، مقادیر مختلفی که در سمت راست این معادله ظاهر می‌شوند مستقل نیستند، بنابراین محاسبه مستقیم عدم قطعیت q_m به طور مستقیم از عدم قطعیت‌های این مقادیر صحیح نیست.

به عنوان مثال، C تابعی از $d, D, \Delta p, p_1, k$ است و ε تابعی از d, D, V_1, v_1, ρ_1 است.

۸-۲-۱-۱به هر حال، برای بسیاری از اهداف کاربردی کافی است فرض شود که عدم قطعیت‌های $C, \varepsilon, d, \Delta p$ و ρ_1 مستقل از یکدیگر هستند.

۸-۲-۱-۲یک رابطه کاری عملی برای δq_m می‌توان به دست آورد،که وابستگی داخلی بین C به $d_2 D$ را در نظر می‌گیرد که به عنوان نتیجه وابستگی C به β وارد محاسبات می‌شود. توجه کنید کهC ممکن است به عدد رینولدز Re_D نیز وابسته باشد. به هر حال، انحراف C به دلیل این تاثیرات در مرتبه دوم هستند و در عدم قطعیت Cدر نظر گرفته شده‌اند.

به طور مشابه، انحرافات ε که ناشی از عدم قطعیت‌ها در مقدار β هستند، نسبت فشار و نمای آیزنتروپیک مرتبه دو هستند و در عدم قطعیت εدر نظر گرفته شده‌اند. از توزیع عدم قطعیت ناشی از عبارت‌های کوواریانس می‌توان صرف نظر کرد.

۸-۲-۱-۳ عدم قطعیت‌هایی که در رابطه کاری عملی برای δq_mدر نظر گرفته شده‌اند، مربوط به کمیت های $C, \varepsilon, d, \Delta p$ و ρ_1 هستند.

۸-۲-۲ رابطه کاری عملی

۸-۲-۲-۱ رابطه کاری عملی برای عدم قطعیت، δq_m، دبی جرمی توسط معادله(۳) به شکل زیر داده می-شود:

(۳)

$$\frac{\delta q_m}{q_m} = \sqrt{\left(\frac{\delta C}{C}\right)^2 + \left(\frac{\delta \varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{2\beta^4}{1-\beta^4}\right)^2 \left(\frac{\delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{2}{1-\beta^4}\right)^2 \left(\frac{\delta d}{d}\right)^2 + \frac{1}{4}\left(\frac{\delta \Delta p}{\Delta p}\right)^2 + \frac{1}{4}\left(\frac{\delta \rho_1}{\rho_1}\right)^2}$$

در معادله (۳) برخی از عدم قطعیت‌ها مانند عدم قطعیت‌های ضریب تخلیه و ضریب انبساط‌پذیری، در بندهای ۸-۲-۲-۲ و ۸-۲-۲-۳ آورده شده‌اند، در حالی که بقیه باید توسط کاربر(به بندهای ۸-۲-۲-۴ و ۸-۲-۲-۵ رجوع کنید) تعیین شوند.

۸-۲-۲-۲ در معادله (۳)، مقادیر $\delta C/C$ و $\delta \varepsilon/\varepsilon$ از قسمت های کاربردی این استانداردها گرفته می‌شوند.

۸-۲-۲-۳اگر طول‌های مستقیم به گونه‌ای باشند که باید عدم قطعیت اضافی ٪۰٫۵ در نظر گرفته شود، این عدم قطعیت اضافی باید به طور ریاضی و طبق الزامات داده شده در بند ۶-۲-۴ از قسمت دوم، سوم و چهارم این استاندارد اضافه شود و نه به شکل درجه دو مانند سایر عدم قطعیت‌های رابطه بالا. سایر عدم قطعیت-های اضافی(بندهای ۶-۴-۴ و ۶-۵-۳ از قسمت دوم و بند ۶-۴-۴ از قسمت سوماین استاندارد) به صورت ریاضی و به همان روش اضافه خواهند شد.

۸-۲-۲-۴ در معادله (۳)، مقادیر بیشینه$\delta D/D$ و $\delta d/d$، که از مشخصه‌های داده شده در بندهای ۶-۴-۱ و ۵-۱-۸ از قسمت دوم، بندهای ۶-۴-۱، ۵-۱-۲-۵، ۵-۲-۲-۳ و ۵-۳-۱-۶ از قسمت سومو بندهای ۵-۲-۲ و ۵-۲-۴ از قسمت چهارم می‌تواند اقتباس شود یا به طور جای‌گزین مقادیر واقعی می‌تواند توسط کاربر محاسبه شود(مقدار بیشینه برای $\delta D/D$ از ٪۰٫۴ تجاوز نخواهد کرد و مقدار بیشینه$\delta d/d$ از ٪۰٫۱ تجاوز نخواهد کرد).

۸-۲-۲-۵ مقادیر $\delta \Delta p/\Delta p$ و $\delta \rho_1/\rho_1$ توسط کاربر تعیین می‌شود زیرا قسمت کاربردی این استانداردها به طور جزئی به روش اندازه گیری مقادیر Δp وρ_1 نمی پردازد. عدم قطعیت‌ها در اندازه‌گیری هر دو کمیت ممکن است شامل اجزایی باشند که توسط سازندگان به عنوان درصدی از مقیاس کلی بیان شوند. محاسبه درصد عدم قطعیت زیر مقیاس کلی این عدم قطعیت افزوده را منعکس خواهد کرد.

۸-۲-۲-۶ برای اینکه بتوانیم عدم قطعیت کلی از q_m را با این شرط که سطح اطمینانی در حدود ٪۹۵ داشته باشیم، ارائه دهیم، عدم قطعیت‌های تعیین شده توسط کاربر نیز باید در دست باشد، تا سطح اطمینان ٪۹۵ به دست آید.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

محاسبات تکراری

زمانی که یک مساله از طریق روش های محاسبه مستقیم قابل حل نباشد، ازفرآیند محاسبه تکراری استفاده می شود(به بند ۵-۳ رجوع کنید).

با در نظر گرفتن صفحات اریفیس به عنوان مثال، محاسبات تکراری برای محاسبه موارد زیر به کار می‌روند:

- دبی جرمی q_m در مقادیر معین از $\mu_1, \rho_1, D, \Delta p$ ،d؛
- قطر اریفیس d، β در مقادیر معین از $\mu_1, \rho_1, D, \Delta p$ ،q_m؛
- فشار تفاضلی Δp در مقادیر معین از μ_1, ρ_1, D, d ،q_m ؛ و
- قطرهای d، D در مقادیر معین از $\mu_1, \rho_1, \beta, \Delta p$، q_m؛

اصل کلی این است که در یک عضو تمامی مقادیر معلوم معادله اساسی دبی جرمی (۳) را گروه بندی کنیم:

$$q_m - Cc\frac{\pi}{4}d^2(1-\beta^4)^{-0.5}(2\Delta p\rho_1)^{0.5}$$

و مقادیر نامعلوم در عضو دیگر.

عضو مشخص "نا متغیر" (که با "A_n" در جدول ۱ نشان داده شده است) مساله است.

سپس یک حدس اولیه X_1 به عضو نامعلوم اضافه می شود و باعث اختلاف δ_1 بین دو عضو می شود. محاسبه تکراری باعث می‌شود یک حدس ثانویه X_2 جای‌گزین شود تا δ_2 به دست آید.

سپس $X_1, X_2, \delta_1, \delta_2$ وارد یک الگوریتم خطی می شود که $X_3 \dots X_n$ و $\delta_3 \dots \delta_n$ را تا جایی محاسبه می‌کند که $|\delta_n|$ کوچکتر از یک مقدار مشخص شود، یا تا جایی که دو مقدار متوالی از X یا δ برای یک دقت مشخص برابر باشند.

یک مثال از الگوریتم خطی با همگرایی سریع نمونه زیر است:

$$X_n = X_{n-1} - \delta_{n-1}\frac{X_{n-1} - X_{n-2}}{\delta_{n-1} - \delta_{n-2}}$$

اگر محاسبات با استفاده از یک ماشین حساب عددی قابل برنامه‌ریزی انجام بگیرد، استفاده از یک الگوریتم خطی فقط به طور جزئی محاسبات حاصل از جای‌گذاری‌های متوالی را در مورد محاسبات کاربردهای مرتبط با این استاندارد،کاهش می‌دهد.

توجه کنید که مقادیر D, d, β که در محاسبات جای می‌گیرند، مقادیری هستند که تحت "شرایط کاری" غالب هستند(به بند ۵-۳ رجوع کنید).

برای صفحات اریفیس، اگر صفحه و لوله اندازه‌گیری از مواد مختلف ساخته شده باشند، ممکن است که تغییر β ناشی از دمای کاری قابل چشم‌پوشی نباشد.

مثال‌های شماهای کامل برای محاسبات تکراری در جدول الف-۱ آورده شده‌اند.

جدول الف-۱-شماهایی برای محاسبات تکراری

مسئله	q=	d=	Δp=	D=
در مقادیر داده شده	$\mu_1, \rho_1, D, d, \Delta p$	$\mu_1, \rho_1, D, q_m, \Delta p$	μ_1, ρ_1, D,d, q_m	$\mu_1, \rho_1,\beta, q_m, \Delta p$
برای یافتن	q_mو q_V	D و β	Δp	D و d
مقدار ثابت "A_n"				
معادله تکرار				
متغیر در الگوریتم خطی				
معیار دقت(که در آن nتوسط کاربر انتخاب شده است)				
حدس اولیه		C=0.606(صفحه اریفیس) C=1(سایر دستگاههای اولیه) □=0.97(or 1)	□=1	$C=C_\infty$ $D=\infty$(برای انشعاب فلنجی)
نتایج			ΔP=X_3ج(اگر سیال مایع باشد,ΔPدر حلقه اول به دست می آید)	

پیوست ب

(اطلاعاتی)

مثال‌هایی از مقادیر زبری معادل یکنواخت دیواره لوله، k

جدول ب-۱- مقادیر k

ماده	شرایط	k	Ra
برنز، مس، آلومینیوم پلاستیک‌ها و شیشه	صاف و بدون رسوب	<۰٫۰۳	<۰٫۰۱
فولاد	جدید، ضد زنگ	<۰٫۰۳	<۰٫۰۱
	جدید، بدون درز در حالت سرد	<۰٫۰۳	<۰٫۰۱
	جدید، بدون درز در حالت گرم جدید، بدون درز در حالت گرد جدید، جوش داده شده طولی	≤۰٫۱۰	≤۰٫۰۳
	جدید، جوش داده شده اسپیرالی	۰٫۱۰	۰٫۰۳
	کمی زنگ زده	۰٫۱۰ تا ۰٫۲۰	۰٫۰۳ تا ۰٫۰۶
	زنگ زده	۰٫۲۰ تا ۰٫۳۰	۰٫۰۶ تا ۰٫۱
	روکش شده	۰٫۵۰ تا ۲	۰٫۱۵ تا ۰٫۶
	با روکش سنگین	>۲	>۰٫۶
	قیر اندود شده، جدید	۰٫۰۳ تا ۰٫۰۵	۰٫۰۱ تا ۰٫۰۱۵
	قیر اندود شده، معمولی	۰٫۱۰ تا ۰٫۲۰	۰٫۰۳ تا ۰٫۰۶
	گالوانیزه	۰٫۱۳	۰٫۰۴
چدن	جدید	۰٫۲۵	۰٫۰۸
	زنگ زده	۱ تا ۱٫۵	۰٫۳ تا ۰٫۵
	روکش شده	>۱٫۵	>۰٫۵
	قیر اندود شده، جدید	۰٫۰۳ تا ۰٫۰۵	۰٫۰۱ تا ۰٫۰۱۵
سیمان آزبستی	پوشانده شده و پوشانده نشده، جدید	<۰٫۰۳	<۰٫۰۱
	پوشانده نشده معمولی	۰٫۰۵	۰٫۰۱۵
یادآوری- در این مورد، Ra بر اساس رابطه $Ra \approx \frac{k}{3,5}$ محاسبه شده است.			

پیوست پ
(اطلاعاتی)
آماده ساز جریان و مستقیم کننده‌های جریان

پ-۱ کلیات

آماده‌ساز جریان را می‌توان به شکل آماده‌ساز جریان حقیقی یا مستقیم کننده جریان طبقه بندی کرد. در کلیه قسمت‌های این استاندارد، به غیر از این پیوست، واژه "آماده ساز جریان" برای توصیف آماده ساز جریان حقیقی و مستقیم کننده جریان استفاده می‌شود.

شمول در این پیوست به این معنا نیست که یک مستقیم کننده جریان یا آماده ساز جریان آزمون تطابق در بند ۷-۴-۱ با وسیله خاصی در موقعیت خاصی را گذرانده‌اند. وسایلی که آزمون تطابق در بند ۷-۴-۱ را با وسیله خاصی گذرانده‌اند، در قسمت های مناسب این استاندارد آورده شده‌اند.

انتظار نمی‌رود که توصیفات آماده ساز جریان و مستقیم کننده جریان که در اینجا آورده شده، استفاده از سایر طرح ها که مورد آزمون قرار گرفته اند و اینکه تغییر کوچکی در ضریب تخلیه در مقایسه با ضرایب تخلیه به دست آمده در لوله‌های مستقیم طویل به وجود می‌آید در مورد آنها اثبات شده است محدود کند.

در این پیوست، محصولات مناسبی که در دسترس هستند به عنوان مثال‌هایی از آماده ساز جریان یا مستقیم کننده های جریان ارائه شده اند(به بندهای پ-۲-۲ و پ-۳-۲ رجوع کنید). این اطلاعات برای راحتی کاربران این استاندارد ارائه شده است.

پ-۲ مستقیم کننده‌های جریان

پ-۲-۱ توصیفات کلی

یک مستقیم کننده جریان وسیله‌ای است که چرخش را حذف می‌کند یا به طور قابل ملاحظه‌ایکاهش می-دهد، اما شاید به صورت هم‌زمان قادر به ایجاد شرایط تعیین شده در بند ۷-۳-۳ نباشد.

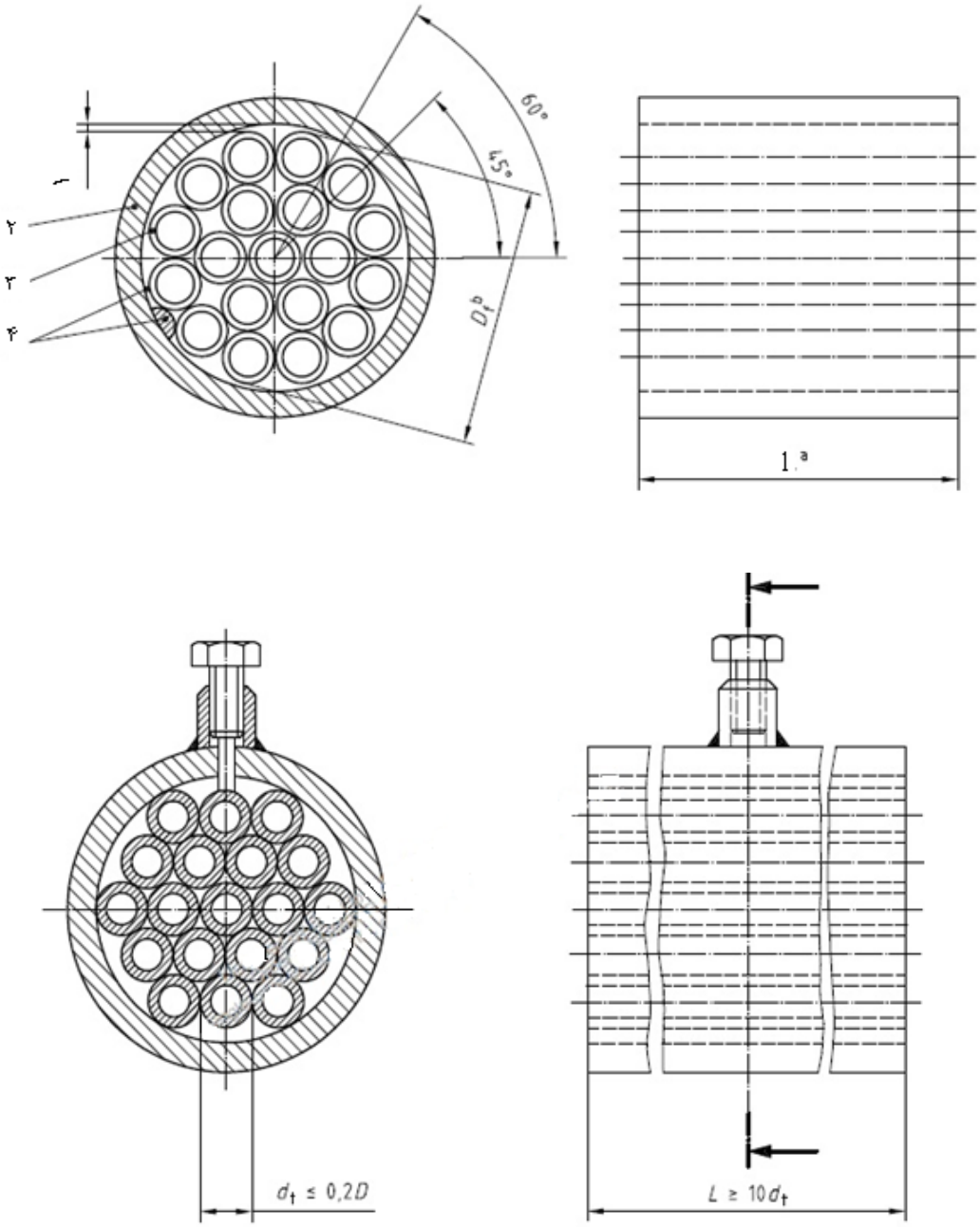
مثال‌هایی از مستقیم‌کننده‌های جریان، مستقیم‌کننده‌های جریان از نوع دسته لوله‌ها،مستقیم کننده*ACMA*و مستقیم کننده*Etolie* هستند.

پ-۲-۲ مثال‌ها

پ-۲-۲-۱ مستقیم‌کننده‌های جریان ازنوع دسته لوله‌ها

مستقیم کننده‌های جریان ازنوع دسته لوله‌ها متشکل از دسته‌ای لوله به صورت موازی و مماس هستند که به یکدیگر ثابت شده‌اند و به طور یک‌پارچه در لوله نگه داشته می‌شوند(به شکل پ-۱ رجوع کنید). اطمینان از این‌که لوله‌های مختلف با یکدیگر و در نتیجه با محور لوله موازی هستند بسیار مهم است، زیرا در صورتیکه این شرط برآورده نشود، ممکن است خود مستقیم کننده جریان باعث ایجاد چرخش در جریان شود.

حداقل باید ۱۹ لوله داشته باشیم. طول لوله‌ها باید بزرگتر یا مساوی$10d_t$ باشد، که قطر لوله d_t،در شکل پ-۱ نشان داده شده است. لوله‌ها به یکدیگر وصل شده‌اند، و دسته به لوله تکیه داده شده است.
یک مورد خاص [مستقیم کننده های جریان ازنوع دسته لوله با ۱۹ لوله (۱۹۹۸)] با جزئیات بیشتر در بند ۶-۳-۲ از قسمت دوم این استاندارد توصیف شده است.



راهنما:

۱ فاصله کاهش یافته

۲ دیواره لوله

۳ ضخامت دیواره لوله(کمتر از $0,025d$)

۴نقاطی برای نگه داشتن مجموعه در مرکز- عموما چهار نقطه

[a]طول، L، لوله‌ها باید بین 2D و3D باشد، ترجیحا تا حد امکان به 2D نزدیک باشد

[b] D_f: قطر خارجی مستقیم کننده جریان و $0,95D \leq D_f \leq D$

شکل پ-۱- مثال‌هایی از مستقیم کننده جریان از نوع دسته لوله‌ای

ضریب افت فشار،K ، برای مستقیم کننده جریان دسته لوله‌ای به تعداد لوله‌ها و ضخامت دیواره آنها بستگی دارد، اما برای مستقیم کننده جریان ۱۹ لوله‌ای(۱۹۹۸) تقریبا برابر با ۰٫۷۵ است، کهK از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$K = \frac{\Delta p_c}{\frac{1}{2}\rho V^2}$$

که در آن:

Δp_c افت فشار در طول مستقیم کننده جریان یا آماده ساز جریان؛

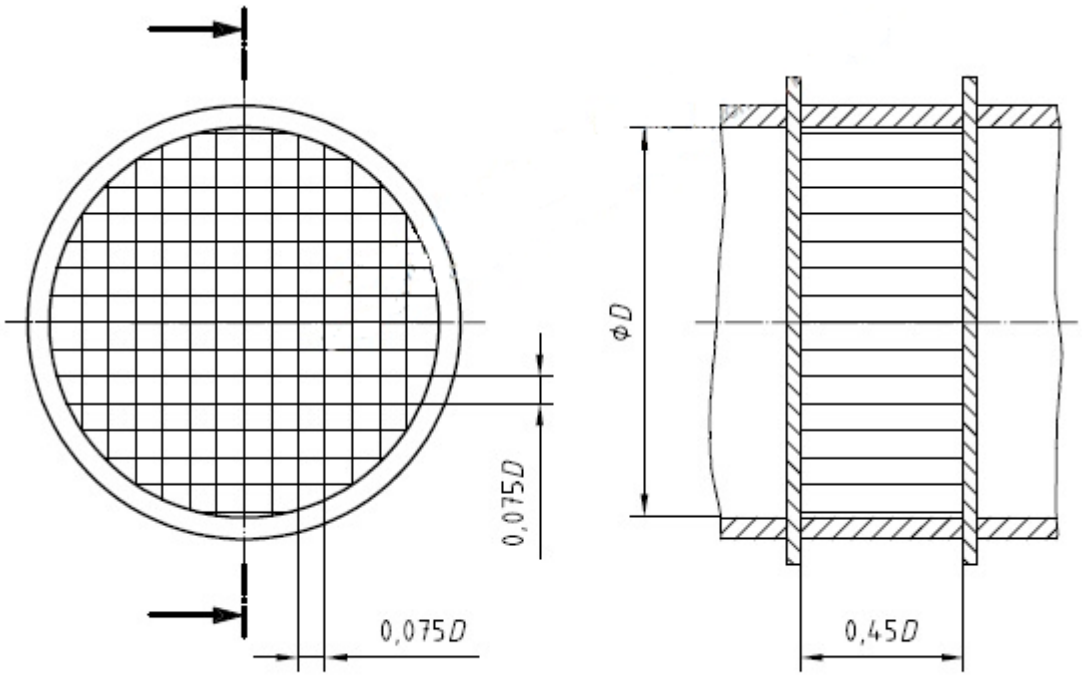
V سرعت محوری متوسط سیال در لوله است.

یک طرح جای‌گزین برای مستقیم کننده جریان دسته لوله‌ای این است که لوله‌ها از دیواره خارجی‌شان به فلنجی که به طور بسیار جزئی به لوله چسبیده است، بچسبند.

پ-۲-۲-۲ مستقیم کننده *AMCA*

مستقیم کننده *AMCA* متشکل از یک قاب لانه زنبوری با مش‌های مربع است، که ابعاد آن در شکل پ-۲نشان داده شده است. تیغه‌ها باید تا حد امکان نازک باشند ولی قدرت کافی را داشته باشند.

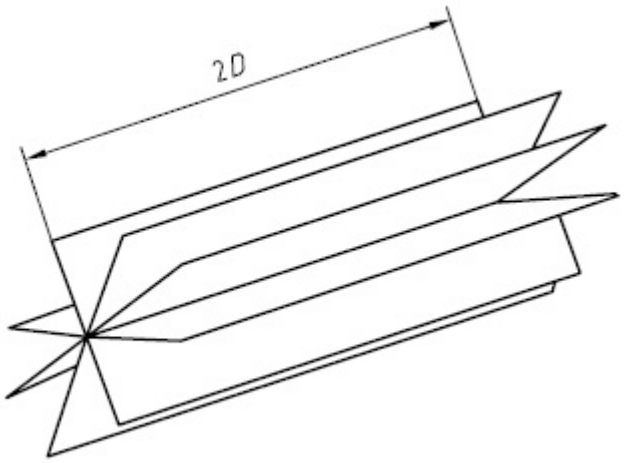
ضریب افت فشار، K، برای مستقیم کننده *AMCA* تقریبا برابر با ۰٫۲۵ است.



شکل پ-۲- مستقیم کننده جریان *AMCA*

پ-۲-۲-۳ مستقیم کننده *Etoile*

مستقیم کننده *Etoile*متشکل از هشت تیغه شعاعی با فاصله‌های زاویه‌ای برابر با طولی معادل دو برابر قطر لوله (به شکل پ-۳ رجوع کنید) است. تیغه‌ها باید تا حد امکان نازک باشند ولی قدرت کافی را داشته باشند. ضریب افت فشار برای مستقیم کننده اتویل مقداری حدود ۰٫۲۵ دارد.



شکل پ-۳- مستقیم کننده *Etoile*

پ-۳ آماده‌ساز جریان

پ-۳-۱ توصیفات کلی

یک آماده‌ساز جریان وسیله‌ای است که علاوه بر ارضای شرایط حذف یا کاهش چشم‌گیر چرخش، برای توزیع مجدد پروفیل سرعت برای ایجاد شرایط نزدیک به شرایط بند ۷-۳-۳ طراحی شده است.

بسیاری از آماده سازهای جریان یا صفحه سوراخ‌دار هستند یا یک صفحه سوراخ‌دار دارند. چندین مدل از این نوع وسیله‌ها در متن‌های فنی توصیف شده‌اند و تولید، نصب و جا دادن آنها راحت‌تر از مستقیم‌کننده جریان دسته لوله‌ای است. آماده‌سازهای جریان این مزیت را دارند که ضخامت آنها در مقایسه با طول حداقل$2D$ برای دسته لوله‌ها عموما در حدود$8D$است. علاوه بر این، از آنجایی که می‌توان آنها را با سوراخ‌کاری از ماده سخت ایجاد کرد و همیشه نیازی به ساخت نیست، وسیله‌ای قوی‌تر که می‌توان فرآیندها را تکرار کرد خواهیم داشت.

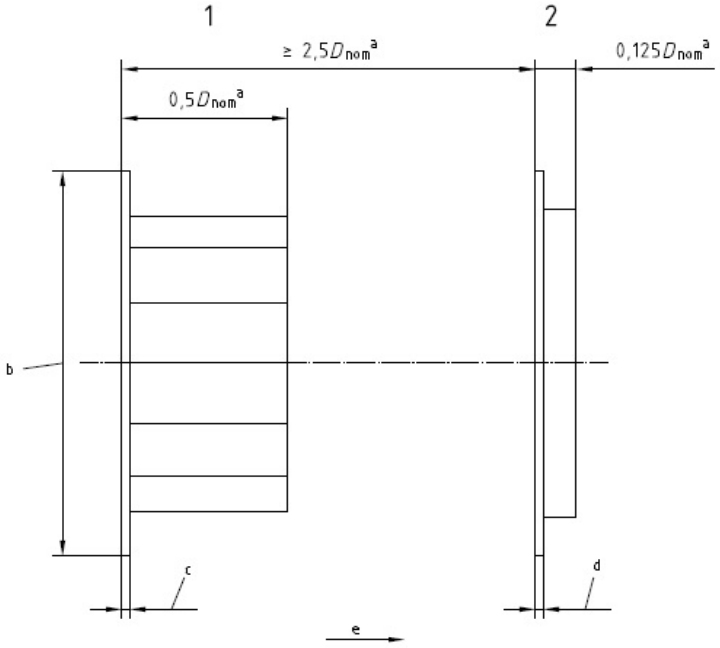
در این وسیله‌ها چرخش کاهش می‌یابد و به طور هم‌زمان پروفیل توسط پیکربندی مناسب سوراخ و عمق صفحه دوباره توزیع می‌شود.تعدادی از طراحی‌های مختلف وجود دارند که در پیوست ب از قسمت دوم این استاندارد هم نشان داده شده‌اند. هندسه صفحه در تعیین عملکرد، کارآمدی و افت فشار در صفحه نقش حساسی دارد.

*Gallagher,K-Lab NOVA, NEL(spearman), Sprenkle*و*Zanker* مثال‌هایی از آماده‌سازهای جریان هستند.

پ-۳-۲ مثال‌ها

پ-۳-۲-۱ آماده ساز جریان *Gallagher*

آماده ساز جریان *Gallagher*با یک اختراع ثبت شده پوشش داده شده است. این آماده‌ساز متشکل از یک وسیله ضد چرخش، یک محفظه ته نشینی و در نهایت یک وسیله پروفیل که در شکل‌های پ-۳ و پ-۵ نشان داده شده است.ضریب افت فشار،*K*، برای یک آماده ساز جریان *Gallagher*بستگی به مشخصه‌های سازنده آماده ساز دارد، مقدار این ضریب حدود ۲ است.



راهنما:

۱ دستگاه ضد چرخش

۲ دستگاه پروفیل

$^{a}D_{nom}$: قطر اسمی لوله

^{b} طول برابر با قطر رویه برجسته

*c*سبک لوله‌ای 3.2 mm for D_{nom} = 50 mm to 75 mm

سبک لوله‌ای 6.4 mm for D_{nom} = 100 mm to 450 mm

سبک لوله‌ای 12.7 mm for D_{nom} = 500 mm to 600 mm

سبک پره‌ای 12.7 mm for D_{nom} = 50 mm to 300 mm

سبک پره‌ای 17.1 mm for D_{nom} = 350 mm to 600 mm

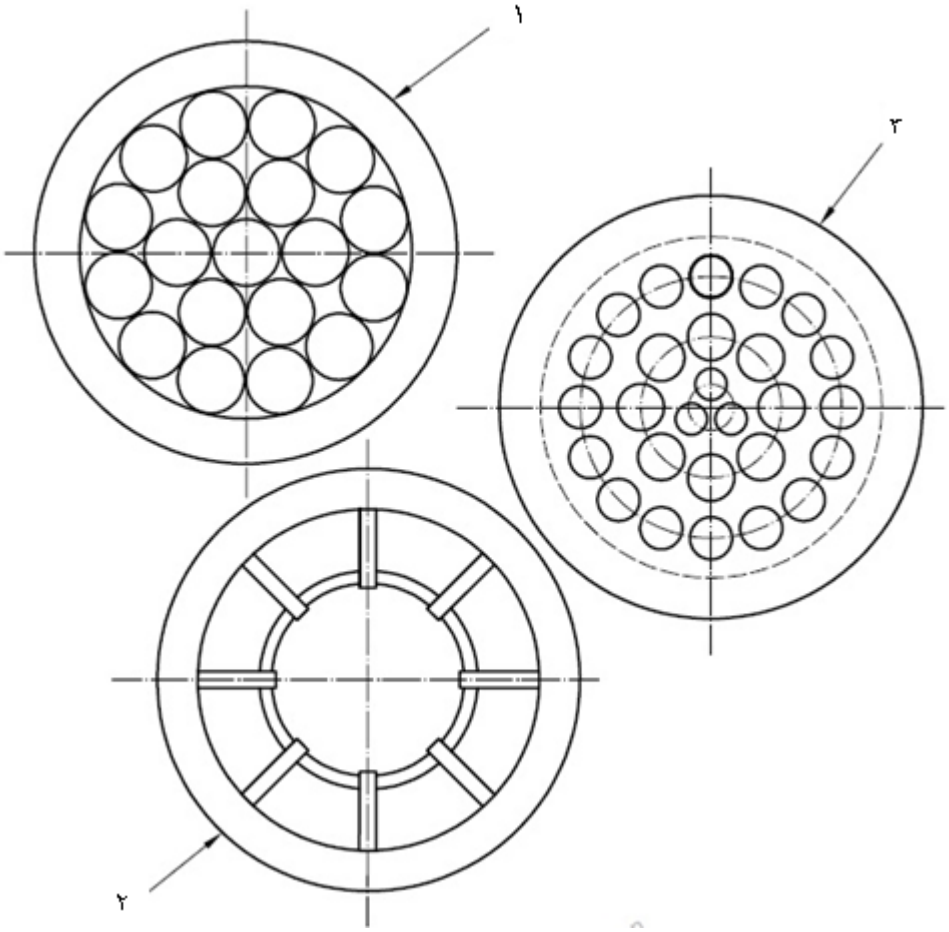
d 3.2 mm for D_{nom} = 50 mm to 75 mm

6.4 mm for D_{nom} = 100 mm to 450 mm

12.7 mm for D_{nom} = 500 mm to 600 *mm*

e جهت جریان

شکل پ-۴- ترکیب مرسوم یک آماده ساز جریان *Gallagher*



راهنما:

۱ وسیله ضد چرخش – به سبک لوله ای: یک دسته ۱۹ لوله ای متحد المرکز (ممکن است از پین استفاده شود)

۲ وسیله ضد چرخش - به سبک پره ای: ۸ پره با طول $0,125D$ تا $0,125D$، به صورت هم مرکز با لوله (وسیله ممکن است در ابندای مسیر کار کذاشته شود)

۳ دستگاه پروفیل: الگوی ۳-۸-۱۶ (به یادآوری رجوع شود)

یادآوری-الگوی ۳-۸-۱۶ برای دستگاه پروفیل به صورت زیر است:

۳ سوراخ در قطر دایره گام از $۰٫۱۵D$ تا $۰٫۱۵۵D$، قطر آنها باید به گونه‌ای باشد که مجموع سطح آنها ٪۳ تا ٪۵ سطح لوله باشد؛

۸ سوراخ روی دایره گام از $۰٫۴۴D$ تا $۰٫۴۸D$، قطر آنها باید به گونه‌ای باشد که مجموع مساحت آنها ٪۱۹ تا٪۲۱ مساحت لوله باشد؛

۱۶ سوراخ روی دایره گام از $۰٫۸۱D$ تا $۰٫۸۵D$، قطر آنها باید به گونه‌ای باشد که مجموع مساحت آنها ٪۲۵ تا ٪۲۹ مساحت لوله باشد؛

شکل پ-۵- اجزاء مرسوم (نمای رویرو) یک آماده ساز جریان *Gallagher*

پ-۳-۲-۲ طرح *NOVA* از آماده ساز جریان صفحه سوراخ‌دار *K-Lab*

طرح *NOVA*از آماده‌ساز جریان صفحه سوراخ‌دار *K-Lab*، که با نام آماده‌ساز جریان *K-Lab NOVA*شناخته می‌شود، با یک اختراع ثبت شده پوشش داده شده است. این طرح متشکل از یک صفحه با ۲۵ سوراخ تراشکاری شده که به شکل یک الگوی متقارن دایروی که در شکل پ-۶ نشان داده شده است، قرار گرفته‌اند. ضخامت صفحه سوراخ‌دار، t_c، به گونه‌ای است که$۰٫۱۲۵D \le t_c \le ۰٫۱۵D$ ضخامت فلنج به کاربرد آن بستگی دارد. ابعاد سوراخ‌ها تابعی از قطر داخلی لوله، D، هستند و به عدد رینولدز لوله بستگی دارند.

با این شرط که $Re_D \geq 8\times10^5$:

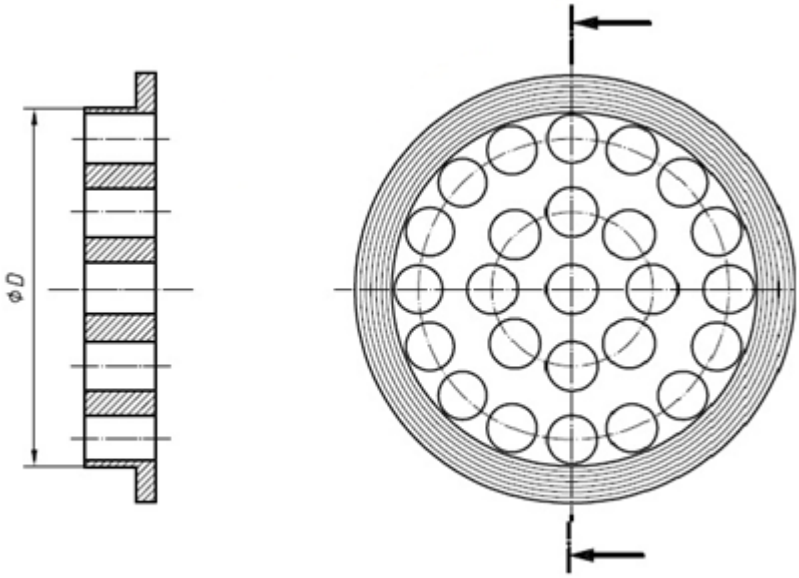
- یک سوراخ مرکزی با قطر $0{,}18629D \pm 0{,}00077D$؛
- یک حلقه با ۸ سوراخ و قطر $0{,}163D \pm 0{,}00077D$ روی یک دایرهگام با قطر $0{,}5D \pm 0{,}5mm$؛ و
- یک حلقه با ۱۶سوراخ و قطر $0{,}120D \pm 0{,}00077D$ روی یک دایره گام با قطر $0{,}85D \pm 0{,}5mm$؛

با این شرط که $8\times10^5 > Re_D \geq 10^5$:

- یک سوراخ مرکزی با قطر $0{,}22664D \pm 0{,}00077D$؛
- یک حلقه با ۸ سوراخ و قطر $0{,}16309D \pm 0{,}00077D$روی یک دایره گام با قطر $0{,}5D \pm 0{,}5mm$؛و

یک حلقه با ۱۶سوراخ و قطر $0{,}12422D \pm 0{,}00077D$ روی یک دایره گام با قطر $0{,}85D \pm 0{,}5mm$؛

ضریب افت فشار ، K، برای آماده ساز جریان *K-Lab NOVA*تقریبا برابر با ۲ است.



شکل پ-۶- آماده ساز جریان *K-Lab NOVA*

پ-۳-۲-۳ آماده ساز جریان *NEL(Spearman)*

آماده‌ساز جریان *NEL(Spearman)*در شکل پ-۷ نشان داده شده است. ابعاد سوراخ‌ها تابعی از قطر داخلی D است. خواهیم داشت:

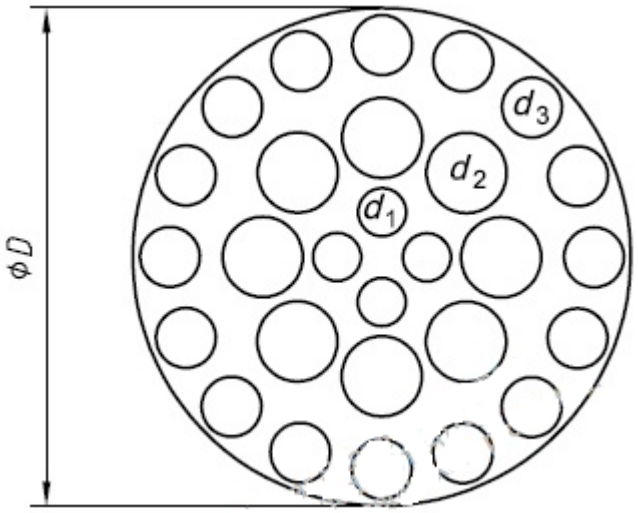
الف- حلقه‌ای با ۴ سوراخ (d_1) با قطر $0{,}1D$ روی دایره گام با قطر $0{,}18D$؛

ب- حلقه ای با ۸ سوراخ (d_2) با قطر $0{,}16D$ روی دایره گام با قطر $0{,}48D$، و

پ- حلقه ای با ۱۶ سوراخ (d_3) با قطر $0{,}12D$ روی دایره گام با قطر $0{,}86D$؛

ضخامت صفحه سوراخ‌دار D۰٫۱۲ است.

ضریب افت فشار، K، برای آماده ساز جریان *NEL(Spearman)* تقریبا برابر با ۳٫۲ است.



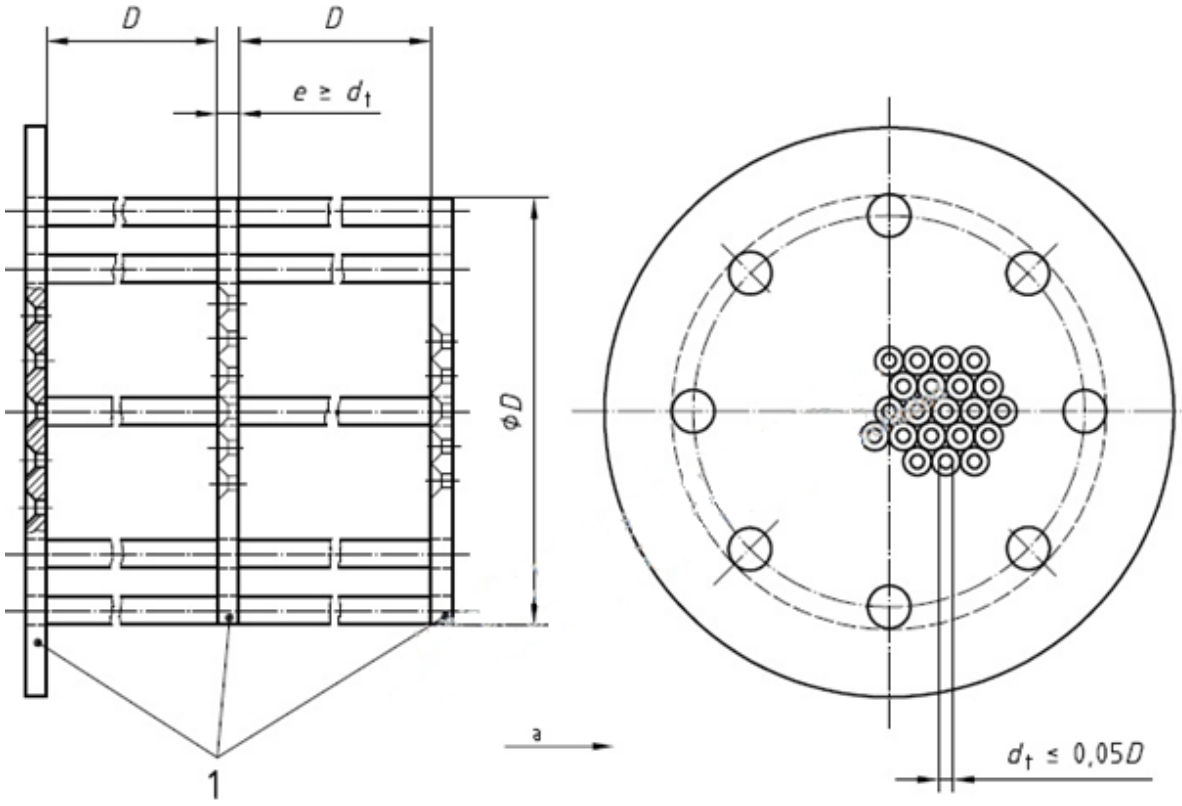
شکل پ-۷- آماده ساز جریان *NEL(Spearman)*

پ-۳-۲-۴ آماده ساز *Sprenkle*

آماده ساز *Sprenkle* از سه صفحه سوراخ‌دار که به فاصله $D\pm$۰٫۱D بین صفحات متوالی قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. ترجیحا سوراخ‌ها در سمت بالادست جریان با زاویه 45^{o} باید پخ زده شوند تا از افت فشار کاسته شود، و مساحت کلی سوراخ‌ها در هر صفحه باید بزرگتر از٪۴۰مساحت سطح مقطع لوله باشد. نسبت ضخامت صفحه به قطر سوراخ باید حداقل ۱ باشد و قطر سوراخ‌ها باید کمتر یا مساوی باD۰٫۰۵ باشد (به شکل پ-۸ رجوع کنید).

سه صفحه کنار یکدیگر با میله یا پرچ نگه داشته می‌شوند که دور محیط سوراخ لوله قرار گرفته‌اند و قطر آنها تا حد امکان باید کوچک باشد، اما قدرت مورد نیاز را نیز داشته باشند.

ضریب افت فشار،K ، برای آماده ساز *Sprenkle* اگر ورودی مایل باشد تقریبا برابر با ۱۱ است و اگر ورودی شیب نداشته باشد، ۱۴ است.



راهنما:

۱ صفحات سوراخ‌دار

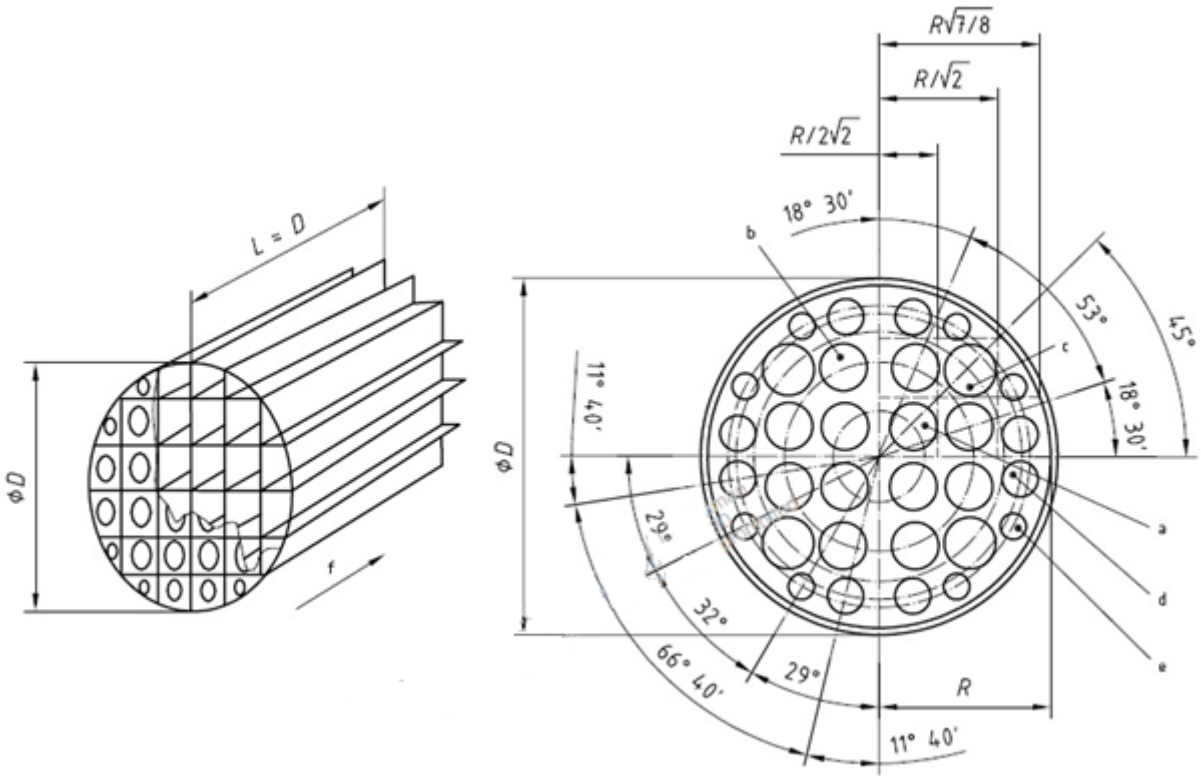
a جهت جریان

شکل پ-۸- آماده ساز *Sprenkle*

پ-۳-۲-۵ آماده ساز جریان *Zanker*

آماده ساز جریان *Zanker* متشکل از یک صفحه سوراخ‌دار با سوراخهایی با قطر معین است که تعدادی مجرا (به ازای هر سوراخ یک مجرا) که از تقاطع تعدادی صفحه (به شکل پ-۹ رجوع کنید) به وجود می‌آیند به دنبال آن قرار دارند. صفحات گوناگون باید تا حد امکان نازک باشند اما قدرت کافی نیز داشته باشند.

ضریب افت فشار برای آماده ساز جریان *Zanker* تقریبا برابر با ۵ است.



راهنما:

a قطر سوراخ۰٫۱۴۱D، قطر دایره گام۰٫۲۵D، ۴ سوراخ

b قطر سوراخ ۰٫۱۳۹D، قطر دایره گام۰٫۵۶ D، ۸ سوراخ

c قطر سوراخ۰٫۱۳۶۵D، قطر دایره گام۰٫۷۵D ، ۴ سوراخ

d قطر سوراخ۰٫۱۱D ، قطر دایره گام۰٫۸۵D، ۸ سوراخ

eقطر سوراخ۰٫۰۷۷D، قطر دایره گام۰٫۹۰D، ۴ سوراخ

fجهت جریان

شکل پ-۹-آماده ساز جریان *Zanker*

پ-۳-۲-۶ صفحه آماده ساز جریان *Zanker*

صفحه آماده‌ساز جریان *Zanker* که اینجا توصیف شده است، حالت توسعه یافته آماده ساز جریان *Zanker* توصیف شده در بند پ-۳-۲-۵ است. صفحه آماده ساز جریان *Zanker* همان توزیع سوراخ‌ها در صفحه را دارد اما ساختار لانه زنبوری متصل به صفحه را ندارد؛ در مقابل ضخامت صفحه به مقدار $D/8$ افزایش یافته است.

صفحه آماده ساز جریان *Zanker*در شکل پ-۱۰ نشان داده شده است که متشکل از ۳۲ سوراخ تراشکاری شده است که شده که به شکل یک الگوی متقارن دایروی ، قرار گرفته‌اند.

ابعاد سوراخ ها تابعی از قطر داخلی لوله،D ، هستند. خواهیم داشت:

الف- یک حلقه با ۴ سوراخ مرکزی به قطر$0{,}141D\pm0{,}001D$ روی یک دایره گام با قطر $0{,}25D\pm0{,}0025(pcd)D$؛

ب- یک حلقه با ۸ سوراخ و قطر$0{,}139D\pm0{,}001D$ روی یک دایره گام با قطر$0{,}56D\pm0{,}0056D$؛ و

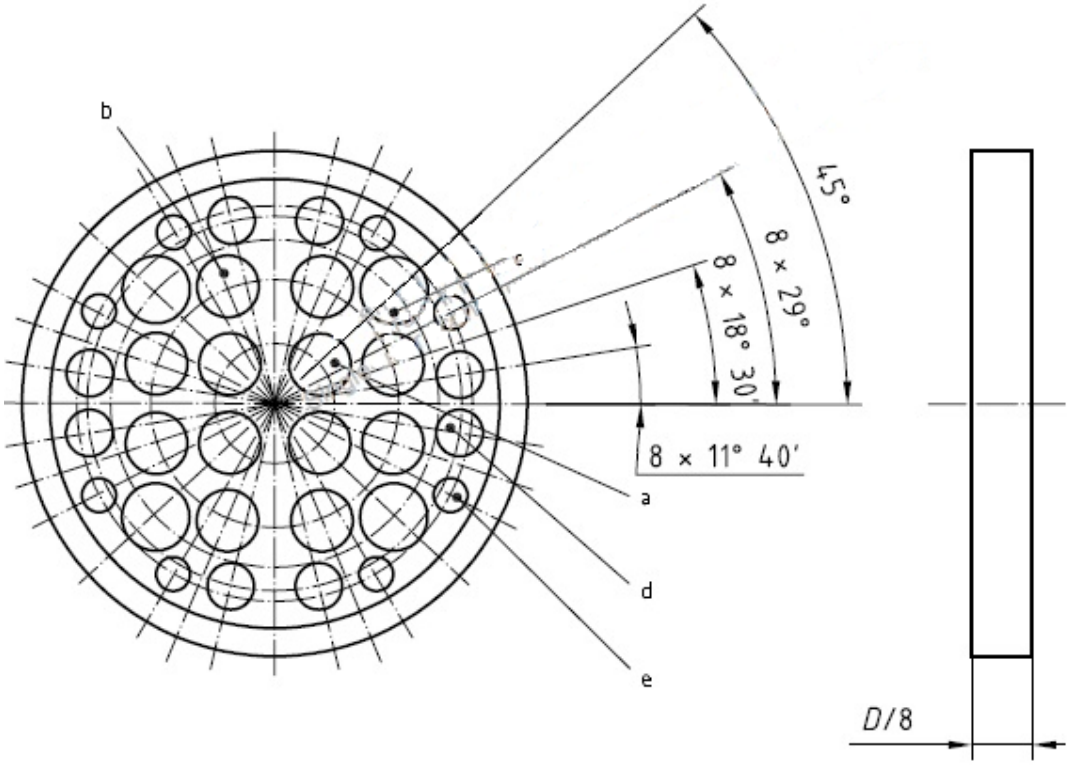
پ- یک حلقه با ۴سوراخ و قطر$0{,}1365D\pm0{,}001D$ روی یک دایره گام با قطر$0{,}75D\pm0{,}0075D$؛

ت- یک حلقه با ۸ سوراخ و قطر$0{,}110D\pm0{,}001D$ روی یک دایره گام با قطر$0{,}85D\pm0{,}0085D$؛و

ث- یک حلقه با ۸سوراخ و قطر$0{,}077D\pm0{,}001D$ روی یک دایره ی گام با قطر $0{,}9D\pm0{,}009D$؛

رواداری قطر هر سوراخ برای$D<100mm$ برابر$\pm0{,}1mm$ است.

ضخامت صفحه سوراخ‌دار، t_c، به گونه‌ای است که$0{,}12D\leq t_c\leq0{,}15D$. ضخامت فلنج به کاربرد آن بستگی دارد؛ قطر خارجی و سطوح رویه فلنج به نوع فلنج و کاربرد آن بستگی دارد.



a قطر سوراخ$0{,}141D$، قطر دایره گام$0{,}25D$، ۴ سوراخ

b قطر سوراخ$0{,}139D$ ، قطر دایره گام$0{,}56D$، ۸ سوراخ

c قطر سوراخ$0{,}1365D$، قطر دایره گام$0{,}75D$، ۴ سوراخ

d قطر سوراخ$0{,}11D$ ، قطر دایره گام$0{,}85D$، ۸ سوراخ

e قطر سوراخ$0{,}077D$ ، قطر دایره گام$0{,}9D$، ۴ سوراخ

***شکل پ-۱۰-صفحه آماده ساز جریان* Zanker**

ضریب افت فشار، K، برای آماده ساز جریان *Zanker* تقریبا برابر با ۳ است.

پیوست ت

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[1] NIAZI, A. and THALAYASINGAM, S. Temperature changes across orifice meters. In Proc. of 19th NorthSea Flow Measurement Workshop, Norway, Paper 13, October 2001
[2] STUDZINSKI, W. and BOWEN, J. White Paper on Dynamic Effects on OrificeMeasurement, WashingtonD.C., American Petroleum Institute, 1997
[3] SCHLICHTING, H. Boundary layer theory. New York, McGraw-Hill, 1960
[4] STUDZINSKI, W., KARNIK, U., LANASA, P., MORROW, T., GOODSON, D., HUSAIN, Z. and GALLAGHER, J.White Paper on Orifice Meter Installation Configurations with and without Flow Conditioners,Washington D.C., American Petroleum Institute, 1997
[5] SHEN, J.J.S. Characterization of Swirling Flow and its Effects on Orifice Metering. SPE 22865.Richardson, Texas: Society of Petroleum Engineers, 1991
[6] READER-HARRIS, M.J. Pipe roughness and Reynolds number limits for the orifice plate dischargecoefficient equation. In Proc. of 2nd Int. Symp. on Fluid Flow Measurement,Calgary, Canada,Arlington, Virginia: American Gas Association, June 1990, pp. 29-43
[7] READER-HARRIS, M.J., SATTARY, J.A. and SPEARMAN, E. P. The orifice plate discharge coefficientequation. Progress Report No PR14: EUEC/17 (EEC005). East Kilbride, Glasgow: NationalEngineering Laboratory Executive Agency, May 1992
[8] ISO/TR 3313:1998, Measurement of fluid flow in closed conduits — Guidelines on the effects of flow pulsations on flow-measurement instruments
[9] ISO 4288:1996, Geometrical Product Specification (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture
[10] ISO/TR 5168:1998, Measurement of fluid flow — Evaluation of uncertainties
[11] ISO/TR 9464:1998, Guidelines for the use of ISO 5167-1:1991