



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۹۱۱

تجدید نظر دوم

**ISIRI**

911

2nd. Revision

پلاستیک‌ها- تعیین جذب آب

**Plastics- Determination of water absorption**

ICS:83.080.01

## به نام خدا

### آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه\* 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، مصرف کنندگان، 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 می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup> کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بینالمللی بهره گیری می شود.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی 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 سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آنها 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 مؤسسه است

\* مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- 1- International organization for Standardization
- 2 - International Electro technical Commission
- 3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
- 4 - Contact point
- 5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
« پلاستیک ها - تعیین جذب آب »  
(تجدیدنظر دوم)

**رئیس:**

جواهریان، محمد  
(دکترای شیمی آلی)

**دبیران:**

خوشنام، فرزانه  
(فوق لیسانس شیمی)

زرگر، بهروز  
(دکترای شیمی تجزیه)

**اعضاء:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احمدی، سودابه  
(لیسانس شیمی)

اقبال، فریده  
(فوق لیسانس مهندسی متالورژی)

بهروزی، سحر  
(لیسانس شیمی)

دهدشتی زاده، الهام  
(لیسانس شیمی)

رضایی نژاد، رامش  
(فوق لیسانس شیمی)

شیخ، محمد اسماعیل  
(لیسانس مهندسی مکانیک)

**سمت و / یا نمایندگی**

هیئت علمی دانشگاه شهیدچمران اهواز

کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات  
صنعتی استان خوزستان

هیئت علمی دانشگاه شهیدچمران اهواز

کارشناس آزمایشگاه گروه ملی صنعتی فولاد  
ایران

کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات  
صنعتی استان خوزستان

کارشناس شرکت جهاد زمزم

کارشناس شرکت پتروشیمی بسپاران

سرپرست آزمایشگاه شرکت پتروشیمی  
پژوهش و فناوری

کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات  
صنعتی استان خوزستان

صداقت، طاهره  
(دکترای شیمی معدنی)

هیئت علمی دانشگاه شهیدچمران اهواز

فرامرزی، مازیار  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات  
صنعتی استان خوزستان

کی شمس، لیلی  
(فوق لیسانس شیمی)  
مهرمولایی، فاطمه  
(لیسانس شیمی)

کارشناس آزمایشگاه مرکزی دانشگاه  
شهیدچمران اهواز

کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات  
صنعتی استان خوزستان

والی زاده، مزگان  
(لیسانس شیمی)

کارشناس فنی شرکت جهاد زمزم

وثوق، امیر  
(فوق لیسانس مکانیک)

هیئت علمی دانشگاه آزاد ماهشهر

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با مؤسسه استاندارد
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصول آزمون
۲	۴ وسایل
۳	۵ آزمون‌ها
۵	۶ شرایط و روش انجام آزمون
۹	۷ بیان نتایج
۱۱	۸ دقت
۱۱	۹ گزارش آزمون
۱۳	پیوست الف (اطلاعاتی) ارتباط بین جذب آب توسط آزمون‌ها و قوانین نفوذ فیک
۱۵	پیوست ب (اطلاعاتی) بیان دقت
۱۸	پیوست پ (اطلاعاتی) کتاب نامه

## پیش گفتار

استاندارد " پلاستیک ها- تعیین جذب آب " نخستین بار در سال ۱۳۷۵ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهاد های رسیده و بررسی توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و تایید کمیسیون های مربوط برای دومین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در هفتصد و سی و پنجمین اجلاس کمیته ملی استاندارد شیمیایی و پلیمر مورخ ۱۱ / ۹ / ۸۹ تصویب شد. اینک این استاندارد 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 می شود.

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

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۹۱۱ : سال ۱۳۸۵ است.  
منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 62: 2008, Plastics - Determination of water absorption

## پلاستیک‌ها- تعیین جذب آب

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای اندازه‌گیری خواص جذب رطوبت در امتداد کل ضخامت<sup>۱</sup> پلاستیک‌های جامد مسطح یا قوسی شکل است (جذب سطحی پلاستیک مورد نظر نیست). این استاندارد همچنین روشی را برای تعیین مقدار جذب آب توسط آزمون‌های پلاستیکی با ابعاد معین، زمانی که در آب غوطه‌ور می‌شوند یا در هوای مرطوب تحت شرایط کنترل شده قرار می‌گیرند، ارائه می‌دهد. ضریب نفوذ رطوبت در طول کل ضخامت می‌تواند برای مواد تک فازي توسط رفتار نفوذ فیک<sup>۲</sup> با خواص جذب رطوبت ثابت از درون ضخامت آزمون اندازه‌گیری شود.

این مدل برای مواد یکنواخت و کامپوزیت‌های تقویت شده با ماتریس پلیمری که در زیر دمای انتقال شیشه‌ای آزمون شوند معتبر است و برای بعضی از ماتریس‌های دو فازي مانند اپوکسیدهای سخت شده که ممکن است به مدل جذب چند فازي نیاز داشته باشند، کاربرد ندارد.

۱-۲ به طور ایده‌آل توصیه شده بهترین مقایسه خواص جذب آب و/یا ضریب نفوذ مواد، فقط با استفاده از مقدار رطوبت تعادلی پلاستیک‌های در معرض شرایط یکسان، انجام گیرد. مقایسه مواد با استفاده از خواص در تعادل رطوبتی انجام نمی‌شود بنابراین به رفتار نفوذ فیک (تک فازي) محدود نمی‌شود.

۱-۳ جذب آب آزمون‌های پلاستیکی با ابعاد معین که در معرض غوطه‌وری یا رطوبت، تحت شرایط کنترل شده در دوره زمانی دلخواه باشند، می‌تواند برای مقایسه بهره‌های مختلف از یک ماده یا برای آزمون‌های کنترل کیفیت یک ماده مشخص به کار رود. برای این نوع مقایسه، ضروری است که ابعاد کلیه آزمون‌ها یکسان و تا حد امکان، دارای ویژگی فیزیکی نظیر نرمی سطح، تنش درونی و ... یکسان باشند. به هر جهت تعادل رطوبتی تحت این شرایط به دست نمی‌آید. بنابراین، نتایج این نوع آزمون‌ها نمی‌تواند برای مقایسه خواص جذب آب انواع مختلف پلاستیک‌ها به کار رود. برای نتایج با قابلیت اطمینان بیشتر، آزمون‌های هم‌زمان توصیه می‌شود.

۱-۴ نتایج به دست آمده با استفاده از روش‌های توصیف شده در این استاندارد، برای اغلب پلاستیک‌ها کاربرد دارد اما برای پلاستیک‌های دارای خلل و فرج سلولی، گرانول‌ها یا پودرهایی که ممکن است اثرات اضافی جذب و موینگی را نشان دهند، به کار نمی‌رود. پلاستیک‌هایی که در معرض رطوبت تحت شرایط کنترل شده برای دوره‌های زمانی مشخص قرار می‌گیرند، مقایسه نسبی بین آن‌ها را امکان پذیر می‌نماید. آزمون‌های شرح داده شده برای تعیین ضریب نفوذ ممکن است برای کلیه پلاستیک‌ها کاربرد نداشته باشد. پلاستیک‌هایی که پس از غوطه‌ور شدن در آب جوش، نمی‌توانند شکل اولیه خود را حفظ کنند، نباید با روش ۲ (بند ۶-۴) مقایسه شوند.

1 - Through- the- Thickness

2 - Fick`s diffusion

## 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 تجدید نظرهای 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 اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۷۲۴۲: سال ۱۳۸۳- پلاستیک‌ها - تعیین اثرات غوطه‌وری در مایعات شیمیایی- روش‌های آزمون

2-2 ISO 294-3, Plastics- Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials-part 3: small plates.

2-3 ISO 2818, Plastics- preparation of test specimens by machining.

## ۳ اصول آزمون

آزمونه‌ها در آب مقطر، با دمای  $23^{\circ}\text{C}$  یا در حال جوش غوطه‌ور می‌شوند یا در معرض رطوبت نسبی ۵۰٪، در دماهای مشخص برای زمان‌های تعریف شده، قرار می‌گیرند. مقدار آب جذب شده توسط هر آزمونه، با اندازه‌گیری تغییرات جرم آن به دست می‌آید. برای مثال، اختلاف بین جرم اولیه و جرم اندازه‌گیری شده بعد از قرار گرفتن در آب، به صورت درصدی از جرم اولیه بیان می‌شود. در صورت نیاز، مقدار آب از دست رفته بعد از خشک شدن آزمونه‌ها نیز می‌تواند اندازه‌گیری شود.

در بعضی موارد، ممکن است رطوبت نسبی ۷۰٪ تا ۹۰٪ و دماهای  $70^{\circ}\text{C}$  تا  $90^{\circ}\text{C}$  لازم باشد. ممکن است شرایط رطوبت نسبی و دمای بالاتر از آن چه در این استاندارد توصیه شده است بر طبق توافق بین گروه‌های ذینفع استفاده شود. در صورت استفاده از شرایط رطوبت نسبی و دما غیر از آنچه توصیف شده است، شرح کامل شرایط جدید (با رواداری مناسب)، باید در گزارش آزمون ذکر شود.

## ۴ وسایل

۱-۴ ترازو، با دقت  $\pm 0.1\text{ mg}$  (بند ۶-۱-۳ را ببینید)

۲-۴ گرم‌خانه، با قابلیت گردش هوای تحت فشار یا خلاء و قابلیت نگهداری دما در  $21.0^{\circ}\text{C} \pm 0.1$  یا هر دمای مورد توافق دیگر (بند ۶-۱-۲ را ببینید)

۳-۴ ظروف نگهدارنده، حاوی آب مقطر یا آب با خلوص معادل مجهز به وسیله گرم کردن با قابلیت نگهداری دما در حرارت مشخص شده

۴-۴ دسیکاتور، با مواد جاذب رطوبت (برای مثال فسفرپنتوکسید،  $\text{P}_2\text{O}_5$ )



#### ۴-۵ وسیله اندازه‌گیری ابعاد آزمون‌ها، با دقت mm ۰٫۱ ، در صورت نیاز

#### ۵ آزمون‌ها

##### ۱-۵ کلیات

برای ارزیابی هر ماده، حداقل سه آزمون را مورد آزمون قرار دهید. آزمون‌ها در ابعاد مورد نیاز ممکن است به وسیله قالب‌گیری<sup>۱</sup> یا رزن رانی<sup>۲</sup> آماده شوند. روش‌های مورد استفاده برای آماده سازی کلیه آزمون‌ها، باید در گزارش آزمون ذکر شوند.

**یادآوری** - نتایج این روش ممکن است متأثر از اثرات سطحی باشند. برای بعضی مواد، نتایج مختلفی می‌تواند از آزمون‌های قالب‌گیری شده و آزمون‌های بریده شده از ورق بزرگ‌تر به دست آید.

هر گونه آلودگی در سطح آزمون که بتواند بر جذب آب موثر باشد باید با تمیز کننده‌ای بی‌اثر بر پلاستیک پاک شود، درجه تأثیر تمیز کننده بر پلاستیک، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۷۲۴۲، اندازه‌گیری می‌شود. برای مثال منطبق با عبارت "هیچ" (بدون تغییر در ظاهر) بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۷۲۴۲، باشد. اجازه دهید آزمون‌ها در دمای  $23^{\circ}C$  در رطوبت نسبی  $50\%$  به مدت حداقل ۲ ساعت بعد از پاک کردن و قبل از شروع آزمون، خشک شوند. هنگام انتقال آزمون‌ها برای جلوگیری از آلودگی از دستکش تمیز استفاده کنید.

ماده تمیز کننده باید بر جذب آب بی‌اثر باشد. هنگام تعیین مقدار تعادلی رطوبت مطابق بند ۶-۳ (روش ۱) و بند ۶-۶ (روش ۴) از اثرات عامل تمیز کننده می‌توان چشم‌پوشی کرد.

##### ۲-۵ آزمون‌های مربع شکل برای پلاستیک‌های یکنواخت

به جز در موارد مشخص شده یا توافق بین کلیه اعضا ذی‌نفع، ابعاد و رواداری ابعادی آزمون‌های مربع شکل، باید مطابق مقادیر استاندارد ISO 294-3 با ضخامت  $(1.0 \pm 0.1)$  mm باشد. این آزمون‌ها می‌توانند به وسیله قالب‌گیری مطابق استاندارد ISO 294-3 تحت شرایط مندرج در استانداردهای قابل کاربرد برای ماده مورد آزمون (یا شرایط توصیه شده توسط عرضه کننده مواد)، آماده شوند. برای بعضی از مواد، مانند پلی‌آمیدها، پلی‌کربنات‌ها و بعضی از پلاستیک‌های تقویت شده استفاده از آزمون با ضخامت ۱ mm، ممکن است نتایج معنی‌داری را ارائه نکند. علاوه بر این، بعضی مشخصه‌های محصول به استفاده از آزمون‌های ضخیم‌تر برای تعیین جذب آب نیاز دارند. در این حالت‌ها ممکن است از آزمون‌های با ضخامت  $(2.05 \pm 0.05)$  mm استفاده شود. اگر از آزمون‌های دیگری با ضخامت غیر از ۱ mm استفاده شود، ضخامت آزمون باید در گزارش آزمون، ذکر شود. گرچه الزامی در مورد اندازه شعاع لبه‌ها و گوشه‌ها وجود ندارد. بهر حال برای جلوگیری از این که مواد از لبه‌ها و گوشه‌ها در طول آزمون از دست بروند باید صاف و تمیز باشند.

بعضی مواد ممکن است اثر جمع‌شدگی<sup>۱</sup> در قالب را نشان دهند. اگر آزمون‌های این مواد با استفاده از یک قالب با ابعاد کوچک‌تر از حدود مشخص شده در استاندارد ISO 294-3 آماده شوند، ابعاد نهایی آزمون‌ها

1 - Moulding  
2 - Extrusion

ممکن است خارج از حدود رواداری مشخص شده در این استاندارد قرارگیرند که باید در گزارش آزمون ذکر شود.

### ۳-۵ آزمونهای پلاستیک‌های تقویت شده (متأثر از اثرات نفوذ ناهمگن)

برای بعضی از مواد پلاستیکی تقویت شده مانند اپوکسیدهای تقویت شده با الیاف کربن، اثرات نفوذ ناهمگن ناشی از مواد تقویت کننده، با استفاده از آزمونهای کوچک ممکن است به بروز اشتباه در نتایج منجر گردد. که در این حالت، آزمون‌هایی که با یکی از انواع آزمون‌های زیر مطابقت دارند باید به کار روند و ابعاد معین و روش‌های آماده سازی آزمون باید در گزارش آزمون ذکر شود.

**الف** - صفحه مربع شکل یا صفحه دارای انحنا که معادله زیر برای ابعاد آن صدق می‌کند:

$$w \leq 100d$$

(۱)

که در آن:

$w$  طول اسمی از یک سمت بر حسب میلی‌متر؛

$d$  ضخامت اسمی بر حسب میلی‌متر است.

**ب** - صفحه مربع شکل با ابعاد  $100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$  که لبه‌های آن با فولاد زنگ نزن یا فویل آلومینیوم پوشیده باشد، به طوری که جذب رطوبت از میان لبه‌ها به حداقل رسیده باشد. زمانی که این آزمون آماده می‌شود، باید در وزن کردن آزمون قبل و بعد از چسباندن فویل (به منظور به دست آوردن افزایش جرم ناشی از فویل و چسب) دقت شود. از چسب با خاصیت جذب آب کم استفاده کنید تا بر نتایج آزمون موثر نباشد.

### ۴-۵ آزمونهای لوله‌ای شکل

به جز مواردی که توسط استاندارد های دیگر مشخصاً مورد نیاز باشد، آزمون‌های لوله‌ای شکل باید ابعاد زیر را داشته باشند:

**الف** - برای لوله‌هایی که قطر داخلی  $76\text{ mm}$  یا کمتر دارند، قطعاتی از لوله به طول  $1\text{ mm} \pm 25\text{ mm}$  را از یک لوله بلندتر از جنس ماده مورد ارزیابی ببرید. برش باید در جهت عمود بر محور طولی لوله باشد. بریدن می‌تواند توسط ماشین کاری، اره کردن یا قیچی کردن انجام شود و باید آزمون‌های با لبه‌های صاف و عاری از ترک را فراهم کند.

**ب** - برای لوله‌هایی که قطر داخلی بیشتر از  $76\text{ mm}$  دارند، آزمون‌ها را به شکل مستطیل به طول  $1\text{ mm} \pm 76\text{ mm}$  (اندازه‌گیری در راستای سطح خارجی لوله انجام شود) و عرض  $1\text{ mm} \pm 25\text{ mm}$  ببرید. لبه‌ها باید صاف و عاری از ترک باشند.

## ۵-۵ آزمون‌های میله‌ای شکل

آزمون میله‌ای شکل باید ابعاد زیر را داشته باشد:

الف- برای میله‌هایی با قطر  $26\text{ mm}$  یا کمتر، قطعه‌ای را به طول  $1\text{ mm} \pm 25\text{ mm}$  ببرید. برش باید در جهت عمود بر محور طولی میله باشد. قطر آزمون باید معادل قطر میله باشد.

ب- برای میله‌هایی با قطر بیشتر از  $26\text{ mm}$ ، قطعه‌ای به طول  $1\text{ mm} \pm 13\text{ mm}$  را ببرید. برش باید در جهت عمود بر محور طولی میله باشد. قطر آزمون باید معادل قطر میله باشد.

## ۵-۶ آزمون‌های بریده شده از محصولات نهایی، ترکیبات روزن رانی شده، ورق‌ها یا لامینه‌ها<sup>۱</sup>

به جز مواردی که توسط استاندارد های دیگر مورد نیاز باشد، محصول را به گونه‌ای ببرید که:

- الزامات آزمون‌های مربع شکل را برآورده کند،

یا

- دارای طول و عرض  $1\text{ mm} \pm 61\text{ mm}$  و شکل یکسان (از نظر ضخامت و انحنا) همانند ماده مورد آزمون باشد.

شرایط ماشین کاری که برای آماده‌سازی آزمون‌ها استفاده می‌شود باید مورد توافق تمامی طرف های ذی‌نفع باشد. همچنین این شرایط باید مطابق استاندارد ISO 2818 باشند و در گزارش آزمون نیز ذکر شوند.

اگر ضخامت اسمی بیشتر از  $1.1\text{ mm}$  باشد و ملاحظات خاصی در کاربرد آن نباشد باید با ماشین کاری روی فقط یک سطح، ضخامت آزمون به  $1.0\text{ mm}$  تا  $1.1\text{ mm}$  کاهش یابد.

وقتی سطح لامینه ماشین کاری شود خواص جذب آب به طور گسترده ای تحت تأثیر قرار خواهد گرفت به طوری که نتایج آزمون نمی‌تواند معتبر باشد، بنابراین آزمون‌ها باید با ضخامت اولیه آزمون شوند و ابعاد آن‌ها در گزارش آزمون، باید ذکر شود.

## ۶ شرایط و روش انجام آزمون

### ۶-۱ کلیات

۶-۱-۱ برای برخی مواد خاص ممکن است نیاز باشد که آزمون‌ها در ظرف توزین، وزن شوند.

۶-۱-۲ روش‌های خشک کردن دیگری غیر از آنچه در بند ۶-۳ تا ۶-۶ شرح داده شد، ممکن است به صورت توافقی به کار روند.

۶-۱-۳ هنگامی که جذب آب توسط ماده، برابر یا بیشتر از ۱٪ باشد، آزمون‌هایی که با دقت  $1\text{ mg} \pm$  وزن شده باشند و وزن آن‌ها تا  $1\text{ mg} \pm$  ثابت بماند قابل قبول هستند.

## ۲-۶ شرایط عمومی

۱-۲-۶ آزمون‌ها باید قبل از آزمون به دقت خشک شوند. برای مثال بین یک روز تا ۱۰ روز برای خشک کردن در دمای  $50^{\circ}C$  مورد نیاز خواهد بود. زمان دقیق به ضخامت آزمون‌ها بستگی دارد.

۲-۲-۶ حداقل  $8\text{ ml}$  آب مقطر را به ازای هر سانتی‌متر مربع از کل سطح آزمون استفاده کنید. اما مقدار آب از  $300\text{ ml}$  برای هر آزمون کمتر نباشد. این امر مانع از تغلیظ فزاینده هر گونه محصول استخراجی در آب، طی مدت زمان آزمون، خواهد بود.

۳-۲-۶ هر کدام از آزمون‌های یک سری سه تایی را در یک ظرف نگهدارنده (بند ۴-۳) جداگانه قرار داده و آن‌ها را کاملاً در آب غوطه‌ور کنید یا در معرض رطوبت نسبی  $50\%$  (بند ۶-۶) قرار دهید.

هنگامی که چندین نمونه با ترکیب یکسان آزمون می‌شوند ممکن است آزمون‌ها به طور هم‌زمان در یک ظرف نگهدارنده و با احتساب حداقل  $300\text{ ml}$  آب برای هر آزمون قرار گیرند. در این حالت، تماس قابل ملاحظه سطوح بین آزمون‌ها یا با دیواره‌های ظرف نگهدارنده، قابل قبول نیست و باید از تماس بین آن‌ها، اجتناب شود.

یادآوری- توری‌های ساخته شده از فولاد زنگ نزن ممکن است به حفظ فاصله قابل قبول بین آزمون‌ها کمک کنند.

برای نمونه‌هایی که چگالی کمتر از آب دارند، آزمون را با قرار دادن در یک سبد سیمی از جنس فولاد زنگ نزن که با سیم فولادی زنگ نزن متصل به یک وزنه نگهدارنده است، غوطه‌ور کنید. از تماس سطح وزنه نگهدارنده با آزمون‌ها جلوگیری شود.

۴-۲-۶ فواصل زمانی برای غوطه‌وری در آب در بند ۳-۶ و ۴-۶ ارائه شده است، به هر حال توسط توافق طرف‌های ذی‌نفع می‌توان از مدت زمان‌های طولانی‌تر غوطه‌وری استفاده کرد. در این حالت احتیاط‌های زیر باید در نظر گرفته شوند:

- برای انجام آزمون در آب با دمای  $23^{\circ}C$ ، حداقل یک بار در روز آب را هم بزنید (برای مثال با حرکت چرخشی محتویات ظرف)؛

- برای انجام آزمون در آب جوش، آب جوش را در صورت نیاز به منظور ثابت نگه‌داشتن حجم آب اضافه کنید.

۵-۲-۶ در طی عملیات توزین، آزمون نباید هیچ آبی را جذب یا آزاد کند. بنابراین آزمون‌ها باید سریعاً بعد از برداشتن از محیط (و در صورت لزوم حذف هر آب سطحی) وزن شوند. در مورد آزمون‌های نازک و مواد با ضریب نفوذ آب بالا مراقبت خاص باید به عمل آید.

۶-۲-۶ در مورد آزمون‌های با ضخامت  $1\text{ mm}$  و مواد با ضریب نفوذ آب بالا، وزن کردن اولیه باید بعد از ۲ ساعت و ۶ ساعت انجام شوند.

### ۳-۶ روش اول: تعیین مقدار آب جذب شده بعد از غوطه‌وری در آب در دمای $23^{\circ}C$

آزمونه‌ها را در گرم‌خانه (بند ۲-۴) تثبیت شده در دمای  $(2 \pm 50)^{\circ}C$  به مدت حداقل ۲۴ ساعت (بند ۶-۲-۱ را ببینید) خشک کرده و قبل از وزن کردن در دسیکاتور (بند ۴-۴) تا رسیدن به دمای اتاق، خنک کنید. آزمونه‌ها را با تقریب  $0.1 mg$ ، وزن کنید. این فرآیند را تکرار کرده تا جرم آزمونه در محدوده  $0.1 mg \pm$  ثابت شود (جرم  $m_1$ ).

سپس آزمونه‌ها را در ظرف (بند ۳-۴) پر شده از آب مقطر در دمای  $17.0^{\circ}C \pm$  یا  $23.0^{\circ}C \pm$  بسته به مشخصات مربوطه قرار دهید. در غیاب مشخصات، رواداری باید  $17.0^{\circ}C \pm$  باشد.

بعد از غوطه‌وری به مدت  $(1 \pm 24)$  ساعت، آزمونه‌ها را از آب بیرون آورید و با پارچه خشک و تمیز یا با کاغذ صافی، تمام آب سطحی آن را پاک کنید. مجدداً آزمونه‌ها را با تقریب  $0.1 mg$  در فاصله زمانی یک دقیقه بعد از خارج کردن از آب وزن کنید (جرم  $m_2$ ).

مقدار آب در حالت اشباع، با غوطه‌وری مجدد آزمونه‌ها و وزن کردن دوباره آن‌ها در فواصل زمانی داده شده، اندازه‌گیری می‌شود. نوعی مقیاس زمانی برای فواصل غوطه‌وری آزمونه‌ها، ۲۴ ساعت، ۹۶ ساعت، ۱۹۲ ساعت و غیره است. در هر یک از این فواصل زمانی،  $(1 \pm)$  ساعت) آزمونه را از آب خارج، تمام سطح آن را پاک کرده و هر آزمونه را در فاصله زمانی یک دقیقه بعد از خارج کردن از آب با دقت  $0.1 mg$ ، مجدداً وزن کنید. (برای مثال  $m_{2/24h}$ ).

### ۴-۶ روش دوم: تعیین مقدار آب جذب شده بعد از غوطه‌وری در آب جوش

تمامی آزمونه‌های قبلی را در گرم‌خانه (بند ۲-۴) تثبیت شده در دمای  $27.0^{\circ}C \pm 50.0$  به مدت حداقل ۲۴ ساعت (بند ۶-۲-۱ را ببینید) خشک کرده و قبل از وزن کردن آن‌ها را در دسیکاتور (بند ۴-۴) تا رسیدن به دمای اتاق، خنک کنید. آزمونه‌ها را با تقریب  $0.1 mg$ ، وزن کنید. این فرآیند را تکرار کرده تا جرم آزمونه در محدوده  $0.1 mg \pm$  ثابت شود (جرم  $m_1$ ).

سپس آزمونه‌ها را در ظرف (بند ۳-۴) پر شده از آب مقطر در دمای جوش به گونه‌ای که روی یک لبه و کاملاً غوطه‌ور در آب باشند، قرار دهید. بعد از مدت  $(2 \pm 30)$  دقیقه، آزمونه‌ها را از آب جوش بیرون آورید و در آب مقطر نگه‌داری شده در دمای اتاق خنک کنید. بعد از خنک کردن آزمونه‌ها به مدت  $(1 \pm 15)$  دقیقه، آن‌ها را به طور هم‌زمان از آب بیرون آورید و با پارچه خشک، تمام آب روی سطح آن را پاک کنید. سپس بلافاصله آزمونه‌ها را با تقریب  $0.1 mg$  وزن کنید (جرم  $m_2$ ). اگر ضخامت آزمونه‌ها کمتر از حدود  $mm$  باشد مقدار کم‌ولی قابل اندازه‌گیری از آب در حین توزین واجذب می‌شود. در این حالت وزن کردن نمونه‌ها در ظرف توزین ترجیح داده می‌شود.

محتوی آب در حالت اشباع را با غوطه‌وری مجدد و وزن کردن دوباره آزمونه‌ها در فواصل زمانی  $(2 \pm 30)$  دقیقه اندازه‌گیری کنید. بعد از هر یک از این فواصل زمانی، باید آزمونه را از آب خارج، در آب مقطر سرد کرده سپس خشک و وزن کنید (همان‌گونه که در بالا ذکر شد). ممکن است با تکرار غوطه‌وری و خشک کردن ترک‌هایی به وجود آیند. در این صورت تعداد دوره‌هایی که ترک‌ها برای اولین بار در آن مشاهده شده‌اند باید در گزارش آزمون ذکر شود.

## ۵-۶ روش سوم: تعیین کاهش ماده قابل حل در آب در مدت غوطه‌وری

هنگامی که مواد شناخته شده باشند یا احتمال داده شود که مواد حاوی مقدار قابل ملاحظه‌ای از ترکیبات قابل حل در آب هستند، ضروری است مقدار کاهش مواد قابل حل در آب، در طی آزمون غوطه‌وری تصحیح شود. برای این منظور بعد از غوطه‌وری طبق بند ۳-۶ یا ۴-۶، آزمون‌ها را تا رسیدن به جرم ثابت ( $m_3$ ) در شرایط مشابه استفاده شده برای مدت زمان خشک کردن اصلی در بند ۳-۶ و ۴-۶ قرار دهید. اگر پس از قرار گرفتن مجدد آزمون‌ها در این شرایط، جرم  $m_3$  کمتر از  $m_1$  شد، اختلاف باید ناشی از کاهش ماده قابل حل در آب طی آزمون غوطه‌وری در نظر گرفته شود. برای این گونه مواد، مقدار جذب آب باید به صورت مجموع افزایش جرم پس از غوطه‌وری و جرم ماده قابل حل در آب در نظر گرفته شود.

## ۶-۶ روش چهارم: تعیین مقدار آب جذب شده پس از قرار گرفتن در معرض رطوبت نسبی ۵۰٪

آزمون‌ها را در گرم‌خانه (بند ۲-۴) تثبیت شده در دمای  $21.0 \pm 0.1^\circ C$  به مدت حداقل ۲۴ ساعت (بند ۲-۶-۱ را ببینید) خشک کرده و قبل از وزن کردن در دسیکاتور (بند ۴-۴) تا رسیدن به دمای اتاق، خنک کنید. آزمون‌ها را با تقریب  $0.1 mg$ ، وزن کنید. این فرآیند را تکرار کرده تا جرم آزمون در محدوده  $0.1 mg \pm$  ثابت شود (جرم  $m_1$ ).

سپس آزمون‌ها را در یک محفظه یا اتاق حاوی هوا با رطوبت نسبی  $(50 \pm 5)\%$  در دمای  $17.0 \pm 0.2^\circ C$  یا  $21.0 \pm 0.2^\circ C$  بسته به مشخصات مربوطه قرار دهید. در صورت نداشتن مشخصات، رواداری باید  $17.0 \pm 0.2^\circ C$  باشد. بعد از قراردادن آزمون در این شرایط به مدت  $(24 \pm 1)$  ساعت، مجدداً آزمون‌ها را با تقریب  $0.1 mg$  در فاصله زمانی یک دقیقه بعد از خارج کردن از محفظه یا اتاق حاوی هوا با رطوبت نسبی  $(50 \pm 5)\%$  وزن کنید (جرم  $m_2$ ).

مقدار رطوبت تعادلی با تکرار قراردادن آزمون‌ها در معرض رطوبت نسبی ۵۰٪ و پس از آن وزن کردن در فواصل زمانی ارائه شده مشابه با روش اول (بند ۳-۶ را ببینید) اندازه‌گیری می‌شود.

## ۷ بیان نتایج

### ۷-۱ جرم آب جذب شده بر حسب درصد

برای هر آزمون، در صد تغییر جرم  $C$  را نسبت به جرم اولیه، با استفاده از یکی از معادله‌های زیر محاسبه کنید:

$$c = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (2)$$

یا

$$c = \frac{m_2 - m_3}{m_1} \times 100\% \quad (3)$$

که در آن:

$m_1$  جرم آزمون بعد از خشک کردن اولیه و قبل از غوطه وری بر حسب میلی گرم؛

$m_2$  جرم آزمون بعد از غوطه وری بر حسب میلی گرم؛

$m_3$  جرم آزمون بعد از غوطه وری و خشک کردن نهایی بر حسب میلی گرم؛

نتایج را به صورت میانگین حسابی سه مقدار به دست آمده در مدت زمان یکسان غوطه وری بیان کنید.

یادآوری- در شرایط خاص ممکن است به بیان مقدار آب جذب شده به صورت درصد جرمی نسبت به جرم آزمون بعد از خشک کردن نهایی با استفاده از معادله زیر نیاز باشد:

$$c = \frac{m_2 - m_3}{m_3} \times 100\% \quad (4)$$

### ۷-۲ اندازه گیری مقدار آب در حالت اشباع و ضریب نفوذ آب با استفاده از قوانین فیک

در دماهای خیلی کمتر از دمای انتقال شیشه پلیمر مرطوب، جذب آب در اغلب پلیمرها (اندازه گیری شده توسط روش های ۳، ۱ و ۴) به خوبی از قوانین فیک پیروی می کند (پیوست الف را ببینید) و ضریب نفوذ مستقل از زمان و غلظت مانند مثال زیر محاسبه می شود. در این حالت مقدار آب در حالت اشباع  $C_s$  همانند ضریب نفوذ  $D$  (بر حسب  $mm^2/s$ ) می توانند با برازش داده های تجربی با قانون فیک برای ورق ها بدون منتظر ماندن برای ثابت شدن جرم، تعیین شوند (بند الف-۲ را ببینید).

هنگامی که آزمونها مطابق روش های اول، دوم و سوم در آب غوطه ور می شوند، مقدار آب در حالت اشباع با  $C_s$  بیان می شود و هنگامی که آزمونها طبق روش چهارم در معرض هوا با رطوبت نسبی ۵۰٪ قرار می گیرند با  $C_s$  (۵۰٪) بیان می شوند. روش های گرافیکی نیز ممکن است برای تایید رفتار نفوذ فیک آزمونها با جایگزینی مقدار محاسبه شده  $D$  استفاده شوند مثلاً توسط سیستم لگاریتمی که سپس با داده های نظری یا توسط بسته های نرم افزاری موجود تجاری، برازش می شود. به منظور تصدیق این که جذب آب یک پلیمر از قانون فیک پیروی می کند داده های تجربی باید برای مدت زمان طولانی تری تا رسیدن به غلظت تعادلی  $C_s$  بررسی شوند.

شکل الف-۱ حل نسبتاً دقیقی از قوانین فیک برای ورق ها را نشان می دهد. شیب ۰/۵ برای موارد زیر به دست آمده است:

$$c \leq 0.51c_s \quad (5)$$

یا

$$c/c_s \leq 0.51 \quad (6)$$

یا

$$\frac{D\pi^2 t}{d^2} \leq 0.50 \quad (7)$$

که در آن:

$t$  مدت زمان غوطه وری آزمون در آب یا هوای مرطوب بر حسب ثانیه؛

$d$  ضخامت آزمون بر حسب میلی متر.

در موردی که:

$$D\pi^2 t / d^2 \geq 5$$

(۸)

از مقدار  $c = c_s$  استفاده کنید.  
مقادیر دیگر در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مقادیر ابعادی تئوری از قانون فیک برای ورق ها

$c/c_s$	$D\pi^2 t / d^2$
۰	۰
۰,۰۷	۰,۰۱
۰,۲۲	۰,۱۰
۰,۵۱	۰,۵
۰,۶۰	۰,۷
۰,۷۰	۱,۰
۰,۸۲	۱,۵
۰,۸۹	۲,۰
۰,۹۶	۳,۰
۰,۹۹	۴,۰
۱,۰۰	۵,۰

مثال - برای آزمونی که تا ثابت ماندن جرم انجام شده است، پس از برازش داده های تجربی با منحنی تئوری، غلظت تجربی  $c_{70\%}$  را با استفاده از  $c/c_s = 0.7$  و معادله زیر محاسبه کنید:

$$c_s = \frac{c_{70\%}}{0.7} \quad (۹)$$

که در آن:

$c_s$  و  $c_{70\%}$  بر حسب میلی گرم بر گرم یا درصد جرمی بیان می شوند.  
مدت زمان تجربی  $t_{70}$  در  $c_{70\%}$  امکان محاسبه ضریب نفوذ  $D$  (بر حسب میلی متر مربع بر ثانیه) را از معادله زیر فراهم می کند:



$$\frac{D\pi^2 t_{70}}{d^2} = 1 \quad (10)$$

یا

$$D = \frac{d^2}{\pi^2 t_{70}} \quad (11)$$

اگر  $t_{70}$  برحسب ثانیه،  $\pi^2$  تقریباً برابر با ۱۰ و ضخامت برای آزمون تخت ۱mm باشد، سپس

$$D \approx \frac{1}{10t_{70}} \quad (12)$$

**یادآوری-** مقدار معمول  $D$  برای پلاستیک ها در دمای  $23^\circ C$  برابر  $10^{-6} mm^2/s$  است که با آزمون یک میلی متری مقدار  $t_{70}$  برابر  $10^5$  ثانیه (تقریباً یک روز) به دست می آید. با این ضخامت، مدت زمان غوطه وری مورد نیاز برای محاسبه  $D$  و  $C_S$  به طور معمول از یک هفته بیشتر نخواهد شد.

## ۸ دقت

داده های دقت در پیوست ب ارایه شده است.

## ۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل حداقل اطلاعات زیر باشد:

۱-۹ ارجاع به استاندارد ملی ایران شماره ۹۱۱: سال ۱۳۸۹؛

۲-۹ جزئیات لازم برای شناسایی کامل مواد یا محصولات آزمون شده؛

۳-۹ نوع آزمون استفاده شده و روش آماده سازی، بیان اینکه آزمونها بریده شده اند یا خیر، ابعاد آزمون ها، جرم اولیه و در صورت لزوم مساحت سطحی اولیه و شرایط سطحی آنها برای مثال آیا ماشین شده اند یا خیر؛

۴-۹ مشخص کردن روش (۱، ۲، ۳ و ۴) استفاده شده و مدت زمان (های) غوطه وری؛

۵-۹ جذب آب محاسبه شده توسط یک یا چند روش از روش های بیان نتایج مطابق بند ۷، گزارش میانگین و انحراف استاندارد نتایج (در صورتی که در محاسبات بند ۷-۱ و ۷-۲ مقدار منفی برای جذب آب به دست آید، باید به صورت شفاف در گزارش آزمون بیان شود)؛

۶-۹ جذب آب در حالت اشباع  $c_s$  یا  $c_s$  (۵۰٪) در دمای  $23^\circ C$  که طبق بند ۷-۲ محاسبه شده است؛

۷-۹ ضریب نفوذ در دمای  $23^\circ C$  که طبق بند ۷-۲ محاسبه شده است؛

۸-۹ هر گونه انحراف از روش آزمون و هراتفاقی که بر نتیجه موثر باشد؛

۹-۹ تاریخ و محل انجام آزمون.

## پیوست الف

(اطلاعاتی)

### ارتباط بین جذب آب توسط آزمون‌ها و قوانین نفوذ فیک

#### الف-۱ کلیات

در موردی که جذب آب با قوانین فیک همبستگی داشته باشد، مقدار آب وابسته به زمان می‌تواند به عنوان تابعی از ضریب نفوذ  $D$  و جذب آب در حالت اشباع  $c_s$  به صورت معادله (الف-۱) بیان شود:

$$c(t) = c_s - c_s \frac{8}{\pi^2} \sum_{k=1}^{20} \frac{1}{(2k-1)^2} \exp\left[-\frac{(2k-1)^2 D \pi^2}{d^2} t\right] \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن:

$k = 1, 2, 3, \dots, 20$ ؛

$d$  ضخامت آزمون.

یادآوری-استفاده از ۲۰ بار جمع زدن عموماً کافی در نظر گرفته شده است.

#### الف-۲ تعیین $D$ و $c_s$ بدون انتظار برای رسیدن به جرم ثابت

با فرض پیروی از قوانین فیک، رابطه خطی بین  $\lg(D.t)$  و  $\lg(c(t)/c_s)$  برای مقادیر کوچک به طور تقریبی می‌تواند راست در نظر گرفته شود (شکل الف-۱ را ببینید). ضریب نفوذ در محدوده خطی با در نظر گرفتن مقادیر تئوری جدول ۱ به صورت زیر می‌تواند بیان شود:

$$\sqrt{D} \approx \frac{1}{c_s} \cdot \frac{d}{0.52\pi} \cdot \frac{c(t)}{\sqrt{t}} \quad (\text{الف-۲})$$

که در آن:

$c_s$  جذب آب در حالت اشباع؛

$d$  ضخامت آزمون؛

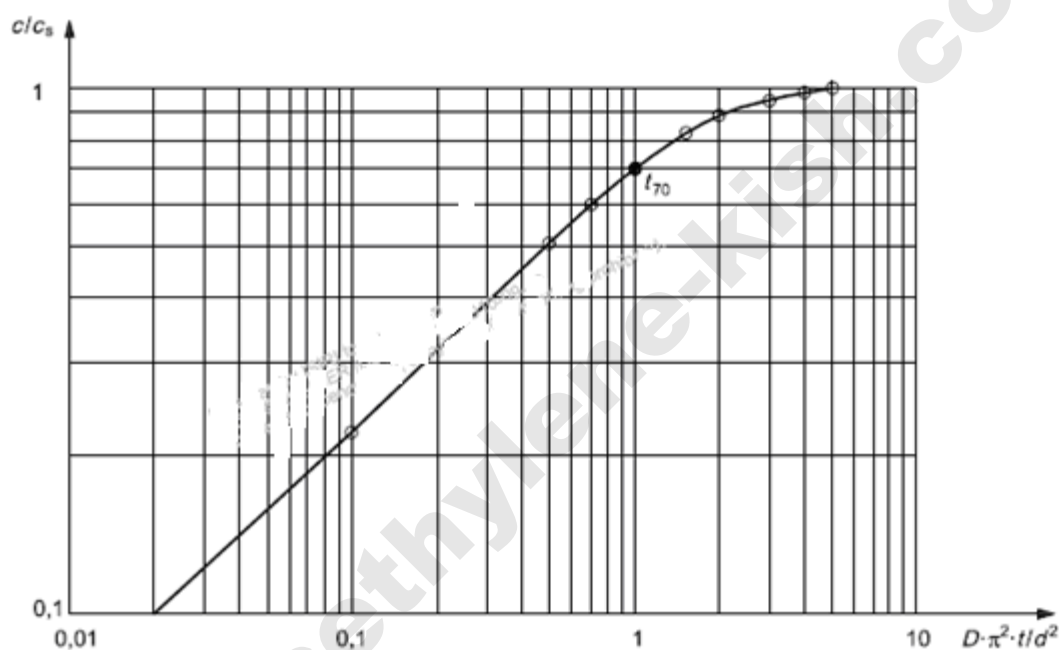
$t$  مدت زمان غوطه وری؛

$c(t)$  جذب آب اندازه‌گیری شده در زمان  $t$ .

سپس مقدار  $c_s$  با استفاده از معادله (الف-۱) به همراه ابزارهای گرافیکی یا حسابی می‌تواند تخمین زده شود.

### الف-۳ تایید همبستگی با قوانین نفوذ فیک

"توافق خوب" جذب آب آزمونه پلیمری با رفتار نفوذ فیکی وقتی مشاهده می شود که، بعد از خم شدن منحنی  $c = f(t)$  در نقطه تقریبی  $t_{70}$  (شکل الف-۱ را ببینید)، مقادیر  $D$  و  $c_s$  تعیین شده توسط برازش معادله (الف-۱) با افزایش زمان غوطه وری تا  $t_{\max}$ ، به طور قابل ملاحظه‌ای با داده های تجربی اختلاف نداشته باشند.  $t_{\max}$  بیشینه زمان آزمون تجربی و بزرگتر از  $t_{70}$  می باشد. اختلاف بین  $c_s$  اندازه گیری شده در حدود  $t_{70}$  و  $c_s$  اندازه گیری شده در زمان  $t \rightarrow \infty$  نوعاً، کمتر از ۱۰٪ است. به طور مشابه اختلاف بین  $D$  اندازه گیری شده در حدود  $t_{70}$  و  $D$  اندازه گیری شده در زمان  $t \rightarrow \infty$  نوعاً، کمتر از ۲۰٪ است.



شکل الف-۱- جذب آب  $c/c_s$  ورق ها به عنوان تابعی از تابع بدون بعد  $D \cdot \pi^2 \cdot t / d^2$  (  $D$  ضریب نفوذ؛  $t$  زمان غوطه وری؛  $d$  ضخامت آزمونه)

## پیوست ب

### (اطلاعاتی)

#### بیان دقت

#### ب-۱ آزمون های مشارکتی<sup>۱</sup>

داده های دقت بر اساس آزمون های مشارکتی در ۱۶ آزمایشگاه در ۵ کشور انجام شده است. دو نوع PMMA ( استاندارد PMMA و استاندارد مقاوم فشرده (PMMA-IR)) و یک نوع PC استفاده شدند. ابعاد آزمون ها (۶۰ mm×۶۰ mm×۱ mm) و (۶۰ mm×۶۰ mm×۲ mm) بودند. تمام مواد توسط یک آزمایشگاه تولید و توزیع شده بودند.

#### ب-۲ خشک کردن آزمون ها

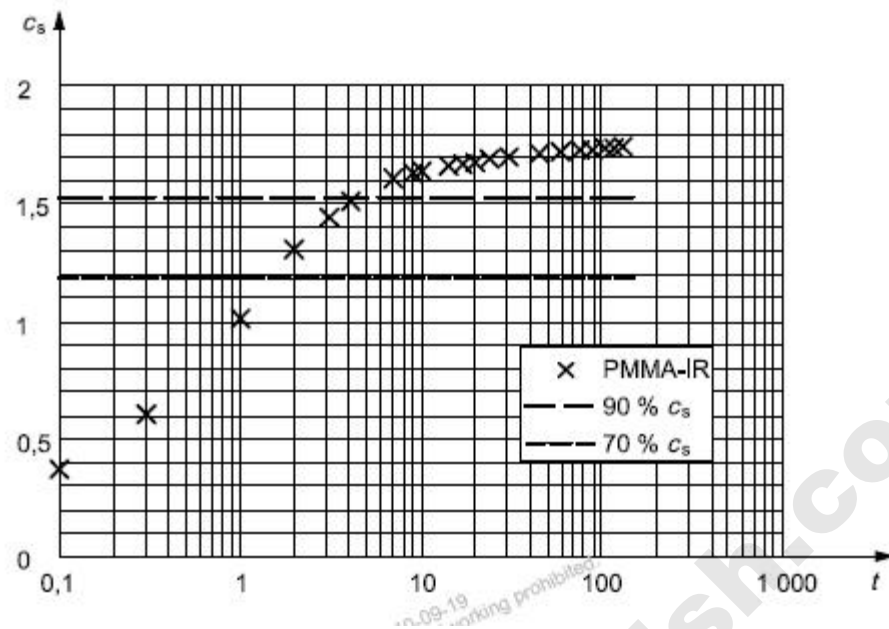
برای اغلب مواد، مدت زمان حالت دادن  $t_{90}$  مربوط به جذب یا رها سازی ۹۰٪ از مقدار آب قابل دسترس برای رسیدن به مقدار رطوبت تعادلی تقریباً کافی است. به طور معمول  $t_{90}$  حدود دو برابر  $t_{70}$  است. مدت زمان خشک شدن در دمای  $50^{\circ}C$  معمولاً یک تا ده روز است که فاصله زمانی دقیق آن به ضریب نفوذ و ضخامت آزمون وابسته است.

برای آزمون PC با ضخامت ۱ mm زمان خشک شدن یک روز در دمای  $50^{\circ}C$  یا دو یا سه روز در دمای  $23^{\circ}C$  برای آزمون مشارکتی استفاده شده است. برای آزمون PMMA با ضخامت ۲ mm، زمان های خشک شدن هشت روز در دمای  $50^{\circ}C$  یا ۳۰ روز در دمای  $23^{\circ}C$  استفاده شده است. در همه موارد، آزمون ها تا رسیدن به جرم ثابت (در محدوده  $\pm 0.1 mg$ ) خشک شدند.

#### ب-۳ اندازه گیری مقدار آب جذب شده بعد از غوطه وری در آب در دمای $23^{\circ}C$ (روش ۱)

بعد از مدت زمان های غوطه وری مختلف، مقدار آب اندازه گیری شد. داده های تجربی حاصل از یک آزمایشگاه در شکل ب-۱ نشان داده شده است.

داده های جذب آب حاصل از ۱۱ آزمایشگاه مطابق با پیوست الف برای اندازه گیری  $c_s$  و  $D$  جهت سه ماده متفاوت برآزش شدند. مقادیر میانگین و انحراف استاندارد به دست آمده در جدول ب-۱ و ب-۲ نشان داده شده اند. انحراف استاندارد بین آزمایشگاهی با  $S_R$  و  $R$  حد تکرار پذیری ۹۵٪ را نشان می دهد. داده مورد نیاز برای اندازه گیری انحراف استاندارد درون آزمایشگاهی (تکرار پذیری) در دسترس نمی باشد.



یادآوری- مقدار آب  $C_s$  بر حسب درصد جرمی

شکل ب-۱- مقادیر تجربی مقدار آب PMMA-IR

(مقدار  $C_s$  ۷۰٪ و ۹۰٪ نشان داده شده است)

جدول ب-۱- مقدار  $C_s$  برازش شده برای داده های آب جذبی تجربی

$R$	$S_R$	$C_s$ %جرمی	ماده
۰٫۱۷	۰٫۰۶	۱٫۸۷	PMMA
۰٫۱۳	۰٫۰۵	۱٫۶۷	PMMA-IR
۰٫۰۲۵	۰٫۰۰۹	۰٫۳۴۰	PC

جدول ب-۲- مقدار  $D$  برازش شده برای داده های آب جذبی تجربی

$R$	$S_R$	$D$ $mm^2 / s (\times 10^7)$	ماده
۲٫۷	۱٫۰	۵٫۲	PMMA
۱٫۶	۰٫۶	۷٫۷	PMMA-IR
۳٫۱	۱۱	۴۲	PC

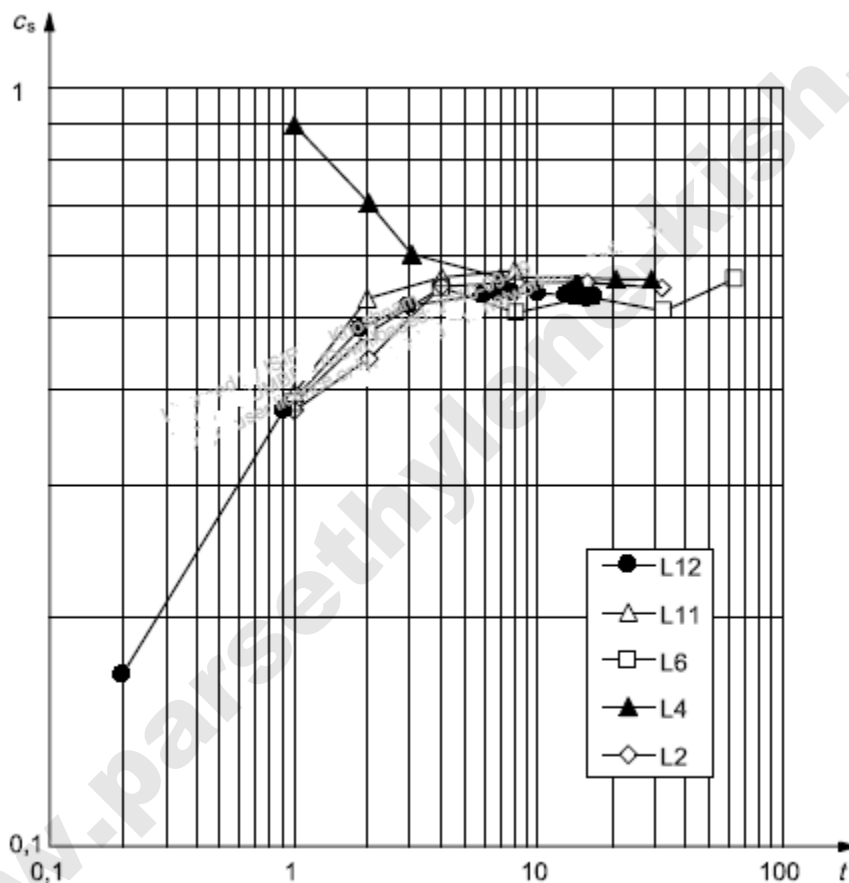
نتایج قابل قبول بعد از هفت روز با مجاز شمردن عدم قطعیت ۱۰٪ برای  $C_s$  و ۳۰٪ برای  $D$  در دسترس بودند. به طور کلی، آزمون بعد از مدت  $t_{90}$  ممکن است خاتمه یابد گر چه در این مرحله تعادل حاصل نخواهد شد.

برای آزمون های نازک (۱ mm) مواد با مقادیر  $D$  بالا، چندین بار توزین در طی ۲۴ ساعت اول مورد نیاز می باشد (برای مثال بعد از ۲ ساعت و ۶ ساعت).

ب-۴ اندازه گیری مقدار آب جذب شده بعد از قرار گرفتن در معرض رطوبت نسبی ۵۰٪ (روش ۴) مقدار صحیح  $c_s$  برای استاندارد PMMA در رطوبت نسبی ۵۰٪ در محدوده از ۰٫۵٪ جرمی تا ۰٫۶٪ جرمی به نظر می رسد. این مقدار همانند مدت زمان مورد نیاز جهت در معرض رطوبت بودن برای حصول تعادل مستقل از مسیر اشباع شدن (از خشک به مرطوب یا از مرطوب به خشک) می باشد.

داده ها برای PMMA-IR مقاوم فشرده در شکل ب-۲ نشان داده شده است. همه مشارکت کننده ها برای  $c_s$  مقداری از ۰٫۵٪ جرمی تا ۰٫۶٪ جرمی با صرفه نظر از راه اشباع شدن را ارایه کرده اند.

در مورد PC ضخیم ۱ mm، آزمونه ها خیلی سریع در حدود ۰٫۱۵٪ جرمی اشباع شدند که مجدداً مستقل از مسیر حصول اشباع شدن می باشد.



یادآوری- مقدار آب  $c_s$  بر حسب درصد جرمی

شکل ب-۲- جذب آب توسط PMMA-IR مقاوم فشرده با ضخامت ۱ mm در رطوبت نسبی ۵۰٪، اندازه گیری شده توسط پنج آزمایشگاه مختلف (L<sub>2</sub>, L<sub>4</sub>, L<sub>6</sub>, L<sub>11</sub>, L<sub>12</sub>...)

پوست پ  
(اطلاعاتی)  
کتاب نامه

- [1] CRANK, J. and PARK, G.S., *Diffusion in Polymers*, 1968, Academic Press, London and New York
- [2] KLOPFER, H., *Wassertransport durch Diffusion in Feststoffen*, 1974, Bau-Verlag, Wiesbaden and Berlin
- [3] TAUTZ, H., *Wärmeleitung und Temperatursgleich*, 1971, Akademie-Verlag, Berlin
- [4] LEHMANN, J., Absorption of Water by PMMA and PC, *KU Kunststoffe plast Europe*, **91** (2001), 7

www.parsethylene-kish.com