

۴ تجهیزات آزمون

تجهیزات آزمون باید شامل محفظه آزمون، نردبان استاندارد و منبع اشتعال، مطابق توضیحات ارائه شده در [EN 60332-3-10](#)، به همراه ویژگی‌های اضافی مشخص شده در بندهای ۴.۲ تا ۴.۸ باشد. شکل ۱، نمودار شماتیک تجهیزات را نشان می‌دهد. منبع اشتعال باید یک مشعل گاز پروپان از نوع نواری باشد. نردبان باید نردبان استاندارد با عرض (5 ± 500) mm باشد. تأمین هوا باید توسط سامانه‌ای انجام شود که هوا را با دبی جریان هوای (400 ± 000) l/min به داخل محفظه می‌دمد.

ویژگی‌های اضافی تجهیزات باید امکان اندازه‌گیری پارامترهای زیر را فراهم کنند:

الف) مصرف اکسیژن؛

ب) تولید CO₂؛

ج) دبی حجمی در کانال آگروز؛

د) تولید دود.

هشدار: پس از آن که نمونه آزمون شروع به گسترش آتش کرد، پایش و خاموش کردن آتش کابل‌ها باید با دقت انجام شود. برخی نمونه‌های آزمون ممکن است ظرفیت بسیار بالایی برای ایجاد سطوح زیاد آزادسازی گرما داشته باشند که می‌تواند به تجهیزات و ابزار دقیق آزمون آسیب برساند. ضروری است کارکنان آزمون آموزش کافی برای مقابله با چنین آتش‌سوزی‌هایی داشته باشند و در طول آزمون امکانات مناسب اطفای حریق در اختیارشان باشد.

یادداشت ۱: توصیه می‌شود اندازه‌گیری‌های indicative دما با استفاده از ترموکوپل‌هایی انجام شود که در امتداد دسته کابل تحت آزمون، در ارتفاع‌های 1,5 m و 2,5 m بالاتر از مشعل و همچنین در قسمت بالایی محفظه یا کانال نصب شده‌اند. این اندازه‌گیری‌ها می‌توانند نشانه‌ای زود هنگام از هرگونه دمای بیش از حد یا وضعیت سوختن ارائه دهند که ممکن است برای جلوگیری از آسیب به تجهیزات آزمون، مستلزم توقف آزمون باشد.

تمام داده‌ها باید هر ۳ s اندازه‌گیری و ثبت شوند. برای فراهم کردن داده‌های موردنیاز، این نقاط اندازه‌گیری باید برای پارامترهای مرتبط با آزادسازی گرما، طی دوره‌ای 30 s و برای پارامترهای مرتبط با تولید دود، طی دوره‌ای 60 s میانگین‌گیری شوند. داده‌ها باید مطابق الزامات این استاندارد پردازش شوند.

ویژگی‌های اضافی و اندازه‌گیری‌های مرتبط با آن‌ها باید امکان محاسبه موارد زیر را فراهم کنند:

الف) آزادسازی گرما (به پیوست A مراجعه شود)؛

(1) نرخ آزادسازی گرما (HRR)؛

(2) آزادسازی کل گرما (THR)؛

(3) شاخص نرخ رشد آتش (FIGRA)؛

ب) تولید دود (به پیوست B مراجعه شود)؛

(1) نرخ تولید دود (SPR)؛

(2) تولید کل دود (TSP).

۴.۲ ورودی هوا

هوا باید از طریق یک جعبه پلنوم که مستقیماً در زیر دهانه ورودی هوا نصب شده و تقریباً ابعادی برابر با آن دارد، وارد محفظه آزمون شود. عمق جعبه پلنوم باید (10 ± 150) mm باشد. هوا باید توسط یک فن و از طریق بخشی مستقیم و مستطیلی از کانال با سطح مقطع ثابت، عرض (10 ± 300) mm، ارتفاع (5 ± 80) mm و حداقل طول 800 mm، به داخل جعبه پلنوم دمیده شود. این کانال باید از قسمت پشتی محفظه وارد شده و همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، موازی کف و در امتداد خط مرکزی مشعل قرار گیرد. کانال باید به‌گونه‌ای نصب شود که هوا را از طریق دهانه‌ای در ضلع بلندتر به جعبه پلنوم وارد کند؛ این دهانه باید در راستای افقی در مرکز قرار داشته باشد و کف کانال نباید بیش از 10 mm بالاتر از کف جعبه پلنوم باشد. برای دستیابی به جریان یکنواخت هوا، باید در دهانه ورودی هوا یک شبکه نصب شود. این شبکه باید از ورق فولادی با ضخامت تقریبی 2 mm ساخته شده و دارای سوراخ‌هایی با قطر تقریبی 5 mm باشد که با فاصله تقریبی 8 mm از مرکز تا مرکز سوراخ‌ها ایجاد شده‌اند.

دبی جریان هوا باید در یک کانال دایره‌ای، پیش از کانال با سطح مقطع مستطیلی، اندازه‌گیری شود. این اندازه‌گیری باید توسط وسیله اندازه‌گیری جریان گاز انجام شود که در یک بخش مستقیم از کانال دایره‌ای قرار گرفته است. حداقل طول بخش مستقیم کانال دایره‌ای در قبل و بعد از وسیله اندازه‌گیری

باید مطابق مشخصات فنی وسیله اندازه‌گیری انتخاب شود.

یادداشت ۱: استفاده از سامانه اندازه‌گیری جریان سیال مطابق (EN ISO 5167-2 صفحه روزنه‌دار) یا (EN ISO 5167-4 لوله ونتوری) توصیه می‌شود. همچنین می‌توان از لوله پیتوتی استفاده کرد که چندین نمونه را در سراسر مقطع کانال برداشت کرده و برای لحاظ‌کردن تغییرات در سطح مقطع، میانگین‌گیری می‌کند؛ یا از بادسنج سیم داغی استفاده کرد که در چندین موقعیت در سراسر مقطع کانال اندازه‌گیری انجام می‌دهد، همان‌گونه که در پیوست D شرح داده شده است.

دبی جریان هوا باید پیش از آزمون روی $(400 \pm 000) \text{ l/min}$ تنظیم شود و در طول آزمون تغییر نکند. دبی جریان هوا باید در سراسر آزمون بررسی شود و نباید بیش از 10 % مقدار تنظیم‌شده تغییر کند. یادداشت ۲: نیازی به ثبت این اطلاعات نیست.

۴.۳ هود

یک هود (مطابق شکل ۲) با شکل ناقص مخروطی، که قاعده آن حداقل طول 1,50 m و حداقل عرض 1,00 m داشته باشد، باید در بالای خروجی محفظه آزمون در مرکز قرار گیرد. قاعده هود باید بالاتر از قسمت فوقانی محفظه آزمون قرار داده شود و ضلع بلندتر هود باید موازی با ضلع بلندتر خروجی محفظه باشد.

یادداشت ۱: معمولاً فاصله‌ای حدود 200 mm تا 400 mm بین قسمت فوقانی محفظه آزمون و قاعده هود مناسب تشخیص داده شده است.

باید محفظه‌ای در بالای هود وجود داشته باشد تا امکان اتصال به کانال آگزوز فراهم شود.

یادداشت ۲: برای بهبود اختلاط هوا / پساب‌های گازی، می‌توان صفحات یا بافل‌هایی در هود نصب کرد.

سامانه باید به‌گونه‌ای طراحی شود که تمام محصولات احتراق خارج‌شده از محفظه آزمون از طریق خروجی را در طول آزمون جمع‌آوری کند. نباید هیچ‌گونه نشت شعله یا دود وجود داشته باشد. ظرفیت آگزوز باید حداقل $1 \text{ m}^3/\text{s}$ در فشار عادی و دمای 25°C باشد. طراحی سامانه آگزوز نباید بر اساس همرفت طبیعی باشد.

یادداشت ۳: برای استخراج تمام گازها و بخارات، به‌ویژه در مورد کابل‌هایی که به‌شدت می‌سوزند یا کابل‌هایی که نیاز به خاموش‌کردن ویژه دارند و حجم

زیادی از گازها و بخارات تولید می‌کنند، استفاده از سامانه آگروز با ظرفیت $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ توصیه می‌شود.

۴.۴ کانال آگروز

یک کانال آگروز باید مطابق توضیحات بند ۴.۳ به هود متصل شود. قطر داخلی کانال، D، باید در محدوده 250 mm تا 400 mm باشد. بخش مستقیم کانال باید حداقل طولی برابر با $12 \times D$ داشته باشد تا در محل اندازه‌گیری، پروفایل جریان یکنواخت ایجاد شود. یادداشت: با نصب پره‌های هدایت‌کننده (مطابق شکل ۳) در قبل و بعد از بخش اندازه‌گیری، همان‌گونه که در EN 14390 شرح داده شده است، می‌توان پروفایل جریان یکنواخت ایجاد کرد. این کار برای دستیابی به دقیق‌ترین اندازه‌گیری‌های ممکن، قوياً توصیه می‌شود.

۴.۵ ابزار دقیق در کانال آگروز

۴.۵.۱ دبی حجمی

جریان باید توسط یک پروب دوسویه که روی خط مرکزی کانال و در حداقل فاصله $8 \times D$ از ابتدای بخش مستقیم کانال آگروز قرار دارد، اندازه‌گیری شود. طول بخش مستقیم کانال پس از پروب باید حداقل $4 \times D$ باشد. پروب نشان‌داده‌شده در شکل ۴ از یک استوانه فولاد زنگ‌نزن به طول 32 mm و قطر خارجی 16 mm تشکیل شده است. استوانه به دو محفظه مساوی تقسیم می‌شود. اختلاف فشار بین دو محفظه باید توسط مبدل فشار اندازه‌گیری شود. نمودار پاسخ پروب در برابر عدد رینولدز در شکل ۵ نشان داده شده است (همچنین به پیوست C مراجعه شود). دقت اندازه‌گیری مبدل فشار باید بهتر از $\pm 5 \text{ Pa}$ باشد. محدوده مناسب اندازه‌گیری 0 Pa تا 200 Pa است (هنگام استفاده از کانال‌هایی با قطر بین 250 mm و 400 mm).

دو لوله اتصال بین پروب دوسویه و مبدل فشار باید دارای طول یکسان باشند. دمای گاز در مجاورت مستقیم پروب باید با استفاده از ترموکوپل نوع K غلاف‌دار، با حداکثر قطر 1,5 mm و مطابق EN 60584-1، اندازه‌گیری شود. ترموکوپل باید به‌گونه‌ای قرار گیرد که الگوی جریان پیرامون پروب دوسویه را مختل نکند. یادداشت: در صورت استفاده از بیش از یک ترموکوپل، همه ترموکوپل‌ها باید دارای اندازه و نوع یکسان باشند.

۴.۵.۲ پروب نمونه‌برداری

پروب نمونه‌برداری باید در محلی قرار گیرد که جریان کانال آگروز به‌خوبی مخلوط شده باشد. پروب باید شکل استوانه‌ای داشته باشد تا اختلال در جریان به

حداقل برسد. نمونه‌های گاز باید در سراسر قطر کانال آگروز برداشت شوند. نمونه‌هایی از پروب‌های نمونه‌برداری مناسب در شکل ۶ نشان داده شده‌اند. ورودی پروب نمونه‌برداری باید به سمت پایین‌دست قرار گیرد تا از گرفتگی پروب توسط دوده جلوگیری شود. پروب نمونه‌برداری باید از طریق یک خط نمونه‌برداری مناسب به آنالایزرهای گاز اکسیژن (O₂) و دی‌اکسید کربن (CO₂) متصل شود.

۴.۵.۳ خط نمونه‌برداری

خط نمونه‌برداری باید از ماده‌ای مقاوم در برابر خوردگی، مانند PTFE، ساخته شود. گازهای احتراق باید با فیلترهای خنثی تا سطح غلظت ذرات موردنیاز تجهیزات تحلیل گاز، فیلتر شوند. فرایند فیلتراسیون باید در بیش از یک مرحله انجام شود. سامانه باید قادر به حذف بخار آب باشد.

گاز احتراق باید توسط پمپی انتقال داده شود که روغن، گریس یا محصولات مشابه منتشر نکند؛ زیرا این مواد ممکن است مخلوط گاز را آلوده کنند. یادداشت: پمپ دیافراگمی مناسب است. ظرفیت پمپ بین 10 l/min و 50 l/min توصیه می‌شود. پمپ باید اختلاف فشار حداقل 10 kPa ایجاد کند تا خطر گرفتگی فیلترها بر اثر دود کاهش یابد. خط نمونه‌برداری (مطابق شکل ۷) باید در انتهای خود به آنالایزرهای O₂ و CO₂ متصل شود.

۴.۶ فن مکنده

در انتهای کانال آگروز باید یک فن مکنده نصب شود. حداقل ظرفیت آگروز 1,5 m³/s در فشار عادی و دمای 25 °C توصیه می‌شود. یادداشت: الزامات قانونی ممکن است نصب تجهیزاتی برای جمع‌آوری و شست‌وشوی پساب در محفظه آزمون را ضروری کند. این تجهیزات باید به‌گونه‌ای باشند که تمام پساب‌ها را جمع‌آوری کنند، بدون آن‌که موجب تغییر در دبی جریان هوا از داخل محفظه آزمون شوند.

۴.۷ تجهیزات اندازه‌گیری تولید دود

۴.۷.۱ کلیات

چگالی نوری دود را می‌توان با دو روش اندازه‌گیری متفاوت، مطابق توضیحات بندهای ۴.۷.۲ و ۴.۷.۳، اندازه‌گیری کرد. اگرچه اصل اندازه‌گیری در هر دو سامانه متفاوت است، نشان داده شده است که این دو سامانه نتایج اساساً متفاوتی ارائه نمی‌کنند [3]. چیدمان کلی یک سامانه نوری در شکل ۸ نشان داده شده است.

یادداشت ۱: می‌توان از سامانه‌های دیگر نیز استفاده کرد، مشروط بر آن‌که هم‌ارزی آن‌ها با سامانه‌های مشخص‌شده اثبات شده باشد.
یادداشت ۲: بر اساس تجربه، استفاده از سامانه‌های نور سفید توصیه می‌شود.
تجهیزات اندازه‌گیری تولید دود باید در محلی قرار گیرند که جریان کانال آگروز به‌خوبی مخلوط شده باشد.

۴.۷.۲ سامانه نور سفید

سامانه تضعیف نور از نوع نور سفید، که با اتصال انعطاف‌پذیر به کانال‌های جانبی کانال آگروز نصب می‌شود، باید شامل موارد زیر باشد.
(الف) یک لامپ از نوع رشته‌ای التهابی که در دمای رنگ $(100 \pm 900 \text{ K})$ کار کند.
لامپ باید با جریان مستقیم تثبیت‌شده تغذیه شود که پایداری آن در محدوده 0,5 % باشد (شامل پایداری دما، کوتاه‌مدت و بلندمدت).
(ب) یک سامانه عدسی برای هم‌راستا کردن نور و ایجاد پرتو موازی، با قطر حداقل 20 mm.
دهانه فتوسل باید در کانون عدسی و در مقابل آن قرار گیرد و قطر آن، d، با توجه به فاصله کانونی عدسی، f، به‌گونه‌ای انتخاب شود که d/f کمتر از 0,04 باشد.
(ج) یک آشکارساز با پاسخ‌دهی طیفی توزیع‌شده مطابق تابع $V(\lambda)$ (CIE) (منحنی‌های فتوئیک CIE) با دقت $\pm 5\%$. خروجی آشکارساز باید در محدوده خروجی حداقل دو دهه، با دقتی در محدوده 3 % مقدار عبور اندازه‌گیری‌شده یا 1 % عبور مطلق، خطی باشد.
کالیبراسیون سامانه تضعیف نور باید مطابق E.4 انجام شود. زمان پاسخ 90 % سامانه نباید بیش از 3 s باشد.
می‌توان هوا را به کانال‌های جانبی وارد کرد تا تجهیزات اپتیکی در محدوده الزامات تعیین‌شده برای رانش تضعیف نور (به E.4.2 مراجعه شود) تمیز بمانند.
می‌توان به‌جای سامانه مکش خودکار از هوای تحت فشار استفاده کرد.

۴.۷.۳ سامانه نور لیزر

سامانه فوتومتر لیزری باید از لیزر هلیوم-نئون با توان خروجی بین 0,5 mW و 2,0 mW استفاده کند.
می‌توان هوا را به کانال‌های جانبی وارد کرد تا تجهیزات اپتیکی در محدوده الزامات تعیین‌شده برای رانش تضعیف نور تمیز بمانند. می‌توان به‌جای سامانه مکش خودکار از هوای تحت فشار استفاده کرد.
یادداشت: تجهیزات اپتیکی باید به‌طور منظم بازرسی و هر زمان لازم بود، از رسوبات دود پاک شوند.

۴.۸ تجهیزات تحلیل گاز احتراق

۴.۸.۱ کلیات

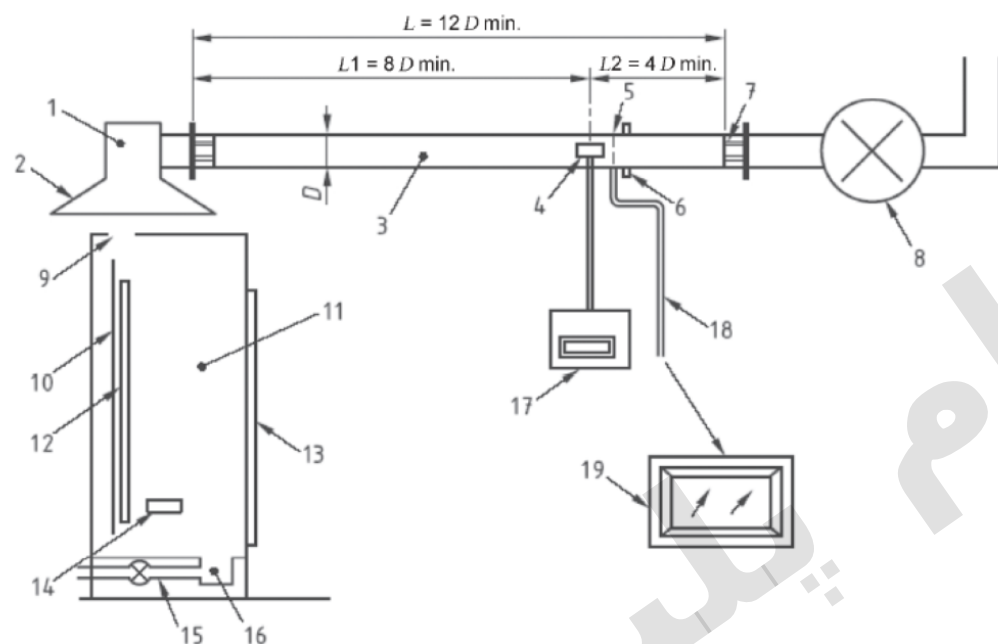
برای تحلیل اکسیژن و دی اکسید کربن، باید هرگونه بخار آب موجود در گازهای احتراق با استفاده از یک ماده خشک کننده مناسب به دام انداخته شود.

۴.۸.۲ اکسیژن

آنالایزر باید از نوع پارامغناطیسی بوده و قادر به اندازه گیری محدوده 16 % تا 21 % اکسیژن (VO_2 / V_{air}) باشد. نویز و رانش آنالایزر نباید طی یک دوره 30 min، مطابق اندازه گیری انجام شده بر اساس E.2.3، بیش از 0,01 % (100 قسمت در میلیون) باشد. زمان پاسخ اعلام شده توسط سازنده آنالایزر نباید بیش از 12 s باشد. خروجی آنالایزر به سامانه جمع آوری داده باید دارای تفکیک پذیری بهتر از 0,01 % (100 قسمت در میلیون) باشد.

۴.۸.۳ دی اکسید کربن

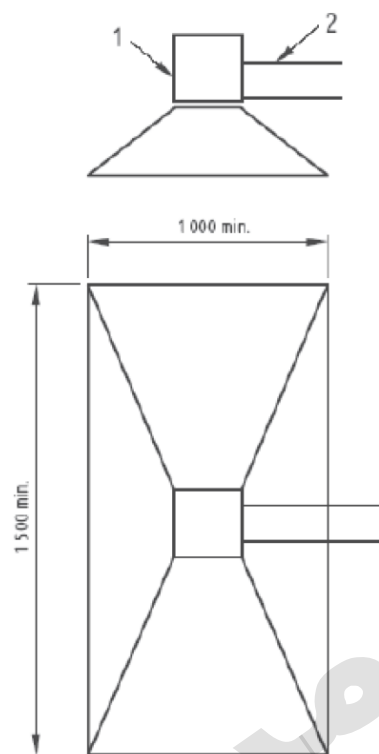
تحلیل پیوسته دی اکسید کربن باید با استفاده از طیف سنج IR انجام شود. آنالایزر باید قادر به اندازه گیری حداکثر محدوده 0 % تا 10 % دی اکسید کربن باشد. خطی بودن آنالایزر باید 1 % مقیاس کامل یا بهتر باشد و زمان پاسخ اعلام شده توسط سازنده نباید بیش از 12 s باشد.



Key

1 chamber	8 extracting ventilator	14 burner
2 hood	9 smoke outlet	15 air inlet duct
3 exhaust duct	10 ladder	16 air inlet box
4 bidirectional probe	11 test chamber	17 pressure transducer
5 sampling probe	12 cables tested	18 gas sampling line
6 smoke measuring equipment	13 door	19 O ₂ and CO ₂ analysers
7 guide vanes		

Figure 1 – General arrangement of test apparatus



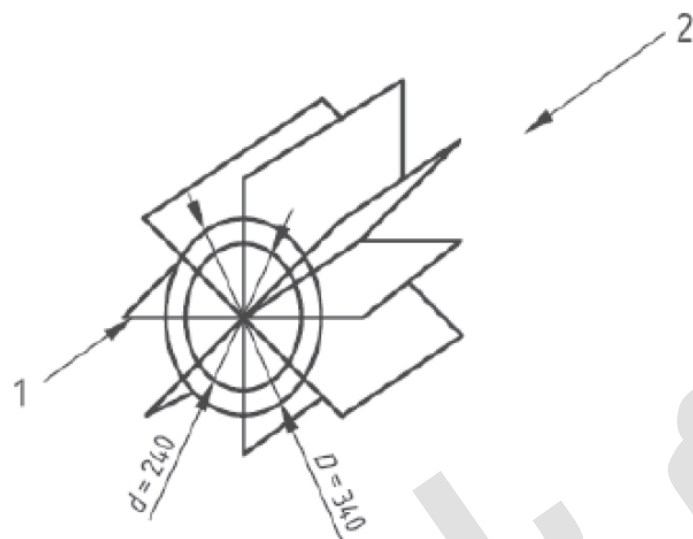
Dimensions in millimetres

Key

1 chamber

2 exhaust duct

Figure 2 – Schematic of a hood



Dimensions in millimetres

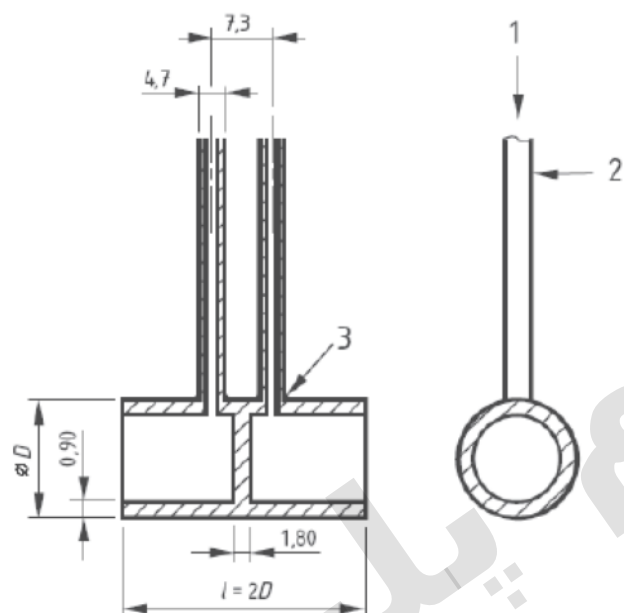
Key

1 4 steel plates 395 mm x 400 mm 2 air flow direction

NOTE 1 Dimensions indicated are for a 400 mm diameter duct.

NOTE 2 A better mixing has been observed with the air flow direction as indicated compared to the opposite direction.

Figure 3 – Typical guide vanes



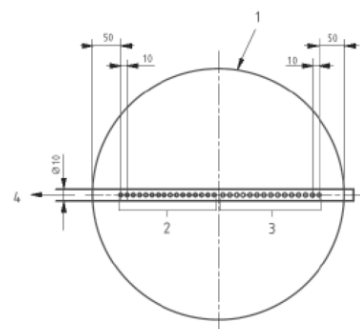
Dimensions in millimetres

Key

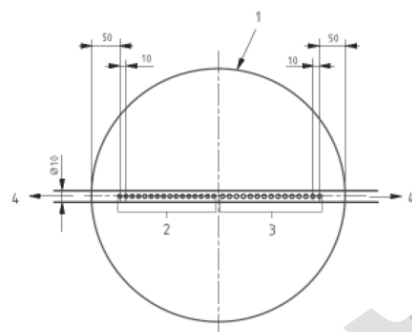
- | | | | |
|---|--------------------------|---|-------------------------------|
| 1 | to Δp instrument | 2 | variable length support tubes |
| 3 | weld | | |

NOTE Taken from Mc Caffrey and Heskestad, *Combustion and Flame*, 26 (1976) [5].

Figure 4 – Bidirectional probe



a) Single flow

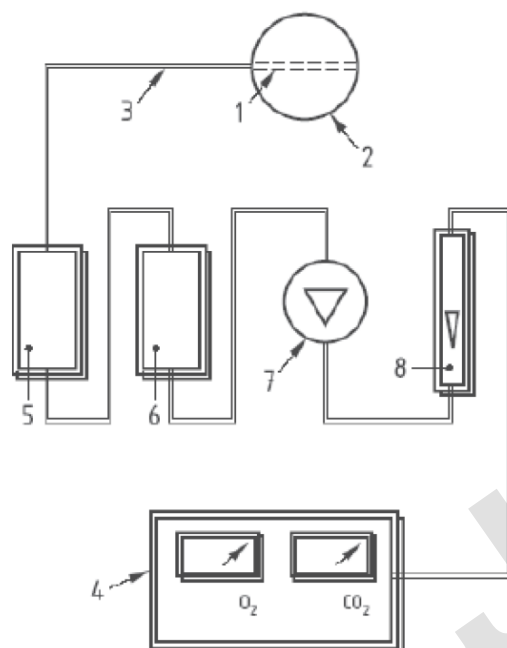


b) Dual flow

Dimensions in millimetres

Key	
1	exhaust duct
2	16 Ø 2 mm holes on down stream side of flow
3	15 holes on down stream side of flow (Ø 3 mm for arrangement a); Ø 2 mm for arrangement b))
4	sample flow

Figure 6 – Sampling probe

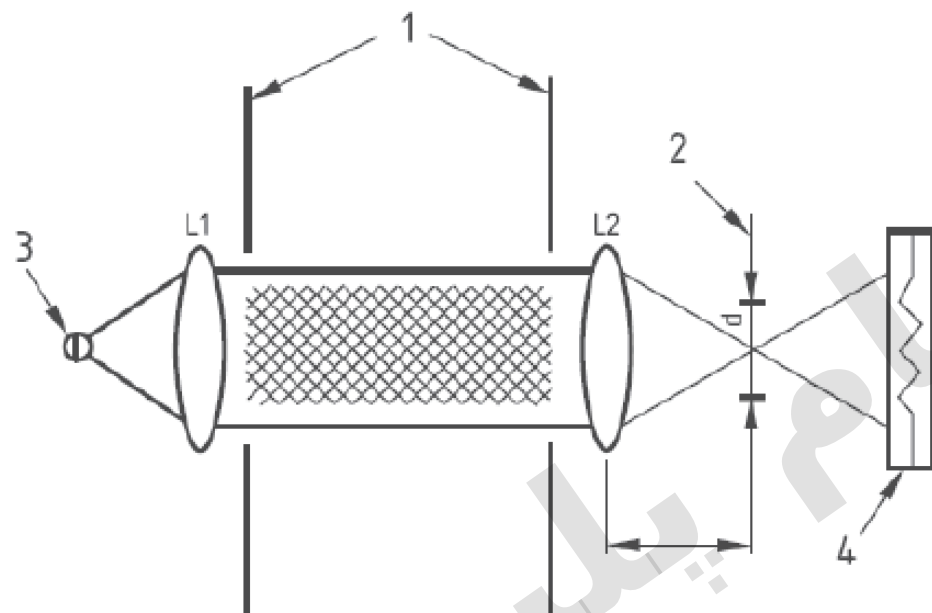


Key

- | | | | |
|---|----------------|---|--------------------|
| 1 | sampling probe | 5 | filters |
| 2 | exhaust tube | 6 | gas cooling system |
| 3 | sampling line | 7 | membrane pump |
| 4 | analysers | 8 | gas flowmeter |

NOTE Other gas cooling systems may be used. Cooling may be omitted if the water trap is sufficiently efficient.

Figure 7 – Schematic diagram of sampling line

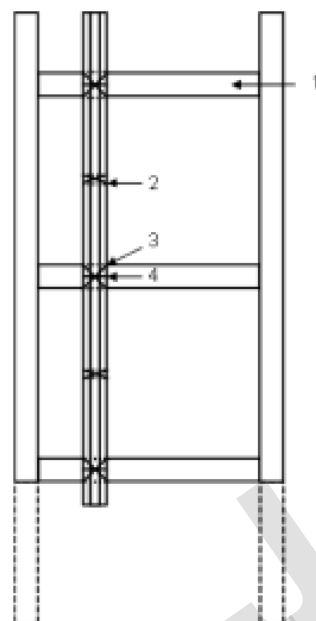


Key

- 1 walls of exhaust duct
- 2 aperture

- 3 lamp
- 4 detector

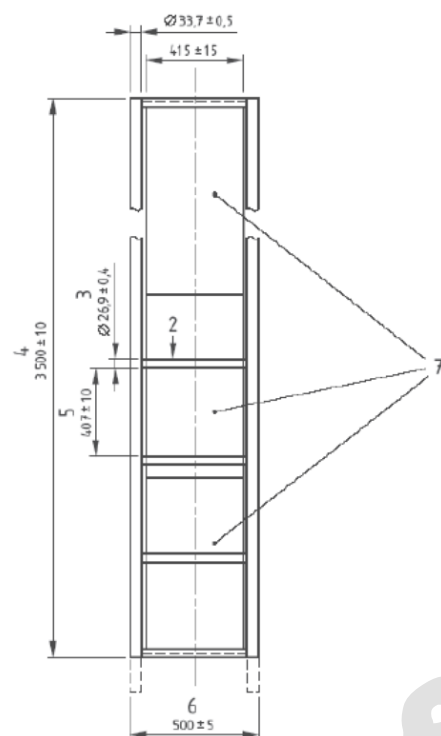
Figure 8 – Optical system – General arrangement



Key

- 1 round steel rungs
- 2 intermediate metal wire
- 3 metal wire ties
- 4 metal wire that is applied around the bundle at each rung position before attaching the bundle to the rung

Figure 9 – Mounting of bundles (not on scale, only one of 15 bundles) 



Dimensions in millimetres

Key

- | | | | |
|---|------------------------|---|------------------------|
| 1 | diameter of upright | 5 | distance between rungs |
| 2 | number rungs = 9 | 6 | width |
| 3 | diameter of rungs | 7 | calcium silicate board |
| 4 | total height of ladder | | |

Figure 10 (a) – Backboard mounting arrangement for Class B1.

[IEC 60332-3-10 Test for Vertical Flame Spread of Vertically-Mounted Bunched Wires or Cables – Apparatus](#)
