

روشهای آزمایش پوشش لوله

متقاضی:

شرکت ملی صنایع پتروشیمی

« شرکت مدیریت توسعه صنایع پتروشیمی؛ مجری پروژه خط لوله اتیلن غرب کشور »

تهیه کننده:

پژوهشگاه صنعت نفت

« پژوهشکده پالایش نفت - واحد پژوهش قیر و راهسازی »

پژوهش:

علی احسان نظر بیگی، علیرضا معینی

نشر:

شرکت تولید لوله و پوشش سلفچگان

www.sppc.ir

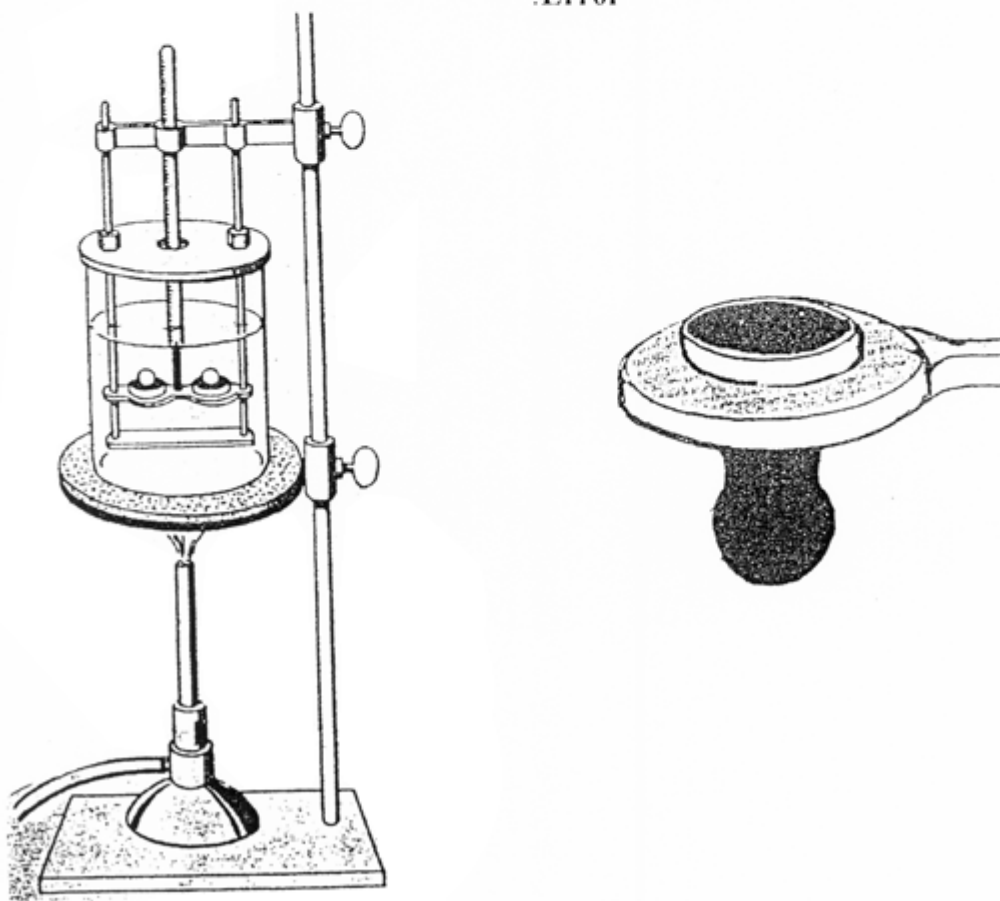
در این مقاله آزمایش های زیر مورد بررسی قرار می گیرد:

- نقطه نرمی (به روش حلقه و ساچمه)
- درجه نفوذ پذیری
- نقطه اشتعال و احتراق
- میزان مواد معدنی (فیلر)
- دانسیته
- آزمایش شره
- آزمایش خمش
- آزمایش ضربه
- آزمایشهای چسبندگی اولیه و تاخیری
- آزمایش گسیختگی کاتدی
- آزمایش جذب آب
- آزمایش مقاومت کششی
- آزمایش چسبندگی
- آزمایش مقاومت در مقابل ضربه
- آزمایش مقاومت در برابر فرورفتگی

– نقطه نرمی (به روش حلقه و ساچمه) (ASTM - D36) (SOFTENING POINT (Ring & Ball))

از آنجا که قیرها موادی ویسکوالاستیک و بدون نقطه ذوب مشخص هستند که با افزایش درجه حرارت به تدریج نرم تر و روان تر می شوند ، از این رو نقطه نرمی باید توسط یک روش مشخص و با نتایج نزدیک و قابل تکرار تعریف گردد . در این روش نمونه قیری ذوب شده و در دوحلقه برنجی با ابعاد مشخص ریخته می شود در نتیجه دو دیسک تخت قیر ساخته می شود که در حلقه های برنجی قرار دارند . روی هر یک از دیسک ها یک گلوله فلزی قرار داده و دیسک ها را در یک حمام مایع (آب ، گلسیرین ، یا اتیلن گلیکول) با سرعت کنترل شده $5 \pm 0.5^{\circ}\text{C} / \text{min}$ حرارت می دهند نرمی عبارتست از متوسط درجه حرارت هایی که طی آنها هر یک از دو دیسک قیر به اندازه های نرم شده اند که به گلوله های فلزی اجازه می دهند در آنها فرو رفته و یک ارتفاع 25mm را سقوط کنند . نقطه نرمی بر حسب درجه سانتیگراد گزارش می شود .

!Error



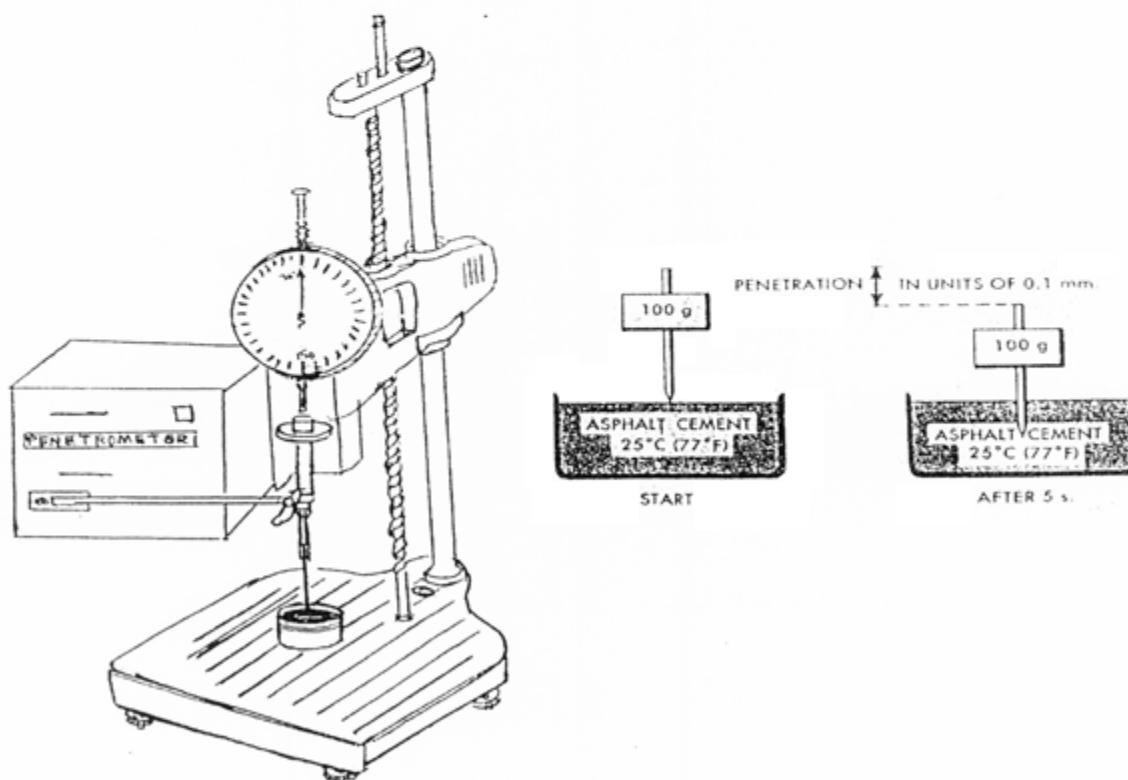
شکل ۱ – شمای دستگاه اندازه گیری نقطه نرمی

PENETRATION (ASTM - D5)

- درجه نفوذ پذیری

درجه نفوذ پذیری یک ماده قیری بیانگر قوام و استحکام آنست که به صورت تعداد واحد نفوذ (یک دهم میلیمتر) یک سوزن استاندارد قایم در یک نمونه قیر و تحت شرایط معینی از بار روی سوزن، دما و زمان بار دادن، تعریف می گردد.

در این روش نمونه قیری ذوب شده را در یک ظرف با ابعاد مشخص ریخته و تحت شرایط کنترل شده به دمای مورد نظر آزمایش می رسانند. نفوذ را توسط یک دستگاه اندازه گیری نفوذ که سوزن استاندارد تحت شرایط خاصی در آن نصب و روی سطح نمونه مماس شده است، اندازه می گیرند. برای آزمایش در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، مقدار بار روی سوزن ۱۰۰ گرم و مدت زمان، ۵ ثانیه می باشد. درجه نفوذ پذیری بر حسب دهم میلیمتر گزارش می شود. بعنوان مثال درجه نفوذ ۶۰ بیانگر آنست که سوزن استاندارد تحت شرایط زمان، بار، و دمای مشخص به میزان ۶۰ دهم میلیمتر در نمونه قیری نفوذ کرده است.



شکل ۲ - شمای دستگاه اندازه گیری درجه نفوذ پذیری

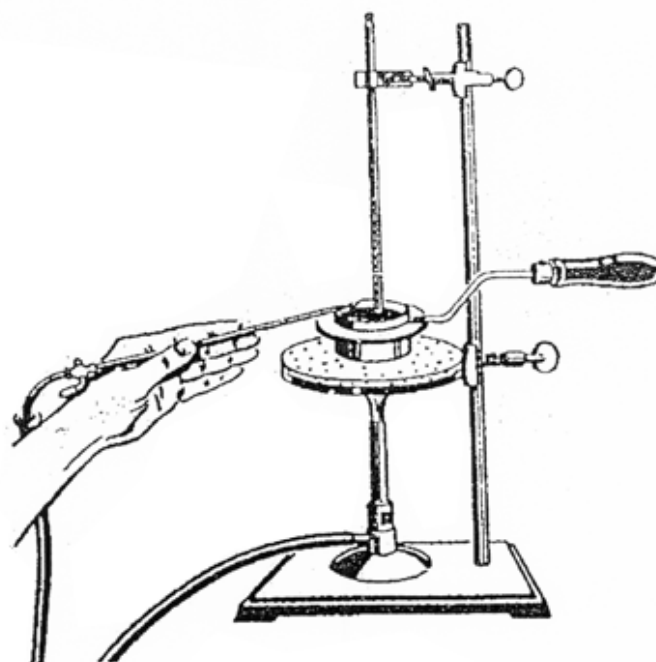
- نقطه اشتعال و احتراق

FLASH AND FIRE POINT (ASTM - D92)

(by Cleveland Open Cup)

از آنجا که قیرهای خالص و قیرهای قطرانی و به خصوص قیرهای پس آمیز (cutback)، مواد آتش گیری می باشند، کار کردن با آنها در دمای بالا عاری از خطر نبوده و احتمال آتش گیری وجود دارد. این آزمایش تمایل نمونه را به تشکیل دادن یک مخلوط قابل اشتعال با هوا، تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاه، اندازه می گیرد. برای تعیین نقاط اشتعال و احتراق می توان از دستگاه Cleveland Open Cup استفاده نمود.

در این روش فنجان آزمایش را تا سطح معینی از نمونه قیری پرکرده و درجه حرارت نمونه را ابتدا به سرعت و سپس در حوالی نقطه اشتعال با یک سرعت ثابت آهسته تر، افزایش می دهند. در فواصل زمانی معینی، یک شعله آزمایش کوچک به قطر شعله حدود ۴ میلیمتر را از روی فنجان عبور می دهند. پایین ترین درجه حرارتی را که در آن بخارات روی سطح نمونه بر اثر عبور دادن شعله آزمایش، یک جرقه کوتاه بزند، نقطه اشتعال (Flash Point) می نامند. برای تعیین نقطه احتراق (Fire Point)، آزمایش را تا جایی ادامه می دهند که عبور دادن شعله آزمایش باعث اشتعال بخارات سطح نمونه به مدت حداقل ۵ ثانیه گردد.



شکل ۲ - شمای دستگاه تعیین نقطه اشتعال و احتراق

- میزان مواد معدنی (فیلر) (BS 4147 Appendix B) Filler Content

این آزمایش میزان مواد معدنی پرکننده (فیلر) موجود در انامل را به روش سوزاندن اندازه گیری می نماید. در این روش میزان مشخصی از نمونه دقیقاً در کروزه توزین شده و به مدت 2h در کوره با دمای 700-750°C سوزانده می شود و پس از خنک شدن مجدداً توزین شده و از آنجا میزان فیلر موجود در نمونه که بصورت خاکستر باقیمانده است، محاسبه و بر حسب درصد وزنی گزارش می گردد.

- دانسیته (BS 4147 Appendix C) Density

این آزمایش برای تعیین دانسیته (وزن حجمی) انامل در دمای 25°C صورت می گیرد. در این روش نمونه انامل ذوب شده را به شکل مکعب قالب ریزی نموده و پس از خنک شدن آنرا در هوا و سپس در آب 25°C توزین می نماییم. نسبت وزن نمونه به کاهش وزن آن در آب، دانسیته نمونه را بدست می دهد.

- آزمایش شره (BS 4147 Appendix E) Sag Test

الف - در این روش ابتدا سطح یک صفحه فولادی به ابعاد 300 × 300 × 3mm کاملاً تمیز کاری شده بطوریکه عاری از هر گونه چربی و مواد روغنی گردد. سپس با یکی از روشهای بلاست کردن، سطح صفحه از هر گونه رنگ زدگی و جرم و مواد خارجی عاری می گردد، به نحوی که تبدیل به یک سطح یکنواخت به رنگ خاکستری با زبری نسبی $75 \pm 25 \mu m$ گردد (این کیفیت سطح تقریباً معادل مقیاس $Sa 2\frac{1}{2}$ استاندارد سوئد می باشد). پس از آن صفحه آماده شده بطور یکنواخت با پرایمر، پوشش داده می شود. ضخامت پرایمر (coverage rate) توسط سازنده پرایمر مشخص می گردد. بعد از خشک شدن پرایمر، نمونه انامل که تا دمای کاربرد توصیه شده توسط سازنده گرم شده است با ضخامت 1.5-2.5 mm روی صفحه پرایمر خورده اعمال می گردد. پس از آنکه صفحه پوشش شده به دمای محیط رسید، آماده آزمایش می باشد.

ب- جهت انجام آزمایش شره که معیاری از میزان مقاومت پوشش در مقابل شره در دمای بالا می باشد، سه خط موازی به فاصله 75 mm روی پوشش رسم شده و صفحه پوشش شده بطور عمودی به مدت زمان 24h در یک آون در دمای آزمایش متناسب با نوع و گرید انامل مورد نظر

قرار داده می شود. پس از خاتمه زمان ، صفحه از آون خارج شده و حداکثر میزان شره هر یک از سه خط رسم شده روی پوشش نسبت به خطوط مرجع اولیه اندازه گیری و میانگین آنها بعنوان میزان شره محاسبه و بر حسب میلیمتر گزارش می گردد.

– آزمایش خمش (Bend Test (BS 4147 Appendix F)

در این آزمایش میزان مقاومت پوشش در مقابل خمش در دمای پائین اندازه گیری می شود. جهت انجام آزمایش چهار صفحه فولادی به ابعاد $200 \times 100 \times 1.5\text{mm}$ مطابق روش مندرج در بند الف آزمایش شره ، آماده سازی شده و پرایمر و انامل روی آنها اعمال می گردد. سپس صفحات پوشش شده به مدت حداقل 6h در دمای 0°C قرار داده شده و پس از آن بلافاصله تحت شرایط ویژه ای توسط یک استوانه با شعاع 12mm مورد خمش قرار می گیرد تا هنگامیکه اولین ترک خوردگی در پوشش رخ دهد. ایجاد ترک در پوشش با استفاده از دستگاه ترک یاب که بطور همزمان با خمش در حال کار می باشد، مشخص می گردد. نتیجه آزمایش بصورت میانگین میزان خمش هر یک از صفحات بر حسب میلیمتر که منجر به اولین ترک خوردگی روی پوشش گردد ، محاسبه و گزارش می شود.

آزمایش ضربه (Impact Test (BS 4147 Appendix G)

این آزمایش برای تعیین میزان مقاومت پوشش در مقابل ضربه صورت می گیرد . در این روش یک صفحه فولادی به ابعاد $300 \times 300 \times 12.5\text{mm}$ مطابق روش مندرج در بند الف آزمایش شره، آماده سازی شده و پرایمر و انامل روی آن اعمال می گردد. صفحه پوشش شده به مدت حداقل 6h در دمای آزمایش قرار داده شده و سپس یک گلوله فلزی به وزن 630-650g از ارتفاع 2.45 m روی پوشش رها می شود بنحویکه در نقطه ای از قطر صفحه با فاصله حدود 100 mm از یکی از چهار گوشه صفحه اصابت نماید. این عمل در سه گوشه دیگر صفحه تکرار شده و پس از آن در هر یک از محل های اصابت گلوله ، بخشی از پوشش که بر اثر ضربه ، گسیخته شده ، از صفحه جدا می گردد و سطح گسیخته شده در هر مورد محاسبه شده و میانگین چهار اندازه گیری بر حسب میلیمتر مربع گزارش می شود.

– آزمایش های چسبندگی : اولیه و تاخیری

Peel Tests : initial and delayed (BS 4147 Appendix H)

این آزمایش میزان چسبندگی پوشش را اندازه گیری می نماید. در این روش دو صفحه فولادی به ابعاد $300 \times 300 \times 12.5\text{mm}$ مطابق روش مندرج در بند الف آزمایش شره ، آماده سازی شده و پرایمر و انامل روی آن ها اعمال می گردد. برای انجام آزمایش چسبندگی اولیه ابتدا یکی از صفحات پوشش شده به مدت حداقل 30 min در یک حمام آب و در پائین ترین دما از سری دماهایی که برای گرید انامل مورد نظر مشخص شده است ، قرار داده می شود . پس از آن میزان چسبندگی بوسیله ور آوردن عمودی باریکه ای از پوشش به عرض 20mm و اندازه گیری میزان جدا شده آن از صفحه (ور آمدن) قبل از گسستن ، تعیین می شود. سپس این عمل به ترتیب در سایر دماهای درج شده در سری دمایی ، تکرار شده و نتیجه در هر دما ، بر حسب میلیمتر گزارش می گردد.

برای انجام آزمایش چسبندگی تاخیری صفحه دوم پوشش شده به مدت 72h در آون با دمای $70 \pm 2^\circ\text{C}$ قرار داده شده و پس از خنک شدن ، آزمایش چسبندگی به ترتیب فوق الذکر روی آن انجام می گیرد.

– آزمایش گسیختگی کاتدی (ASTM G8) Cathodic Disbonding

این آزمایش میزان مقاومت پوشش را در مقابل گسیختگی ، که می تواند ناشی از پتانسیل های طبیعی خاک و پتانسیل های اعمالی جهت حفاظت کاتدی باشد ، اندازه گیری می نماید. در این روش قسمتی از یک لوله پوشش شده که عملاً یک سوراخ روی آن ایجاد شده است در یک الکترولیت قلیایی با هدایت بالا ، تحت تنش الکتریکی قرار داده می شود. این تنش بوسیله یک آند فدا شونده از جنس منیزیم و یا یک سیستم اعمال جریان تامین می گردد. آزمایش در دمای $21-25^\circ\text{C}$ و به مدت 30 روز ادامه می یابد. پس از خاتمه آزمایش ، پوشش گسیخته شده از روی سطح جدا شده و میزان گسیختگی بر حسب مساحت سطح گسیخته شده (یا قطر دایره معادل سطح گسیخته شده) و یا میانگین فاصله گسیختگی از لبه سوراخ اولیه (بر حسب میلیمتر) گزارش می گردد.

– آزمایش جذب آب (Water Absorption (ISO 5256)

این آزمایش مشتمل بر اندازه گیری افزایش وزن پوشش بر اثر مجاورت با آب می باشد. در این روش نمونه پوشش پس از ذوب شدن در ظروف مخصوصی با سطح مشخص ریخته و به دقت توزین شده و به مدت 5h در آب با دمای $40 \pm 1^\circ\text{C}$ غوطه ور می گردد. سپس از آب خارج شده دوباره با دقت توزین می گردد و از آنجا میانگین افزایش وزن محاسبه شده و با در نظر گرفتن سطح مشخص نمونه ها ، این عدد به افزایش وزن در واحد سطح نمونه بر حسب g/m^2 تبدیل و گزارش می گردد.

– آزمایش مقاومت کششی (Tensile Strength (DIN 30672)

این آزمایش مقاومت کششی بیتوسیل ممبرین را در دو جهت طولی و عرضی و تحت شرایط ویژه آزمایش ، اندازه گیری می نماید. در این روش باریکه هایی از نمونه با ابعاد معین بین دو فک دستگاه اندازه گیری میزان کشش قرار داده شده و با سرعت مشخصی تا پاره شدن ، کشیده می شوند. حداکثر نیروی قابل تحمل هر نمونه توسط دستگاه کشش اندازه گیری و ثبت می گردد و از آنجا میانگین مربوط به نمونه های طولی و عرضی بطور جداگانه محاسبه و بر حسب نیرو بر واحد عرض نمونه گزارش می گردد.

– آزمایش چسبندگی (Adhesion Strength (DIN 30672)

در این آزمایش چسبندگی بیتوسیل ممبرین بصورت نیروی لازم برای جدا کردن باریکه ای از ممبرین از روی سطح فلز لوله ، تعیین می گردد. در این روش باریکه ای از ممبرین که روی لوله پوشش داده شده است از آن جدا می گردد و در یکی از فکین دستگاه اندازه گیری کشش قرار داده می شود. لوله نیز در فک دیگر دستگاه قرار گرفته و نمونه تحت شرایط مشخص دما و سرعت کشش ، بطور عمودی از لوله کنده شده و چسبندگی نمونه بر حسب نیرو بر واحد عرض نمونه گزارش می گردد.

– آزمایش مقاومت در مقابل ضربه (Impact Resistance (DIN 30672)

این آزمایش میزان انرژی ناشی از ضربه را که بیتوسیل ممبرین قادر است تحت شرایط مشخص آزمایش ، تحمل نماید اندازه گیری می نماید. در این روش بیتوسیل ممبرین پوشش شده روی لوله تحت اصابت سی ضربه گلوله با نیروی مشخص قرار می گیرد. انرژی ضربه با توجه به ابعاد،

وزن و ارتفاع رها شدن گلوله ، قابل تنظیم بوده و می تواند در سه رده : A (به میزان 2J) ، B (به میزان 8J) و یا C (به میزان 15J) اعمال می گردد. سپس پوشش بوسیله یک ترک یاب با ولتاژ بالا مورد معاینه قرار گرفته و چنانچه اصابت ضربه ها باعث ایجاد ترک یا نقص در پوشش نشده باشد ، نمونه دارای مقاومت در مقابل ضربه در رده انرژی آزمایش می باشد.

– آزمایش مقاومت در مقابل فرورفتگی (Indentation Resistance (DIN 30672)

در این آزمایش میزان مقاومت بیتوسییل ممبرین در مقابل نفوذ یک میله استوانه ای تحت شرایط مشخص آزمایش اندازه گیری می شود. در این روش ، نمونه ای از بیتوسییل ممبرین در دمای مشخص به مدت 72h تحت فشار حاصل از یک میله استوانه ای قرار داده می شود. فشار وارده بر نمونه با توجه به قطر و وزن میله استوانه ای قابل تنظیم بوده و می تواند در سه رده : A (به میزان 0.05 N/mm^2) ، B (به میزان 0.1 N/mm^2) و یا C (به میزان 10 N/mm^2) اعمال می گردد . پس از انجام آزمایش ، میزان نفوذ میله استوانه ای در پوشش ، اندازه گیری شده و از آنجا میزان ضخامت باقیمانده (بر حسب میلیمتر) بعنوان معیاری از مقاومت در مقابل فرو رفتگی گزارش می گردد.