

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



هلل الارحمن ال رحيم

کنترل کیفیت رنگ های صنعتی

تهیه کننده:

محمود ظفری

شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب - اهواز

Zafari.mahmoud@gmail.com

شهریور ۸۵

فهرست

- ۱- مقدمه
- ۲- چگونگی درخواست و تایید نمونه
- ۳- دستورالعمل و رویه آزمایشات
 - ۱-۳- آزمایشات رنگ تر
 - ۱-۱-۳- آزمایش بصری
 - ۲-۱-۳- دستورالعمل نحوه انجام آزمایش برای تعیین گرانیوی رنگ با استفاده از بوته فور دکاپ (مطابق استاندارد ASTM D1200
 - ۳-۱-۳- دستورالعمل نحوه تعیین گرانیوی رنگها بوسیله کریس استورمر مطابق استاندارد ASTM D562
 - ۴-۱-۳- دستورالعمل اندازه گیری وزن مخصوص رنگها، لاکها و مواد دیگر بر اساس استاندارد ASTM D1475
 - ۵-۱-۳- دستورالعمل انجام آزمایش جهت تعیین نسبت فرار و درصد وزنی مواد جامد رنگ بر اساس استاندارد ASTM D2369
 - ۶-۱-۳- دستورالعمل انجام آزمایش جهت تعیین درصد حجمی مواد جامد رنگ بر اساس استاندارد ASTM D2697
 - ۷-۱-۳- دستورالعمل انجام آزمایش جهت تعیین اندازه گیری مقدار رنگدانه در رنگ بر اساس استاندارد ASTM D2371
 - ۸-۱-۳- دستورالعمل تعیین ضخامت فیلم تر رنگ بر اساس استاندارد ASTM D4414
 - ۹-۱-۳- دستورالعمل تعیین اندازه ذرات (درجه پخش) رنگ بر اساس استاندارد ASTM D1210
 - ۱۰-۱-۳- اندازه گیری اندازه ذرات درشت رنگ (Coarse Particles) بر اساس استاندارد ASTM D185
 - ۱۱-۱-۳- دستورالعمل جهت تعیین زمان خشک شدن فیلم رنگ بر اساس استاندارد ASTM D1640
 - ۱۲-۱-۳- دستورالعمل برای تشخیص میزان پوشش (قدرت محوکنندگی) فیلم رنگ بر اساس استاندارد ASTM D344
 - ۲-۳- آزمایشات فیلم خشک رنگ :
 - ۱-۲-۳- دستورالعمل اندازه گیری درجه براقیت فیلم رنگ بر اساس استاندارد ASTM D523
 - ۲-۲-۳- دستورالعمل اندازه گیری چسبندگی رنگ بر اساس استاندارد ASTM D3359
 - ۳-۲-۳- دستورالعمل اندازه گیری چسبندگی فیلم رنگ به روش Pull-Off بر اساس استاندارد ASTM D4541
 - ۴-۲-۳- دستورالعمل اندازه گیری سختی رنگ بوسیله سختی سنج آونگی بر اساس استاندارد ASTM D4366
 - ۵-۲-۳- دستورالعمل تعیین مقاومت رنگ در مقابل ضربه ناگهانی (آزمایش سقوط وزنه) بر اساس استاندارد ASTM D2794
 - ۶-۴-۳- دستورالعمل تعیین انعطاف پذیری و مقاومت در برابر خمش رنگ به کمک ابزار مندرل بر اساس استاندارد ASTM D522
 - ۷-۲-۳- دستورالعمل تعیین مقاومت سایشی رنگ بر اساس استاندارد ASTM D4060
 - ۸-۲-۳- دستورالعمل بررسی مقاومت حرارتی رنگ بر اساس استاندارد ASTM D2485
- ۴- ضمائم
- ۵- مراجع

۱- مقدمه :

اطمینان از صحت و سالمی رنگ و پوشش قبل از اعمال و انطباق آن با مشخصات فنی مورد نیاز جهت رنگ آمیزی تجهیزات و تاسیسات از اهمیت بسزایی به ویژه در کیفیت رنگ نهایی برخوردار می باشد. در این دستورالعمل سعی شده است تا با بهره گیری از استانداردهای SSPC و ASTM، دستورالعمل جامعی در این خصوص تهیه گردد. این دستورالعمل شامل روشهای لازم جهت کنترل کیفیت رنگ و پوشش سفارشی در انطباق با مشخصات فنی مورد نیاز، می باشد.

۲- چگونگی درخواست و تایید نمونه :

با توجه به مشخصات فنی خریدار، سازنده باید یک نمونه اولیه رنگ به خریدار تحویل دهد و خریدار آزمایشات مندرج در این دستورالعمل را با توجه به مشخصات فنی درخواستی و ادعای سازنده روی آن انجام دهد. پس از اینکه نتایج آزمایشات در محدوده قابل قبول قرار گرفت، سازنده می تواند نسبت به ساخت رنگ اقدام نماید. خریدار بایستی نتایج آزمایشات به همراه نمونه رنگ را تا ساخت مقدار درخواستی نزد خود نگه دارد پس از ساخت مقدار مورد نیاز رنگ، باید آزمایشات انجام شده روی نمونه، مجدداً بر روی نمونه هایی از رنگ ساخته شده انجام شود. لازم است که اگر رنگ های ارسال شده شماره تولید متفاوت دارند بر روی هر رنگ با شماره تولید خاص آزمایشات انجام گیرد. چنانچه در دفعات بعدی خرید نیاز به همان رنگ تایید شده سازنده باشد نیازی به ارسال نمونه اولیه از طرف سازنده نبوده و آزمایشات باید بر روی محموله های ساخته شده انجام گیرد.

۳- دستورالعمل و رویه آزمایشات :

باتوجه به نوع آزمایشات دستورالعمل ها در دودسته آزمایشات رنگ تر و آزمایشات فیلم خشک رنگ آورده شده است :

۳-۱-۱-۳ آزمایشات رنگ تر :

شامل آزمایش هایی برای تعیین گرانیروی، وزن مخصوص، اندازه ذرات (درجه پخشیدگی)، درصد وزنی و حجمی مواد جامد، ضخامت فیلم تر، زمان خشک شدن، مانده در الک و قدرت پوشاندگی می باشد.

۳-۱-۱-۳-۱-۱ آزمایش بصری

نشانه گذاری:

در صورتیکه نمونه در ظرف اصلی خود از سازنده دریافت می گردد، بر روی نمونه های دریافتی، اطلاعات زیر می بایست به صورت واضح و خوانا بر روی ظروف بصورت چاپ یا بر چسب قید گردد.

- نام تولید کننده و علامت تجاری
- نام کامل رنگ و پایه رزین آن
- دستور رقیق شدن رنگ و طریقه مصرف
- شماره ساخت یا تاریخ نوبت تولید
- شماره کد رنگ

- طریقه انبارداری و مدت آن
 - آدرس کامل تولید کننده
 - نام کشور سازنده
 - حجم خالص رنگ محتوی در قوطی بر حسب سیستم متریک
 - هشدار های ایمنی و بهداشتی
- نمونه برداری :
- در صورتیکه نمونه برداری توسط مشتری انجام می شود ، دستورات عملیهای ذیل باید رعایت شود .
- نمونه برداری نباید در محل باز انجام شود .
 - وسیله نمونه برداری باید تمیز و خشک باشد .
 - نمونه ، ظرف محتوی نمونه و وسیله نمونه برداری را باید از آلودگی دور نگهداشت .
 - برای تهیه نمونه باید ظرف نمونه را کاملاً بهم زد و خوب مخلوط نمود .
 - نمونه‌ها را باید در ظرفهای فلزی یا شیشه‌ای تیره که تمیز و خشک و غیر قابل نفوذ در برابر هوا باشد نگهداری کنید، بطوریکه نمونه روی ظروف هیچگونه تأثیر و فعل و انفعالی نداشته باشد .
 - ظروف محتوی نمونه‌ها باید به اندازه‌ای باشد که تقریباً " با ریختن نمونه داخل آن پر شود .
 - هر ظرف محتوی نمونه را باید پس از پر شدن کاملاً مسدود و در آن را مهر و موم کنید بطوریکه هوا در آن نفوذ نکند و تاریخ نمونه برداری و سال ساخت را روی آن ذکر کنید .
 - نمونه‌ها باید طوری نگاهداری شود که حرارت آنها از حرارت عادی تجاوز نکند .
 - کلیه اطلاعات مربوط به قسمت نشانه گذاری می بایست یادداشت و بر روی ظرف نمونه برداری الصاق نمود .
- در بازدید اولیه قوطی رنگ نباید هیچگونه آثاری از لخته شدن یا رسوب سفت در ظرف دیده شود و اگر رسوبی داخل آن باشد باید با همزدن معمولی از بین برود .
- برای تشخیص فام آن باید فیلم نازکی با ضخامت خشک تقریبی ۶۰ میکرون روی ورق مقوایی براق (کاغذ گلاسه) کشیده شود سپس بعد از خشک شدن عمقی تحت شرایط نور کافی با فام های استاندارد بر طبق شماره رنگ مورد نظرمقایسه گردد و در صورتیکه اختلاف زیادی مشاهده نشود رنگ مورد نظر از لحاظ فام مورد تایید می باشد .

۳-۱-۲ دستورالعمل نحوه انجام آزمایش برای تعیین گرانیوی رنگ و پوشش با استفاده از

بوته (فورد کاپ) مطابق استاندارد ASTM D1200:

طبق این روش گرانیوی رنگها ، لاکها و سایر موادمایع نیوتنی یا تقریباً نیوتنی اندازه گیری می شود و اگر رنگ مایع به صورت غیر نیوتنی باشد با استفاده از وسیله کرپس استورمر اندازه گیری می شود. جهت استفاده از این روش بوته هایی با شماره های فورد ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۴ و ۵ به کار می روند و زمان خروج از روزنه بوته بر حسب ثانیه اندازه گیری می شود که برای زمانهای بیشتر از ۱۰۰ ثانیه کنترل دمایی حین کار مشکل خواهد شد .

وسایل مورد نیاز:

بوته گرانروی با شماره های فورده مختلف از جمله ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ که از مواد مقاوم در برابر حلالها و مواد خورنده مطابق شکل ۱- ساخته شده است .

۱- وسیله تثبیت دما- جهت رساندن دمای نمونه به مقدار استاندارد.

۲- گیره - جهت ثابت نگاه داشتن بوته .

۳- زمان سنج - ثانیه شماره که تقسیمات آن ۰/۲ ثانیه یا کمتر باشد.

۴- صفحه شیش ای و یا فلزی صاف

۵- نشانگر تراز سطحی

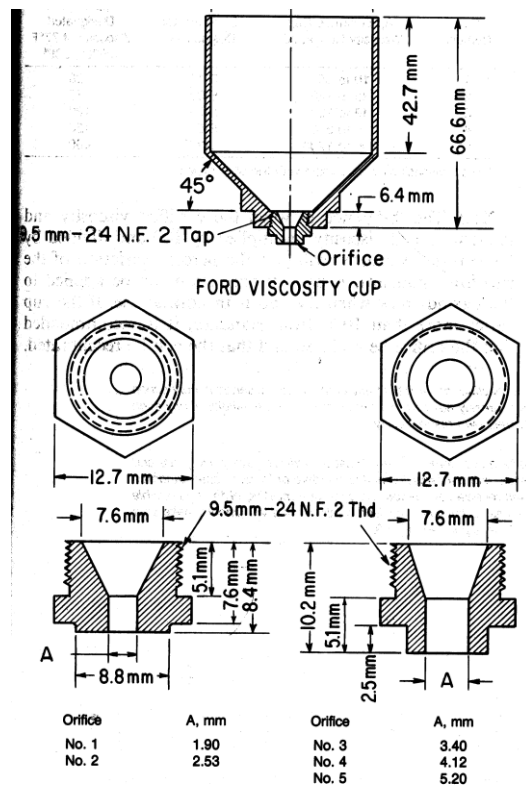


FIG. 1 Ford Viscosity Cup and Orifices



شکل ۱- ابعاد بوته فورده و نمایی کلی از شکل ظاهری آن

تنظیم بوته :

- روغن استاندارد با گرانیوی جنبشی معلوم را در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد مطابق جدول - ۱ انتخاب نمایید.

جدول - ۱ روغن های استاندارد با گرانیوی های معین

Cup Number	Approximate Cup Viscosity Range, cSt	Standard Oil Designation	Approximate Designated Viscosity at 77°F (25°C), cSt ^A
1	10 to 35	S-10	20
2	25 to 120	S-20	35
3	49 to 220	S-60	120
4	70 to 370	S-60	120
5	200 to 1200	S-200	460

- روغن استاندارد را در بوته ریخته و در دمای استاندارد ۲۵ درجه سانتیگراد و یا دمای محیطی، زمان خروج ازمجرا را اندازه گیری نمایید. و با استفاده از فرمول های زیر برای هر یک از بوته ها به سانتی استوک تبدیل می کنیم.

$$V_1=0.49(t-35.0)$$

$$V_2=1.44(t-18.0)$$

$$V_3=2.31(t-6.58)$$

$$V_4=3.85(t-4.49)$$

$$V_5=12.1(t-2.00)$$

فرمول تبدیل زمان به cSt به تفکیک شماره بوته ها

- ضریب تصحیح را با استفاده از فرمول زیر بدست می آوریم:

ویسکوزیته اندازه گیری شده روغن استاندارد - ویسکوزیته روغن استاندارد

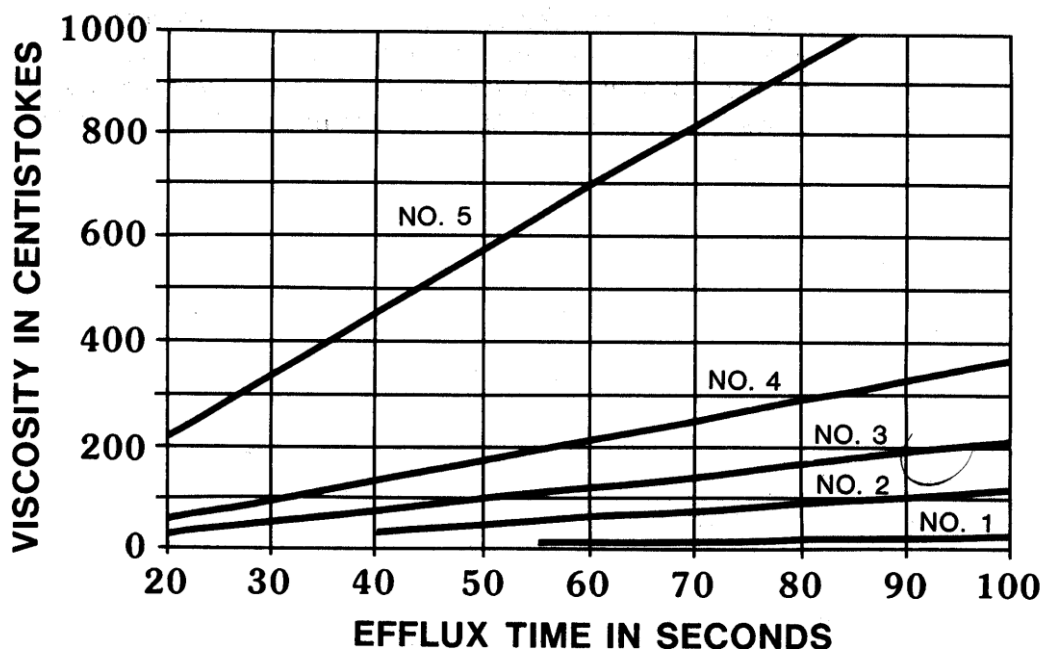
$$\text{ضریب تصحیح} = \frac{100 \times \text{ویسکوزیته روغن استاندارد}}{\text{ویسکوزیته اندازه گیری شده روغن استاندارد}}$$

ویسکوزیته روغن استاندارد

- این مقدار را در زمان اندازه گیری شده بر حسب ثانیه ضرب میکنیم. در صورتیکه ضریب تصحیح بیش از ۱۰ درصد باشد بایستی سوراخ بوته را تعویض کرده و مجدداً بوته را کالیبره نمود.

روش کار:

- ابتدا بوته ای را انتخاب نمایید که زمان خروج رنگ از آن بین ۲۰ تا ۱۰۰ ثانیه باشد (شکل - ۲). از بوته های ۳، ۴ و ۵ برای زمانهای ۳۰ تا ۱۰۰ ثانیه، از بوته ۱ برای زمانهای ۵۵ تا ۱۰۰ و از بوته شماره ۲ برای زمانهای بین ۴۰ تا ۱۰۰ ثانیه استفاده شود.



شکل - ۲ نمودار تقریبی گرانیوی بوتله های مختلف

(توجه: دمای محیط می بایست بین ۲۲ تا ۲۸ درجه سانتیگراد باشد.)

- دستگاه را بر روی پایه گذاشته و آنرا با تراز میزان نمائید.
- سپس رنگ را کاملاً همزده تا به صورت یکنواخت درآید سپس داخل بوتله بریزید و با انگشت نشانه مجرای آن را ببندید و اضافات رنگ را باصفحه فلزی و یا شیشه ای صاف پاک نمائید.
- بعد از ازپرکردن ، انگشت را رها کرده و زمان سنج را روشن نمائید و اجازه دهید رنگ ازبوتله درظرف زیر مجرا بریزد.
- موقع اولین بریده شدن جریان، زمان سنج را نگه داشته و زمان را یادداشت نمائید.
- ضریب تصحیح را در زمان اندازه گیری شده اعمال نمائید.
- بعد از اتمام کار، بوتله را بلافاصله باحلال مناسب و به کمک برس نرم موی شتر شستشو دهید به طوریکه داخل و مجرای آن کاملاً تمیزشود و تحت هیچ شرایطی از ابزار فلزی برای تمیزکردن آن استفاده نکنید.
- تذکر ۱- انقطاع جریان بوتله قبل ازاینکه خالی شود دلیل برعدم یکنواختی نمونه می باشد.

گزارش نتیجه:

موارد ذیل حائز اهمیت می باشد.

۱- زمان جریان بر حسب ثانیه تا یک رقم اعشار

۲- شماره بوتله

۳- دمای آزمایش

۳-۱-۳ دستورالعمل نحوه تعیین گرانیوی رنگها بوسیله کریس استورمر**مطابق استاندارد ASTM D562:**

این وسیله برای رنگهایی که گرانیوی کاذب و رفتار غیر نیوتنی از خود بروز می دهند و یا اینکه گرانیوی آنها به حدی است که با استفاده از بوته (فورداکپ) دقت لازم حاصل نمی شود به کار می رود.

وسایل مورد نیاز:

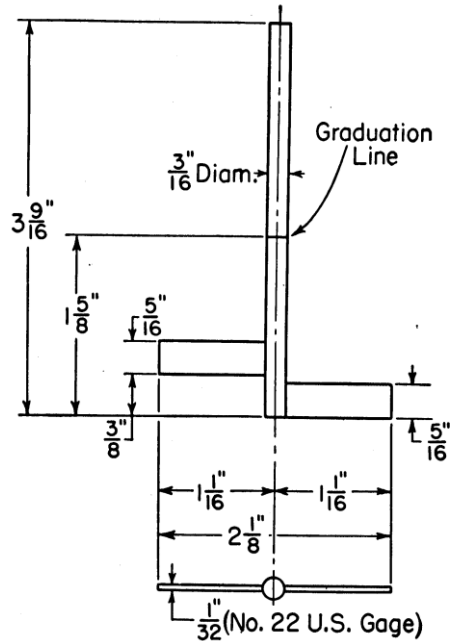
- ۱- گرانیوی متر- یک نوع همزن پدالی که در شکل- ۳ نشان داده شده است.
- ۲- ظرف مخصوص رنگ- گنجایش این ظرف نیم لیتر و قطر آن ۸۵ میلی متری باشد.
- ۳- دماسنج- در محدوده ۲۰ الی ۷۰ درجه سلسیوس می باشد.
- ۴- زمان سنج- دارای تقسیمات ۰/۲ ثانیه باشد.
- ۵- وزنه- کمترین آن ۵ گرم و بیشترین آن ۱۰۰۰ گرم می باشد.



شکل- ۳- نمایی کلی از ویسکومتر استورمر

تنظیم دستگاه:

- پروانه همزن و نگهدارنده وزنه ها را حرکت دهید. از فرار گرفتن ریسمان دور استوانه اطمینان حاصل نمایید.
- یک وزنه ۵ گرمی روی آن قرار داده و ترمز آن را رها کنید. باید طناب به طور پیوسته حرکت و پروانه شروع به چرخش نماید در غیر این صورت دستگاه را بررسی نمایید.
- ابعاد پروانه همزن باید مطابق شکل- ۴ باشد.



All Dimensions Subject to a
Tolerance of $\pm 0.004"$
Material: Stainless Steel

NOTE—1 in. = 25.4 mm.

شکل - ۴ ابعاد پدال ویسکومتر استورمر

- با استفاده از دو روغن استاندارد که گرانیوی آنها مشخص است به کمک رابطه زیر وزن لازم برای چرخش ۲۰۰ دور در دقیقه بدست می آید و اگر با عدد بدست آمده از دستگاه یکسان باشد دستگاه دقت مناسبی دارد .

$$L = (610\eta + 906.6\rho)/30$$

η = گرانیوی روغن بر حسب پویز

ρ = وزن مخصوص روغن بر حسب (gr/Cm^3)

روغنهای معمولاً از نوع هیدروکربنهای سیلیکونی، بزرگ وروغن کرچک می باشند.

- دمای آزمایش باید ± 0.2 درجه سلسوس باشد .

اگر وزنه لازم با حالت استاندارد روغن حداکثر تغییرات ± 15 درصد داشته باشد از نظر تنظیم مورد تایید می باشد.

دستورالعمل نحوه انجام آزمایش:

به دو صورت می باشد حالت نخست دستگاه بدون زمان سنج تصویری و حالت دوم همراه آن می باشد

الف - دستگاه بدون زمان سنج تصویری :

۱- نمونه را داخل ظرف مخصوص 0.5 لیتری ریخته بطوریکه 20 میلی متر از دهانه ظرف خالی بماند.

- ۲- دمای نمونه را در $۰/۲ \pm ۲۵$ درجه سلسیوس ثابت کنید. بطوریکه دمای ابتدا و انتهای کارحد اکثر $۰/۲$ درجه سلسیوس اختلاف داشته باشد.
 - ۳- سپس ظرف رنگ را زیر پروانه همزن گرانروی متر بگذارید پروانه باید تاخط نشانه داخل ظرف فرو رود.
 - ۴- وزنه ها را روی آویز گرانروی متر قرارداد تا مشخص شود برای رسیدن به ۱۰۰ دور چه وزنه ای درمحدوده زمانی ۲۷ الی ۳۳ ثانیه نیازاست .
 - ۵- ازاطلاعات موجود دربند-۴ استفاده کرده و باکمک جدول -۲ مقدار واحد آن برحسب کرپس را بیابید.
- ب - دستگاه همراه زمان سنج تصویری
- ۱- مراحل ۱ تا ۳ مورد الف تکرار شود.
 - ۲- کلید مدار مربوط به زمان سنج تصویری را روشن نمایید.
 - ۳- وزنه لازم برای ایجاد ۲۰۰ دور در دقیقه رامشخص نمایید قابل ذکر است که حرکت درجهت پروانه بازگو کننده سرعت بیشتر از ۲۰۰ دور در دقیقه ودرخلاف جهت آن مشخص کننده سرعت کمتر از ۲۰۰ دور در دقیقه می باشد . نمای ظاهری برای ایجاد ۲۰۰ دور در دقیقه درشکلهای شماره-۵ و ۶ آمده است .



شکل ۵- شکل واقعی حرکت پروانه وقتی زمان سنج ۲۰۰ دور در دقیقه را نشان دهد.



شکل ۶- اشکال حرکت پروانه وقتی زمان سنج ۲۰۰ دور در دقیقه را نشان نمی دهد.

- ۴- پس از بدست آمدن وزنه لازم برای ایجاد ۲۰۰ دور در دقیقه به کمک جدول -۳ واحد آن را برحسب کرپس پیدا کنید.

گزارش نتیجه:

موارد ذیل حائز اهمیت می باشد.

- ۱- وزن لازم برای ایجاد ۲۰۰ دور در دقیقه (با ۱۰۰ دور در ۳۰ ثانیه)
- ۲- مقدار گرانروی بر حسب واحد کرپس
- ۳- دمای نمونه در حین آزمایش و تغییر آن نسبت به ۲۵ درجه سانتی گراد

جدول ۳- واحد کرپس برحسب وزن لازم برای ایجاد چرخش ۲۰۰ دور در دقیقه

Grams KU	Grams KU	Grams KU	Grams KU	Grams KU	Grams KU	Grams KU	Grams KU	Grams KU	Grams KU	Grams KU
	100 61 105 62	200 82 205 83	300 95	400 104	500 112	600 120	700 125	800 131	900 136	1000 140
	110 63 115 64	210 83 215 84	310 96	410 105	510 113	610 120	710 126	810 132	910 136	1010 140
	120 65 125 67	220 85 225 86	320 97	420 106	520 114	620 121	720 126	820 132	920 137	1020 140
	130 68 135 69	230 86 235 87	330 98	430 106	530 114	630 121	730 127	830 133	930 137	1030 140
	140 70 145 71	240 88 245 88	340 99	440 107	540 115	640 122	740 127	840 133	940 138	1040 140
	150 72 155 73	250 89 255 90	350 100	450 108	550 116	650 122	750 128	850 134	950 138	1050 141
	160 74 165 75	260 90 265 91	360 101	460 109	560 117	660 123	760 129	860 134	960 138	1060 141
70 53 75 54	170 76 175 77	270 91 275 92	370 102	470 110	570 118	670 123	770 129	870 135	970 139	1070 141
80 55 85 57	180 78 185 79	280 93 285 93	380 102	480 110	580 118	680 124	780 130	880 135	980 139	1080 141
90 58 95 60	190 80 195 81	290 94 295 94	390 103	490 111	590 119	690 124	790 131	890 136	990 140	1090 141

Seconds for 100 Revolu- tions	Load, g																																				
	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825	850	875	900	950	1000	
27	49	57	63	69	74	79	83	86	89	92	95	97	100	102	104	106	109	111	113	114	116	118	120	121	123	124	126	127	129	130	131	132	133	134	136	137	139
28	51	59	65	70	75	80	84	87	90	93	96	98	100	102	105	107	110	112	114	115	117	118	120	121	123	124	126	127	129	130	131	132	133	134	135	137	139
29	53	60	66	71	76	81	85	88	91	94	97	99	101	103	105	107	110	112	114	115	117	119	121	122	124	125	127	128	130	131	132	133	134	135	136	137	139
30	54	61	67	72	77	82	86	89	92	95	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	121	122	124	125	127	128	130	131	132	133	134	135	136	138	140
31	55	62	68	73	78	82	86	89	90	93	95	98	100	102	104	108	111	113	115	116	118	120	122	123	125	126	128	129	131	132	133	134	135	136	138	140	
32	56	63	69	74	79	83	87	90	93	96	99	101	103	105	107	109	111	113	115	116	118	120	122	123	125	126	128	129	131	132	133	134	135	136	138	140	
33	57	64	70	75	80	84	88	91	94	96	99	101	103	105	107	109	112	114	116	117	119	121	122	123	125	126	128	129	131	132	134	135	136	137	139	141	

Krebs Units

جدول ۲- تبدیل زمان بدست آمده به واحد کریس برحسب ۱۰۰ دور چرخش در فاصله بین ۲۷ تا ۳۳ ثانیه

۳-۱-۴ دستورالعمل جهت اندازه گیری وزن مخصوص رنگها، لاکها و مواد دیگر**بر اساس استاندارد ASTM D1475:**

این روش جهت اندازه گیری وزن مخصوص رنگها، لاکها و دیگر ترکیبات که بصورت مایع می باشند به کار می رود و همینطور برای اندازه گیری مایعات با گرانیوی بالا یا ترکیبات فرار موثر است. وزن مخصوص، یک فاکتور موثر جهت مقدار رنگ برای پوشش سطح به کار می رود و از طرف دیگر به عنوان مبنایی جهت خرید رنگهای مشابه می باشد.

وسایل مورد نیاز:

- ۱- پیکنومتر- هر نوع ظرف که دارای گنجایش ۲۰ الی ۱۰۰ میلی لیتر باشد که به آسانی بتواند بایک مایع با گرانیوی زیاد پر شود (شکل-۷).
- ۲- دماسنج - که تقسیمات آن ۰/۱ درجه سانتی گراد باشد.
- ۳- حمام- ثابت نگه داشتن دما در $0/1 \pm 25$ درجه سانتی گراد.
- ۴- ترازو عددی آزمایشگاهی با دقت حداقل ۰/۰۱ گرم
- ۵- نم گیر (دسیکاتور)- جهت گرفتن رطوبت و یا داشتن سیستم تهویه برای ثابت نگه داشتن رطوبت.



شکل-۷ نمایی از پیکنومتر های مختلف ۵۰ و ۱۰۰ میلیلیتری

تنظیم دستگاه:

ابتدا باید از اندازه حجم ظرف مطمئن شوید برای این کار مراحل زیر را باید انجام داد تا حجم ظرف مشخص شود.

- پیکنومتر را بخوبی تمیز و خشک کرده و وزن کنید و آنرا M بنامید.
- ظرف را از آب مقطر تازه پر کرده و درب آن را محکم ببندید از روزنه وسط درب آب اضافی را خارج کرده سپس اطراف آن را کاملاً خشک و مجدداً وزن نمایید و آن را N بنامید.
- طبق رابطه زیر حجم ظرف را حساب نمایید:

$$V = (N - M) / \rho$$

V = حجم بر حسب میلی متر

N = وزن ظرف همراه آب بر حسب گرم

M = وزن ظرف خشک بر حسب گرم

ρ = وزن مخصوص مطلق آب در دمای مشخص بر حسب گرم بر میلی لیتر

برای یافتن ρ از جدول ۴- استفاده نمایید.

جدول ۴- وزن مخصوص مطلق آب (g/ml) در دماهای مختلف

وزن مخصوص	درجه سلسیوس
۰/۹۹۹۱۲۷	۱۵
۰/۹۹۸۹۷۱	۱۶
۰/۹۹۸۷۷۲	۱۷
۰/۹۹۸۶۲۳	۱۸
۰/۹۹۸۴۳۳	۱۹
۰/۹۹۸۲۳۱	۲۰
۰/۹۹۸۰۲۰	۲۱
۰/۹۹۷۷۹۸	۲۲
۰/۹۹۷۵۶۶	۲۳
۰/۹۹۷۳۲۴	۲۴
۹۹۷۰۷۲	۲۵
۰/۹۹۶۸۱۱	۲۶
۰/۹۹۶۵۴۰	۲۷
۰/۹۹۶۲۶۰	۲۸
۰/۹۹۵۹۷۲	۲۹
۰/۹۹۵۶۸۴	۳۰

آزمایش فوق را سه بار تکرار کرده و میانگین آن حجم ظرف V میباشد.

روش کار:

- پیکنومتر را بخوبی تمیز و خشک کرده و وزن کنید و آنرا W_1 بنامید .
- نمونه رنگ را بخوبی مخلوط کرده و درون پیکنومتر ریخته و اضافه رنگ که از سوراخ آن بیرون آمده (شکل-۸) را پاک کرده و آنرا وزن کرده ، W بنامید.



شکل ۸- نمایی از پیکنومتر در حالتی که رنگ اضافی از سوراخ آن خارج شده است

- به کمک رابطه زیر مقدار وزن مخصوص حساب می شود.

$$D_m = (W - w) / V$$

D_m = وزن مخصوص بر حسب گرم میلی لیتر

W = وزن ظرف با نمونه بر حسب گرم

w = وزن ظرف خالی بر حسب گرم

V = حجم بر حسب میلی لیتر

گزارش نتیجه:

موارد ذیل حائز اهمیت می باشد.

۱- دمای آزمایش

۲- مقدار وزن مخصوص با سه رقم اعشار بر حسب گرم بر میلی لیتر

۳-۱-۵ دستورالعمل انجام آزمایش جهت تعیین نسبت فرار و درصد وزنی مواد جامد رنگ

بر اساس استاندارد ASTM D2369:

این آزمایش برای تعیین درصد فرار و درصد وزنی مواد جامد رنگ و پوشش به کار می رود که از نظر مسئله اقتصادی بسیار سودمند می باشد.

وسایل مورد استفاده

۱- آون - با محدوده دمایی گوناگون

۲- سرنگ- برای تزریق حلال جهت پخش نمودن رنگ

۳- ترازو- بادقت ± 0.0001 گرم

۴- ظرف آلومینیومی - که بصورت ظرفی با قطر ۵۸ و ارتفاع ۱۸ میلیمتر و ضخامت حداقل ۳۵ میکرون

(شکل ۹ -)



شکل ۹- نمایی از ظرف آلومینیومی ساخته شده

روش کار:

- ابتدا ظرف آلومینیومی در دمای 5 ± 110 درجه سانتی گراد و بمدت ۳۰ دقیقه خشک ، در دسیکاتور سرد کرده و وزن کنید و آنرا W_1 مینامیم.
- نمونه را ترجیحاً با یک همزن مکانیکی مخلوط نمایید در صورتیکه حباب هوا داخل آن باشد به کمک ابزاردستی همزده تا خارج شود.
- اگر درصد مواد جامد نمونه ۶۰ و یا بیشتر باشد، مقدار 0.1 ± 0.3 گرم از نمونه و در صورتیکه درصد مواد جامد نمونه کمتر از ۶۰ باشد، مقدار 0.1 ± 0.5 گرم از نمونه را بوسیله سرنگ داخل فویل آلومینیوم می ریزیم. وزن نمونه را S_A نامیده و آنرا یادداشت میکنیم.
- مقدار 1 ± 3 میلی لیتر حلال روی آن می ریزیم. آنرا تکان داده تا رنگ حل شده و بصورت یکنواخت در ته ظرف آلومینیومی پخش شود.
- سپس ظرف آلومینیومی را داخل آون در دمای 5 ± 110 درجه سلسیوس برای ۶۰ دقیقه قرار داده و سپس خارج و در دسیکاتور سرد می کنیم. سپس آنرا وزن کرده و با علامت W_2 یادداشت میکنیم.

محاسبات:

درصد فراروزنی مواد رنگ و پوشش طبق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\text{درصد مواد فرار رنگ} = 100 - [((W_2 - W_1) / S_A) \times 100]$$

W_1 = وزن ظرف آلومینیومی اولیه بر حسب گرم

W_2 = وزن ظرف آلومینیومی و نمونه بعد از حرارت بر حسب گرم

S_A = وزن نمونه اولیه بر حسب گرم

که درصدوزنی مواد غیر فرار (مواد جامد) رنگ طبق رابطه زیر حاصل می شود:

درصد مواد فرار رنگ - ۱۰۰ = درصدوزنی مواد غیر فرار (مواد جامد)

- لازم است این آزمایش دوبار انجام شود ، در صورتیکه اختلاف بین مقادیر اندازه گیری شده در هر بار بیش از ۱/۵٪ باشد بایستی آزمایش را مجدداً انجام داد اما اگر مساوی و یا کمتر از این مقدار باشد ، میانگین گرفته و آنرا به عنوان نتیجه نهایی اعلام می کنیم.

۳-۱-۶ دستورالعمل انجام آزمایش جهت تعیین درصد حجمی مواد جامد رنگ

بر اساس استاندارد ASTM D2697:

این دستورالعمل جهت اندازه گیری درصد حجمی مواد غیر فرار (جامد) رنگ در تعداد متنوعی از رنگ ها بکار میرود. درصد حجمی مواد غیر فرار، یک فاکتور مؤثر در تعیین مقدار رنگ مصرفی برای پوشش سطح

بکار می رود و از طرف دیگر مبنایی جهت خرید رنگ های مشابه می باشد. فرمول زیر رابطه بین درصد حجمی، ضخامت فیلم تر و خشک را در حالت تئوری بیان می کند:

ضخامت فیلم خشک بر حسب میکرون

$$100 \times \frac{\text{ضخامت فیلم تر بر حسب میکرون}}{\text{درصد حجمی مواد جامد}}$$

ضخامت فیلم تر بر حسب میکرون

وسایل مورد نیاز :

- ۱- ترازوی آزمایشگاهی با دقت حد اقل ۰/۰۱ گرم و قابلیت صفر کردن
- ۲- صفحه فلزی ، تر جیحا" از جنس فولاد زنگ نزن با قطر ۶۰ میلیمتر و ضخامت ۰/۶۵ میلیمتر و دارای یک سوراخ کوچک در لبه آن جهت عبور دادن یک سیم فلزی با قطر ۰/۳۲ میلیمتر (شکل-۱۰)
- ۳- بیکر شیشه ای یک لیتری با ارتفاع حد اقل ۱۱۵ میلیمتر
- ۴- سیم فلزی با طول مناسب (حدود ۴۰ سانتی متر) و ضخامت حدود ۰/۳۲ میلیمتر



شکل- ۱۰ صفحه فلزی مخصوص آزمایش درصد حجمی مواد جامد

روش کار :

- صفحه فلزی را در آون قرار داده و آنرا در دمای 110 ± 5 درجه سانتیگراد بمدت ۱۰ دقیقه خشک نموده سپس آنرا وزن کرده و با علامت W_1 یادداشت می کنیم.
- سیم فلزی را از سوراخ صفحه فلزی عبور داده و صفحه را با آن می بندیم، به فاصله ۲ سانتی متر از لبه صفحه، سیم را علامت می زنیم.
- بیکر شیشه ای را از آب مقطر پر کرده و آنرا روی ترازو قرار داده و دکمه صفر ترازو را فشار داده بطوریکه صفحه دیجیتال ترازو عدد صفر را نشان دهد.
- صفحه فلزی را که به آن سیم وصل نموده ایم در آب بیکر غوطه ور نموده بطوریکه تا ۲ سانتیمتر از سیم نیز در آب فرو رفته و صفحه با ته ظرف نبایستی تماس داشته باشد. کمی صبر کرده تا عددی که ترازو نشان می دهد ثابت بماند و سپس آنرا با علامت W_2 یادداشت می کنیم.
- صفحه و سیم را مجدداً خشک می کنیم.

- رنگ را بخوبی مخلوط کرده ، صفحه فلزی را کاملاً در ظرف رنگ غوطه ور کرده بطوریکه رنگ کلیه سطح آنرا بپوشاند و سپس آنرا از ظرف رنگ خارج کرده و بر روی یک گیره آزمایشگاهی می بندیم تا ریزش رنگ تمام شود(شکل - ۱۱) و تقریباً سطح صفحه پوشش داده شده خشک شود (این زمان می تواند حدود ۱ ساعت باشد) ، در ادامه آنرا در داخل آون آویزان کرده و بمدت ۱ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک میکنیم.



شکل-۱۱ نمایی از مرحله ریزش رنگ از روی نمونه شکل-۱۲ نمایی از نحوه غوطه وری نمونه در آب

- پس از خارج نمودن صفحه پوشش داده شده از داخل آون سرد کرده تا به دمای اتاق برسد. سیم نگهدارنده را باز کرده و صفحه پوشش داده شده را وزن میکنیم و با علامت w_3 یادداشت میکنیم.
- بیکر پر آب را روی ترازو گذاشته و دکمه صفر ترازو را فشار داده بطوریکه صفحه دیجیتال ترازو عدد صفر را نشان دهد ، سپس صفحه پوشش داده شده را با سیم مربوطه بسته و همانند بند ۲-۴ در آبمقتر غوطه ور نموده (شکل- ۱۲) و عددی را که ترازو نشان می دهد با علامت w_4 یادداشت می کنیم.

محاسبات :

درصد حجمی مواد جامد رنگ v با استفاده از معادلات زیر بدست می آید:

$$F = w_4 - w_2$$

$$H = (w_3 - w_1) / (w \times \rho)$$

$$v = F/H \times 100$$

ρ : دانسیته رنگ برحسب g/ml

w : درصد وزنی مواد جامد برحسب صدم

v : درصد حجمی مواد جامد رنگ

۳-۱-۷ دستورالعمل انجام آزمایش جهت تعیین اندازه‌گیری مقدار رنگدانه در رنگ

بر اساس استاندارد ASTM D2371:

از این روش برای جداسازی و اندازه‌گیری مقدار رنگدانه استفاده می‌شود. در مواقعی که تجزیه شیمیایی رنگدانه (پیگمنت) رنگ مورد نیاز است از این روش برای جداسازی آن استفاده می‌شود.

وسایل و محلول‌های مورد نیاز:

- ۱-۲ لوله سانتریفوژ ۹۰ میلی لیتر
- ۲-۲ سرنگ ۱۰ میلی لیتر
- ۳-۲ سانتریفوژ با حد اقل دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه
- ۴-۲ آون با توانایی ثابت ماندن در دمای 2 ± 105 درجه سانتی گراد
- ۵-۲ ترازوی حساس با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم
- ۶-۲ حمام آب
- ۷-۲ اتیل اتر و یا پترولیوم اتر
- ۸-۲ محلول استخراج: ۱۰ واحد حجمی اتیل اتر با ۶ واحد حجمی بنزن یا تولوئن با ۴ واحد حجمی متانول و ۱ واحد حجمی استون را با هم مخلوط کنید.

روش کار:

۱-۲ با استفاده از سرنگ مقداری از نمونه را حدود ۵ تا ۱۰ گرم نمونه را وزن کرده و در داخل لوله سانتریفوژ توزین شده می‌ریزیم.

۲-۲ مقدار ۶۰ میلی لیتر از محلول استخراج را به آن اضافه کرده و دستگاه سانتریفوژ را روشن می‌کنیم و بعد از ته نشینی رنگدانه در لوله آنرا خارج کرده و فاز بالایی لوله را سر ریز کرده و دوباره محلول استخراج را به آن اضافه کرده و پیگمنت ته نشین شده را در آن حل کرده و سانتریفوژ می‌کنیم و این عمل را تا زمانی که پیگمنت ته نشین شده حالت چسبنده نداشته باشد ادامه می‌دهیم تا مطمئن شویم که دیگر رزینی در آن باقی نمانده.

۳-۲ عمل فوق را برای چهار بار با اضافه کردن محلول اتیل اتر و یا پترولیوم اتر ادامه می‌دهیم.

۴-۲ به آرامی آنرا در حمام آب، گرم نموده و مواظب باشیم که به یکباره در دمای بالا قرار نگیرد چون ممکن است به یکدفعه بخارات آن خارج و باعث ترکیدن لوله شود.

۵-۲ پس از ترد شدن پیگمنت در مرحله فوق آنرا بمدت ۲ ساعت در دمای 2 ± 105 سانتی گراد خشک کرده و سپس در دسیکاتور سرد کرده و وزن می‌کنیم.

۱- محاسبات:

درصد پیگمنت موجود در رنگ با استفاده از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$\text{درصد پیگمنت} = \frac{\text{وزن لوله خالی} - \text{وزن لوله و پیگمنت پس از خشک شدن}}{\text{وزن نمونه رنگ تر مورد آزمایش}} \times 100$$

۳-۱-۸ دستورالعمل تعیین ضخامت فیلم تر رنگ و پوشش رنگ

بر اساس استاندارد ASTM D4414:

اندازه گیری ضخامت فیلم تر:

کاربرد این روش تخمین تقریبی ضخامت فیلم خشک رنگ با اندازه گیری ضخامت فیلم تر می باشد این روش جهت تعیین ضخامت بر روی سطوح صلب قطعات مناسب است. برای اندازه گیری ضخامت فیلم تر رنگ معمولاً از ضخامت سنج شانه ای استفاده می شود که در زیر شرح مختصری در مورد آن ارایه می گردد.

شرح و نحوه کار با ضخامت سنج شانه ای:

این ابزار از یک شانه از جنس فولاد ضد زنگ تشکیل شده است و معمولاً به دو شکل دایره ای و مستطیلی می باشد که در شکل ۱۳- نشان داده شده است. دندان‌های خارجی ابزار، خط پایه (خط مبدا) ابزار را تشکیل می دهند. دندان‌های داخلی کوتاه‌تر هستند و یک محدوده فاصله را بین دندان‌ها و خط پایه تشکیل می دهند که بزرگی هر فاصله از روی واحدی که بر روی ابزار ارایه شده است، مشخص می باشد. - ضخامت سنج شانه ای را به طور عمودی روی سطح رنگ قرار دهید. - دندان‌ها ای که با فیلم رنگ تماس پیدا می کند ضخامت رنگ را بر میکرون و یا میلیمتر مشخص می کند.



شکل ۱۳- اشکال مختلف ضخامت سنج شانه ای فیلم تر

محاسبات عددی ارتباط ضخامت فیلم خشک و تر رنگ و پوشش:

باتوجه به اینکه ضخامت فیلم تر رنگ معیار مناسبی برای ضخامت فیلم خشک رنگ و پوشش نهایی می باشد. روابط ذیل نشان دهنده ارتباط بین ضخامت فیلم تر و خشک رنگ و پوشش می باشد.

$$\text{(الف)} \quad 100 \times (\text{درصد جامد حجمی رنگ} / \text{ضخامت فیلم خشک دلخواه}) = \text{ضخامت فیلم تر}$$

در صورتیکه همراه رنگ و پوشش رقیق کننده (حلال) نیز استفاده شود داریم:

$$(ب) \quad \text{ضخامت فیلم خشک دلخواه} = \frac{\text{ضخامت فیلم تر}}{\text{درصد جامد حجمی رنگ}} \times \text{درصد رقیق کننده} + 100 \text{ درصد}$$

مثال: فرض کنید بخواهید رنگی با درصد حجمی ۷۸٪ را با ضخامت فیلم خشک ۲۰۰ میکرون روی سطح اعمال کنید در صورتیکه الف) از رقیق کننده در زمان اعمال استفاده نشود ضخامت فیلم رنگ تر آن مطابق رابطه زیر برابر ۲۵۶ میکرون باید باشد.

$$\text{میکرون} = \frac{200 \times 100}{78} = 256$$

در صورتیکه ب) از رقیق کننده به مقدار ۷٪ حجمی استفاده شود، ضخامت فیلم رنگ تر آن مطابق رابطه زیر برابر ۲۷۴ میکرون باید باشد.

$$\text{میکرون} = \frac{200}{78/(100+7)} \approx 274$$

۳-۱-۹ دستورالعمل تعیین اندازه ذرات (درجه پخش) رنگ

بر اساس استاندارد ASTM D1210:

این استاندارد برای تعیین درجه پخشیدگی (اندازه ذرات) پیگمنت‌ها در یک سیستم رنگدانه و محمل مانند رنگهای مایع به کار می‌رود. با توجه به اینکه در ساخت رنگ‌های مایع، رنگدانه‌ها معمولاً در یک نسبتی از محمل آسیاب می‌شوند لذا باید تجمعات رنگدانه‌ها شکسته شده، تا فیلم حاصل از پوشش کاملاً نرم تشکیل شود.

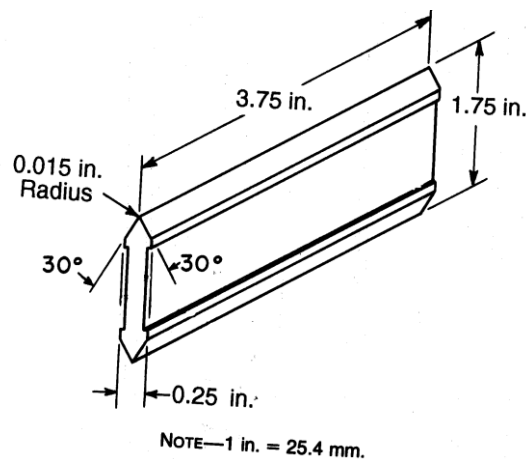
وسایل مورد استفاده:

۱- صفحه مسطح مدرج - یک صفحه از جنس استیل سخت، فولاد ضد زنگ یا فولاد آبکاری شده با کروم می‌باشد که در شکل-۱۴ نشان داده شده است. این صفحه ۱۷۰ میلی متر طول و ۵ میلی متر ضخامت دارد. این وسیله یا به صورت یک مسیریای دو مسیری می‌باشد و از ۱۰۰ میکرون شروع و به صفر میکرون ختم می‌شود.

۲- تیغه - فولاد سخت دو لبه یا فولاد ضد زنگ یا تیغه فولاد آبکاری شده با کروم که در شکل-۱۵ نشان داده شده است.



شکل-۱۴ گریندومتر جهت اندازه گیری اندازه ذرات رنگ و پوشش



شکل - ۱۵ تیغه مخصوص گریندومتر

روش انجام آزمایش:

- گریندومتر را روی یک سطح افقی و تمیز قرار دهید. روی گریندومتر را با حلال استن یا حلالهای سریع تبخیر دیگر تمیز کنید.

- نمونه را به شدت برای مدت تقریباً ۲ دقیقه به هم بزنید، در صورتیکه نمونه گرانیوی بالایی داشته باشد بطوریکه به راحتی نتوان مخلوط نمود باید از حلال مربوط به آن اضافه کرده تا به گرانیوی متعادل برسد هنگام ریختن نمونه هیچگونه حبابی نباید داخل آن باشد.

- نمونه را روی انتهای گریندومتر بریزید سپس تیغه را روی آن قرار داده و به کمک دو دست بطور تقریباً عمودی به طرف پایین در عرض ۱ تا ۳ ثانیه بکشید. بعد از ۱۰ ثانیه از کشیدن تیغه روی گریندومتر آن را با زاویه ۲۰ تا ۳۰ درجه بین منبع نوری و خود قرار دهید.

- اولین پراکندگی ذرات نامحدود را روی گریندومتر بخوانید و دوبار آزمایش را تکرار نمایید.

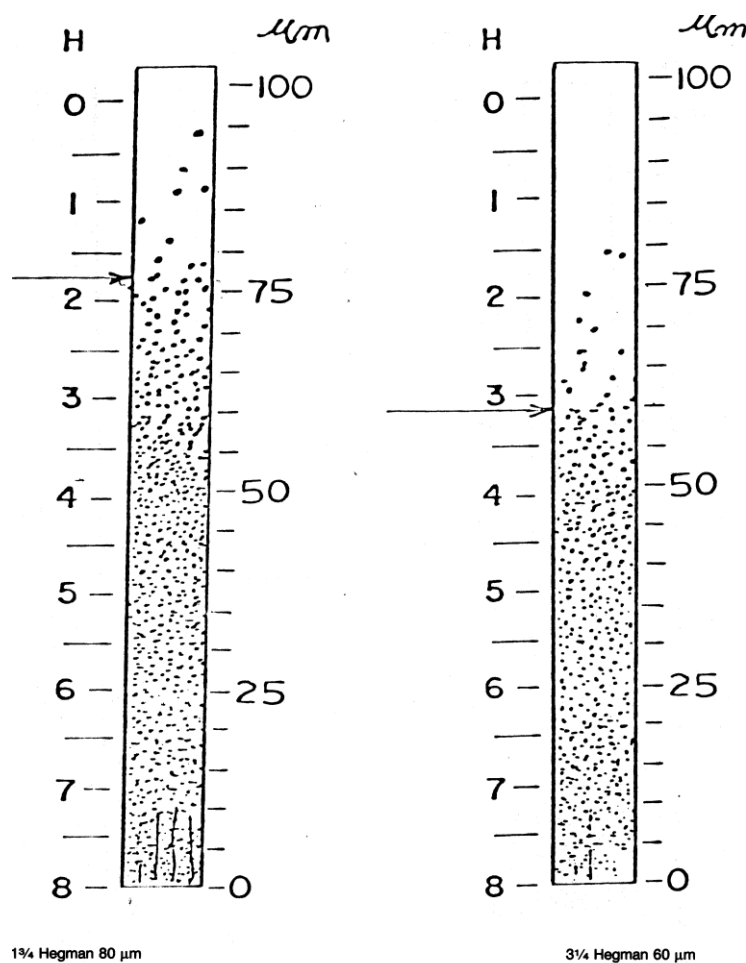
- عدد را با تقریب ۵ میکرون (۱/۴ هگمان) با مراجعه به اشکال استاندارد گزارش نمایید.

دقت قابل قبول:

- در صورتیکه یک شخص آزمایش کننده در دوبار آزمایش اختلافی بیش از ۱۰ میکرون (۳/۴ هگمان) حاصل نماید آزمایش باید تکرار گردد.

مثال:

شکل-۱۶ اندازه ذرات یا درجه پخش دو رنگ مختلف را نشان می دهد. در سمت چپ شکل شروع تجمع خالها از ۸۰ میکرون و یا معادل آن ۱^۳/_۴ هگمان است و در سمت راست شکل شروع تجمع خالها از ۶۰ میکرون و یا معادل آن ۳^۳/_۴ هگمان است. بنابراین نرمی ذرات (درجه پخشیدگی) بترتیب ۸۰ و ۶۰ میکرون است.



شکل-۱۶ تعیین اندازه ذرات (درجه پخش) در گریندو متر

تبدیل واحدها:

بیشتر مواقع درجه تمیزی یا پخشیدگی به کمک میکرون بیان می شود اما در صورت استفاده از دیگر واحدها از جمله هگمان و غیره به کمک جدول شماره ۵- ارتباط بین آنها مشخص می شود.

جدول ۵- اندازه ذرات (درجه پخش برحسب واحدهای مختلف)

مقیاس همگان	اندازه برحسب میکرون	اندازه برحسب میل	مقیاس FSPT	مقیاس NPIRI
1	011	4	1	41
0	91	3/5	0 و 0/4	35
2	75	3	2 و 0/2	31
3	65	2/5	3 و 3/4	25
4	51	2	5	21
5	41	0/5	6 و 0/4	05
6	25	0	7 و 0/2	01
7	05	1/5	8 و 3/4	5
8	1	1	01	1

مقیاس همگان - مقیاس استاندارد شمالی (North scale) نیز نامیده می شود.

FSPT - اتحاد انجمن های رنگ (Federation Of Societies For Paint Technology)

NPIRI - موسسه تحقیقاتی چاپ رنگ (National Printing Ink Research Institute)

۳-۱-۱۰ اندازه گیری اندازه ذرات درشت رنگ (Coarse Particles) بر اساس استاندارد

ASTM D185

از این روش برای اندازه گیری ذرات درشت رنگدانه (پیگمنت) در رنگ استفاده می شود.

وسایل مورد نیاز:

- الک شماره ۳۲۵ (قطر سوراخ ۴۵ میکرون) با قطر ۷۵ میلیمتر، مطابق استاندارد ASTM E11
- آون با حساسیت دمایی ± 2 درجه سلسیوس
- ترازوی حساس با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم
- دسیکاتور

روش انجام آزمایش:

- الک را در دمای 2 ± 10.5 درجه سانتی گراد در آون خشک کرده و سپس در دسیکاتور سرد و آنرا با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۱ میلی گرم وزن میکنیم.
- مقدار 1 ± 25 گرم از رنگ را با دقت ۱ میلی گرم وزن کرده و آنرا به داخل یک بیکر ۲۵۰ میلی لیتر منتقل نموده و مقدار ۱۰۰ میلی لیتر از حلال مربوطه را به آرامی به آن اضافه کرده و خوب بهم می زنیم.

- دو طرف الک را با حلال خیس کرده و سپس آنرا در داخل یک تشتک قرار داده و محتویات بیکر را روی الک می ریزیم. چندین بار همزن و بیکر را با حلال شستشو داده و آنرا روی الک میریزیم تا چیزی از نمونه در بیکر باقی نماند .

- الک را در آون بمدت ۱ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد خشک کرده و پس از سرد کردن در دسیکاتور، وزن می کنیم .

۳- محاسبات :

درصد ذرات پیگمنت با درشتی بیش از ۴۵ میکرون با استفاده از فرمول زیر بدست می آید:

$$100 \times \frac{\text{وزن الک خالی} - \text{وزن الک و نمونه پس از خشک شدن}}{\text{وزن نمونه}} = \text{درصد مانده روی الک (درشتی ذرات)}$$

۳-۱-۱۱ دستورالعمل جهت تعیین زمان خشک شدن فیلم رنگ و پوشش بر اساس استاندارد ASTM D1640:

این روش جهت تعیین زمان لازم برای خشک شدن رنگ و پوشش به کار می رود که با استفاده از این روش علاوه بر اینکه زمان مطلوب جهت خشک شدن فیلم رنگ و پوشش مشخص می شود اگر در مواد اولیه رنگ تغییراتی حاصل شود روش خوبی جهت تایید رنگ و مطابقت آن با نمونه قبلی می باشد که این نکته در رنگهایی که در ترکیب آنها خشک کن نمی باشد واضح تر است.

شرایط آزمایش و نوع سطح مناسب:

- همه آزمایشات باید در مکانی با نورو تهویه مناسب که از هرگونه گرد و خاک و دوده به دور باشد انجام شود.
- تمام آزمایشات باید در دمای محیطی 23 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی $50 \pm 5\%$ انجام شود.
- صفحات رنگ شده باید در حالت افقی برای انجام آزمایش قراردادده شود.
- گرانیوی رنگ برای اعمال باید بین فروشنده و خریدار موافقت شود.
- ضخامت فیلم اعمال شده روی صفحات باید متناسب با ضخامت واقعی رنگ جهت کاربرد باشد و آزمایش از ۱۵ میلی متری کناره فیلم انجام می شود.
- روشنایی در خلال آزمایش می بایست برابر ۲۷۰ لوکس (آزمایشگاه معمولی) باشد.
- نوع سطح مناسب برای اعمال رنگ در آزمایش تعیین زمان خشک شدن توافقی می باشد اما طبق استاندارد سطوح شیشه ای تخت جهت تعیین زمان خشک شدن به کار می رود .
- قبل از اعمال فیلم رنگ روی سطح شیشه ، ابتدا سطح را کاملاً تمیز و خشک کرده و با فیلم کش یک لایه رنگ و پوشش با ضخامت ارایه شده در جدول -۶ یا ضخامت توافقی سازنده و مصرف کننده اعمال شود.

در صورت عدم تمایل اعمال رنگ با فیلم کش می توان از روش پاششی ، غوطه وری و دیگر روشها بانظر سازنده استفاده نمود.

جدول ۶- ضخامت مناسب برای تعیین زمان خشک شدن

نوع رنگ	ضخامت فیلم خشک (μm)
روغن های خشک شونده	32 ± 6
لاکها	25 ± 2
پوشش های گرما نرم	$12/5 \pm 2$
رنگهای رویه	$36/5 \pm 6$
الکیدها	$45 \pm 2/5$
رنگهای پایه آبی	25 ± 2
سایر رنگها	35 ± 2

الف - زمان مناسب جهت لمس کردن فیلم رنگ (set to -touch time)

بانوک انگشت اشاره به آرامی روی سطح فیلم رنگ تماس حاصل کرده و سپس انگشت تماس داده شده با فیلم رنگ را روی یک شیشه تمیزی فشاریم. اثری از رنگ نباید روی شیشه تمیزی بوجود آید. در این نوع خشک شدن فیلم رنگ خاصیت چسبناکی دارد اما هیچگونه چسبندگی به انگشت ندارد.

ب- زمان لازم برای اینکه هیچ گردو غباری به سطح فیلم نچسبند (Dust free times)

برای تشخیص این حالت چند تکه از الیاف پنبه به طول ۴۵ میلی متر روی سطح فیلم قرار دهید اگر به کمک دمیدن هوا ملایم از روی سطح فیلم جدا شود این نوع خشک شدن اتفاق افتاده است که عمل فوق را می توان به کمک پودر کربنات کلسیم نیز انجام داد پس از دمیدن و با استفاده از برس نرم هیچگونه ذره ای از مواد پودری نباید روی سطح دیده شود.

ج- زمان لازم برای عدم چسبندگی فیلم رنگ به اشیاء (Tack- free-times)

یک تکه کاغذ با اندازه ۷۵ X ۵۰ میلی متر روی سطح فیلم قرار داده و روی آن یک سیلندر با قطر ۵۰ میلی متر و وزن ۲/۸۵ کیلوگرم قرار داده و به آن فشار ۱۳/۸ کیلو پاسکال وارد کرده و پس از چرخاندن سیلندر در مدت ۵ ثانیه ، سیلندر را بر میداریم. در عرض ۱۰ ثانیه کاغذ باید جدا شود. ضخامت کاغذ در حدود ۱۷ میکرون می باشد.

د- زمان لازم تا لمس کردن فیلم خشک (Dry-to -touch time)

برای تشخیص این حالت انگشت را روی سطح فیلم به صورت عرضی کاملاً مالش دهید هیچگونه اثر چسبندگی به انگشت نباید مشاهده گردد. به عبارتی دیگر پس از لمس کردن رنگ در زمانهای متفاوت هیچگونه اثری از انگشت روی سطح فیلم نباید مشاهده گردد که این دو روش بیشتر برای رنگهای گرما نرم و روغن های خشک شونده از جمله الکیدها به کار می رود.

ه- زمان لازم برای سخت شدن سطح فیلم رنگ (Dry-hard time)

با انگشت شست و اشاره سطح صفحه رنگ را گرفته بطوریکه انگشت شست روی سطح فیلم رنگ و پوشش و انگشت اشاره طرف غیررنگی صفحه باشد سپس فشار وارد نمایید پس از وارد آوردن فشار بایک پارچه نرم سطح را پاک نمایید این نوع خشک شدن زمانی حادث می شود که هیچ اثری روی سطح فیلم رنگ مشاهده نشود.

و- زمان لازم برای خشک شدن عمقی (Dry-through Dry to handle)

فیلم رنگ را به طور افقی روی یک میز قرار داده و انگشت شست را روی فیلم رنگ بگذارید. به طوریکه بازو و شصت بامچ آن زاویه ۹۰ درجه بسازد و با بیشترین فشار انگشت شست را روی سطح فیلم بچرخانید. زمانی این نوع خشک شدن بوجود می آید که بعد از عمل فوق هیچگونه جدایی فیلم رنگ، چین و چروک خوردن و دیگر اثرات مخرب فیلم رنگ ایجاد نشود.

ز- زمان لازم برای اعمال پوشش بعدی (Dry-to-recoat)

زمانی است که پوشش رویه یا لایه بعدی بتواند روی فیلم کشیده شده به کار رود بدون اینکه خواص چسبندگی آن کاهش یافته و یا اینکه بعد از خشک شدن از روی لایه اول جدا شود. البته این در صورتی است که از نمونه رنگ چسبندگی لایه ای خوبی انتظار داشته باشیم.

دقت کار قابل قبول:

زمان آزمایش شده برای خشک شدن نسبت به زمان مشخص شده در استاندارد در محدوده اختلاف ۱۰ درصد قابل قبول می باشد.

۳-۱-۱۲ دستورالعمل برای تشخیص میزان پوشش (قدرت محوکنندگی) فیلم رنگ**بر اساس استاندارد ASTM D344:**

این روش برای تعیین میزان پوشش از نظر مشاهدات کیفی در مقایسه با استاندارد و شاهد و یاب صورت کمی به کار می رود.

وسایل مورد استفاده:

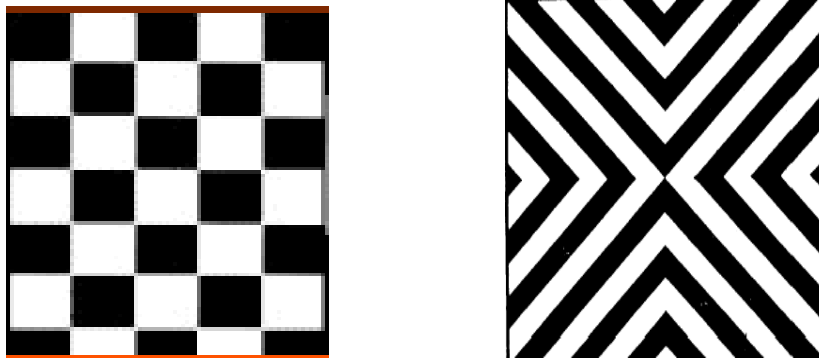
۱- صفحه مقوایی- که به صورت شطرنجی سیاه و سفید یاب صورت نشان داده در شکل-۱۷ می باشد و سطح کاغذ آن معمولاً از قبل دارای پوشش ورنی می باشد. مساحت آن ۰/۱ متر مربع باشد (البته از اندازه های دیگر نیز می توان استفاده نمود).

۲- ترازوی آزمایشگاهی - با دقت حداقل ۰/۱ گرم

۳- سرنگ ۱۰ میلی لیتری

۴- برس رنگ زنی ۲ اینچی با ضخامت ۱۴ میلیمتر

۵- بیکر ۲۵۰ میلیلیتر یا قوطی ربع کیلویی



شکل- ۱۷ انواع صفحات مقوایی

روش کار:

- ابتدا رنگ را بخوبی مخلوط می کنیم. سپس سرنگ را از رنگ پر می کنیم.
- سرنگ پر شده از رنگ و برس را داخل بیکر گذاشته و سپس روی ترازو می گزاریم . وزن هر سه را روی هم یادداشت کرده و m_1 می نامیم.
- صفحه مقوایی را روی یک سطح صاف گذاشته و با برس رنگ می زنیم تا بطور کامل سطح شطرنجی محو شود.
- سپس سرنگ خالی ، برس و بیکر را با هم وزن می کنیم (m_2).

محاسبات:

$$V=M/\rho$$

حجم رنگ مصرفی بر حسب لیتر $V=$

وزن رنگ مصرفی برای پوشش دهی سطح شطرنجی ($M=m_1-m_2$ (kg)

دانسیتته رنگ بر حسب $\rho = \text{kg/lit}$

بنا بر این با دانستن حجم مصرفی و سطح رنگ شده می توان میزان پوشش دهی را با استفاده از فرمول زیر بر حسب متر مربع در لیتر بدست آورد:

$$S/V = \text{میزان پوشش دهی بر حسب } m^2/\text{lit}$$

سطح کاغذ شطرنجی رنگ شده بر حسب $S= m^2$

حجم رنگ مصرفی بر حسب لیتر $V=$

فرمول های نسبت رنگ مصرفی و ضخامت فیلم تر خشک:

- رابطه مقدار رنگ مصرفی و درصد جامد حجمی و ضخامت فیلم خشک در حالت تئوری بصورت زیر بیان میشود:

$$\text{ضخامت فیلم خشک بر حسب میکرون} = \frac{\text{درصد جامد حجمی}}{\text{میزان پوشش دهی بر حسب } m^2/\text{lit}} \times 10$$

مثال:

برای یک رنگ با درصد حجمی ۳۸، اگر بخواهیم ضخامت فیلم خشک ۴۰ میکرون را داشته باشیم هر لیتر از آن چه میزان از سطح ما را می پوشاند؟
جواب:

$$\text{میزان پوشش دهی بر حسب } m^2/\text{lit} = \frac{38}{40} \times 10 = 9.5$$

و رابطه بین ضخامت فیلم خشک و تر و درصد جامد حجمی بصورت زیر بیان می شود:

$$\text{ضخامت فیلم خشک بر حسب میکرون} \times 100 = \frac{\text{ضخامت فیلم تر بر حسب میکرون}}{\text{درصد جامد حجمی}}$$

مثال:

اگر درصد جامد حجمی یک رنگ ۳۸ باشد، و بخواهیم ضخامت فیلم خشک ۴۰ میکرون را داشته باشیم، فیلم تر را با چه ضخامتی بایستی اعمال کرد:

$$\text{ضخامت فیلم تر بر حسب میکرون} = \frac{40}{38} \times 100 = 105.3$$

۲-۳ آزمایشات فیلم خشک رنگ :

شامل آزمایش هایی برای تعیین براقیت، چسبندگی، سختی، مقاومت در برابر ضربه، انعطاف پذیری، مقاومت در برابر سایش و مقاومت در دمای بالا می باشد.

توجه: اندازه و درجه آماده سازی سطح صفحه های آزمون می بایست مطابق دستورالعمل های آماده سازی سطح و استاندارد های مبنای هر رنگ تهیه گردند. در جدول ۷- حد اقل درجه آماده سازی لازم بر حسب نوع رنگ و پوشش بر اساس استاندارد SSPC آمده است.

جدول ۷ - حد اقل درجه آماده سازی لازم بر حسب نوع رنگ و پوشش

ردیف	نوع رنگ و پوشش	حداقل درجه آماده سازی مورد نیاز
۱	روغنهای خشک شونده	Hand tool cleaning (SSPC-SP2)
۲	الکید، فنلیک، وینیلی، آلکید سیلیکونی، کلر و کائوچو، پلی یورتان و اپوکسی پلی آمید	Commercial blast cleaning (SSPC-SP 6) Sa2 Pickling (SSPC-SP 8) Be
۳	کولتار اپوکسی و اپوکسی غنی از روی	Commercial blast cleaning (SSPC-SP 6) Sa2
۴	اتیل سیلیکات غنی از روی	Sa2 1/2 Near-white blast cleaning (SSPC-SP 10)

۱-۲-۳ دستورالعمل اندازه گیری درجه براقیت فیلم رنگ
بر اساس استاندارد **ASTM D523**:

این آزمایش جهت مقایسه بانمونه اصلی بیشتر به کار می رود و عامل مهمی در رنگهای رویه و لاکها مخصوصاً رنگهایی که بیشتر جنبه تزئینی دارد می باشد.

وسایل مورد استفاده:

براقیت سنج- جهت اندازه گیری براقیت فیلم رنگ که شماتیک آن در شکل-۱۸ آورده شده است.

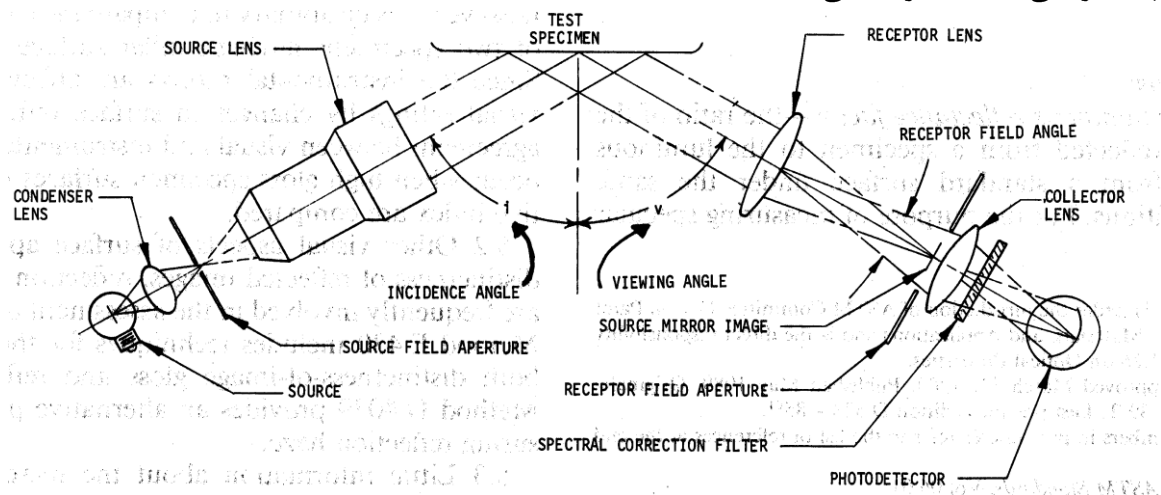
روش کار:

پس از آماده سازی صفحات شیشه ای معمولاً به ضخامت ۹۰ میکرون (یا به صورت توافقی با سازنده رنگ) به وسیله فیلم کش لایه ای از رنگ و پوشش را اعمال کرده و پس از خشک شدن کامل جهت آزمایش براقیت آماده می شود . دستگاه را طبق روش ارایه شده توسط سازنده تنظیم کنید. یعنی توسط شیشه های مخصوص دستگاه را تنظیم نمایید.

صفحه شیشه ای را روی دستگاه گذاشته و در زاویه ۶۰ درجه براقیت اندازه گیری شود در صورتیکه براقیت بین ۳۰ تا ۷۰ درصد باشد عدد را یادداشت نمایید در صورتیکه براقیت کمتر از ۳۰ باشد یعنی فیلم رنگ مات است و باید در زاویه ۸۵ درجه براقیت را اندازه گرفته و عدد گزارش شود و اگر براقیت در تحت زاویه ۶۰ درجه بیشتر از ۷۰ درصد باشد یعنی فیلم رنگ براق است و در تحت زاویه ۲۰ درجه براقیت را اندازه گرفته و عدد را گزارش نمایید.

- تذکر

بعد از یک هفته از اعمال رنگ نیز آزمایش فوق را تکرار کرده و بیشترین تفاوت قابل قبول مخصوصاً برای رنگهای تزئینی تا حد ۱ درصد می باشد.



شکل ۱۸- شماتیک دستگاه براقیت سنج

۲-۲-۳ دستورالعمل اندازه گیری چسبندگی فیلم رنگ**بر اساس استاندارد ASTM D3359**

این روش برای اندازه گیری چسبندگی فیلم رنگ و پوشش روی سطوح فلزی به کار می رود بدین صورت که پس از برش فیلم رنگ و پوشش به وسیله برش دهنده مخصوص روی آن چسب نواری چسبانده و آنرا از سطح جدا می کنیم. با مقایسه محل برش با اشکال استاندارد، درجه چسبندگی مشخص می شود.

وسایل مورد استفاده :

- ۱- وسیله برش - تیغ و تیزبر یا هر وسیله برنده تیز و دستگاه برش عرضی (شکل-۱۹)
- ۲- چسب نیمه شفاف نواری - که پهنای آن ۲۵ میلی متر
- ۳- خط کش فلزی
- ۴- ذره بین
- ۵- اشکال استاندارد - که نمایش ظاهری از درجه چسبندگی می باشد.
- ۶- مداد پاک کن

روش آزمایش:

باتوجه به اینکه این دستورالعمل می تواند برای چسبندگی فیلم رنگ روی تجهیزات یا در نمونه آزمایشگاهی به کار رود، بنابراین دو روش برش فیلم رنگ مرسوم می باشند نوع اول به صورت برش X که بیشتر برای آزمایش چسبندگی روی تجهیزات به کار می رود (آزمایش در سایت) و نوع دوم به صورت برش شطرنجی است که بیشتر برای آزمایش چسبندگی در نمونه آزمایشگاهی روی صفحات مخصوص فلزی به کار می رود.

الف - روش آزمایش چسبندگی به صورت دو خط متقاطع (X):

این روش بیشتر روی تجهیزات رنگ آمیزی شده به کار می رود و حتی برای فیلم های با ضخامت بالا نیز به کار می رود. برای انجام این آزمایش قسمتی از فیلم رنگ که هیچگونه آلودگی یا ایراد سطحی نداشته باشد را انتخاب کنید. و به کمک خط کش و تیغ تیز دو برش متقاطع با طول تقریبی ۴۰ میلی متر که زاویه کوچک بین آنها 30° تا 45° باشد ایجاد کنید و بطوری برش داده شود که بعد از بار اول اطمینان حاصل شود به سطح فلز رسیده است. سپس وسط یک تکه چسب را به طول ۷۵ میلی متر در محل تقاطع قرارداداده و دو طرف آن را به سمت زاویه کوچکتر تقاطع بچسبانید و با پاک کن انتهای مداد روی آن مالش داده تا کاملاً به سطح بچسبد. سپس بعد از گذشت 30 ± 90 ثانیه، چسب را با زاویه 180 درجه در امتداد خودش از روی سطح جدا کرده و مشاهدات خود را بامشخصات استاندارد جدول ۸- مقایسه کنید.

توجه: آزمایش فوق را حداقل دو بار انجام دهید. و به همراه دفعات آزمایش شرایط محیط، ضخامت فیلم خشک رنگ و شرایط خشک شدن و نوع آماده سازی سطح را گزارش کنید.

دقت قابل قبول:

- اگر یک شخص ، آزمایش را دوبار تکرار کند اختلاف کمتر از یک درجه باید باشد.
- اگر اشخاص متفاوت آزمایش را انجام دهند . اختلاف تایک درجه چسبندگی قابل قبول می باشد.

جدول-۸ مشخصات استاندارد درآزمایش چسبندگی وخط متقاطع X

درجه چسبندگی	مشخصات ظاهری محل تقاطع
5A	هیچگونه اثری ازکنده شدن وجداشدن رنگ مشاهده نمی گردد
4A	اثر کنده شدن بسیار جزئی روی برش ها دیده می شود.
3A	اثرکنده شده دندانان ای درامتداد برش به اندازه ۱/۶ میلی متر درهرطرف برش دیده می شود.
2A	اثر کنده شدن دندانان ای درامتداد برش به اندازه ۳/۲ میلی متر درهرطرف برش دیده می شود.
1A	کنده شدن رنگ روی اغلب نواحی برش خورده که چسب روی آن قرارگرفته اتفاق افتاده است.
0A	کنده شدن رنگ خارج ازنواحی برش خورده اتفاق افتاده است .

ب- روش آزمایش چسبندگی به صورت برش عرضی (کراس کات):

این روش بیشتر برای آزمایش چسبندگی درآزمایشگاه مرسوم می باشد. بعداز خشک شدن رنگ روی سطح بوسیله دستگاه برش متقاطع (کراس کات) دو حرکت بطور عمود روی قسمتی ازسطح که آلودگی نداشته باشد ایجاد نمایند که نتیجه آن تشکیل یک شبکه روی سطح فیلم باشد. طول برش درهرحرکت حداقل ۲۰ میلی متر قابل قبول می باشد . سپس به کمک برس نرم روی شبکه تشکیل شده کشیده تا مواد اضافی ازروی سطح حذف شود. بعد با یک تکه نوارچسب به طول تقریبی ۷۵ میلی متر روی شبکه کشیده و با پاک کن ته مداد روی چسب را مالش دهید سپس بعد از زمان 30 ± 90 ثانیه چسب را با زاویه ۱۸۰ درجه در امتداد خودش از روی سطح جداکنید .مشاهدات خود از سطح را با جدول شماره ۹- که درجه چسبندگی استاندارد می باشد ،مقایسه نمایید.

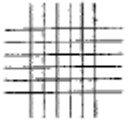
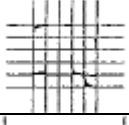
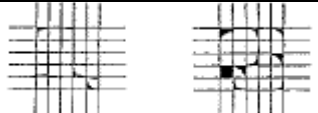

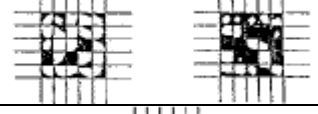



شکل-۱۹- نمایی از کاتر های دندانان ای

- توجه ۱- برای رنگ و پوشش هایی با ضخامت فیلم خشک کمتر از ۵۰ میکرون از کراس کات با ۱۱ تیغه که فاصله هرتیغه ۱ میلی متر است باید استفاده شود. برای رنگ و پوششهایی با ضخامت خشک بیشتر از ۵۰ میکرون و کمتر از ۲۵ میکرون از کراس کات با ۶ تیغه که فاصله هرکدام ۲ میلی متر است استفاده شود. برای ضخامت های بیشتر از ۱۲۵ میکرون باید روش دو خط متقاطع استفاده شود.
- توجه ۲- بعد از کشیدن کراس کات روی سطح باید سطح فلز در شبکه کاملاً مشخص باشد در غیر این صورت عمل برش را در قسمت دیگر صفحه رنگ شده انجام دهید.

دقت کار قابل قبول

- اگر یک شخص آزمایش را دوبار تکرار کند اختلاف کمتر از یک درجه چسبندگی قابل قبول می باشد.
 - اگر اشخاص متفاوت آزمایش را انجام دهند اختلاف حداکثر یک درجه قابل قبول است.
- جدول ۹- مشخصات چسبندگی استاندارد در روش برش خطوط عرضی (کراس کات)

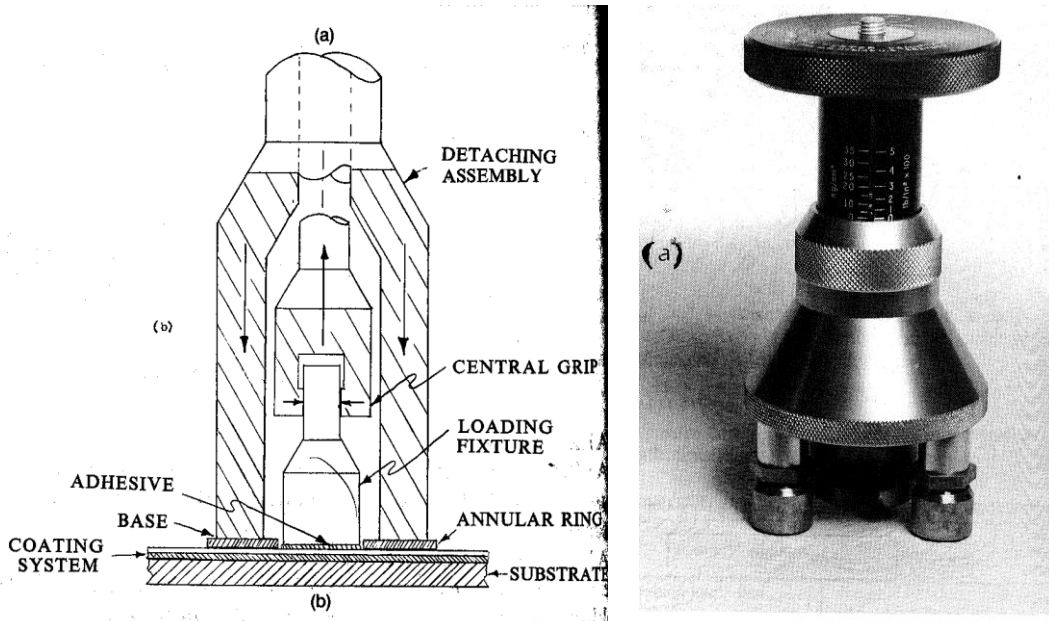
درجه چسبندگی (ASTM)	شکل شبکه (کراس کات با شش تیغه)	توضیحات
5B		هیچ کدام از مربعات شبکه کنده نشده است
4B		کمتر از ۵٪ از سطح شبکه کنده شده است
3B		بین ۵ تا ۱۵٪ از سطح شبکه کنده شده است
2B		بین ۱۵ تا ۳۵٪ از سطح شبکه کنده شده است
1B		بین ۳۵ تا ۶۵٪ از سطح شبکه کنده شده است
0B		بیشتر از ۶۵٪ از سطح شبکه کنده شده است.

۳-۲-۳ دستورالعمل اندازه گیری چسبندگی فیلم رنگ به روش Pull-Offبر اساس استاندارد ASTM D4541:

از این روش برای چسبندگی رنگهای سخت و با قدرت کششی زیاد خصوصاً رنگهای اپوکسی پلی آمید استفاده می شود. در این روش وزنه ای تقریباً شبیه مهره سرباز شطرنج بنام dolly به وسیله چسب های خیلی قوی اپوکسی و یا سیلیکونی به سطح چسبانده می شود. بعد از گذشت زمان خشک شدن چسب، با یک دستگاه مخصوص با یک نیروی بر حسب مگا پاسکال به سمت بالا کشیده می شود. بعضی از این دستگاه ها مدرج هستند و بعضی دیگر دارای عقربه که با پیچاندن دستگیره اعمال نیرو، مقدار نیروی اعمال شده به دالی را نشان می دهد. اعمال نیرو نباید بیش از 150 psi/s (1 Mpa/s) باشد.

بنا بر این عمل اعمال نیرو را تا نیرویی که در استاندارد مینا مشخص شده و در غیر این صورت تا جایی که پوشش از سطح کنده شود ادامه می دهیم.

در شکل ۲۰- یک نوع از این دستگاه که ساخت شرکت elcometer است و در استاندارد SSPC معرفی شده است نشان داده شده است. این دستگاه براساس نیروی اعمالی در پنج محدوده وجود دارد که در شکل-۲۱ مشخصات فنی آن نشان داده شده است.



شکل ۲۰ - دستگاه اندازه گیری چسبندگی برش pull-off ساخت elcometer

The Elcometer 106 Adhesion Tester is available in 5 scale ranges, please take note of the appropriate adhesion value of the equipment before ordering.

Scale 1	Scale 2	Scale 3	Scale 4	Scale 5
Instrument Dimensions		Height: 152mm (6.0")	Diameter: 76mm (3.0")	
Dolly Size		Diameter: 20mm (0.76")	Area: 314mm² (0.5sq inch)	
Gross Weight of Kit in Case		Scales 1, 2 & 5: 2.1kg (4.7lb)	Scale 3: 3.4kg (7.5lb)	Scale 4: 3.6kg (8.0lb)

Model	Description	Range		Part Number
		N/mm ² (Mpa)	PSI	
Elcometer 106/5	Elcometer 106 Adhesion Tester - Scale 5	(0) - 0.2	(0) - 30	F106---5
Elcometer 106/1	Elcometer 106 Adhesion Tester - Scale 1	(0) - 3.5	(0) - 500	F106---1
Elcometer 106/2	Elcometer 106 Adhesion Tester - Scale 2	(0) - 7	(0) - 1000	F106---2
Elcometer 106/3	Elcometer 106 Adhesion Tester - Scale 3	(0) - 15	(0) - 2000	F106---3
Elcometer 106/4	Elcometer 106 Adhesion Tester - Scale 4	(0) - 22	(0) - 3200	F106---4
Accessories	Spare Dollies (Pack of 100)			T1062895-
	Large Dollies 40mm Diameter (Pack of 5)			T1062914-
	Large Base Ring			T1062915-
	Araldite Epoxy Adhesive			T99912906

شکل-۲۱ مشخصات فنی دستگاه اندازه گیری چسبندگی برش pull-off ساخت elcometer

۳-۲-۴ دستورالعمل اندازه گیری سختی رنگ بوسیله سختی سنج آونگی

بر اساس استاندارد ASTM D4366:

این روش برای اندازه گیری سختی فیلم رنگ روی سطوح سخت مانند شیشه یا فلز به کار می رود. از دونوع سختی سنج آونگی کونینگ (Konig) یا پرسوز (Persoz) استفاده می شود.

وسایل مورد استفاده:

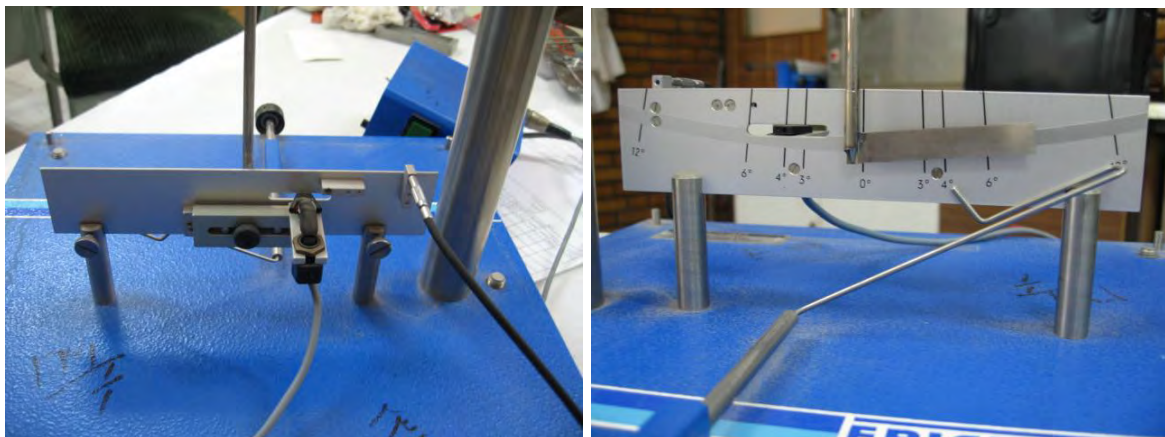
- سختی سنج آونگی پرسوز یا کونینگ که ساختار اصلی آن در شکل ۲۲ آمده است.
- زمان سنج
- صفحه شیشه ای صاف بدون خش برای کالیبراسیون دستگاه
- نشانگر تراز سطح
- آونگی سختی سنج - که وزن آن برای کونینگ 200 ± 0.2 گرم با تکیه گاهی گلوله ای به قطر 5 ± 0.05 میلی متر و سختی 63 ± 3 راکول سی و برای پرسوز وزن آن 500 ± 0.1 گرم با تکیه گاه گلوله ای به قطر 8 ± 0.05 میلی متر و سختی 59 ± 1 راکول سی می باشد.



شکل-۲۲ شمای کلی سختی سنج رنگ کونینگ و پرسوز

تنظیم دستگاه:

- ابتدا صفحه شیشه ای را در جای مخصوص قرارداده و روی آن آونگ را قراردید تا آزادانه نوسان کند.
- صفحه شیشه ای و تکیه گاه آونگ (گلوله ها) را با پارچه نرم مخصوص آغشته به حلال تمیز کنید.
- در حالت سکون شماره گر پاندول باید عدد صفر را نشان دهد. (سختی سنج کونینگ)
- در سختی سنج کونینگ (دامنه نوسان بین 6° تا 3°)، آونگ را روی عدد 6° ساکن کرده و سپس رها می کنیم. تعداد ۱۰۰ نوسان اول را بایستی در زمان 140 ± 2 ثانیه طی کند و زمان میرایی باید 10 ± 250 ثانیه (تقریباً ۱۷۲ تا ۱۸۵ نوسان) باشد.
- در سختی سنج آونگی پرسوز (دامنه نوسان بین 12° تا 4°)، آونگ را روی عدد 12° تنظیم کرده و رها می کنیم. تعداد ۱۰۰ نوسان اول را بایستی در زمان 100 ± 1 ثانیه طی کند. زمان میرایی باید بیشتر از 420 ثانیه باشد. (شکل-۲۳ درجه بندی های کونینگ و پرسوز را نشان می دهد).
- در صورتیکه مقادیر فوق حادث شد دستگاه تنظیم و آماده کار می باشد.
- روش فوق را دوبار تکرار کنید.



شکل-۲۳ در سمت راست درجات و در سمت چپ چشم الکترونیکی شمارشگر را نشان می دهد.

روش انجام آزمایش:

- رنگ را با ضخامت دلخواه روی صفحه سخت مانند شیشه یا فلز اعمال کرده و پس از خشک شدن عمقی فیلم را در دمای 2 ± 23 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی $50 \pm 5\%$ برای حداقل ۱۶ ساعت قرار دهید.

- فیلم رنگ را در جایگاه مخصوص روی سختی سنجی قرار دهید و با نشانگر تراز بوسیله پیچ های زیر دستگاه سطح را تنظیم میکنیم و باتوجه به اینکه کدام نوع سختی سنج است مراحل ذیر انجام می شود:

الف - سختی سنج کونینگ

آونگ را روی عدد 6^0 تنظیم کرده و با رها کردن آونگ کرنومتر را نیز بزنید. زمان لازم برای میرایی در محدوده 6^0 تا 3^0 را یادداشت کنید.

آزمایش را حداقل دوبار تکرار نمایید.

ب- سختی سنج پرسوز

آونگ را روی عدد 12^0 تنظیم کرده و با رها کردن آونگ کرنومتر را نیز بزنید. زمان لازم برای میرایی در محدوده 12^0 تا 4^0 را یادداشت کنید. آزمایش را حداقل دوبار تکرار نمایید.

نتیجه گزارش:

موارد ذیل حائز اهمیت می باشد.

- ۱- متوسط عددی سختی بر حسب ثانیه
 - ۲- سازنده ومدل سختی سنج
 - ۳- متوسط ضخامت فیلم رنگ خشک اعمال شده
 - ۴- دما و رطوبت نسبی
 - ۵- آماده سازی سطحی که رنگ روی آن اعمال شده است.
- توجه ۱- سختی سنج کونینگ برای فیلم های رنگ و پوشش با سختی بالا به کار می رود و پرسوز بیشتر برای رنگ و پوشش هایی که فیلم آنها تقریباً نرم می باشد، کاربرد دارد.

۳-۲-۵ دستورالعمل تعیین مقاومت فیلم خشک رنگ در مقابل ضربه ناگهانی**(آزمایش سقوط وزنه) بر اساس استاندارد ASTM D2794:**

در این روش، مقامت رنگ در مقابل ضربه ناگهانی بصورت سقوط آزاد یک وزنه بر روی صفحه تخت فلزی بصورت کمی اندازه گیری میشود.

وسایل مورد استفاده :

- دستگاه جهت تعیین مقاومت فیلم رنگ در برابر ضربه که در شکل -۲۴ نشان داده شده است.
- گلوله- شکل آن مانند مخروطی است که انتهای آن به صورت نیمه استوانه با قطر $12/7$ و یا $15/9$ میلیمتر و وزن آن $0/9$ کیلوگرم می باشد، البته وزنه های اضافی را می توان با پیچ کردن به انتهای آن نصب کرد.
- هدایت کننده وزنه - یک لوله جهت هدایت سقوط گلوله به سمت پوشش. با قطر $16/3$ میلیمتر است.

- ذره بین



شکل - ۲۴ دستگاه آزمایش ضربه (impact)

روش و شرایط آزمایش:

نمونه را با ضخامتی که در استاندارد مینا و یا مورد توافق مشتری و سازنده باشد بر روی صفحه فلزی اعمال کنید (ضخامت صفحه فلزی ۰/۶۳ میلیمتر باشد). پس از خشک شدن فیلم آن رابه مدت ۲۴ ساعت دردمای ۲۱-۲۵ درجه سلسیوس قرار دهید.

صفحه آزمایش را زیر دستگاه گذاشته و سپس از کمترین ارتفاع ممکن وزنه را رها کنید و آنقدر ارتفاع را ۲۵ میلیمتر افزایش دهید که پوشش روی صفحه ترک بردارد. بطوریکه آن ارتفاع را h_0 بنامید. یعنی h_0 این طور تعریف می شود که ارتفاعی است که اگر قدری بیشتر از آن ارتفاع را زیاد کنیم و وزنه را رها کنیم پوشش ترک می خورد. (پس از هر بار برخورد آنرا با ذره بین بررسی کنید).

با کمک رابطه زیر انرژی لازم جهت تخریب پوشش در سقوط ناگهانی وزنه بر حسب کیلو گرم در متر بدست می آید:

$$m_0 h_0 = \text{مقاومت ضربه ای (kg.m)}$$

h_0 = ارتفاع مجاز (بر حسب متر)

m_0 = وزن گلوله (بر حسب کیلوگرم)

دقت کار قابل قبول:

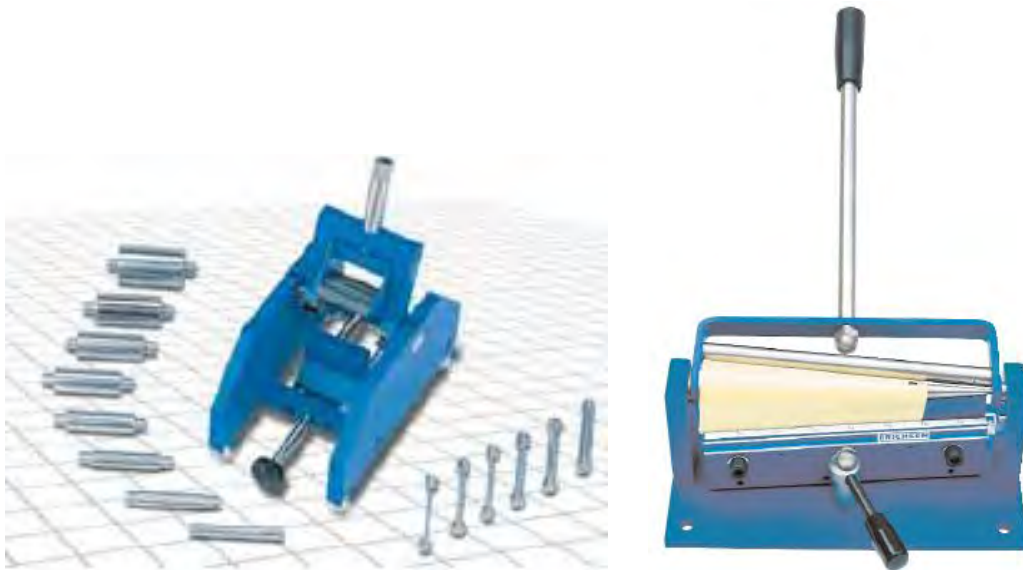
باتوجه به اینکه این آزمایش به طور تقریبی به کار می رود دقت بالایی ندارد و نیاز به دقت بالا هم نمی باشد جهت رسیدن دقت بالا آزمایش فوق را ۵ بار در هر نقطه تکرار کرده تا متوسط مقاومت ضربه حساب شود.

۳-۲-۶ دستورالعمل جهت تعیین انعطاف پذیری و مقاومت در برابر انبساط رنگ به کمک ابزار**مندول بر اساس استاندارد ASTM D522:**

این روش برای تعیین میزان مقاومت فیلم خشک رنگ در مقابل ترک خوردگی در اثر خمش (انعطاف پذیری) به کار می رود.

وسایل مورد استفاده :

- دستگاه خمش - وسیله جهت تعیین میزان انبساط و انعطاف پذیری رنگ . در این روش از دو نوع دستگاه استفاده می شود .
- روش الف) از دستگاه خمش مخروطی (conical) با مخروط فلزی با طول ۲۰۰ و قطرهای ۳ و ۳۸ میلیمتر (شکل - ۲۵) استفاده می شود.
- روش ب) از دستگاه خمش میله ای یا استوانه ای فلزی با قطرهای ۳/۲، ۶/۴، ۹/۵، ۱۲/۷، ۱۹، و ۲۵ میلیمتر (شکل - ۲۵) استفاده می شود.
- صفحه فلزی کربن استیل با ابعاد ۱۵۰ X ۱۰۰ میلیمتر و با ضخامت ۰/۸ میلیمتر.



شکل - ۲۵ سمت راست دستگاه خمش مخروطی و سمت چپ خمش استوانه ای را نشان می دهد

شرایط آزمایش:

- آماده سازی سطح صفحه فلزی مطابق استاندارد مینا و یا با توافق سازنده و مشتری انجام شود.
- ضخامت فیلم خشک می بایست مطابق استاندارد مینا و یا ضخامتی که مورد توافق سازنده و مشتری باشد.
- در صورتیکه هدف از انجام آزمایش بدست آوردن درصد ازدیاد طول باشد حداقل ضخامت فیلم خشک بایستی (1.0 mil (25 μm) باشد.

- حد اقل سه نمونه برای انجام آزمایش تهیه شود. زمان خشک شدن کامل مطابق استاندارد و یا در صورتیکه مشخص نشده باشد حداقل ۲۴ ساعت در دمای 2 ± 23 درجه سانتی گراد و با رطوبت نسبی $5 \pm 50\%$ نگهداری شود.

الف) روش آزمایش با استفاده از دستگاه خمش مخروطی (conical) :

- صفحه آماده شده را در قسمت مخصوص دستگاه طوری قرار دهید که فیلم خشک رنگ به سمت بیرون باشد. و اهرم دستگاه را از حالت افقی بطور یکنواخت طوری حرکت داده تا از زاویه 180 درجه صفحه فلزی را تا 135 درجه خم کند.

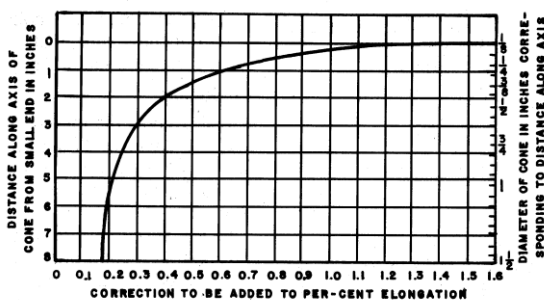
- اگر هدف از انجام آزمایش اندازه گیری میزان ازدیاد طول است زمان خم کردن بایستی در طول 15 ثانیه باشد. اما اگر هدف مقاومت در مقابل ترک خوردگی باشد بایستی در مدت زمان 1 ثانیه انجام شود.

- بلافاصله سطح نمونه خم شده با چشم غیر مسلح ارزیابی شود و در صورت ترک داشتن طول ترک را از سمتی که بیشترین خم را داشته یادداشت کنید.

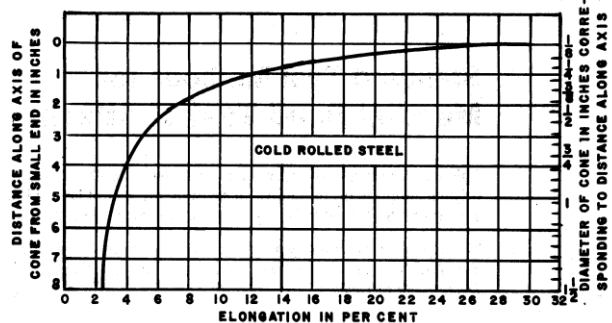
محاسبات :

- باتوجه به فاصله ترک از قسمت انتهایی باریکتر مخروط مندرل از روی منحنی شکل -۲۶ درصد انعطاف پذیری را محاسبه نمایید.

- سپس مقدار ضریب تصحیح را برای هر میل (۲۵ میکرون) ضخامت رنگ از منحنی شکل شماره -۲۷ پیدا کرده و به درصد ازدیاد طول (elongation) اضافه می کنیم.



شکل - ۲۷ منحنی ضریب تصحیح ضخامت



شکل - ۲۶ منحنی درصد ازدیاد طول

مثال:

فرض کنید فیلم رنگی با ضخامت 50 میکرون روی یک صفحه فلزی فولادی اعمال شده است وقتی در دستگاه مندرل مخروطی قرار می گیرد اولین ترک در فاصله 75 میلی متر (۳ اینچ) از انتهای کوچک مخروط حادث می شود درصد انعطاف پذیری (کشش) را بیابید.

- جواب

از روی منحنی شکل شماره -۲۶ با توجه به اینکه فاصله اولین ترک از انتهای کوچکتر مخروط 75 میلی متر (۳ اینچ) است، بنابراین درصد کشش یا ازدیاد طول را $5/2$ درصد می یابیم. و سپس از روی منحنی شماره -۲۷ که ضریب تصحیح برای ضخامت فیلم 25 میکرون می باشد، باتوجه به فاصله اولین ترک از انتهای

کوچکتر مخروط که ۷۵ میلی متر (۳ اینچ) می باشد عدد ۳/۰ را می یابیم و چون ضخامت فیلم رنگ مورد آزمایش ۵۰ میکرون یعنی دوبرابر مقدار تصحیح است، پس ضریب تصحیح $۳/۰ \times ۲$ می شود بنابراین درصد کشش واقعی فیلم رنگ عبارت از $۵/۸\% = ۲(۳/۰) + ۵/۲\%$ می باشد.

(ب) روش آزمایش با استفاده از دستگاه خمش میله ای (استوانه ای) :

- نمونه آماده شده را در دستگاه قرار داده و بتر تیب آنرا بر روی استوانه های با قطر های بزرگتر خم کرده و در صورتیکه ترک بر نداشت از استوانه شماره کوچکتر استفاده میکنیم تا اینکه کوچکترین استوانه ای که ترک بر روی نمونه ایجاد میکند مشخص شود.

- در این روش هم همانند روش الف) اگر هدف از انجام آزمایش اندازه گیری میزان ازدیاد طول است زمان خم کردن بایستی در طول ۱۵ ثانیه باشد. اما اگر هدف مقاومت در مقابل ترک خوردگی باشد بایستی در مدت زمان ۱ ثانیه انجام شود.

محاسبات:

- با مشخص شدن قطر استوانه ای که نمونه ترک برداشته ، با استفاده از جدول -۱۰ درصد کشش یا ازدیاد طول را بدست می آوریم.

- سپس مقدار ضریب تصحیح را برای هر میل (۲۵ میکرون) ضخامت رنگ از جدول شماره-۱۱ پیدا کرده و به درصد ازدیاد طول (elongation) اضافه می کنیم.

Mandrel Diameter, in. (mm)	Correction Factor
1 (25)	0.21
3/4 (19)	0.26
1/2 (12.7)	0.38
3/8 (9.5)	0.50
1/4 (6.4)	0.71
1/8 (3.2)	1.40

جدول شماره- ضریب تصحیح ۱۱

Mandrel Diameter, in. (mm)	Elongation, %
1 (25)	3.3
3/4 (19)	4.4
1/2 (12.7)	6.75
3/8 (9.5)	9.0
1/4 (6.4)	14.0
1/8 (3.2)	28.0

جدول شماره -۱۰ درصد کشش

۳-۲-۷ دستورالعمل تعیین مقاومت سایشی رنگ بر اساس استاندارد ASTM D4060:

این آزمایش برای تعیین مقاومت سایش فیلم رنگ به کار می رود. به خصوص کاربرد اصلی آن روی سطوحی که در معرض سایش زیاد قرار دارند می باشد.

با این دستگاه می توان مقاومت فیلم رنگ را در مقابل سایش یا قابلیت سنباده خوری تعیین کرد. برای تعیین مقاومت فیلم رنگ در مقابل سایش از دستگاهی استفاده می شود که از یک قاب مکعب مستطیل تشکیل شده است و قطعات متحرک و عمل کننده آن روی قاب قرار گرفته اند. روی صفحه فلزی این قاب یک الکتروموتور کوچک قرار گرفته است که به وسیله آن، قطعات متحرک به حرکت درمی آیند. در قسمت انتهایی الکتروموتور یک شفت وجود دارد. انتهای شفت الکتروموتور به اهرمی متصل است که با گردش آن

اهرم، بازوی سراسری به حرکت درمی‌آید. در یک گوشه صفحه فلزی یک جعبه شمارش با ۴ تکمه سفید رنگ قرار گرفته است؛ با فشار دادن این تکمه‌ها می‌توان تعداد رفت و برگشت بازو را مشخص کرد، این تکمه‌ها ۱ تا ۹۹۹۹ دور گردش را می‌توانند نشان دهند.

در کنار جعبه شماره اندازه، یک اهرم کوچک قرار دارد که با یک دور گردش، انتهای بازو با آن تماس پیدا می‌کند و اهرم کوچک را پایین می‌آورد و یک شماره از تعداد شماره انتخاب شده کم می‌کند. روی بازو یک استوانه به‌طور عمودی نصب شده است که نوار سمباده می‌تواند دور آن پیچیده شود. برای پیچیدن نوار سمباده به دور استوانه، ابتدا آن را از خود باز می‌کنند و دو پیچ جانبی را می‌کشایند و دو سر نوار سمباده‌ای را داخل آن قرار می‌دهند و سپس پیچ جانبی کوچکتر را می‌پیچانند تا نوار کاملاً دور استوانه محکم شود. بعد پیچ بزرگتر را محکم می‌کنند و استوانه دوباره در جای خود نصب می‌شود. روی بازو چرخ‌دنده‌ای است که با حرکت رفت و برگشت خود با بازوها تماس پیدا می‌کند، می‌چرخد و با چرخش خود استوانه دارای سمباده را می‌چرخاند. به این ترتیب، با هر حرکت رفت و برگشت بازو، سطح تازه‌ای از سمباده روی نمونه رنگ قرار می‌گیرد. در قسمت انتهایی آزاد بازو، ناحیه‌ای به صورت ریل وجود دارد که می‌تواند نمونه را در خود جای دهد. رنگ مورد آزمایش روی ورقه فلزی به ابعاد ۱۵۰×۷۰ میلیمتر مربع اعمال می‌شود و پس از خشک شدن در جای مربوطه قرار می‌گیرد.

وسایل مورد نیاز:

- دستگاه سایش - مطابق شکل-۲۸

- صفحه فلزی ۱۵۰ در ۷۰ میلیمتر

روش انجام آزمایش:

- نمونه رنگ شده را پس از خشک شدن وزن می‌کنیم و آنرا A می‌نامیم.
- نمونه را زیر سنبله دستگاه گذاشته و تعداد رفت و برگشت های چرخ سنبله سایش را برای دستگاه مشخص می‌کنیم (C).
- سپس دستگاه را روشن کرده و بعد از تمام شدن سیکل سایش نمونه را مجدداً وزن می‌کنیم (B).

محاسبات:

با استفاده از فرمول زیر مشخصه سایش را بر حسب گرم در هزار برابر تعداد دورهای رفت و برگشتی محاسبه می‌کنیم:

$$I = ((A - B) \times 1000) / C$$

I: مقاومت در مقابل سایش بر حسب گرم در هزار دور رفت و برگشتی.

A: وزن نمونه قبل از سایش بر حسب میلی‌گرم.

B: وزن نمونه بعد از سایش بر حسب میلی‌گرم.

C: تعداد رفت و برگشت‌های کامل.



شکل ۲۸- دستگاه سایش سمباده ای

۸-۲-۳ دستورالعمل بررسی مقاومت حرارتی رنگ بر اساس استاندارد ASTM D2485:

این روش جهت بررسی مقاومت حرارتی رنگ ها که برای حفاظت سازه های فولادی بکار میروند، استفاده می شود.

این آزمایش شامل دو روش است :

الف- ارزیابی رنگ و پوشش سطوح داخلی

ب- ارزیابی رنگ و پوشش سطوح خارجی

وسایل مورد نیاز:

- کوره تا دمای حدود ۶۵۰ درجه سانتی گراد

- دستگاه مه نمکی (Salt Spray) مطابق استاندارد ASTM B117

- دستگاه خمش مطابق استاندارد ASTM D522

- وسایل اعمال رنگ همانند برس، پاشش و ... که بتوان فیلمی یکنواخت ایجاد کرد

آماده سازی نمونه:

- صفحات فلزی از جنس کربن استیل و با ابعادی که مورد توافق فروشنده و مشتری باشد، در غیر این صورت می توان از ضخامت های ۶/۴ میلیمتر استفاده نمود.

- فقط برای روش الف) که آزمایش خمش دارد، بایستی ابعاد صفحه مناسب آزمایش خمش باشد.

- کلیه صفحات توسط ساینده های ماسه ای تا درجه Sa3 آماده سازی شوند، به غیر از نمونه هایی که برای آزمایش خمش استفاده می شوند (بطور کلی بایستی عاری باشند از هرگونه آلودگی و زنگ زدگی) .
 - یک فیلم یکنواخت از رنگ روی صفحات اعمال کنید و سپس مطابق زمان اعلام شده از طرف سازنده اجازه دهید نمونه کاملاً خشک شود. در غیر این صورت بمدت ۱۶۸ ساعت در دمای $24 \pm 2/5$ درجه سانتی گراد خشک کنید (بهتر است دستورالعمل های سازنده را رعایت نمائید).
 - بهتر است برای هر روش حداقل چهار نمونه تهیه کنید و نهایتاً دو تا از آنها را برای آزمایش انتخاب کنید.

روش انجام آزمایش:

الف- ارزیابی رنگ و پوشش سطوح داخلی

- پس از اعمال رنگ و پوشش روی دو صفحه فلزی با ضخامت یکسان دو صفحه را داخل کوره دردمای مورد نظر به مدت ۲۴ ساعت قرار دهید. سپس یکی از آنها را خارج کرده و بلافاصله در آب با دمای $21 \pm 2/5$ درجه سلسیوس خنک کنید و سپس ظاهر آن را از نظر عیوب تاول زدگی ، ترک خوردگی و عدم چسبندگی بررسی نمایید.

- صفحه دیگر را پس از ۲۴ ساعت خارج کرده بعد از قراردادن یک ساعت دردمای معمولی، آزمایش خمش توسط مندرل با قطر استوانه $12/7$ میلی متر انجام دهید. و ترک خوردگی و عدم چسبندگی آن را بررسی نمایید.

ب- ارزیابی رنگ و پوشش سطوح خارجی

- دو صفحه فلزی رنگ شده را داخل کوره قرار داده و دمای آن را روی دمایی که مورد توافق سازنده و خریدار است تنظیم کنید. در صورتیکه توافقی صورت نگیرد به روش زیر عمل نمائید.

- دو صفحه فلزی رنگ شده را داخل کوره طبق جدول شماره-۱۲ قراردادده و پس از هر دما و زمان خاص آن را بمدت ۱ ساعت در دمای اتاق نگه داشته و ظاهر آن را از نظر ترک خوردگی ، تاول زدگی ، رنگ پریدگی غیر نرمال، پوست انداختن و یا عدم چسبندگی بررسی نمایید.

- در صورتیکه در تمام دماها هیچ آثار سویی مشاهده نگردید، یکی از صفحات را بمدت ۲۴ ساعت در دستگاه مه نمکی قرار داده و در پایان آن را از نظر زنگ زدگی بررسی نمایید.

- صفحه دیگر را که مقاومت دمایی آن پذیرفته شده، می توان بمدت ۱۲ ماه در شرایط آب وهوایی اتمسفری قرار داد و پس از گذشت هر شش ماه آن را بررسی نمود.

جدول -۱۲ شرایط زمان - دما برای آزمایش مقاومت حرارتی

دما برحسب درجه سلسیوس	زمان برحسب ساعت
۲۰۵	۸
۲۶۰	۱۶
۳۱۵	۸
۳۷۰	۱۶
۴۲۵	۸

۴- ضمائم

ضمیمه ۱ - جدول مقایسه واحدهای مختلف گرانی

ضمیمه ۲ - جدول مقایسه واحدهای مختلف گرانی با بوته های فورده ASTM

ضمیمه ۳ - جدول مشخصات الک ها بر اساس استاندارد ASTM E11

ضمیمه ۱ - جدول مقایسه واحدهای مختلف گرانی

کریس استورمر (Krebbs Stormer)	فوردکاپ شماره ۴	گاردنر Gardner Holdt	استوک (STOKE)	کریس استورمر (Krebbs Stormer)	فوردکاپ شماره ۴	گاردنر (Gardner Holdt)	استوک (STOKE)
۷۵	۱۳۰	U	۶	-	-	A-5	۰/۱۰
۷۷/۵	۱۳۵	ع	۶/۳۰	-	-	A-4	۰/۰۶
۷۸	۱۵۰	-	۷	-	-	A-3	۰/۱۴
۷۹/۵	۱۵۲	-	۷/۲۰	-	-	A-2	۰/۲۲
۸۰/۵	۱۶۸	-	۷/۸۰	-	-	A-1	۰/۳۲
۸۲	۱۷۲	-	۸	-	۱۸	A	۰/۵۰
۸۳	۰	-	۸/۵۰	-	۲۰	B	۰/۶۵
۸۳/۵	۱۸۸	V	۸/۸۵	-	۲۵	C	۰/۸۵
۸۴	۱۹۲	-	۹	۴۰	۳۰	D	۱
۸۶	۱۹۵	-	۰/۲۰	-	۳۴	E	۲۵/۱
-	۲۱۲	-	۱۰	-	۳۸	F	۱۰۴۰
۹۵	-	X	۱۰/۷۰	-	۴۴	G	۶۵/۱
۱۰۰	-	Y	۱۲/۹۰	۵۲	۵۲	H	۲
۱۰۵	-	Z	۱۷/۶۰	۵۴	۵۸	I	۲/۲۵
۱۱۴	-	Z-1	۲۲/۷۰	۵۹	۷۰	K	۲/۷۵
۱۲۹	-	Z-2	۲۷	۶۱	۷۴	L	۳
۱۳۶	-	Z-3	۳۶/۲۰	۶۲	۷۹	M	۳/۲۰
-	-	Z-4	۴۶/۳۰	۶۳	۸۵	N	۳/۴۰
-	-	Z-5	۶۳/۴۰	۶۴	۹۰	O	۳/۷۰
-	-	Z-6	۹۸/۵۰	۶۶	۹۲	P	۴
-	-	Z-7	۱۴۸	۶۷	۹۶	O	۴/۳۵
-	-	Z-8	۳۸۸	۶۸	۱۰۲	R	۴/۷۰
-	-	Z-9	۵۹۰	۷۰	۱۱۰	S	۵
-	-	Z-10	۸۵۵	۷۲	۱۱۸	T	۵۰/۵

ادامہ ضمیمہ ۲-

EQUIVALENT CHART[©]

$$V = KT - C/T \text{ or } T = (V + \sqrt{V^2 + 4KC})/2K$$

0.886	2.74	13.8	9.14	0.133	0.372	1.24	2.31	3.70	11.8	0.443	1.37	6.9	21.78	4.57	K
100	100	285	226	313	600	770	550	400	408	200	200	570	306	452	C
7	35	142	69	2	12	25	29	34	77	5	19	84	187	38	MIN. Cs
42	149	684	545	14	40	142	273	441	1413	52	163	823	2611	545	MAX. Cs
G10	G35	G100	G100	G6	G10	G35	G35	G60	G200	G10	G35	G100	G350	G100	STD. OIL
3%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	TOLERANCE
1.0	2.8	14.2	9.4	0.2	0.5	1.4	2.5	3.8	12.5	0.5	1.4	7.1	22	4.7	Cs/SEC.**
GARDCO ISO DIP CUP			DIN DIP	GARDCO STANDARD FORD CUP					GARDCO/ISO CUP				DIN	CENTI-	
3 mm 4 mm 6 mm			4 mm	0 1 2 3 4 5					3 mm 4 mm 6 mm 8 mm				4 mm	STOKES	
FORMULA			FORMULA	FORMULA					FORMULA						
(EFFLUX TIME IN SECONDS)				(EFFLUX TIME IN SECONDS)					(EFFLUX TIME IN SECONDS)						
15.7				84.3						31.3					7.5
16.0				86.5						31.9					7.9
16.3				88.7						32.5					8.3
16.6				91.1						33.2					8.7
17.0				93.7						33.9					9.1
17.3				96.4						34.6					9.6
17.7				99.3						35.4					10.0
18.1				102.3						36.2					10.5
18.6				105.6						37.1					11.1
18.8				109.0	58.7					37.1					11.6
19.6				112.7	59.8					38.1					12.2
20.1				116.6	60.9					39.1					12.8
20.7				120.7	62.1					40.2					13.5
21.3					63.4					41.3					14.1
21.9					64.8					42.5					14.8
22.6					66.2					43.8					15.6
23.3					67.8					45.2					16.4
24.1					69.4					46.6					17.2
24.9					71.1					48.1					18.0
25.8					73.0					49.8					18.9
26.7					75.0					51.5					19.9
27.7					77.1					53.4	21.4				20.9
28.7					79.3					55.3	21.9				21.9
29.8					81.7					57.4	22.5				22.9
31.0					84.2					59.6	23.1				24.2
32.2					86.8	36.5				61.9	23.8				25.4
33.5					89.7	37.2				64.3	24.5				26.7
34.9					92.7	37.9				66.9	25.2				28.0
36.3					95.9	38.5				69.7	26.0				29.4
37.8					99.2	39.2				72.6	26.9				30.8
39.5					102.8	40.3				75.6	27.8				32.4
41.2					106.6	41.2				78.9	28.7				34.0
43.0					110.6	42.2				82.3	29.8				35.7
44.9					114.9	43.2				85.9	30.8				37.5
46.9					119.4	44.3				89.7	32.0				39.4
49.0					124.2	45.4				93.8	33.2				41.4
						46.7				98.0	34.4				43.4
						48.0				102.5	35.8				45.6
						49.4				107.2	37.2				47.9
						50.8				112.1	38.7				50.3
						52.4				117.4	40.3				52.8
						54.1				122.9	42.0				55.4
						55.8					43.8				58.2
						57.7		20.3			45.7				61.1
						59.7		20.9			47.7				64.2
						61.8		21.5			49.8				67.4
						64.0		22.2			52.0				70.8
						66.4		22.9			54.3				74.3
						68.9		23.6			56.8				78.0
						71.6		24.3			59.4				81.9
						74.4		25.0			62.1				86.0
						77.4		25.7	18.3		65.0	17.3			90.3
						80.5		26.4	18.8		68.1	17.7			94.8
						83.9		27.1	11.1		71.3	18.3			99.5
						87.4		27.8	11.5		74.6	18.8			104.4
						91.1		28.5	11.8		78.1	19.4			109.8
						95.1		29.2	12.2		81.9	20.0			115.2
						99.2		30.0	12.5		85.8	20.7			121.0
						103.6		30.7	12.9		89.9	21.4			127.1
						108.2		31.5	13.4		94.3	22.1			133.4
						113.1		32.2	13.8		98.9	22.9			140.0
						118.2		33.0	14.3		103.7	23.8			147.1
						123.6		33.8	14.8		108.7	24.7			154.4
								34.6	15.3		114.0	25.6			162.2
								35.4	15.9		119.6	26.6			170.3
								36.2	16.5		125.4	27.7			178.8
								37.1	17.2			28.8			187.7
								38.1	17.8			30.0	10.0		197.1
								39.1	18.6			31.2	10.4		207.0
								40.2	19.3			32.5	10.9		217.3
								41.3	20.1			33.9	11.2		228.2
								42.5	20.9			35.4	11.7		239.6
								43.8	21.9			37.0	12.2		251.6
								45.2	22.8			38.6	12.7		264.1
								46.6	23.8			40.3	13.2		277.3
								48.1	24.9			42.2	13.8		291.2
								49.8	26.0			44.1	14.4		305.8
								51.5	27.2			46.1	15.0		321.1
								53.4	28.4			48.2	15.6		337.1
								55.3	29.7			50.5	16.3		353.8
								57.4	31.1			52.9	17.1		371.1
								59.6	32.5			55.4	17.9		389.2
								61.9	34.1			58.0	18.7		408.2
								64.3	35.7			60.7	19.5		428.2
								66.9	37.4			63.7	20.4		449.3
								69.7	39.2			66.7	21.4		471.5
								72.6	41.0			69.9	22.4		494.8
								75.6	42.9			73.3	23.5		519.4
								78.9	44.8			76.9	24.6		545.6
								82.3	46.8			80.6	25.8		573.6
								85.9	48.9			84.5	27.0		603.4
								89.7	51.1			88.7	28.3		634.7
								93.8	53.5			93.0	29.7		667.4
								98.0	56.0			97.6	31.1		702.8
								102.5	58.6			102.4	32.6		739.8
								107.2	61.3			107.4	34.2		788.4

ادامه ضمیمه ۲ -

Kinematic viscosities																																					
Gradner-Holdt Pa. s at density 1000 kg/m ³	<table border="1"> <thead> <tr> <th>wx y z z1 z2 z3 z4 z</th> <th>Z6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21</td><td></td></tr> <tr><td>10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210</td><td></td></tr> <tr><td>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</td><td></td></tr> </tbody> </table>	wx y z z1 z2 z3 z4 z	Z6	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21		10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10																													
wx y z z1 z2 z3 z4 z	Z6																																				
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21																																					
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210																																					
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10																																					
Stokes	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275 300</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	A2	3	4	5	6	7	8	9	10	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200									20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200									25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275 300								
A2	3	4	5	6	7	8	9	10																													
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275 300																																					
Gradner-Holdt ISO cup	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	A3	4	5	6	7	8	9	10	20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200								20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																			
A3	4	5	6	7	8	9	10																														
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
BS cup B4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	A4	5	6	7	8	9	10	20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200							20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																					
A4	5	6	7	8	9	10																															
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
Coupe 4-NFT	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	A5	6	7	8	9	10	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200						20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																							
A5	6	7	8	9	10																																
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
Ford no: 4 ASTM	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	A6	7	8	9	10	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200					20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																									
A6	7	8	9	10																																	
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
DIN 4 mm 53211	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	A7	8	9	10	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200				20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																											
A7	8	9	10																																		
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
DIN 6 mm 53211	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	A8	9	10	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200			20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																													
A8	9	10																																			
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
Engler (degrees)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A9	10	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200		20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																															
A9	10																																				
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
Barbey	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A10</th> <th>11</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A10	11	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200		20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																															
A10	11																																				
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
Redwood	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A11</th> <th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A11	12	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200		20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																															
A11	12																																				
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
Saybolt-Universal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A12</th> <th>13</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A12	13	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200		20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																															
A12	13																																				
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
Stokes	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A13</th> <th>14</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td></tr> <tr><td>20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A13	14	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200		20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																															
A13	14																																				
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200																																					
Dynamic Viscosities Pa.s at density 1000 kg/m ³	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A14</th> <th>15</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0</td><td></td></tr> <tr><td>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A14	15	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10																															
A14	15																																				
0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0																																					
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10																																					
Poises	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A15</th> <th>16</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</td><td></td></tr> <tr><td>10 20 30 40 50 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A15	16	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		10 20 30 40 50 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86																															
A15	16																																				
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10																																					
10 20 30 40 50 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86																																					
Krebs' s units	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A16</th> <th>17</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</td><td></td></tr> <tr><td>10 20 30 40 50 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86</td><td></td></tr> </tbody> </table>	A16	17	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		10 20 30 40 50 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86																															
A16	17																																				
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10																																					
10 20 30 40 50 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86																																					

ضمیمه-۳ جدول مشخصات الک ها بر اساس استاندارد ASTM E11

TABLE 1 Nominal Dimensions, Permissible Variations for Wire Cloth of Standard Test Sieves (U.S.A.) Standard Series

Sieve Designation		Nominal Sieve Opening, in. ^a	Permissible Variation of Average Opening from the Standard Sieve Designation	Opening Dimension Exceeded By Not More Than 5 % of the Openings	Maximum Individual Opening	Nominal Wire Diameter, mm ^c
Standard ^a	Alternative					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
125 mm	5 in.	5	±3.70 mm	130.0 mm	130.9 mm	8.00
106 mm	4.24 in.	4.24	±3.20 mm	110.2 mm	111.1 mm	6.30
100 mm ^d	4 in. ^d	4	±3.00 mm	104.0 mm	104.8 mm	6.30
90 mm	3½ in.	3.5	±2.70 mm	93.8 mm	94.4 mm	6.30
75 mm	3 in.	3	±2.20 mm	78.1 mm	78.7 mm	6.30
63 mm	2½ in.	2.5	±1.90 mm	65.6 mm	66.2 mm	5.60
53 mm	2.12 in.	2.12	±1.60 mm	55.2 mm	55.7 mm	5.00
50 mm ^d	2 in. ^d	2	±1.50 mm	52.1 mm	52.6 mm	5.00
45 mm	1¾ in.	1.75	±1.40 mm	46.9 mm	47.4 mm	4.50
37.5 mm	1½ in.	1.5	±1.10 mm	39.1 mm	39.5 mm	4.50
31.5 mm	1¼ in.	1.25	±1.00 mm	32.9 mm	33.2 mm	4.00
26.5 mm	1.06 in.	1.06	±.800 mm	27.7 mm	28.0 mm	3.55
25.0 mm ^d	1.00 in. ^d	1	±.800 mm	26.1 mm	26.4 mm	3.55
22.4 mm	¾ in.	0.875	±.700 mm	23.4 mm	23.7 mm	3.55
19.0 mm	¾ in.	0.750	±.600 mm	19.9 mm	20.1 mm	3.15
16.0 mm	¾ in.	0.625	±.500 mm	16.7 mm	17.0 mm	3.15
13.2 mm	0.530 in.	0.530	±.410 mm	13.63 mm	14.05 mm	2.80
12.5 mm ^d	½ in. ^d	0.500	±.390 mm	13.10 mm	13.31 mm	2.50
11.2 mm	⅞ in.	0.438	±.350 mm	11.75 mm	11.94 mm	2.50
9.5 mm	¾ in.	0.375	±.300 mm	9.97 mm	10.16 mm	2.24
8.0 mm	⅝ in.	0.312	±.250 mm	8.41 mm	8.58 mm	2.00
6.7 mm	0.265 in.	0.265	±.210 mm	7.05 mm	7.20 mm	1.80
6.3 mm ^d	¼ in. ^d	0.250	±.200 mm	6.64 mm	6.78 mm	1.80
5.6 mm	No. 3½ ^e	0.223	±.180 mm	5.90 mm	6.04 mm	1.80
4.75 mm	No. 4	0.187	±.150 mm	5.02 mm	5.14 mm	1.60
4.00 mm	No. 5	0.157	±.130 mm	4.23 mm	4.35 mm	1.40
3.35 mm	No. 6	0.132	±.110 mm	3.55 mm	3.66 mm	1.25
2.80 mm	No. 7	0.110	±.095 mm	2.975 mm	3.070 mm	1.12
2.36 mm	No. 8	0.0937	±.080 mm	2.515 mm	2.600 mm	1.00
2.00 mm	No. 10	0.0787	±.070 mm	2.135 mm	2.215 mm	0.900
1.7 mm	No. 12	0.0661	±.060 mm	1.820 mm	1.890 mm	0.800
1.4 mm	No. 14	0.0555	±.050 mm	1.505 mm	1.565 mm	0.710
1.18 mm	No. 16	0.0469	±.045 mm	1.270 mm	1.330 mm	0.630
1.00 mm	No. 18	0.0394	±.040 mm	1.080 mm	1.135 mm	0.560
850 µm ^f	No. 20	0.0331	±.035 µm	925 µm	970 µm	0.500
710 µm	No. 25	0.0278	±.030 µm	775 µm	815 µm	0.450
600 µm	No. 30	0.0234	±.025 µm	660 µm	695 µm	0.400
500 µm	No. 35	0.0197	±.020 µm	550 µm	585 µm	0.315
425 µm	No. 40	0.0165	±.019 µm	471 µm	502 µm	0.280
355 µm	No. 45	0.0139	±.016 µm	396 µm	426 µm	0.224
300 µm	No. 50	0.0117	±.014 µm	337 µm	363 µm	0.200
250 µm	No. 60	0.0098	±.012 µm	283 µm	306 µm	0.160
212 µm	No. 70	0.0083	±.010 µm	242 µm	263 µm	0.140
180 µm	No. 80	0.0070	±.009 µm	207 µm	227 µm	0.125
150 µm	No. 100	0.0059	±.008 µm	174 µm	192 µm	0.100
125 µm	No. 120	0.0049	±.007 µm	147 µm	163 µm	0.090
106 µm	No. 140	0.0041	±.006 µm	126 µm	141 µm	0.071
90 µm	No. 170	0.0035	±.005 µm	108 µm	122 µm	0.063
75 µm	No. 200	0.0029	±.005 µm	91 µm	103 µm	0.050
63 µm	No. 230	0.0025	±.004 µm	77 µm	89 µm	0.045
53 µm	No. 270	0.0021	±.004 µm	66 µm	76 µm	0.036
45 µm	No. 325	0.0017	±.003 µm	57 µm	66 µm	0.032
38 µm	No. 400	0.0015	±.003 µm	48 µm	57 µm	0.030
32 µm	No. 450	0.0012	±.003 µm	42 µm	50 µm	0.028
25 µm ^d	No. 500	0.0010	±.003 µm	34 µm	41 µm	0.025
20 µm ^d	No. 635	0.0008	±.003 µm	29 µm	35 µm	0.020

^a These standard designations correspond to the values for test sieve openings recommended by the International Standards Organization, Geneva, Switzerland, except where noted.

^b Only approximately equivalent to the metric values in Column 1.

^c The average diameter of the wires in the x and y direction, measured separately, of any wire cloth shall not deviate from the nominal values by more than ±15 %.

^d These sieves are not in the standard series but they have been included because they are in common usage.

^e These numbers (3½ to 635) are the approximate number of openings per linear in. but it is preferred that the sieve be identified by the standard designation in millimetres or micrometres.

^f 1000 µm—1 mm.

۵-مراجع:

- 1) *Annual Book of ASTM Standards, vol 06.01,02 & 03 ,1999*
- 2) *steel structures painting council,vol.02,2000*
- 3) *paint and coating testing manual,fourteenth edition,ASTM Manual Series: MNL17,1995*

