



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۶۲۵۴

چاپ اول

۱۳۹۹

INSO

6254

1st Edition

2020

Modification of
ISO/TS 19808:

2020

فناوری نانو - تعلیقه‌های نانولوله
کربنی - تعیین مشخصات و روش‌های
اندازه‌گیری

**Nanotechnologies – Carbon nanotube
suspensions – Determination of
characteristics and measurement
methods**

ICS: 07.120

استاندارد ملی ایران شماره ۶۲۵۴ (چاپ اول): سال ۱۳۹۹

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

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

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

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

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

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

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

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روز رسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

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

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

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

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری نانو - تعلیقه‌های نانوکربنی - تعیین مشخصات و روش‌های اندازه‌گیری»

رئیس:

اعرابی، مسعود
(دکتری مهندسی مواد و متالورژی)

دبیر:

میرکاظمی، سید محمد
(دکتری مهندسی مواد و متالورژی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسلامی پور، الهه
(کارشناس ارشد زیست شناسی)

دباغ کاشانی، فاطمه
(دکتری فیزیک)

سیفی، مهوش
(کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)

شاگری، روشنگر
(کارشناسی ارشد فیزیک اتمی - مولکولی)

گل زردی، سمیرا
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد-سرامیک)

نجم‌الدین، نجمه
(دکتری مهندسی مواد)

ویراستار:

سیفی، مهوش
(کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)

کارشناس استاندارد - نایب رئیس کمیته فنی متناظر فناوری نانو
ISIR/TC 229

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها
۱	۱-۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۲-۳ کوتاه‌نوشت‌ها
۴	۴ مشخصات و روش‌های اندازه‌گیری
۵	۵ نمونه‌برداری
۵	۱-۵ اصل نمونه‌برداری
۶	۲-۵ افزاره‌های نمونه‌برداری
۶	۳-۵ بازیابی نانولوله کربنی
۶	۶ شرح مشخصات و روش‌های اندازه‌گیری
۶	۱-۶ قطر خارجی
۷	۲-۶ مساحت سطح ویژه
۷	۳-۶ همگنی
۸	۴-۶ ریخت‌شناسی
۸	۵-۶ مقدار جامد خشک
۹	۶-۶ مقدار نانولوله کربنی
۹	۷-۶ گرانروی
۹	۸-۶ نرمی
۱۰	۹-۶ مقدار ناخالصی عنصری
۱۱	۱۰-۶ مقدار pH
۱۱	۱۱-۶ مقدار آب
۱۱	۱۲-۶ رسانایی گرمایی
۱۲	۱۳-۶ مقاومت ویژه حجمی
۱۲	۱۴-۶ عمر مفید
۱۳	۷ گزارش آزمون
۱۴	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) مرور مشخصات تعلیقه نانولوله کربنی

صفحه	عنوان
۱۵	پیوست ب (آگاهی دهنده) مطالعه موردی پراکنه نانولوله کربنی
۱۷	پیوست پ (آگاهی دهنده) تغییرات انجام شده در این استاندارد در مقایسه با استاندارد منبع
۱۸	کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری نانو- تعلیقه‌های نانوکربنی- تعیین مشخصات و روش‌های اندازه‌گیری» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در نود و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد فناوری نانو مورخ ۱۳۹۹/۱۰/۰۸ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «ترجمه تغییر یافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

ISO/TS 19808: 2020, Nanotechnologies- Carbon nanotube suspensions- Specification of characteristics and measurement methods

مقدمه

نانولوله‌های کربنی (CNT) ^۱ به دلیل حوزه وسیع کاربردهای ممکن، مانند ماده تقویت‌کننده ^۲ چندسازه ^۳، گنجایه‌های ^۴ هیدروژن، آبرخازن‌ها ^۵، حسگرهای مولکولی و سوزن‌های ^۶ پروب روبشی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. نانولوله‌های کربنی با ارائه خواص مکانیکی، الکتریکی و حرارتی جذاب، می‌توانند با افزودن درصد‌های وزنی پایین، در خواص توده اصلاح قابل ملاحظه‌ای را ایجاد کنند.

عملکرد نانواشیاء می‌تواند با تشکیل انبوهه‌ها یا کلوخه‌ها در پس‌فراوری ^۷ کاهش یابد. تعلیقه‌های ^۸ سیالات و افزودنی‌های مناسب، نانواشیاء را پایدار کرده، از کلوخگی جلوگیری کرده و حین جابه‌جایی ^۹ آسیب به محیط را کاهش می‌دهد. پیش‌عمل‌آوری نانواشیاء به وسیله ساخت تعلیقه قبل از تحویل به مصرف‌کنندگان پایین‌دست، در صنعت ساخت بسیار متداول است. محصولات صنعتی برپایه تعلیقه‌های نانولوله کربنی مثال‌های خوبی هستند.

از آنجاکه تعلیقه‌های حاوی نانولوله‌های کربنی چنددیواره (MWCNTs) ^{۱۰} امروزه به صورت گسترده تأمین می‌شوند، زمان توسعه ویژگی‌های مناسب فرا رسیده است. چنین ویژگی‌هایی ارتباط بین بخش‌های مورد توجه و تجاری کردن تعلیقه‌های نانولوله کربنی را تسهیل کرده و کمک می‌کند تا عملکردی ثابت در محصولات نهایی ایجاد شود.

تعدادی از استانداردهای مشخصه‌یابی مرتبط با نانولوله کربنی در کمیته فنی ISO/ TC 229 تدوین شده‌اند که در آن‌ها روش‌های اندازه‌گیری و روش‌های اجرایی برای مشخصاتی شامل ریخت‌شناسی ^{۱۱}، ناخالصی‌ها، اجزاء فرار و غیره مشخص شده‌اند. این استاندارد مشخصات اندازه‌گیری شده از نمونه‌های تعلیقه نانولوله کربنی را مشخص و روش‌های اندازه‌گیری آن‌ها را تشریح می‌کند. استاندارد ISO/TR 10929 مشخصات اندازه‌گیری شده از نمونه‌های توده نانولوله‌های کربنی چند دیواره و روش‌های اندازه‌گیری آن‌ها را تشریح می‌کند. استاندارد ISO/TR 13097 راهنماهایی برای چگونگی مشخصه‌یابی پایداری تعلیقه‌ها ارائه می‌دهد و شامل رهنمودی برای چگونگی تعیین تعلیقه برحسب مشخصات شیمیایی و فیزیکی است که ممکن است روی عملکرد یا فراوری بعدی تعلیقه‌ها تأثیر بگذارد.

-
- 1- Carbon NanoTubes
 - 2- Reinforcement
 - 3- Composite
 - 4- Containers
 - 5- Super-capacitors
 - 6- Tips
 - 7- Post- processing
 - 8- Suspension
 - 9- Handling
 - 10- Multi-Walled Carbon Nanotubes
 - 11- Morphology

فناوری نانو- تعلیقه‌های نانولوله کربنی - تعیین مشخصات و روش‌های اندازه‌گیری

۱ هدف و دامنه کاربرد

هشدار - استفاده از این استاندارد می‌تواند مستلزم استفاده از مواد، عملیات و تجهیزات مخاطره‌آمیز باشد. این استاندارد مدعی آن نیست که همه مسائل زیست‌محیطی و ایمنی مرتبط با استفاده آن را در نظر می‌گیرد. اجرای این استاندارد به افرادی که در حد مقتضی مجرب و واجد شرایط باشند، واگذار می‌شود.

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین مشخصاتی است که باید در تعلیقه‌های حاوی نانولوله‌های کربنی چند دیواره (تعلیقه‌های CNT) اندازه‌گیری شود. این استاندارد شامل مشخصات ضروری و افزوده تعلیقه نانولوله کربنی و روش‌های اندازه‌گیری متناظر است.

مشخصات ویژه در زمینه موضوعات سلامتی، زیست‌محیطی و ایمنی از این استاندارد مستثنی می‌شود.

۲ مراجع الزامی

این استاندارد مراجع الزامی ندارد.

۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود^۱:

۱-۱-۳

کلوخه

agglomerate

مجموعه‌ای از ذرات که به شکلی ضعیف یا نسبتاً قوی به یکدیگر متصل شده‌اند به طوری که مساحت سطح خارجی حاصل از آن‌ها مشابه مجموع مساحت سطوح تک‌تک اجزای تشکیل‌دهنده باشد.

[منبع: زیربند ۳-۴، استاندارد ملی ایران - ایزو: شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، تغییر یافته - یادآوری ۱ و ۲ حذف شده است]

۲-۱-۳

انبوهه

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های <http://www.iso.org/obp> و <http://www.electropedia.org> قابل دسترسی است.

aggregate

ذره متشکل از ذراتی با پیوندهای قوی یا جوش خورده که مساحت سطح خارجی حاصل از آنها به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از مجموع مساحت سطوح تک‌تک اجزای تشکیل‌دهنده باشد.

[منبع: زیربند ۳-۵، استاندارد ملی ایران- ایزو: شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، تغییر یافته- یادآوری ۱ و ۲ حذف شده‌است]

۳-۱-۳

نانولوله کربنی

carbon nanotube

CNT

نانولوله‌ای که از کربن ساخته شده‌است.

یادآوری- نانولوله‌های کربنی به‌طور معمول از لایه‌های گرافنی خمیده تشکیل می‌شوند که شامل نانولوله‌های کربنی تک‌دیواره و نانولوله‌های کربنی چنددیواره هستند.

[منبع: زیربند ۴-۳، استاندارد ملی ایران: شماره ۳-۱۸۳۹۲: سال ۱۳۹۴]

۴-۱-۳

تعلیقه نانولوله کربنی

carbon nanotube suspension

CNT suspension

تعلیقه حاوی نانولوله‌های کربنی چند دیواره است.

یادآوری - نانولوله‌های کربنی تک‌دیواره ممکن است در تعلیقه وجود داشته باشند.

۵-۱-۳

نمونه نماینده

representative sample

نمونه تصادفی انتخاب‌شده به روشی که مقادیر مشاهده‌شده، توزیع‌های یکسان در نمونه، مانند توزیع‌های جامعه آماری دارند.

[منبع: زیربند 1.2.35، استاندارد 2006: ISO 3534-2، تغییر یافته- مثال و یادآوری ۱ و ۲ حذف شده‌است]

۶-۱-۳

عمر مفید

shelf life

دوره زمانی توصیه شده که حین آن یک محصول (تعلیقه نانولوله کربنی) می تواند انبار شود که در کل آن دوره، کیفیت تعریف شده خواص معین محصول در شرایط موردانتظار (یا معین) توزیع، انبارش، ارائه^۱ و استفاده، قابل قبول باقی می ماند.

[منبع: زیربند 2.14، استاندارد ISO 13097: 2013، تغییر یافته «پراکنه» با «تعلیقه نانولوله کربنی» جایگزین شده است]

۷-۱-۳

مقدار جامد خشک

dry soil content

کسر جرمی مواد باقی مانده بعد از تکمیل فرایند گرمایی است.

یادآوری - برگرفته از زیربند ۱-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۷۴: سال ۱۳۸۶ است.

۸-۱-۳

تعلیقه

suspension

مخلوط ناهمگنی از مواد، شامل یک مایع و ماده جامدی که به خوبی در آن پراکنده شده باشد.

[منبع: زیربند ۲-۱۳، استاندارد ملی ایران - ایزو: شماره ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۶]

۹-۱-۳

گرانروی

viscosity

مقیاسی از اصطکاک داخلی یک سیال است هنگامی که به وسیله نیروی خارجی شارش^۲ می یابد.

[منبع: زیربند 2.14، استاندارد ISO 13503-1: 2011]

۱۰-۱-۳

مقاومت ویژه حجمی

volume resistivity

خارج قسمت تقسیم گرادیان (شیو) پتانسیل بر چگالی جریان است.

[منبع: زیربند 3.17، استاندارد ISO 472: 2013/Amd.1: 2018، تغییر یافته - یادآوری حذف شده است]

1- Display

2- Flow

۲-۳ کوتاه‌نوشت‌ها

کوتاه‌نوشت	اصطلاح	معادل فارسی
CNT	Carbon NanoTube	نانولوله کربنی
ICP-AES	Inductively Coupled Plasma- Atomic Emission Spectrometry	پلاسمای جفت‌شده القائی - طیف‌سنجی نشرنوری
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma- Optical Emission Spectrometry	پلاسمای جفت‌شده القائی - طیف‌سنجی نشرنوری
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry	پلاسمای جفت‌شده القائی - طیف‌سنجی جرمی
MWCNT	Multi-Walled Carbon NanoTube	نانولوله کربنی چند دیواره
SEM	Scanning Electron Microscopy	میکروسکوپی الکترونی روبشی
TEM	Transmission Electron Microscopy	میکروسکوپی الکترونی عبوری

۴ مشخصات و روش‌های اندازه‌گیری

با در نظر گرفتن کاربردهای گوناگون تعلیقه نانولوله کربنی، مشخصاتی که باید اندازه‌گیری شوند برای کاربردهای مطلوب متفاوت هستند. این مشخصات در این استاندارد به دو رده طبقه‌بندی می‌شوند:

الف- مشخصات ضروری تعلیقه نانولوله کربنی که باید برای همه کاربردها اندازه‌گیری شوند.

ب- مشخصات افزوده تعلیقه نانولوله کربنی که توصیه می‌شود با توجه به کاربردهای ویژه، اندازه‌گیری شوند. مشخصات ضروری تعلیقه و نانولوله‌های کربنی جزء سازنده آن، فهرست‌شده در جدول ۱، باید توسط خریدار اندازه‌گیری و گزارش شود. توصیه می‌شود مشخصات افزوده تعلیقه نانولوله کربنی، فهرست‌شده در جدول ۲، با توجه به کاربرد اندازه‌گیری شوند. روش‌های اندازه‌گیری هرکدام از مشخصات در جداول ۱ و ۲ ارائه شده‌است.

مشخصات تعلیقه نانولوله کربنی در پیوست الف خلاصه شده‌است.

جدول ۱- مشخصات اصلی ضروری تعلیقه نانولوله کربنی و روش‌های اندازه‌گیری

مشخصات	روش‌های اندازه‌گیری
قطر خارجی	به زیربند ۶-۱ مراجعه شود.
مساحت سطح ویژه	به زیربند ۶-۲ مراجعه شود.
همگنی	به زیربند ۶-۳ مراجعه شود.
ریخت‌شناسی	به زیربند ۶-۴ مراجعه شود.
مقدار جامد خشک	به زیربند ۶-۵ مراجعه شود.
مقدار نانولوله کربنی	به زیربند ۶-۶ مراجعه شود.
گرانروی ^۱	به زیربند ۶-۷ مراجعه شود.
^۱ Viscosity	

جدول ۲- مشخصات فرعی افزوده تعلیقه نانولوله کربنی و روش‌های اندازه‌گیری

مشخصات	روش‌های اندازه‌گیری
نرمی ^۱	به زیربند ۶-۸ مراجعه شود.
مقدار ناخالصی عنصری	به زیربند ۶-۹ مراجعه شود.
مقدار pH ^{الف و ب}	به زیربند ۶-۱۰ مراجعه شود.
مقدار آب	به زیربند ۶-۱۱ مراجعه شود.
رسانایی گرمایی ^پ	به زیربند ۶-۱۲ مراجعه شود.
مقاومت ویژه حجمی ^{ب و پ}	به زیربند ۶-۱۳ مراجعه شود.
عمر مفید	به زیربند ۶-۱۴ مراجعه شود.
^۱ Fineness	
<p>الف قابل به کارگیری برای کاربرد باتری یون لیتیومی است. ب قابل به کارگیری برای کاربرد ماده چندسازه است. پ ممکن است در برخی از چسب‌ها، مانند سیلیکون استفاده شود.</p>	

۵ نمونه‌برداری

۱-۵ اصل نمونه‌برداری

توصیه می‌شود نمونه نماینده از تعلیقه نانولوله کربنی یا محصولات پودر نانولوله کربنی اصلی برداشته شود. بهتر است میزان نمونه‌ها برای اندازه‌گیری‌های متوالی کافی باشد.

توصیه می‌شود جزئیات نمونه‌برداری مطابق با استاندارد ISO 15528 باشد.

۲-۵ افزاره‌های نمونه‌برداری

هنگام برداشتن نمونه‌ها از یک محصول تعلیقه، توصیه می‌شود افزاره‌های نمونه‌برداری قادر به برداشتن نمونه‌های تعلیقه از همه لایه‌های محصول در گنجایه (بالا، میانی و کف) باشد. پیشنهاد می‌شود استفاده از پیپت‌های یک‌بار مصرف به‌گونه‌ای باشد که بتوان از سطوح مختلف (بالا، میانی و کف) محصول تعلیقه نمونه را برداشت.

۳-۵ بازیابی^۱ نانولوله کربنی

هنگامی که نمونه نانولوله کربنی به شکل پودر برای اندازه‌گیری مشخصات نمونه موردنیاز باشد، نمونه به‌وسیله گرمایش^۲ تعلیقه تا حذف کامل مایع بازیابی می‌شود. در مواردی که نمونه نانولوله کربنی به شکل پودر نمی‌تواند از نمونه تعلیقه نانولوله کربنی بازیابی شود، می‌توان نمونه پودر نانولوله کربنی اصلی قبل از پراکنش را برای اندازه‌گیری مشخصات استفاده کرد.

یادآوری- نانولوله کربنی به شکل پودر را می‌توان با تغییر شرایط پایداری تعلیقه و رسوب‌گیری در اثر افزودن سایر حلال‌ها مانند متانول، ایزوپروپانول و هگزان یا تغییر pH بازیابی کرد. توجه شود که در اثر افزودن حلال‌ها، ماهیت نانولوله دچار تغییر نشود.

۶ شرح مشخصات و روش‌های اندازه‌گیری

۱-۶ قطر خارجی

قطر خارجی یک شیء الیافی، فاصله بین لبه‌های بیرونی روی خط سطح مقطع عمود بر جهت طولی لیف در تصویر میکروسکوپی دوبعدی است. یک داده از قطر خارجی برای هر شیء الیافی به‌دست می‌آید. هر داده قطر از شیء الیافی، بدون اندازه‌گیری سطح پهن‌تر یا باریک‌تر تصویر آن به‌طور دقیق، به‌صورت تصادفی به‌دست می‌آید. اشیاء الیافی موردنظر که باید اندازه‌گیری شوند باید نماینده اشیاء جامد الیافی باشند که در نمونه تعلیقه وجود دارند؛ یعنی همه انواع اشیاء الیافی روی یک تصویر باید به‌طور مساوی برای اندازه‌گیری‌ها انتخاب شوند. تعداد داده‌های قطر ممکن است مورد توافق بین طرفین ذی‌نفع باشد.

قطر باید به‌وسیله TEM یا SEM اندازه‌گیری شود. روش SEM هنگامی می‌تواند استفاده شود که تفکیک‌پذیری فضایی دقت کافی برای قطرهای نانولوله‌های کربنی هدف را داشته باشد. هنگامی که نمونه برای اندازه‌گیری آماده شود، غلظت نانولوله کربنی تعلیقه تنظیم می‌شود تا به‌اندازه کافی رقیق شود.

1- Retrieving

2- Heating

نتایج اندازه‌گیری‌ها باید به صورت یک بافت‌نگاشت^۱ از تعداد اشیاء الیافی بر حسب قطر در فاصله ۱ nm نمایش داده شود. همچنین متوسط (میانگین) داده‌های قطر اشیاء الیافی باید بر حسب یکای nm بیان شوند. بهتر است توجه شود هنگامی که تصاویر میکروسکوپی مشاهده شده، فاقد معرف (بازنمایانه) نمونه است، نتایج اندازه‌گیری ممکن است کیفی با عدم قطعیت افزایش یافته باشد

استانداردهای ISO/TS 10797 و ISO/TS 10798، پروتکل‌های اندازه‌گیری قطر نانولوله‌های کربنی تک‌دیواره را به ترتیب به‌وسیله TEM و SEM، معین می‌کنند.

۲-۶ مساحت سطح ویژه

مساحت سطح ویژه (SSA)^۲ به مساحت سطح مطلق نمونه تقسیم بر جرم نمونه اشاره دارد. مشخصه مساحت سطح ویژه یکی از مشخصات بنیادی نانولوله‌های کربنی است و روی عملکرد محصولات حاوی نانولوله‌های کربنی تأثیر می‌گذارد.

ترجیحاً نمونه‌های پودری نانولوله کربنی اصلی، صرف‌نظر از زیربند ۳-۵، برای اندازه‌گیری مساحت سطح ویژه استفاده می‌شود. مساحت سطح ویژه باید با استفاده از روش جذب سطحی گاز اندازه‌گیری شود. نتایج اندازه‌گیری‌های مساحت سطح ویژه باید بر حسب یکای m^2/g بیان شود. روش آنالیزی بر پایه مدل توسعه‌یافته توسط برونر، امت و تِلر (BET)^۳ اجازه می‌دهد که مساحت سطح ویژه پودر با اندازه‌گیری میزان گازی که جذب سطحی شده است، برآورد شود. آنالیز BET روش استاندارد برای تعیین مساحت سطح ویژه از خطوط هم‌دمای جذب سطحی نیتروژن است. استاندارد ISO 9277 برای اندازه‌گیری مساحت سطح ویژه به‌کار می‌رود. این استاندارد روش‌های اجرایی اندازه‌گیری برای مساحت‌های سطح داخلی و خارجی ویژه کل ($>2\text{nm}$ قطر) جامدات پراکنده یا متخلخل به‌وسیله اندازه‌گیری میزان گاز جذب‌شده به‌صورت فیزیکی، مطابق با آنالیز BET را تعیین می‌کند. استاندارد ISO 18757 برخی اطلاعات با جزئیات مفید را درباره مواد ویژه فراهم می‌کند. دستگاه‌های اندازه‌گیری برای روش BET به‌صورت تجاری در دسترس است. توصیه می‌شود قابلیت ردیابی اندازه‌شناختی حفظ شود. مواد مرجع برای کاربرد آنالیز BET در نانوذرات به شکل پودر در دسترس است.

۳-۶ همگنی

همگنی نمونه تعلیقه نانولوله کربنی مقیاسی از آن است که اجزای سازنده تعلیقه نانولوله کربنی در سراسر یک نمونه بزرگ‌تر با چه یکنواختی‌ای توزیع شده‌اند، همانند آنچه به‌وسیله اندازه‌گیری نمونه‌های کوچک‌تر نماینده تعیین می‌شود.

همگنی تعلیقه نانولوله کربنی باید با مشاهده چشمی آزموده شود. برای آزمایش، از محصول تعلیقه نانولوله کربنی، یک نمونه در گنجایه شفاف برداشته می‌شود. گنجایه به همراه نمونه برای بیشتر از ۲۴ ساعت قبل از

1- Histogram
2- Specific Surface Area
3- Brunauer, Emmett and Teller

آزمایش به صورت ایستا باقی می ماند. این روش می آزماید که آیا رنگ روی سطوح نمونه تعلیقه سیاه و یکنواخت است یا نیست و اینکه آیا جدایش فازی و ته نشینی وجود دارد یا ندارد. نتایج آزمایش باید به صورت کیفی گزارش شود.

یادآوری - می توان همگنی تعلیقه را با استفاده از دستگاه کدورت سنج^۱ اندازه گیری کرد. مبنای پایداری همگنی، کاهش حداقلی عدد کدورت در بازه زمانی ۲۴ ساعت همراه با عدم مشاهده جدایش فازی و ته نشینی است.

۴-۶ ریخت شناسی

ریخت شناسی یک نمونه تعلیقه نانولوله کربنی به اشکال و ساختارهای نانولوله های کربنی و دیگر اشیاء جامد موجود در نمونه تعلیقه اشاره دارد. ریخت شناسی باید به صورت کیفی اندازه گیری شود تا حضور نانولوله های کربنی و دیگر اشیاء جامد موجود در نمونه تعلیقه نانولوله کربنی مشاهده شود.

تصاویر میکروسکوپی اشیاء جامد در یک نمونه نانولوله کربنی باید به وسیله TEM و SEM به دست آید. روش SEM می تواند هنگامی استفاده شود که تفکیک پذیری فضایی برای اندازه های نانولوله کربنی مورد نظر به اندازه کافی دقیق باشد.

برای اندازه گیری های TEM و SEM، نمونه تعلیقه نانولوله کربنی به وسیله افزودن اتانول بی آب در یک غلظت مناسب به اندازه کافی رقیق می شود. هر تصویر باید به درستی نماینده اشیاء جامد موجود در نمونه تعلیقه نانولوله کربنی باشد و به گونه ای تصویر گرفته شود که نانولوله های کربنی بتوانند به وضوح مشاهده شوند. نوار مقیاس^۲ در هر تصویر نشان داده شود.

بیش از پنج تصویر میکروسکوپی باید گرفته و گزارش شود.

۵-۶ مقدار جامد خشک

یک نمونه تعلیقه نانولوله کربنی ممکن است حاوی اجزاء جامدی به جز نانولوله های کربنی و مواد محلول باشد. هنگامی که ناخالصی قابل چشم پوشی باشد، مقدار جامد خشک می تواند یک شناسه از مقدار نانولوله کربنی در نمونه تعلیقه باشد. مقدار جامد خشک نمونه تعلیقه نانولوله کربنی، نسبت جرم تعلیقه نانولوله کربنی بعد از خشکانش^۳ به جرم تعلیقه نانولوله کربنی قبل از خشکانش است.

مقدار جامد خشک باید به وسیله روش خشکانش - کوره ای اندازه گیری شود که شامل خشکانش نمونه تعلیقه در وزن ثابت در دمای بین ۱۰۰ °C و ۱۲۰ °C و وزن کردن آن است. نتایج اندازه گیری مقدار جامد خشک باید به صورت درصد جرمی، بر حسب درصد کسر جرمی بیان شود.

یادآوری - هنگامی که مواد محلول در یک نمونه تعلیقه نانولوله کربنی قابل چشم پوشی است، مقدار جامد خشک خیلی نزدیک به مقدار جامد نمونه است.

1- Turbidimeter
2- Scale bar
3- Drying

۶-۶ مقدار نانولوله کربنی

یک نمونه تعلیقه نانولوله کربنی به‌طور عمده ترکیبی از مواد کربن‌دار است که می‌تواند به‌وسیله احتراق در دمای مناسب بالا حذف شود. نمونه ممکن است حاوی ناخالصی‌های فلزی و معدنی باشد که بعد از احتراق به‌صورت خاکستر باقی می‌ماند. مقدار خاکستر به‌وسیله وزن کردن باقی‌مانده بعد از احتراق در دمای $25 \pm 80^\circ\text{C}$ با استفاده از کوره الکتریکی اندازه‌گیری می‌شود.

مقدار نانولوله کربنی یک نمونه تعلیقه نانولوله کربنی، اختلاف بین مقدار جامد خشک و مقدار خاکستر است، به‌شرط آنکه تعلیقه مواد آلی غیرفرآر و کربن غیر از نانولوله کربنی قابل چشم‌پوشی داشته باشد. توصیه می‌شود نتایج مقدار نانولوله کربنی به‌صورت درصد جرمی، برحسب درصد کسر جرمی بیان شود.

۶-۷ گرانروی

گرانروی یک خاصیت شارش‌شناختی^۱ سیال است که مقاومت شارش برشی را بیان می‌کند. گرانروی تعلیقه نانولوله کربنی یک مشخصه بنیادی برای جابه‌جایی‌های مایع است و داده‌های آن به‌طور معمول در نرخ‌های برش پایین برداشته می‌شود که با طول نانولوله‌های کربنی و حالت پراکنش آن‌ها همبسته است.

آزمونه از نمونه تعلیقه برداشته شده و قبل از اندازه‌گیری برای بیش از ۱۰ ساعت به‌صورت ایستا باقی می‌ماند تا در نقطه شروع اندازه‌گیری از اثرات ناشی از روان‌وردی^۲ تعلیقه نانولوله کربنی جلوگیری شود.

گرانروی باید به‌وسیله شارش‌سنجی در نرخ برش بین 0.2 s^{-1} و 2 s^{-1} اندازه‌گیری شود و می‌توان اندازه‌گیری‌های بیشتری را در نرخ‌های دورانی برش دیگر به‌طور اختیاری انجام داد.

نتایج گرانروی در 25°C باید بر حسب یکای Pa.s بیان شود. نرخ‌های برش که اندازه‌گیری‌های گرانروی در آن انجام می‌شود، محیط پراکنش و نوع گرانروی‌سنج مورد استفاده (به‌طور مثال استوانه تک، استوانه هم‌مرکز، مخروط و صفحه و غیره) باید همراه با نتایج گرانروی گزارش شود.

۶-۸ نرمی

نرمی برای ارزشیابی حالت پراکنش یک تعلیقه نانولوله کربنی اندازه‌گیری می‌شود. یک مطالعه موردی پراکنه نانولوله کربنی در پیوست ب ارائه شده است.

نرمی به خوانش^۳ به‌دست آمده یک سنج^۴ استاندارد تحت شرایط معین آزمون اشاره دارد که نشان‌دهنده عمق شیار (های) سنج‌ای است که در آن ذرات جامد گسسته در محصول به‌آسانی قابل تشخیص هستند.

از آنجایی که نانولوله کربنی تازه ساخته شده^۱ به‌طور معمول به شکل انبوهه یا کلوخه است، بنابراین توصیه می‌شود از نرمی، برای ارزشیابی گستره پراکنش تعلیقه نانولوله کربنی به‌وسیله تعیین بیشینه اندازه کلوخگی

1- Rheological
2- Thixotropy
3- Reading
4- Gauge

نانولوله کربنی استفاده شود. اگر بیشینه اندازه کمتر از اندازه معین، به طور معمول $5 \mu\text{m}$ باشد، به آن معنا است که نانولوله کربنی پراکندگی خوبی دارد.

توصیه می شود نرمی تعلیقه نانولوله کربنی به وسیله سنج مناسب درجه بندی شده بر حسب میکرومتر اندازه گیری شود. به طور معمول، ۱ یا ۲ قطره از نمونه تعلیقه نانولوله کربنی که با پیپت برداشته شده روی صفحه استاندارد نرمی قرار می گیرد و با کاردک^۲ استاندارد از بالا و پایین کشیده می شود که به وسیله آن اندازه ذرات جامد در تعلیقه نانولوله کربنی به صورت بصری تعیین می شود. اگر کشیدگی^۳ یکنواخت نباشد، ممکن است به وسیله هم زنی دستی محلول رقیق کننده یا پیونده^۴ مناسب به نمونه اضافه شده و آزمون تکرار شود.

نتایج اندازه گیری باید به صورت یک بافت نگاشت تعداد نمونه های آزمون بر حسب بیشینه اندازه نمایش داده شود. همچنین متوسط (میانه) اندازه بیشینه باید بر حسب یکای μm بیان شود.

توصیه می شود جزئیات روش های اجرایی اندازه گیری نرمی دانه بندی مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۶۴۶۰: سال ۱۳۹۲ باشد.

۹-۶ مقدار ناخالصی عنصری

ناخالصی های عنصری، حین فرایند ساخت به نمونه تعلیقه نانولوله های کربنی وارد می شوند. مقدار ناخالصی عنصری نمونه تعلیقه نانولوله کربنی نسبت جرم ناخالصی های عنصری موجود در نمونه به جرم آن است. توصیه می شود مقدار ناخالصی عنصری به وسیله هضم شیمیایی تر و ICP-AES/OES یا ICP-MS اندازه گیری شود. ابتدا آزمون خشکانیده به شکل پودر از نمونه تعلیقه آماده می شود، به دنبال آن هضم این آزمون در مخلوطی از اسید نیتریک، اسید سولفوریک و اسید پرکلریک در نسبت ۳:۳:۲ هضم می شود. عناصر هضم شده در محلول، در نهایت به وسیله ICP-AES/OES یا ICP-MS با منحنی های کار متناظر آزموده می شوند. توصیه می شود نتایج اندازه گیری به صورت درصد جرمی، بر حسب درصد کسر جرمی، برای هر عنصر موجود بیان شود.

استاندارد ISO/TS 13278 پروتکل های اندازه گیری های مقدار ناخالصی عنصری نانولوله های کربنی تک دیواره و چند دیواره (MWCNTs) را به وسیله ICP-MS تعیین می کند. استاندارد ISO 22036 پروتکل های اندازه گیری مقدار ناخالصی عنصری خاک ها به وسیله ICP-AES/OES را تعیین می کند که می تواند برای اندازه گیری های تعلیقه نانولوله کربنی مفید باشد.

1- As-made
2- Scraper
3- Scrape
4- Binder

۶-۱۰ مقدار pH

مقدار pH مقیاسی از غلظت اسیدینگی (اسیدیته)^۱ یا قلیائیت^۲ ماده در تعلیقه است. مقدار pH یکی از مشخصات بنیادی تعلیقه است. توصیه می‌شود pH نمونه تعلیقه نانولوله کربنی به صورت کمی به وسیله pH متر اندازه‌گیری شود. توصیه می‌شود نتیجه به صورت عددی بین صفر و ۱۴ بیان شود. استاندارد ISO 787-9 یک روش عمومی آزمون برای تعیین مقدار pH تعلیقه آبی رنگ‌دانه یا یاز^۳ است. این استاندارد می‌تواند برای اندازه‌گیری‌های تعلیقه نانولوله کربنی مفید باشد.

۶-۱۱ مقدار آب

مقدار آب، به کمیت آب موجود در ماده اشاره دارد. برای تعلیقه‌های غیرآبی نانولوله کربنی نیاز است مقدار آب برای کاربردهای معین، به‌طور مثال کاربرد باتری یون لیتیوم، دقیقاً کنترل شود. توصیه می‌شود مقدار آب تعلیقه نانولوله کربنی طبق توافق‌های بین طرفین ذی‌نفع اندازه‌گیری شود. برای اندازه‌گیری، روش تیتراژ کردن کارل فیشر^۴ توصیه می‌شود. اندازه‌گیری باید بلافاصله پس از باز کردن مهر و موم نمونه انجام شود تا از جذب رطوبت محیط جلوگیری شود. رطوبت نسبی محیط اندازه‌گیری از ۸۰٪ بیشتر نشود و دمای محیط باید تقریباً ۵°C تا ۳۰°C باشد.

نمونه تعلیقه نانولوله کربنی با افزودن استات اتیل به اندازه کافی رقیق می‌شود که آب آن با غربال‌های مولکولی در یک غلظت مناسب خارج شده‌است. سپس مخلوط هم‌زده‌شده و سانتریفیوژ می‌شود و رومانده^۵ برای اندازه‌گیری مقدار آب برداشته می‌شود. نتایج باید به صورت درصد جرمی بر حسب درصد کسر جرمی بیان شود.

۶-۱۲ رسانایی گرمایی

رسانایی گرمایی به نرخ انتقال گرما در سطح واحد یک ماده تقسیم بر گرادیان دمایی‌ای که سبب انتقال گرما می‌شود، اشاره دارد. این کمیت به‌طور معمول وابسته به دما است یعنی با دما تغییر می‌کند.

آزمونه برای اندازه‌گیری، به‌وسیله خشکانش از نمونه تعلیقه نانولوله کربنی آماده می‌شود. توصیه می‌شود رسانایی گرمایی با استفاده از روش منبع گرمایی سطح گذرا (دیسک داغ) اندازه‌گیری شود. چیدمان آزمایشگاهی می‌تواند به‌گونه‌ای طراحی شود تا با اندازه‌های آزمونه مختلف تطبیق یابد. اندازه‌گیری‌ها می‌توانند در محیط‌های خلاء و گاز در یک بازه از دما و فشار انجام شوند. توصیه می‌شود نتایج رسانایی گرمایی بر حسب یکای $w/(m.K)$ بیان شود.

1- Acidity
2- Alkalinity
3- Extender
4- Karl Fischer
5- Supernatant

استاندارد ISO 22007-2 روشی برای تعیین رسانایی گرمایی و پخشایی گرمایی^۱، در نتیجه ظرفیت گرمایی ویژه^۲ در واحد حجم پلاستیک‌ها را تعیین می‌کند. این روش برای آزمودن مواد همگن و همسانگرد و همچنین مواد ناهمسانگرد با ساختار تک‌محوری مناسب است. استاندارد ISO 22007-2 می‌تواند برای روش اجرایی اندازه‌گیری رسانایی گرمایی برای نمونه‌های خشکانیده از تعلیقه نانولوله کربنی مفید باشد.

۶-۱۳ مقاومت ویژه حجمی

مقاومت ویژه حجمی برای ارزشیابی عملکرد الکتریکی ماده مفید است. به‌طور معمول، مقاومت ویژه حجمی کم‌تر به معنای عملکرد الکتریکی بهتر تعلیقه نانولوله کربنی است. دو انتخاب برای آماده‌سازی نمونه برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه حجمی وجود دارد که توصیه می‌شود انتخاب هر یک بر اساس توافق بین طرفین ذی‌نفع باشد. یکی خشکانش نمونه‌های تعلیقه نانولوله کربنی به جامدات و سپس متراکم کردن آن‌ها به شکل قرص است. دیگری مخلوط کردن نمونه‌های تعلیقه نانولوله کربنی با یک ماده نارسانا، به‌عنوان مثال TiO_2 و به دنبال آن گرمایش و فشرده‌سازی به شکل قرص است. برای انتخاب اول باید فشار حین آماده‌سازی آزمونه قرص به همراه نتایج اندازه‌گیری و چگالی قرص گزارش شود. برای انتخاب دوم، توصیه می‌شود به‌منظور تولید نتایج اندازه‌گیری سازگار از مقاومت ویژه حجمی برای نمونه‌های تعلیقه نانولوله کربنی، نوع و کیفیت ماده نارسانا و کسر جرمی آن گزارش شود.

توصیه می‌شود مقاومت ویژه حجمی تعلیقه نانولوله کربنی با استفاده از مقاومت ویژه‌سنج پروب چهارنقطه‌ای اندازه‌گیری شود. توصیه می‌شود نتایج اندازه‌گیری بر حسب یکای $\Omega.m$ گزارش شود.

توصیه می‌شود جزئیات روش اجرائی اندازه‌گیری مطابق با استاندارد IEC 62899-202 باشد.

۶-۱۴ عمر مفید

توصیه می‌شود عمر انباری محصول تعلیقه نانولوله کربنی توسط سازنده ارائه شود. این موضوع با مشاهده همگنی و اندازه‌گیری مقدار جامد خشک و گرانیوی صحه‌گذاری می‌شود. اگر در دوره زمانی معین، با مشاهده بصری، جدایش فازی و ته‌نشینی وجود داشته باشد یا مقادیر جامد خشک لایه‌های بالایی، میانی و پایینی یا گرانیوی نمونه تعلیقه از بازه‌های معینی از انحراف مقدار اولیه که توسط خریدار و فروشنده توافق شده‌است، بیشتر شود، در این صورت تاریخ مصرف محصول منقضی شده‌است. روش آزمون شتاب^۳ برای عمر انباری و شرایط انبارش ممکن است طبق توافق طرفین ذی‌نفع باشد. توصیه می‌شود نتایج آزمایش گزارش شود.

یادآوری - می‌توان همگنی را با استفاده از دستگاه کدورت‌سنج اندازه‌گیری کرد. مبنای پایداری همگنی، کدورت در بیشینه عدد کاهشی در بازه زمانی مورد توافق طرفین ذی‌نفع به همراه عدم مشاهده جدایش فازی و ته‌نشینی است.

1- Thermal diffusivity
2- Specific heat capacity
3- Acceleration test method

۷ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید لافل حاوی اطلاعات زیر باشد:

الف- ارجاع به این استاندارد؛

ب- شناسنامه (نام محصول، نام شیمیایی)؛

پ- شرح نمونه؛

ت- نام تأمین کننده محصول تعلیقه نانولوله کربنی؛

ث- شماره دسته یا شماره بهر؛

ج- نام شیمیایی حلال؛

چ- نام شیمیایی افزودنی‌ها همانگونه که در برگه‌های ایمنی مواد فهرست می‌شود؛

ح- روش ساخت پودر نانولوله کربنی اصلی، به‌طور مثال، قوس، CVD و غیره؛

خ- نمونه‌برداری؛ از محصول هم‌زده یا از یک لایه (بالایی/ میانی/ کف) محصول؛

د- نتایج؛

نتایج اندازه‌گیری مشخصات، با نام آن‌ها و روش‌های اندازه‌گیری استفاده‌شده از جداول ۱ و ۲ در صورت درخواست.

ذ- تاریخ‌های اندازه‌گیری و نام آزمایشگاه‌های اندازه‌گیری برای مشخصات مجزا؛

ر- منبع یک آزمون پودری، بازیابی‌شده از نمونه تعلیقه یا برداشته‌شده از نمونه پودری نانولوله کربنی اصلی؛

ز- عدم قطعیت (منوط به توافق کاربران، تأمین‌کنندگان و تنظیم‌کنندگان)؛

س- در صورت درخواست، عمر انباری تضمین‌شده توسط سازنده و نتایج اندازه‌گیری همگنی، مقدار جامد

خشک و گرانی در انتهای عمر انباری با شرایط انبارش مورد توافق و روش آزمون شتاب، یا سایر

اطلاعات مورد درخواست؛

ش- انحراف از این استاندارد؛

س- اطلاعات مکمل.

پیوست الف
(آگاهی دهنده)

مروری بر مشخصات تعلیقه نانولوله کربنی

مروری بر مشخصات تعلیقه نانولوله کربنی در جدول الف-۱ ارائه شده است.

جدول الف-۱- مروری بر مشخصات تعلیقه نانولوله کربنی

مشخصات ویژه کاربردی	مشخصات تعلیقه	مشخصات محیط	مشخصات نانولوله کربنی
مقدار ناخالصی عنصری ^ب مقدار pH ^ب مقدار آب ^ب رسانایی گرمایی ^ب مقاومت ویژه حجمی ^ب عمر مفید ^ب	همگنی الف ظاهر چشمی ^پ رنگ ^پ مقدار جامد خشک الف مقدار نانولوله کربنی گرانیوی الف	نام شیمیایی حلال ^ب نام شیمیایی افزودنی ها ^ب	ریخت شناسی الف قطر خارجی الف مساحت سطح ویژه الف نرمی الف
			الف مشخصات اساسی ب مشخصات مکمل پ دیگر مشخصات مرتبط

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

مطالعه موردی پراکنه نانولوله کربنی

ب-۱ کلیات

نانولوله‌های کربنی به هر روشی ساخته شوند، اغلب به صورت کلوخه‌های درهم هستند. به منظور به کارگیری کامل خواص منحصر به فرد این ماده ویژه، مهم است که روش اجرایی مناسب به کار رود. این پیوست چند مطالعه موردی که می‌تواند برای دستیابی به این هدف کمک کند را ارائه می‌دهد.

ب-۲ پراکنه نانولوله کربنی - ماده‌ای با گرانش بالا

به‌طور اساسی سه راه برای آمیختن نانولوله‌های کربنی در مذاب‌های با گرانش بالا وجود دارد:

الف- آغشته‌سازی با مذاب؛

ب- آغشته‌سازی با حلال؛

پ- اسپارسی درجا.

آغشته‌سازی با مذاب به‌طور معمول به‌عنوان ساده‌ترین رهیافت پذیرفته می‌شود. به منظور دستیابی به یک توزیع یکنواخت از نانولوله‌های کربنی، کلوخه‌های نانولوله کربنی با نیروی برشی زیادی پراکنده می‌شوند. در ضمن به منظور دستیابی به پراکنه‌های نانولوله‌های کربنی بهینه، همزمان به کمینه کردن هر شکستگی بالقوه یا تخریب پرکننده‌های رسانا توجه شود.

نتایج پراکنش عالی به‌وسیله فراوری مواد گرمانرم^۱ در یک رانشگر ماردان جفت^۲ به دست می‌آید. رانشگر می‌تواند برای تولید اجزاء و همچنین برای گرانول‌های مستریج^۳ حاوی غلظت بالایی از نانولوله‌های کربنی در زمینه^۴ بسیار استفاده شود. مستریج می‌تواند در رانشگرهای ماردان تک یا جفت رقیق شود.

برای مواد لاستیکی اغلب از تجهیزات بنبوری^۵ استاندارد یا آسیاب سه‌غلته‌کی استفاده می‌شود.

ب-۳ پراکنه نانولوله کربنی - ماده‌ای با گرانش متوسط

نانولوله‌های کربنی می‌توانند در محیط‌هایی همچون پلی‌آل‌ها یا پیش‌سپارهای^۱ اپوکسید به‌وسیله فراوری آن‌ها در یک آسیاب سه‌غلته‌کی^۲ یا یک آسیاب چنبره‌ای^۳ پراکنده شوند. همچنین اگر گرانش ماتریس کم باشد و غلظت نانولوله‌های کربنی خیلی بالا نباشد (به‌طور مثال ۲٪)، عمل‌آوری فراصوت، مناسب است.

1- Thermoplastic
2- Twin screw extruder
3- Masterbatch
4- Matrix
5- Banbury

معلوم شده است که کلوخه‌های نانولوله کربنی نمی‌توانند به‌وسیله هم‌زن‌های سرعت بالا یا قرص‌های حلال پراکنده شوند.

ب-۳ پراکنه نانولوله کربنی - ماده‌ای با گرانشی پایین

نانولوله‌های کربنی نمی‌توانند در محیط با گرانشی پایین مانند آب و حلال‌های آلی به‌وسیله استفاده از یک نامیزه‌ساز جت^۴ پراکنده شوند. عمل‌آوری فراصوت نیز مناسب است. به‌خصوص نیاز است پایدارسازها (عامل سطح‌فعال) به پراکنه‌های آبی افزوده شود تا اطمینان حاصل شود که نانولوله‌ها دوباره کلوخه نمی‌شوند. مثال‌های عامل‌های سطح‌فعال^۵ مناسب شامل سولفات دی‌دوسیل سدیم، سولفونات دی‌دوسیل بنزل و غیره است.

-
- 1- Prepolymers
 - 2- Three roll mill
 - 3- Torus mill
 - 4- Jet disperser
 - 5- Surfactant

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

تغییرات انجام شده در این استاندارد در مقایسه با استاندارد منبع

پ-۱ بخش‌های اضافه شده:

- زیربند ۳-۵: یادآوری «یادآوری» نانولوله کربنی به شکل پودر را با تغییر شرایط پایداری تعلیقه و رسوب‌گیری در اثر افزودن سایر حلال‌ها مانند متانول، ایزوپروپانول و هگزان یا تغییر pH می‌توان بازیابی کرد. توجه شود که در اثر افزودن حلال‌ها، ماهیت نانولوله دچار تغییر نشود» اضافه شده است.
- زیربند ۳-۶: یادآوری «یادآوری» می‌توان همگنی تعلیقه را با استفاده از دستگاه کدورت‌سنج اندازه‌گیری کرد. مبنای پایداری همگنی، کاهش حداقلی عدد کدورت در بازه زمانی ۲۴ ساعت همراه با عدم مشاهده جدایش فازی و ته‌نشینی است» اضافه شده است.
- زیربند ۱۴-۶: یادآوری «یادآوری» می‌توان همگنی را با استفاده از دستگاه کدورت‌سنج اندازه‌گیری کرد. مبنای پایداری همگنی، کدورت در بیشینه عدد کاهشی در بازه زمانی مورد توافق طرفین ذی‌نفع به همراه عدم مشاهده جدایش فازی و ته‌نشینی است» اضافه شده است.

کتابنامه:

- [1] ISO 472:2013/Amd.1:2018, Plastics — Vocabulary/ — Amendment 1: Additional items
- [2] ISO 760, Determination of water — Karl Fischer method (General method)
- یادآوری- استاندارد ملی ایران ۱۸۴۸۱: سال ۱۳۹۲، اندازه‌گیری آب به روش کارل فیشر، با استفاده از استاندارد ISO 760: 1978 تدوین شده‌است.
- [3] ISO 787-9, General methods of test for pigments and extenders — Part 9: Determination of pH value of an aqueous suspension
- یادآوری- استاندارد ملی ایران ۷۵۰۵-۹: سال ۱۳۸۴، رنگدانه‌ها و پرکننده‌ها- تعیین مقدار pH سوسپانسیون آبی- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ISO 787-9: 1981 تدوین شده‌است.
- [۴] استاندارد ملی ایران ۶۴۶۰: سال ۱۳۹۲، پوشش‌ها، جلاها و مرکب‌های چاپ- تعیین دانه‌بندی
- [5] ISO 3534-2:2006, Statistics — Vocabulary and symbols — Part 2: Applied statistics
- یادآوری- استاندارد ملی ایران ۹۴۰-۲: سال ۱۳۷۱، واژه‌ها و نمادهای آماری بخش دوم- واژه‌های نمونه‌گیری و کنترل فرایند، با استفاده از استاندارد ISO 3534: 1977 تدوین شده‌است.
- [6] ISO 4618:2014, Paints and varnishes — Terms and definitions
- [7] ISO 9277, Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption — BET method
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۵۲۵: سال ۱۳۹۱، تعیین مساحت سطح ویژه جامدات توسط جذب سطحی گاز- روش BET، با استفاده از استاندارد ISO 9277: 2010 تدوین شده‌است.
- [8] ISO/TS 10797, Nanotechnologies — Characterization of single-wall carbon nanotubes using transmission electron microscopy
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۰۸۵: سال ۱۳۹۳- فناوری نانو- تعیین مشخصات نانولوله‌های کربنی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، با استفاده از استاندارد ISO/TS 10797: 2012 تدوین شده‌است.
- [9] ISO/TS 10798, Nanotechnologies — Characterization of single-wall carbon nanotubes using scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectrometry analysis
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۰۹۵: سال ۱۳۹۰- فناوری نانو- تعیین مشخصات نانولوله‌های کربنی تک جداره با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و آنالیز طیف‌سنجی بر اساس توزیع انرژی (EDX)، با استفاده از استاندارد ISO/TS 10798: 2011 تدوین شده‌است.
- [10] ISO/TS 10867, Nanotechnologies — Characterization of single-wall carbon nanotubes using near infrared photoluminescence spectroscopy
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۷۳۱: سال ۱۳۹۰- فناوری نانو- تعیین مشخصات نانولوله‌های کربنی تک جداره با استفاده از طیف‌سنجی فتولومینسانس فروسرخ نزدیک، با استفاده از استاندارد ISO/TS 10867:2010 تدوین شده‌است.
- [11] ISO/TS 10868, Nanotechnologies — Characterization of single-wall carbon nanotubes using ultraviolet-visible-near infrared (UV-Vis-NIR) absorption spectroscopy
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۷۴۳: سال ۱۳۹۱- فناوری نانو- تعیین مشخصات نانولوله‌های کربنی تک جداره با استفاده از طیف‌سنجی جذبی فرابنفش- مرئی- فروسرخ، با استفاده از استاندارد ISO/TS 10868: 2011 تدوین شده‌است.
- [12] ISO/TR 10929, Nanotechnologies — Characterization of multiwall carbon nanotube (MWCNT) Samples
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۹۹۱: سال ۱۳۹۲- فناوری نانو- تعیین مشخصات نمونه‌های نانولوله‌های کربنی چند جداره (MWCNT)، با استفاده از استاندارد ISO/TS 10929: 2012 تدوین شده‌است.

- [13] ISO/TS 11251, Nanotechnologies — Characterization of volatile components in single-wall carbon nanotube samples using evolved gas analysis/gas chromatograph-mass spectrometry
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۳۰۰: سال ۱۳۹۳ - فناوری نانو - تعیین مشخصات اجزای فرآر در نمونه‌های نانولوله کربنی تک جداره با استفاده از آنالیز گاز خروجی/ کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی، با استفاده از استاندارد ISO/TS 11251: 2010 تدوین شده‌است.
- [14] ISO/TS 11308, Nanotechnologies — Characterization of single-wall carbon nanotubes using thermogravimetric analysis
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۵۶۴: سال ۱۳۹۱ - فناوری نانو - تعیین مشخصات نانولوله‌های کربنی تک جداره به روش آنالیز جرم‌سنجی حرارتی، با استفاده از استاندارد ISO 11308: 2011 تدوین شده‌است.
- [15] ISO/TR 13097:2013, Guidelines for the characterization of dispersion stability
- [16] ISO/TS 13278, Nanotechnologies — Determination of elemental impurities in samples of carbon nanotubes using inductively coupled plasma mass spectrometry
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۹۹۳: سال ۱۳۹۳، فناوری نانو - تعیین ناخالصی‌های عنصری از نمونه‌های نانولوله‌های کربنی با استفاده از طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی، با استفاده از استاندارد ISO/TS 13278: 2011 تدوین شده‌است.
- [17] ISO 13503-1:2011, Petroleum and natural gas industries — Completion fluids and materials —
Part 1: Measurement of viscous properties of completion fluids
- [18] ISO 13580:2005, Yogurt — Determination of total solids content (Reference method)
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۷۴: سال ۱۳۸۶ ماست - اندازه‌گیری مقدار کل مواد جامد - روش آزمون جامع، با استفاده از استاندارد ISO 13580: 2005 تدوین شده‌است.
- [19] ISO 15528, Paints, varnishes and raw materials for paints and varnishes — Sampling
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۰۳۵: سال ۱۳۹۳ - رنگ‌ها، جلاها و مواد اولیه آن‌ها - نمونه‌برداری، با استفاده از استاندارد ISO 15528: 2013 تدوین شده‌است.
- [20] ISO 17197, Dimethyl ether (DME) for fuels — Determination of water content — Karl Fischer titration method
- [21] ISO 18757, Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Determination of specific surface area of ceramic powders by gas adsorption using the BET method
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۶۵۸: سال ۱۳۸۸، سرامیک‌های ظریف (سرامیک‌های پیشرفته، سرامیک‌های صنعتی پیشرفته) - مساحت سطح ویژه پودرهای سرامیکی به‌وسیله جذب گاز با استفاده از روش BET - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ISO 18757: 2003 تدوین شده‌است.
- [22] ISO 22007-2, Plastics — Determination of thermal conductivity and thermal diffusivity — Part 2: Transient plane heat source (hot disc) method
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۷۸۷-۲: سال ۱۳۹۵، پلاستیک‌ها - تعیین هدایت حرارتی و ضریب انتشار حرارتی - قسمت ۲: روش منبع گرمایی صفحه داغ، با استفاده از استاندارد ISO 22007-2: 2015 تدوین شده‌است.
- [23] ISO 22036, Soil quality — Determination of trace elements in extracts of soil by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry (ICP - AES)

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۲۳۵ (چاپ اول): سال ۱۳۸۸، کیفیت خاک- اندازه‌گیری عناصر با مقادیر کم در حاصل استخراج خاک- روش اسپکتروسکوپی نشر اتمی- پلاسمای جفت‌شده القائی، با استفاده از استاندارد ISO 22036: 2008 تدوین شده‌است.

[۲۴] استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۲: نانوآشپاء

[۲۵] استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۸۳۹۳: سال ۱۳۹۴، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۳: نانوآشپای کربنی

[۲۶] استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۶، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۶: مشخصه‌یابی

نانوشیء

[27] IEC/TS 62607-2-1, Nanomanufacturing - key control characteristics for CNT film applications - Resistivity — Part 2-1:

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲-۱۹۷۵۸: سال ۱۳۹۴، فناوری نانو- نانساخت- مشخصات کنترلی کلیدی- قسمت ۱-۲، با استفاده از استاندارد IEC/TS 62607-2-1: 2012 تدوین شده‌است

[28] IEC 62899-202, Printed electronics — Part 202: Materials-Conductive ink