



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۲۶۲

چاپ اول

اسفند ۱۳۹۲

INSO

17262

1st.Edition

Mar.2013

فرآورده‌های دیرگداز متراکم شکل‌دار –
اندازه‌گیری چگالی توده، تخلخل ظاهری و
تخلخل حقیقی – روش آزمون

**Dense shaped refractory products —
Determination of bulk density, apparent
porosity and true porosity — Test Method**

ICS:81.080

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

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 حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان^{*}، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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 وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات 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 و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱ کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 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 می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمونگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران 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، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

* سازمان ملی استاندارد ایران

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

"فرآورده‌های دیرگداز متراکم شکل‌دار - اندازه‌گیری چگالی توده، تخلخل ظاهری و تخلخل حقیقی - روش آزمون"

رئیس :

ترکپور بیگلاریان زاده، محمد
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

دبیر :

دیلمی، مرضیه
(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

اعضا : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

باغشایی، سعید
(دکترای مهندسی مواد)

خداری، صابر
(لیسانس مهندسی عمران)

شاهین زاده، قدرت اله
(کارشناس مهندسی شیمی)

عباسی رزگله، محمدحسین
(کارشناسی مهندسی مواد - سرامیک)

علیرضائزادیل، زهرا
(کارشناس ارشد شیمی)

محمدزاده، اصغر
(کارشناس مهندسی مواد - سرامیک)

سمت و / یا نمایندگی

کارشناس شرکت فولاد اکسین خوزستان

کارشناس اداره استاندارد شهرستان گناوه

دانشیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
- رئیس دانشکده فنی و مهندسی

اداره کل استاندارد استان بوشهر

مدیر استاندارد شهرستان گناوه

کارشناس اداره کل نظارت بر اجرای
استانداردهای صنایع غیرفلزی

کارشناس اداره استاندارد شهرستان گناوه

کارشناس شرکت صنایع ذوب ایران

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش‌گفتار	ه
۱ هدف	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۱
۴ اصول آزمون	۳
۵ وسایل	۳
۶ مواد و/یا واکنشگرها	۴
۷ تعداد و شکل آزمون‌ها	۴
۸ روش انجام آزمون	۵
۹ بیان نتایج	۷
۱۰ گزارش آزمون	۸

پیش‌گفتار

استاندارد "فرآورده‌های دیرگداز متراکم شکل‌دار - اندازه‌گیری چگالی توده، تخلخل ظاهری و تخلخل حقیقی - روش آزمون" که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در صد و هفتاد و هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مواد معدنی مورخ ۱۳۹۲/۶/۲۳ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 5017:2013, Dense shaped refractory products - Determination of bulk density, apparent porosity and true porosity

فرآورده‌های دیرگداز متراکم شکل‌دار - اندازه‌گیری چگالی توده، تخلخل ظاهری و تخلخل حقیقی - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش برای اندازه‌گیری چگالی توده، تخلخل ظاهری و تخلخل حقیقی فرآورده‌های دیرگداز متراکم شکل‌دار است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها 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 تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۴۶، روش اندازه‌گیری دانستیه در 20°C در فرآورده‌های شیمیایی مایع مورد مصرف در صنعت

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۵۱۳، مواد دیرگداز - اندازه‌گیری چگالی حقیقی

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

چگالی توده

ρ_b

نسبت جرم ماده متخلخل خشک به حجم توده، با واحد گرم بر سانتی‌متر مکعب و یا کیلوگرم بر متر مکعب.

۲-۳

حجم توده

V_b

مجموع حجم‌های مواد جامد، حفره‌های باز و بسته در یک جسم متخلخل.

یادآوری - میزان صافی سطح باعث ایجاد محدودیت در درستی تعیین حجم توده و متعاقباً چگالی توده می‌شود. همچنین دقت تعیین چگالی توده هنگامی که حجم نمونه از مقدار تعیین شده کمتر می‌شود و یا هنگامی که بافت آن (اندازه حفرات و دانه‌ها) درشت باشد، کاهش می‌یابد.

۳-۳

چگالی حقیقی

ρ_t

نسبت جرم ماده متخلخل خشک به حجم حقیقی آن، با واحد گرم بر سانتی متر مکعب و یا کیلوگرم بر متر مکعب (طبق بند ۲-۲).

۴-۳

حجم حقیقی

حجم ماده جامد در یک جسم متخلخل.

۵-۳

حفره های باز

حفره هایی هستند که با غوطه وری در مایع (طبق روش آزمون)، مایع در آن ها نفوذ می کند.

یادآوری- این حفره ها در اصل حفره هایی هستند که به صورت مستقیم و یا از طریق دیگر حفره ها با هوای بیرون در تماس هستند. همچنین در این مورد، ناهمواری سطح، به درستی اندازه گیری حجم حفره های باز بستگی دارد.

۶-۳

حفره های بسته

حفره هایی هستند که با غوطه وری در مایع (طبق روش آزمون)، مایع در آن ها نفوذ نمی کند.

۷-۳

تخلخل ظاهری

π_a

نسبت حجم مجموع حفره های باز در یک جسم متخلخل به حجم توده، بر حسب درصد حجمی.

۸-۳

تخلخل بسته

π_f

نسبت حجم مجموع حفره های بسته در یک جسم متخلخل به حجم توده، بر حسب درصد حجمی.

۹-۳

تخلخل حقیقی

π_t

نسبت حجم مجموع حفره های باز و بسته به حجم توده، بر حسب درصد.

یادآوری- تخلخل حقیقی حاصل مجموع تخلخل های ظاهری و بسته است.

۱۰-۳

فرآورده دیرگداز متراکم شکل دار
فرآورده‌ای دارای تخلخل حقیقی کم تر از ۴۵٪ حجمی.

۴ اصول آزمون

۴-۱ موارد زیر توسط اندازه‌گیری جرم به‌دست می‌آید:

۴-۱-۱ جرم آزمون خشک؛

۴-۱-۲ جرم ظاهری آزمون، هنگام غوطه‌وری در مایعی که تحت خلا از آن، اشباع شده است.

۴-۱-۳ جرم آزمون در مجاورت هوا هنگامی که هنوز آزمون از آب اشباع است.

از این مقادیر و از چگالی حقیقی مواد (طبق روش ذکر شده در بند ۲-۲)، چگالی توده، تخلخل ظاهری و تخلخل حقیقی به روش محاسباتی تعیین می‌شود.

۴-۲ میزان دقت نتایج، به دلیل اندازه‌گیری جرم در هوا و نه در خلا، نیاز به هیچ‌گونه اصلاحی ندارد.

۵ وسایل

۵-۱ گرم‌خانه خشک‌کن، با قابلیت کنترل دما در بازه $(150 \pm 10)^{\circ}\text{C}$

یادآوری - گرم‌خانه مجهز به تهویه دستیابی به توزیع دمایی یکنواخت و خشک‌ایش موثر آزمون کمک می‌کند.

۵-۲ ترازو، با دقت $0.1 \pm \text{g}$ با قابلیت معلق کردن آزمون در مایع غوطه‌وری (شکل ۱ را ببینید).

۵-۳ بشر، با اندازه مناسب برای نگهداری آزمون‌ها در هنگام غوطه‌وری نمونه (طبق بند ۸-۲) و همچنین اندازه‌گیری جرم ظاهری در حالت غوطه‌وری (طبق بند ۸-۳).

۵-۴ تجهیزات خلا، قادر به کاهش فشار به مقادیر کم‌تر از 2500 pa (0.025 bar) و مجهز به وسیله‌ای برای اندازه‌گیری فشار (شکل ۱ را ببینید).

۵-۵ دماسنج، با دقت 1°C .

۵-۶ خشکانه.

۶ مواد و/یا واکنشگرها

مایع غوطه‌وری، برای موادی که با آب واکنش نمی‌دهند می‌تواند آب مقطر خنک و یا آب یون‌زدایی شده باشد. برای موادی که در تماس با آب حساس هستند یک مایع آلی مناسب باید مورد استفاده قرار گیرد. مایع غوطه‌وری نباید در فشار مطلق بالاتر از فشار ذکر شده در روش آزمون تجزیه شود. مایع غوطه‌وری باید به محض مشاهده هرگونه تغییر رنگ و یا کدری تعویض شود.

یادآوری - برای مواد با قابلیت هیدراته شدن می‌توان از پارافین مقطر استفاده کرد.

۷ تعداد و شکل آزمون‌ها

۷-۱ تعداد قطعات مورد آزمون (برای مثال: آجرها، شکل‌دارها و نازل‌ها) باید حداقل دو قطعه برای هر بهر باشد و در غیر این صورت باید با توافق طرفین تعیین شود.

۷-۲ تعداد آزمون‌های مورد آزمون برای هر قطعه باید مورد توافق طرفین باشد و در گزارش آزمون درج شود. برای سهولت ارزیابی آماری، هنگامی که چندین بلوک آزمون می‌شود، تعداد یکسان از آزمون‌ها باید از هر بلوک برداشته شود.

۷-۳ آزمون‌ها باید به شکل منشور یا استوانه‌ای از هر قطعه جدا شوند. حجم توده آزمون نباید از 50 cm^3 کم‌تر و از 200 cm^3 بیش‌تر باشد. نسبت بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین ابعاد یک آزمون نباید از نسبت ۲ به ۱ فزونی یابد.

یادآوری ۱- هنگامی که نمونه‌برداری با شرایط ذکر شده بالا، از مورد مدنظر میسر نباشد، می‌توان از آزمون‌هایی با ابعاد جانشین و با توافق طرفین و ذکر در گزارش آزمون استفاده کرد.

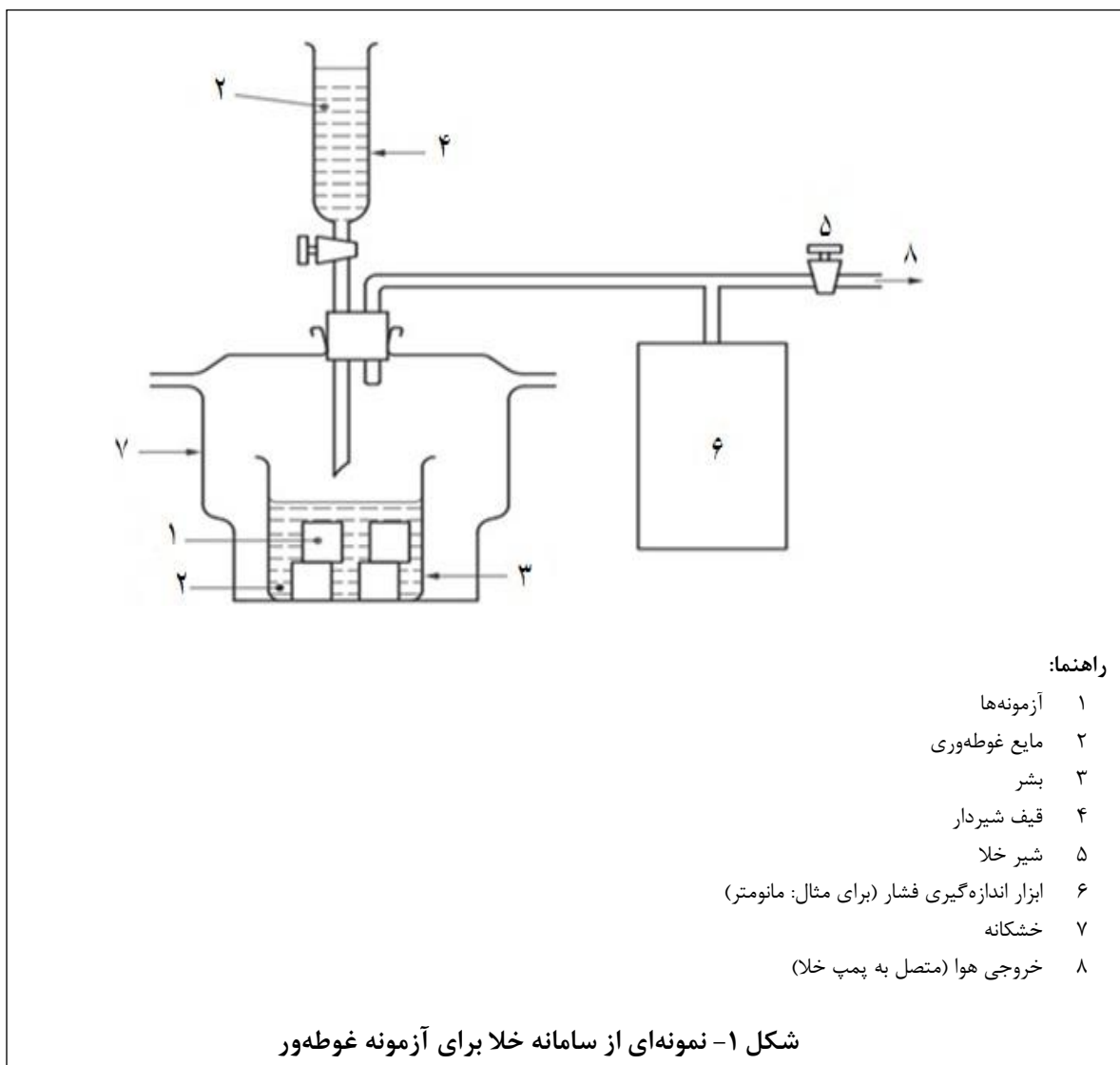
یادآوری ۲- در صورتی که آزمون باید از قطعاتی جدا شود که احتمال پراکندگی‌هایی در چگالی آن‌ها وجود دارد، موقعیت محل نمونه‌برداری باید با توافق طرفین و با ذکر در گزارش آزمون انجام شود.

۷-۴ هر آزمون‌ای که ترک داشته باشد را باید حذف کرد زیرا می‌تواند باعث خطا در اندازه‌گیری حجم توده شود.

۸ روش انجام آزمون

۸-۱ اندازه‌گیری جرم آزمون خشک (m_1)

شکل ۱ را ببینید.



آزمون را با دمای $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ تا رسیدن به جرم ثابت خشک کنید، یعنی تا زمانی که دو توزین متوالی قبل و بعد از حداقل مدت زمان ۲h در گرم‌خانه خشک‌کن (طبق بند ۵-۱)، بیش‌تر از ۰٫۱٪ جرم آزمون تفاوت نداشته باشد.

یادآوری - محصولات قلیایی ممکن است جهت گذر سریع از بازه دمایی بحرانی هیدراسیون با دمای $(150 \pm 10)^\circ\text{C}$ خشک شوند. قبل از هر اندازه‌گیری جرم، آزمون را داخل خشکانه (طبق بند ۵-۷) قرار دهید، تا به دمای محیط برسد. جرم هر آزمون را با دقت 0.01g اندازه‌گیری کنید. جرم به‌دست آمده، جرم آزمون در حالت خشک (m_1) است.

۲-۸ غوطه‌ور کردن آزمون

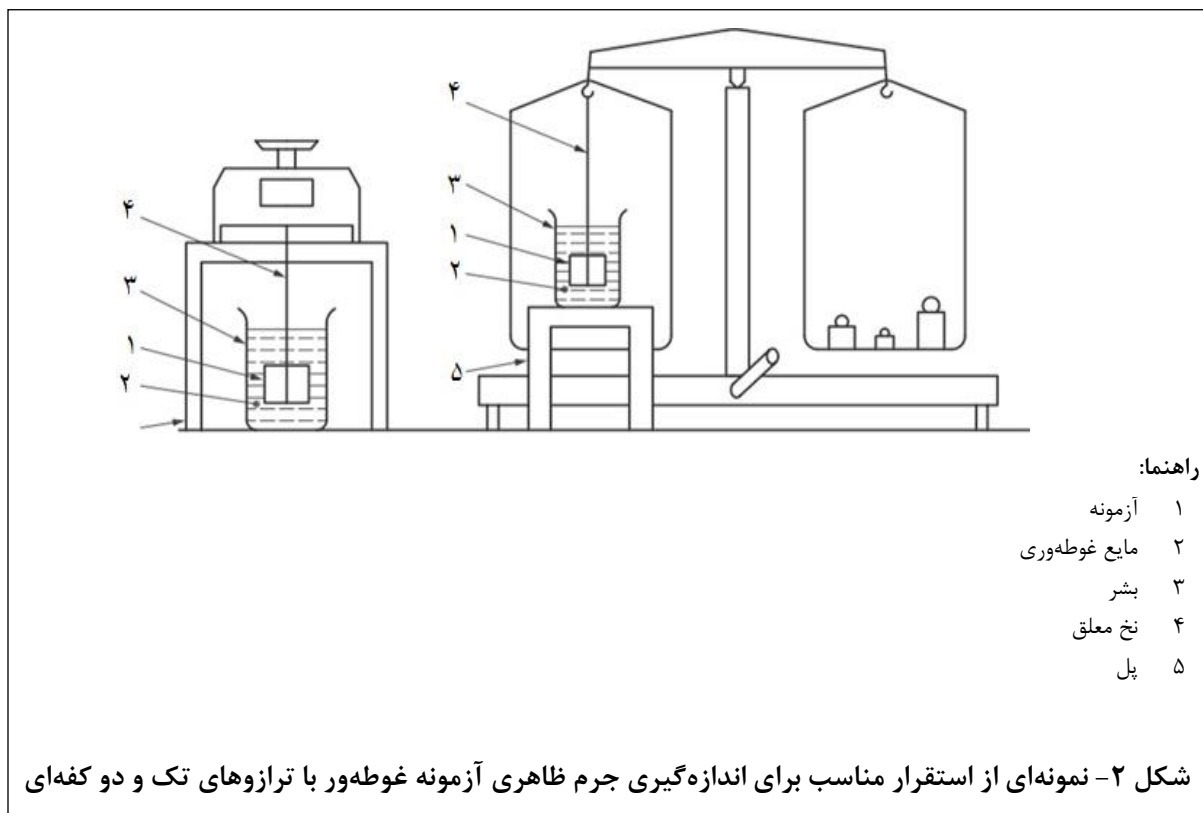
شکل ۱ را ببینید.

آزمونه آزمایشی را برای حصول اطمینان از ایجاد شرایط خلا، داخل دستگاه قرار دهید. آزمونه خشک و خنک شده را داخل ظرفی قرار دهید که در مقابل نفوذ هوا کاملاً مقاوم باشد. پس از گرفتن درز ظرف، فشار را تا حداکثر 2500 pa ، کاهش دهید؛ این میزان خلا را حداقل تا مدت زمان 15 min ، نگاه دارید. برای حصول اطمینان از خروج کامل هوا از حفره‌های باز، ظرف را از پمپ خلا (طبق بند ۴-۵) جدا و بررسی کنید تا فشار در اثر گاززدایی از آزمونه افزایش نیابد. ظرف را مجدداً به پمپ خلا متصل کنید و به تدریج مایع غوطه‌وری (طبق بند ۶-۱) را اضافه کنید تا پس از مدت زمان 3 min ، آزمونه توسط 20 mm مایع پوشانده شود. فشار کاهش یافته را به مدت 30 min نگه دارید و سپس پمپ را خاموش کرده و ظرف را جدا کنید. 30 min دیگر را برای اطمینان از نفوذ مایع به داخل همه حفره‌های باز، زمان دهید. آزمونه و یا آزمونه‌ها تا زمان اشباع کامل و اندازه‌گیری جرم در مرحله بعد، باید به طور کامل توسط مایع غوطه‌ور (طبق بندهای ۳-۸ و ۴-۸)، احاطه شده باشند.

یادآوری- برخی مواد دارای تخلخل ریز مانند دیرگذاهای کربنی و برخی محصولات رسی ممکن است نیازمند صرف زمان بیشتری برای خلا و غوطه‌وری باشند. در صورتی که از زمان غوطه‌وری دیگری استفاده شد این زمان باید در گزارش آزمون ذکر شود.

۳-۸ اندازه‌گیری جرم ظاهری آزمونه غوطه‌ور (m_2)

شکل ۲ را ببینید.



آزمونه را توسط نخ نازکی که به مرکز تعلیق کفه ترازو (طبق بند ۵-۲) متصل است، معلق کنید و هنگامی که به طور کامل در مایع درون بشر (طبق بند ۵-۳) قرار گرفته بر روی پل (در صورت استفاده) غوطه‌ور شده است، آن را وزن کنید. بدین ترتیب، جرم ظاهری آزمونه غوطه‌ور (m_2) به دست خواهد آمد. توزین باید با دقت 0.01 g انجام شود. دمای مایع را با درستی $\pm 1^\circ\text{C}$ اندازه‌گیری کنید.

۴-۸ اندازه‌گیری جرم آزمونه اشباع (m_3)

یک پارچه کتان (نخی) را با فرو بردن در مایع خیس کنید و پس از فشردن آرام و نرم توسط دست برای هر بار استفاده، آماده سازید. پارچه را روی سطح صاف پهن کنید.

یادآوری - در صورتی که از یک پارچه نو استفاده می‌کنید برای جدا شدن پرزهای پارچه، آن را سه بار شستشو دهید.

آزمونه را از داخل مایع بیرون آورده و بدون تأخیر، با چرخاندن سطوح چهارگانه و در نهایت دو سطح انتهایی آن بر روی پارچه مرطوب، مایعات اضافی روی سطح را از روی آزمونه جدا کنید. هدف از انجام سریع این کار این است که مطمئن شویم آب از حفره‌های آزمونه خارج نشود.

سپس سریعاً آزمونه را با دقت 0.01 g در هوا توزین کنید. مطمئن شوید که تبخیر مایع، باعث کاهش محسوس وزن، در طول فرآیند توزین نشود. بدین ترتیب، جرم اشباع آزمونه (m_3) به دست می‌آید.

۵-۸ اندازه‌گیری چگالی مایع غوطه‌وری

چگالی مایع مورد استفاده در آزمون ρ_{liq} را در دمای محیط (دمایی که آزمون در آن انجام شده است) بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و یا کیلوگرم بر متر مکعب بیان کنید. در صورتی که از آب برای انجام آزمون استفاده کرده‌اید، برای حصول اطمینان از صحت آزمون چگالی آب را در دمای 15°C تا 30°C معادل 1.0 gr/cm^3 در نظر بگیرید. این نکته قابل ارجاع به بند ۲-۱ نیز می‌باشد.

۹ بیان نتایج

۱-۹ چگالی توده (ρ_b)، با واحد گرم بر سانتی‌متر مکعب، با فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$\rho_b = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \times \rho_{liq} \quad (1)$$

که در آن:

m_1 جرم آزمونه در حالت خشک، بر حسب گرم؛

m_2 جرم ظاهری آزمونه غوطه‌ور، بر حسب گرم؛

ρ_{liq} چگالی مایع، بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب؛

ρ_b چگالی توده، بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب.

چگالی توده باید با واحد گرم بر سانتی‌متر مکعب و یا کیلوگرم بر متر مکعب (باضرب نتایج فرمول ۱ در ۱۰۰۰) بیان شود. نتیجه باید تا سه رقم اعشار گزارش شود.

۹-۲ تخلخل ظاهری (π_a)، به صورت درصد حجمی، با فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$\pi_a = \frac{m_3 - m_1}{m_3 - m_2} \times 100 \quad (2)$$

که در آن:

- m_1 جرم آزمون در حالت خشک، بر حسب گرم؛
- m_2 جرم ظاهری آزمون غوطه‌ور، بر حسب گرم؛
- m_3 جرم اشباع آزمون غوطه‌ور، بر حسب گرم؛
- π_a تخلخل ظاهری، بر حسب درصد.

۹-۳ تخلخل حقیقی یا کلی (π_t)، به صورت درصد حجمی، با فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$\pi_t = \frac{\rho_t - \rho_b}{\rho_t} \times 100 \quad (3)$$

که در آن:

- ρ_t چگالی حقیقی، بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب؛
- ρ_b چگالی توده، بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب؛
- π_t تخلخل حقیقی، بر حسب درصد.

۹-۴ تخلخل بسته (π_f)، به صورت درصد حجمی، با فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$\pi_f = \pi_t + \pi_a \quad (4)$$

که در آن:

- π_t تخلخل حقیقی، بر حسب درصد؛
- π_a تخلخل ظاهری، بر حسب درصد؛
- π_f تخلخل بسته، بر حسب درصد.

مقادیر مربوط به تخلخل باید با نزدیک‌ترین دقت به ۰٫۱٪ گزارش شود.

۱۰ گزارش آزمون

نتیجه آزمون باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

۱-۱۰ نام آزمایشگاه؛

۲-۱۰ تاریخ آزمون؛

۳-۱۰ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۴-۱۰ شرحی از ماده مورد آزمون (تولید کننده و نوع، شماره بهر)؛

۵-۱۰ تعداد قطعات آزمون شده؛

۶-۱۰ تعداد آزمون‌ها در هر قطعه و در صورت موضوعیت، محل نمونه‌برداری؛

۷-۱۰ فشار مورد استفاده در محفظه خلا؛

۸-۱۰ مایع غوطه‌وری استفاده شده؛

۹-۱۰ مقادیر منفرد و میانگین چگالی توده، تخلخل ظاهری و تخلخل حقیقی.