

به نام خدا

راهنمای زیر سازی و رنگ
{ سیستم-بازرسی - استاندارد }

**Surface Preparation And
Painting Guideline
System-inspection-standard**

ترجمه و تالیف: محسن عسکری

فهرست:

- پیشگفتار
- ۱- طراحی و انتخاب سیستم های رنگ
- ۲- خوردگی عمومی و زنگ در فولاد های کربنی
- ۳- ایمنی
- ۴- آماده سازی سطوح
- ۵- زبره پاشی (Blasting)
- ۶- ایمنی تولیدات
- ۷- رنگ
- ۸- بازرسی رنگ
- ۹- معرفی ابزار بازرسی کیفیت رنگ
- ۱۰- عیوب احتمالی رنگ
- ۱۱- موخره
- ۱۲- استاندارد
- ۱۳- فهرست استاندارد های کاربردی در زمینه رنگ و پوشش
- ۱۴- واژه نامه لغات فنی رنگ
- ۱۵- فهرست منابع و ماخذ ها

پیشگفتار:

همواره در طبیعت اصل بر این بوده است " هر جرمی که انرژی در یافت کند تمایل دارد این انرژی را به نحوی از دست داده و به حالت اولیه باز گردد." این حالت را به وضوح در سرد شدن یک جسم گرم شده و به تحقیق در انتقال انرژی از فوتون به الکترون و از الکترون به فوتون شاهد هستیم. از طرفی باید در نظر داشت که اکثر فلزات در طبیعت به شکل اکسید وجود داشته و در فرایند تصفیه، پالایش و آلیاژ سازی نیازمند مصرف انرژی زیادی هستیم. بر این اساس فلز در مقایسه با سنگ معدن خود در رده بالاتری از انرژی قرار دارد.

فلزات در برابر شرایط خورنده و به خصوص در حضور اکسیژن عکس العمل های متفاوتی از خود نشان داده و رفتارشان فرق می کند. به عنوان مثال آهن با اکسیژن هوا اکسید متخلخل تولید می کند، اکسید آلومینیوم به صورت یکپارچه تشکیل شده و بقیه فلز را در مقابل خوردگی روپین می نماید اما در محیط های قلیایی آسیب جدی می بیند مس در حضور اسید نیتریک مقاومتی از خود نشان نمی دهد و تخریب می گردد. بر این اساس هر عنصر فلزی به نحوی سعی در از دست دادن انرژی دارد و همواره تلاش بر آن است به نحوی این انتقال انرژی متوقف شده و از فلز حفاظت گردد.

بر مبنای اصول خوردگی از دست رفتن خواص مفید قطعه در اثر انتقال الکترون را خوردگی می نامند. که در این فرایند حضور چهار رکن آند، کاتد، الکترولیت و مسیر انتقال الکترون اجتناب ناپذیر بوده و در اثر حذف هریک از این ارکان خوردگی متوقف می گردد.

بر این اساس تئوری اعمال پوشش بر روی فلزات جهت جلوگیری از تماس الکترولیت، کاتد و آند شکل گرفت و رشد کرد. به عنوان مثال با در نظر گرفتن محیط کارکرد و قابلیت اعمال پوشش، لایه یکپارچه و غیر قابل نفوذ بر روی قطعه اعمال خواهد شد.

یکی از سیستم های بازدارنده و پر کاربرد رنگ آمیزی سطوح می باشد که با اعمال یک یا چند لایه پوشش یکپارچه بر روی سطح فلز از هدر رفتن انرژی درونی و به بیان بهتر بروز واکنش های خورنده جلوگیری می کنند.

در این کتاب سعی بر آن شده معرفی اصول انتخاب رنگ، نحوه اجرا و نواقص احتمالی به گونه ای بیان گردد که کاربر توانایی تجزیه و تحلیل نواقص را داشته و به راحتی بتواند پس از مطالعه مباحث موجود و رجوع به استاندارد مربوطه و رفع علت، مجموعه های صنعتی را از صرف هزینه های هنگفت و دوباره کاری دور نگاه دارد و در نهایت تجهیز را در برابر شرایط محیطی و خورنده مقاوم گرداند. امید است مجموعه موجود راهنمای مناسبی برای شناسایی و رفع عیوب رنگ باشد هرچند در این دنیا هر سیستم و مجموعه ای دارای نواقص و محدودیت خاص خود می باشد.

فرزند کوچک ایران

محسن عسکری

۱- طراحی و انتخاب سیستم های رنگ:

به طور کلی پوشش برای حفاظت از تجهیز، طراحی و سپس اعمال می شود. تمامی پوشش ها باید با دمای عملکرد و یا شرایط محیطی (نمکی، اسیدی و یا قلیایی) که تجهیز در آن قرار می گیرد مناسب باشند از طرفی قبل از اعمال باید بر روی پیچ و مهره ها پوشیده شده باشد و در صورت پاشش مواد ساینده و یا رنگ بر روی آنها به سرعت عملیات تمیز کاری صورت پذیرد. به عنوان مثال وقتی تجهیز در دمای کاری بالای ۹۰ درجه سانتیگراد به صورت مداوم کار می کند از هر پوشش غنی از روی مقاوم در محیط های مرطوب (Zinc Rich Epoxy) نمی توان استفاده کرد چراکه روی موجود در این پوشش در دمای بالا تر از ۹۰ درجه سانتیگراد واکنش معکوس داده و به جای محافظت از سطح سبب بروز خوردگی و تخریب کلی تجهیز می گردد. بر این اساس در هنگام اعمال پوشش ها نیز باید کمال دقت را به خرج داد که در اعمال دستورات عمل کوچکترین خطا روی ندهد.

پوشش مورد نظر در هر سطح بسته به شرایط کارکرد در یک یا چند لایه اعمال می گردد که لایه اول وظیفه حفاظت قطعه در برابر خوردگی را بر عهده دارد و به عنوان آند فدا شونده در صورتیکه لایه های رویی آسیب دید عمل می کند. چسبندگی این لایه دارای اهمیت بالایی می باشد چرا که اساس چسبندگی تمامی لایه ها Primer می باشد. در انتخاب لایه اول دما نقش اساسی را بر عهده داشته و با تغییر درجه حرارت کارکرد تجهیز نوع پرایمر تغییر می کند.

لایه دوم پوشش بر اساس نوع پرایمر و محیط کارکرد تجهیز طراحی می گردد به عنوان مثال بر روی بعضی از پرایمر ها می بایست پوشش Seal Coat در نظر گرفته شود تا چسبندگی لازم به دست آمده و عیوب احتمالی که در مباحث بعد به آن اشاره خواهد شد بروز نکند. در صورت نیاز به اعمال Seal Coat لایه سوم وظیفه اصلی محافظت در برابر محیط کارکرد تجهیز را بر عهده دارد. محیط های کارکرد را می توان از نظر چند فاکتور اساسی از جمله دمای کارکرد، رطوبت محیط، pH و میزان مواد معلق موجود در محیط تقسیم بندی نمود.

لایه نهایی به عنوان لایه مقاوم در برابر شرایط بیرونی انتخاب می گردد به عنوان مثال لایه مقاوم در برابر نور خورشید و یا لایه مقاوم در برابر سایش.

این سیستم انتخاب پوشش را به عنوان سیستم قدیم می شناسند و در سیستم های نوین تعداد لایه ها کمتر در نظر گرفته شده و سرعت انجام کار بالا تر می باشد به هر ترتیب بر اساس شرایط کارکرد می توان از هر دو روش بهره برد.

با این توضیحات در هنگام اعمال پوشش همواره باید در نظر داشت که نمی توان کمبود ضخامت یک لایه را در لایه های بعدی جبران کرد و همواره باید سعی نمود تا با اعمال یکنواخت رنگ از تکرار اشتباهات گذشته پرهیز کرد.

دستورالعمل و جدول زیر راهنمای مناسبی برای انتخاب پوشش می باشد
دستورالعمل رنگ آمیزی سطوح داخلی و خارجی (بر اساس استاندارد IPS) :
آماده سازی سطوح:

۱- حذف هر گونه چربی و گریس از روی سطح بوسیله حلال های مناسب و شستشو بوسیله آب (در صورت حذف چربی، سایر آلودگی ها و نمک ها را می توان بوسیله آب حذف نمود).

۲- حذف زنگ به روش Dray Abrasive Blast Cleaning و ایجاد پروفایل سطح ۲۰~۵۰ میکرون

۳- استفاده از Vacuum Cleaner به منظور حذف گرد و غبار ناشی از زبره پاشی.
توضیحات:

در دمای زیر ۱۰ درجه سانتیگراد و رطوبت بالای ۸۵ درصد عملیات آماده سازی و همچنین رنگ آمیزی نمی بایست صورت پذیرد.

بین مرحله آماده سازی و رنگ آمیزی نباید بیش از ۸ ساعت وقفه صورت پذیرد
در روش Blasting از ذرات زاویه دار بدون گرد و غبار و ناخالصی مطابق با ISO8503 استفاده گردد. ذرات مورد استفاده برای فولاد های ضد زنگ و آلومینیوم می بایست غیر فلزی بوده و توانایی ایجاد سطح مطلوب را داشته باشند.

در روش Power Tools ۱۰۰ درصد سطح می بایست مورد تمیز کاری قرار گرفته می بایست با استاندارد SSPC – SP3 مطابقت داشته باشد.

تمامی سطوح فلج ها و اتصالات و پیچ و مهره ها می بایست در مقابل ذرات ساینده محافظت گردند.

تمامی مسیر های ورودی و خروجی می بایست مسدود گردند.

قبل از انجام هر کاری مجوز های لازم می بایست از اداره ایمنی اخذ شده باشد.

ضخامت بر اساس μ DFT	توضیحات		وضعیت تجهیز
	Sa 2 1/2	آماده سازی	سطوح خارجی تجهیزات کربن استیل بدون عایق با دمای کاری ۹۰~۹۰۰ درجه سانتیگراد
1*50	Zinc Rich Epoxy	لایه اول	
1*125	MIO 2 Pack Epoxy	لایه میانی	
1*50	Acrylic modified poly urethane	لایه نهایی	
225	ضخامت کل		
	Sa 2 1/2	آماده سازی	سطوح خارجی تجهیزات کربن استیل بدون عایق با دمای کاری ۳۵۰~۹۱ درجه سانتیگراد
1*60	Inorganic Zinc Ethyl Silicate	لایه اول	
1*20	Modified Al Silicate	لایه نهایی	
80	ضخامت کل		
	Sa 2 1/2	آماده سازی	سطوح خارجی تجهیزات کربن استیل و فولاد های کم آلیاژ بدون عایق با دمای کاری ۵۵۰~۳۵۱ درجه سانتیگراد
1*60	Inorganic Zinc Ethyl Silicate	لایه اول	
1*20	Al Silicate	لایه نهایی	
80	ضخامت کل		
	Sa 2 1/2	آماده سازی	سطوح خارجی تجهیزات کربن استیل همراه عایق با دمای کاری ۹۰~۹۰۰ درجه سانتیگراد
1*50	Zinc Rich Epoxy	لایه اول	
2*100	MIO 2 Pack Epoxy	لایه نهایی	
250	ضخامت کل		
	Sa 2 1/2	آماده سازی	سطوح خارجی تجهیزات کربن استیل همراه عایق با دمای کاری ۳۵۰~۹۱ درجه سانتیگراد
1*60	Inorganic Zinc Ethyl Silicate	لایه اول	
1*20	Modified Al Silicate	لایه نهایی	
80	ضخامت کل		
	Sa 2 1/2	آماده سازی	سطوح داخلی تجهیزات کربن استیل بدون عایق با دمای کاری ۹۰~۹۰۰ درجه سانتیگراد
1*70	Zinc Rich Epoxy	لایه اول	
1*100	Epoxy Poly Aminde	لایه میانی	
1*50	Epoxy Poly Aminde	لایه نهایی	
220	ضخامت کل		

۲- خوردگی عمومی و زنگ در فولاد های کربنی:

به طور کلی آهن در طبیعت به صورت اکسید یافت می شود و در سنگ معدن آهن اکسید این ماده وجود دارد جهت پالایش و تصفیه آن فرایند احیا بر روی سنگ معدن انجام شده و با اعمال انرژی به سنگ آهن، آهن خالص تهیه می گردد و پس از آن طی فرآیند های مشخص بیش ۲۰۰۰ نوع فولاد تهیه می گردد.

آهن بر خلاف آلومینیوم توانایی محافظت از خود در برابر شرایط جوی را نداشته و به سرعت اکسید می شود و یا به بیان عام زنگ می زند. البته لازم به ذکر است که آلومینیوم با سرعت باورنکردنی در مقایسه با آهن، اکسید می گردد ولی با توجه به این مطلب که اکسید آلومینیوم به صورت کاملاً یکپارچه تشکیل شده و مانع از انتقال رطوبت و مواد خوردنده به سطح فلز شده و از آن محافظت می نماید این در حالی است که اکسید آهن چنانچه در ادامه به آن اشاره خواهد شد به صورت متخلخل بوده و توانایی حفاظت از قطعه از قطعه را ندارد.

لذا ضروری است که بوسیله رنگ پوشیده گردد. نکته قابل توجه در باره زنگ زدن یک قطعه آهن معمولی وجود دارد این است که برای زنگ زدن چهار چیز مورد نیاز است اول قطعه آهنی بدون پوشش که خورده می شود، دوم ماده ای که باعث بروز خوردگی در آهن شود، سوم رطوبت و چهارم مسیر که باعث اتصال آهن به ماده خوردنده در حضور رطوبت گردد. و به راحتی می توان با قطع ارتباط آهن از محیط از زنگ زدن آن جلوگیری به عمل آورد که رنگ این وظیفه را به عهده دارد.

به طور کلی چهار درجه زنگ زدگی که با حرف A, B, C, D مشخص شده اند، که هر یک از این حالات بیانگر وضعیتی از پیشرفت خوردگی در فلز پایه می باشند.

(A) سطح فولادی که عمدتاً با لایه اکسیدی چسبنده حاصل از نورد پوشیده شده است، اما زنگ زدگی آن در صورت وجود بسیار اندک می باشد به بیان دیگر آهن توسط اکسید یکپارچه نوردی محافظت می گردد.

(B) سطوح فولادی که شروع به زنگ زدگی کرده است و در نتیجه آن لایه اکسیدی حاصل از نورد شروع به ورقه ای شدن نموده است. این حالت پس از انبار داری و یا کار مکانیکی بروز می کند.

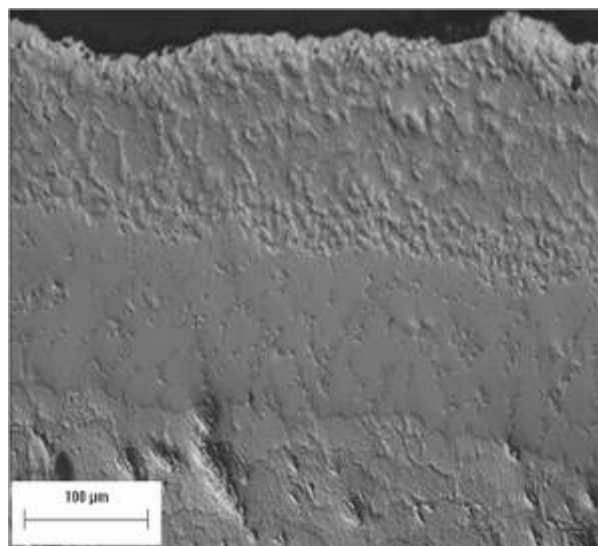
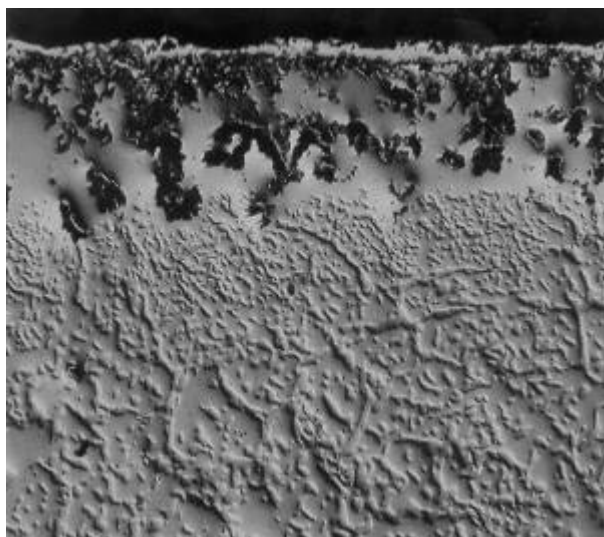
(C) سطوح فولادی که لایه اکسیدی حاصل از نورد روی آنها بر اثر زنگ زدگی کاملاً از بین رفته و یا اینکه قابل جدا شدن از سطح می باشد، اما بر روی آن حفره های جزئی ایجاد شده که با چشم غیر مسلح قابل دیدن می باشد. فلز در این وضعیت در ابتدای تخریب قرار گرفته است و آند و کاتد های فراوانی سطح کار را پوشانده و مکانیزم های دیگر خوردگی در حال رشد و پیشرفت می باشد.

(D) سطوح فولادی که لایه اکسیدی حاصل از نورد روی آنها بر اثر زنگ زدگی کاملاً از بین رفته و حفره های گسترده بر روی آنها وجود دارد. اکسید متخلخل آهن تشکیل شده است و فلز توانایی محافظت از خود را نداشته و در اثر وجود نواقصی

نظیر تنش های بین مرز دانه ای، ایرادات شبکه کریستالی، ناپجایی ها و ...
تجهیز در معرض بروز خوردگی های موضعی نظیر Pitting می باشد.

بر این اساس ضروری است ابتدا اکسید های سطحی موجود بر روی فولاد ها حذف شده و جهت جلوگیری از بروز زنگ زدگی مجدد به سرعت لایه ای محافظ را بر روی سطح اعمال نمود. البته فولاد های ضد زنگ از این امر مستثنی بوده و حفاظت در آنها با تشکیل فیلم (لایه) اکسید کرم صورت می گیرد.

یاد آر می گردد خوردگی عمومی در مقایسه با سایر خوردگی ها از درجه اهمیت پایین تری برخوردار است و در برخی تجهیزات با محاسبه میزان (MPY) (Mass Per Year) و در نظر گرفتن ضخامت اضافه هیچگونه محافظتی را برای تجهیز در نظر نمی گیرند. درست است که در این حالت حجم بالایی از جرم قطعه از بین می رود و لی به سادگی قابل اصلاح و میزان پیشرفت قابل محاسبه است اما تا زمانی که سایر مکانیزم های خوردگی فعال نشده باشد. در عوض در خوردگی های موضعی نظیر Pitting, Filiform و... هر چند حجم بسیار پایینی Mass Lose وجود دارد اما سرعت پیشرفت و عمق تخریب قابل پیشبینی نبوده و اصلاح آن نیز دشوار است.



۳- ایمنی:

با توجه به اهمیت ایمنی در کار قبل از بحث درباره فرآیند آماده سازی و اعمال پوشش اصول ایمنی و خطرات موجود در هنگام شرح داده خواهد شد.

ترکیبات فرار، گرد و غبار، فلزات سنگین نظیر روی و سرب، ترکیبات شیمیایی سمی از جمله خطرناکی هستند که یک نقاش صنعتی را تهدید می کنند. چنانچه در جدول اطلاعات ایمنی مواد (Material Safety Data Sheet) مربوط به رنگ ها به آن اشاره شده است در هنگام اعمال رنگ در صورتی که اقدامات ایمنی لازم رعایت نگردد آسیب های جبران ناپذیری به فرد و یا افرادی که به نحوی با رنگ در ارتباط هستند وارد خواهد شد که از این جمله می توان به بیماری های خطرناک و مهلک ی نظیر سرطان ریه، سرطان خون، سرطان پوست و... اشاره کرد. کمترین خطری که یک فرد را در هنگام اعمال Blasting و رنگ آمیزی تهدید می کند بروز آلرژی های شدید و آسم می باشد.

نکته قابل توجه اینجاست که با رعایت اصول اولیه ایمنی و استفاده از تجهیزات لازم نظیر ماسک فیلتر دار، دستکش مخصوص، لباس و ماسک ویژه و... می توان با اطمینان کامل به انجام کار پرداخت.

در این زمینه باید اقدامات زیر صورت پذیرد:

- دستگاه های پاشش رنگ بدون هوا (Airless) همیشه باید به زمین متصل باشند چراکه نیروی الکتریسیته ساکن در آن بوجود می آید.
- تمامی اتصالات باید محکم باشند.
- شلنگ های معیوب را کنترل و حتی الا مکان آنها تعویض کنید.
- تماس بدن را با رنگ به حد اقل برسانید.
- تا آنجا که ممکن است از لباس های مناسب و استاندارد استفاده نمایید و تمام بدن خود را پوشش دهید.
- دستکش بپوشید.
- چشمان خود را بوسیله عینک محافظت نمایید.
- از کرم صورت جهت حفاظت پوست در مقابل رنگ استفاده نمایید.
- در نور کافی کار کنید.
- از ماسک مناسب استفاده نمایید.
- در صورت احساس گیجی و خواب آلودگی از ادامه کار پرهیز نمایید.
- در تنفس بدون ماسک در محیطی که ذرات تینر به صورت گاز پراکنده شده است به شدت پرهیز نمایید.
- در نظر داشته باشید که رنگ قابل اشتعال و انفجار است، از قرار گرفتن در کنار آتش و حرارت در زمانی که لباس شما به رنگ و یا حلال آغشته است به شدت پرهیز نمایید.
- هرگز سیگار نکشید.

- در صورتیکه از مشروبات الکلی استفاده کرده اید حداقل ۴۸ ساعت در محل کار خود حاضر نشوید. (از مصرف اینگونه مواد پرهیز کنید)
- با رعایت موارد فوق به سلامتی خود بیشتر کمک کنید.



۴- آماده سازی سطوح

❖ مناسب سازی قبل از اعمال:

این مبحث با توجه به امکان بروز تخریب رنگ در زوایا و مقاطع جوشکاری شده و یا عدم امکان اعمال رنگ در پاره ای از سطوح حائز اهمیت می باشد. بر این اساس ضروری است :

(A) لبه های تیز، گوشه ها و جوشها با ظاهر مناسب به روش سنگ زنی اصلاح گردند.

(B) لایه های سخت حاصل از برشکاری به وسیله ابزار مکانیکی تمیز کاری گردند.

(C) سطح باید عاری از Spatter، لبه های تیز، روغن، گریس، زنگ زدگی های عمیق، رطوبت و نمک باشد.

(D) تمامی سطوح می بایست قبل از عملیات Blasting بوسیله آب لوله کشی یا DM شسته شود.

وجود هر یک از این موانع در قطعه کار سبب بروز نواقصی خاص و غیر قابل جبران می گردد به عنوان مثال در مقاطعی که Spatter وجود داشته باشد در نواحی پایینی رنگ به درستی نفوذ نکرده و نقاط مستعد خوردگی بوجود می آیند که نه تنها سلامت رنگ که کارکرد تجهیز را نیز به خطر می اندازند .

یکی از مواد خطرناک و مخرب دیگری که همواره قبل از اعمال Blasting از نبود آن باید اطمینان حاصل نمود وجود گریس و چربی است. چراکه در حضور این گونه مواد و اعمال تمیزکاری بخصوص به روش Dray Abrasive Blasting سبب تریق چربی به روزنه های حاصل از Blasting می گردد و پس از اعمال رنگ چربی موجود در سطوح مانع از چسبیدن رنگ به سطح فلز و در نهایت تخریب پوشش می گردد.

شستشوی سطوح قبل از اعمال Blasting با آب سبب حذف نمک های موجود در سطح شده و از بروز عیب گچی جلوگیری می نماید.

❖ تمیز کاری اولیه:

پس از آماده سازی سطوح و حذف تمامی موانع اولیه می بایست تمیز کاری صورت پذیرد به این ترتیب که باید سعی گردد سطحی عاری از آلودگی فراهم گردد که سبب دفع رنگ نشود. در طراحی روش حذف اکسید ها می بایست زبری مناسب به گونه های حاصل گردد که بیشترین سطح مشترک بین رنگ و فلز بوجود آید. از این رو پس از انجام آماده سازی اولیه می بایست تمامی سطوح از هرگونه مانع جهت برخورد مواد ساینده عاری گردد، همچنین رطوبت موجود بر روی سطح کاملاً از بین رفته باشد و اکسید های نوردی ضخیم و گل جوش و موانعی از این قبل به طور کامل و صحیح حذف گردد.

در صورتی که در فرایند کارکرد، تجهیز با ماده سمی آغشته شده باشد حتی مقدور مواد موجود بر روی سطح و Scale تشکیل شده به روش ایمن و کارآمد حذف گردد و از ورود آن به مواد ساینده جلوگیری به عمل آید .

از طرفی سطوح حساس به زبری و سایش نظیر سطوح بیرونی فلنج ها Face Of Flange به درستی پوشش شده و اطمینان حاصل گردد که Blind به درستی صورت گرفته

است. دقت گردد تمیز کاری ناقص اولیه زمینه ساز بروز عیوب مخرب و غیر قابل جبرانی در رنگ خواهد شد.

❖ حذف اکسید ها به روش های امکان پذیر:

- Mechanical Cleaning یا تمیز کاری مکانیکی:

با این روش می توان پوسته های نوردی، پلیسه و سایر آسیب های کارگاهی را رفع نمود ولی این مهم را نیز باید در نظر داشت که احتمال ورود آسیب به قطعه کار در روش تمیز کاری مکانیکی بسیار زیاد می باشد چرا که همزمان با حذف اکسید ها حجم قابل توجهی فلز سالم ساییده شده و از بین خواهد رفت.

از مشخصه ها و معایب بارز این روش میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

☒ سطحی ضعیف خواهیم داشت (به این معنی که زبری مناسب با این روش به دست نخواهد آمد)

☒ انرژی انجام کار بالا است.

☒ آسیب ها و فرورفتگی در اثر برخورد صفحه سنگ به قطعه بوجود آمده که در نهایت این عیوب خود را بر روی رنگ نشان خواهند داد.

☒ پس از تمیز کاری با این روش نیاز به بهره گیری از روش های دیگر نظیر Dick Paper جهت ایجاد زبری می باشد.

☒ مدت زمان انجام کار بسیار بالا است..

- Blast Cleaning (زبره پاشی با ماده ساینده خشک)

Dry Abrasive Blast Cleaning یکی از مطمئن ترین روش های حذف اکسید ها و رسوبات می باشد. در این روش با استفاده از ابزار تولید کننده هوای فشرده و هدایت مخلوط هوای فشرده و مواد ساینده به سمت قطعه کار اکسید های سطحی را حذف نموده و قطعه را آماده رنگ آمیزی می کنند. به این ترتیب همزمان با حذف اکسید ها و مواد اضافه سطحی، زبری و پروفایل سطح مورد نیاز تامین می گردد.

از جمله محاسن این روش تمیز کاری می توان به موارد زیر اشاره نمود:

☒ سطحی مطلوب برای رنگ آمیزی حاصل می گردد و تمامی اکسید ها بدون آسیب دیدن فلز پایه حذف می گردند.

☒ زبری حاصله مناسب بوده و در نتیجه چسبندگی رنگ به قطعه کار بهبود خواهد یافت.

☒ سرعت انجام کار بسیار بالا است.

☒ این روش تمیز کاری برای تمامی رنگ ها مناسب بوده و کاربرد دارد.

همچنین از جمله معایب این روش می توان به موارد زیر اشاره نمود:

☒ نمک های حل شدنی روی فلز برداشته نمی شود.

☒ جهت انجام کار نیاز به مهارت خاص و تجهیزات ویژه می باشد.

☒ مقدار مواد ساینده مصرفی بالا است.

- Ultra – High Pressure Water Blasting (Hydro Jetting) تمیز کاری با استفاده از

آب با فشار و سرعت بالا:

این روش در صنایع امروزی رفته رفته جای خود را باز نموده است و لی با توجه به محدودیت های کاری از اقبال چندانی برخوردار نبوده و در صنایع کوچک و نیمه توسعه یافته کاربرد ندارد. در این روش با استفاده از آب تصفیه شده و نمک زدایی شده (Sweet Water) با فشار بالا (حد اقل 1800bar) و بالاتر و پاشش آب از طریق نازل های چرخشی به سطح فلز رسوبات حذف شده و تمامی زنگ زدگی ها، رنگ های کهنه، و نمک های روس سطح برداشته می شود. همچنین زبری مناسب نیز حاصل می گردد. از جمله محدودیت های این روش می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ❑ هزینه های بالای انجام کار
- ❑ فرآیند مذکور کاملا تخصصی بوده و جهت انجام کار به کارگر ماهر نیاز است.
- ❑ سرعت انجام کار بسیار پایین است.
- ❑ جهت اعمال لایه اول (Primer) تنها از رنگ های خاصی می توان بهره برد.
- ❑ در صورت بروز وقفه در کار سطح فلز به سرعت اکسید شده و نیاز به انجام کار مجدد می باشد.

بر اساس موارد گفته شده و با در نظر گرفته حساسیت های موجود در صنایع از نظر خوردگی و آسیب هایی که هر ساله به تجهیزات وارد می گردد مقرون به صرفه ترین و کاربردی ترین روش تمیز کاری سطوح و آماده سازی برای اعمال رنگ بهره گیری از روش Dry Abrasive Blast Cleaning می باشد.



۵- زبره پاشی (Blasting):

قبل از انجام عملیات زبره پاشی (Abrasive Blasting) ضروری است آماده سازی بر اساس موارد گفته شده در مبحث ۴ صورت پذیرد لذا جهت حذف روغن و گریس که معمولا از فرایند هایی نظیر تست هیدرواستاتیکی و یا پروسه کارکرد تجهیز بر جای مانده است می توان با استفاده از حلال هایی نظیر تینر مواد چربی موجود را حل نمود ساده ترین روش بررسی و اطمینان از عدم وجود چربی بر روی سطح پاشش مقدار جزئی آب بر روی سطح می باشد به این ترتیب که اگر آب به صورت قطره ای ظاهر شد بیانگر چرب بدن سطح بوده و در صورتیکه آب به صورت رگه ای شروع به حرکت کرد می توان نتیجه گرفت که سطح عاری از هرگونه چربی است.

در صورت باقی ماندن چربی بر روی سطح و انجام زبره پاشی مواد موجود در سطح توسط مواد ساینده به قطعه کار نفوذ کرده و دیگر قابل استخراج نمی باشند و به شکل قابل توجهی چسبندگی رنگ را کاهش داده و زمینه ساز بروز عیوبی نظیر Fish Eyes خواهند بود.

از جمله موارد موثر دیگر در افزایش کاربرد روش Dry Abrasive Blasting انتخاب صحیح مواد ساینده می باشد. این مواد باید از نظر سختی و استحکام در درجه بالاتری نسبت به سطوح کار باشند به گونه ای که پس از برخورد به سطح و شکستن رسوبات و حذف آنها بدون خورد شدگی و باقی ماندن در سطح از قطعه جدا شده و پایین بریزند. این مواد باید غیر آلوده به خاک، سیلیکای آزاد، گرد و غبار، رطوبت و... باشند و هرگز از مواد نرم تر نباید استفاده نمود.

اندازه ذرات بستگی به زبری مورد نیاز متغیر بوده و برای مصارف عمومی بین 0.2~1mm در نظر گرفته می شود. به این ترتیب که هر چقدر زبری بیشتر مد نظر باشد از مواد ساینده درشت تر استفاده می گردد. تنظیم فاصله ۳۰ سانتیمتری نازل تا سطح کار با زاویه ۶۰ تا ۸۰ درجه بهترین حالت پاشش مواد ساینده است و جهت حصول اطمینان از کیفیت انجام کار باید هوای فشرده عاری از روغن و آب باشد. جهت بررسی کیفیت انجام کار نیاز به در اختیار داشتن مراجع قابل اطمینان می باشد به گونه ای که کار با بهترین کیفیت و بیشترین سرعت انجام پذیرد از این رو از استاندارد های مرجع و کاربردی بهره گرفته می شود.

استانداردها طوری تهیه شده اند که قابل انجام باشند که بر اساس نوع ابزار مصرفی و کیفیت سطح و محدوده جغرافیایی کاربرد دارند. از این دسته می توان به Steel Structure Painting Council (SSPC) و یا British Standard Institution (B.S 4233) اشاره نمود.

در ذیل معرفی عنوان و کاربرد پاره ای از استاندارد ها آورده شده است. بدیهی است با استفاده از استاندارد بر اساس نیاز بوده و مطالعه غیر موردی آنها ضرورت ندارد. نکته قابل توجه در مورد استاندارد توجه به نوع آن می باشد که استاندارد از نوع مرجع (Reference) بوده و یا حاوی راهنمایی (Guide Line) می باشد.

✦ معرفی استاندارد:

- ISO 8501: بررسی چشمی تمیزی سطوح (مرجع)
- ISO8502: آزمون های بررسی کیفیت و تمیزی سطوح
- ISO8503: ویژگی زبری سطح برای فولاد های تمیز کاری شده به روش Blast Cleaning
- ISO8504: روش های آماده سازی سطوح
- Sa1: تمیز کاری به صورت زبره پاشی خفیف (Light Blast Cleaning)
- Sa2: تمیز کردن به صورت زبره پاشی عمیق (Through Blast Cleaning)
- Sa2 1/2: تمیز کردن به صورت زبره پاشی عمیق تر (Very Through Blast Cleaning)
- Sa3: تمیز کردن به صورت زبره پاشی تا درجه نمایان شدن سطح فولاد (Visually Clean Steel)
- St1: تمیز کردن دستی و دستگاهی (آماده سازی توسط دست و دستگاه از قبیل برس سیمی زدن، برس زدن ماشینی.
- St2: تمیز کردن دستی و دستگاهی شدید(حذف اکثر آلاینده ها و لایه های اکسیدی از روی سطح)
- St3: تمیز کردن دستی و دستگاهی بسیار شدید (این درجه شبیه St2 است اما سطح باید بسیار دقیق پرداخت شود تا بتوان جلا و درخشندگی متالیک را از روی سطح فلز با چشم دید .
- F1: تمیز کردن با شعله

بر اساس عناوین گفته شده بازرسی و یا طراحی رنگ می تواند به استاندارد مربوطه مراجعه نموده و کیفیت کار خود را مقایسه نماید و در صورت وجود مغایرت اقدام به علت یابی و رفع عیب نماید.

دقت گردد استاندارد های معرفی شده با عنوان Sa و St بیانگر کیفیت تمیزی سطوح می باشند و برای بررسی کیفیت زبری سطوح می بایست به استاندارد ISO8503 مراجعه نمود . در اکثر صنایع و کارگاه های رنگ و پوشش همواره این اشتباه رخ می دهد که کیفیت زبری سطح نیز بر اساس Sa2 1/2 بررسی شده و استناد می گردد.

روش ارزشیابی کیفیت چشمی سطوح

فولادی:

سطح فولاد می بایست تحت نور خورشید و یا منبعی معادل آن بررسی گردد و سطوح حاصله را با تصاویر مرجع موجود در استاندارد های مربوطه مقایسه گردد. برای بررسی درجات زنگ زدگی بدترین درجه مشاهده شده را به عنوان درجه ارزیابی شده ثبت کنید و در صورتیکه بررسی برای درجات آماده سازی سطح می باشد، نزدیکترین درجه مشابه با حالت ظاهری سطح فولادی را به عنوان درجه ارزیابی شده ثبت کنید.

نکته:

افزون بر نوع روش انتخابی تمیز کردن به عنوان مثال تمیز کردن به روش زبره پاشی عوامل زیر می تواند بر نحوه ارزیابی تاثیر گذار باشد:

- (a) وضعیت اولیه سطح فولاد که در گروه های زنگ زدگی معرفی شده نبوده باشد.
- (b) فام ذاتی فولاد
- (c) قسمت های با زبری متفاوت که ناشی از تفاوت در حملات خوردگی یا زدودن غیر یکنواخت مواد سطحی می باشد.
- (d) غیر یکنواختی سطحی مانند فرورفتگی ها و دندانها.
- (e) نورپردازی ناهمگن.
- (f) نشانه های ناشی از ابزار و وسایل کار
- (g) ساینده های فرو رفته و حبس شده.

هدف از آماده سازی سطح بجز حذف اکسیدها، بوجود آوردن زبری جهت افزایش میزان چسبندگی است.

زبری به فرورفتگی ها و برجستگی های سطح فلز اطلاق می شود که در اثر برخورد مواد ساینده به سطح بوجود می آیند. مکانیزم تاثیر زبری بر روی چسبندگی به قرار زیر می باشد:

علاوه بر تشکیل باند بین رنگ در حالت خیس رنگ بین خلل و فرج نفوذ می کند و به بیان دیگر سطح مشترک بین فلز و رنگ افزایش می یابد. به این ترتیب هر چقدر که زبری بیشتر در نظر گرفته شود سطح مشترک بیشتری حاصل خواهد شد. از مهمترین فاکتور های تاثیر گذار بر زبری نوع و اندازه دانه های ساینده می باشد که می بایست بر اساس ضخامت لایه اول پوشش محاسبه و انتخاب گردند. این نکته را نیز باید در نظر داشت که عمق حفرات ایجاد شده (زبری میانگین) هرگز

نباید از 3/4 ضخامت لایه اول تجاوز نماید. چرا که در این صورت فلز از پوشش بیرون مانده و سبب بروز عیوب بعدی می گردد.

درجات زنگ چنانچه در قسمتهای قبل نیز به آن اشاره شد تاثیر مستقیم بر روی کیفیت سطح دارند و گاه ممکن است نیاز به چند بار زبره پاشی جهت دسترسی به کیفیت سطح مناسب وجود داشته باشد. به این نکته توجه گردد که زبره پاشی مجدد میزان زبری سطوح را کاهش داده و در نهایت هزینه های انجام کار را افزایش می دهد.

درجه زنگ نوع A) این نوع اکسید به سبب یکپارچه بودن و سختی بالا می بایست بوسیله ذرات ساینده سخت نظیر Garnet تمیزکاری گردد.
سطوح زیر این نوع اکسید ها به دلیل محافظت لایه یکپارچه اکسید سیاه رنگ سالم و کاملاً براق است.

درجه زنگ نوع B) این نوع اکسید به سبب از دست دادن یکپارچگی در برخی نقاط دچار زنگ زدگی شده است ولی همچنان بر روی سطح اکسید آهن سیاه رنگ وجود دارد لذا می بایست بوسیله ذرات ساینده سخت نظیر Garnet تمیزکاری گردد.
سطوح زیر این نوع اکسید ها به خوبی محافظت نشده و در مقاطع زنگ زده فلز در اثر خوردگی دچار فرورفتگی شده و سطح نهایی تا حدی غیر یکنواخت می باشد.

درجه زنگ نوع C) این نوع اکسید به سبب از دست دادن لایه اکسید آهن سیاه در اکثر مقاطع دچار خوردگی و Mass Lose شده و لایه های اکسید آهن قرمز رنگ متخلخل بوجود آمده است که از نظر سختی در درجه پایینی می باشد و با توجه به ماهیت متخلخل بودن آن نیاز به صرف زمان برای حذف اکسید های سطحی می باشد. لذا می توان جهت زبره پاشی از ذرات ساینده ای نظیر Grit بهره برده شود. سطوح زیر این نوع اکسید ها به محافظت نشده و در معرض خطر خوردگی های حفره ای و شیار می باشد.

درجه زنگ نوع D) این نوع اکسید در اثر رشد فرآیند های خوردگی بروز نموده است و لایه های زنگ به سطوح فلزی آسیب رسانده و سطح را تحت تاثیر خود قرار داده اند. حذف این نوع اکسید زمان زیادی را به خود اختصاص می دهد و در صورت عدم حذف فلز دچار آسیب جدی خواهد شد.
جهت حذف می توان از مواد ساینده ای نظیر ماسه کم سیلیس، مسبار، مسبار با درصد آهن بالا و غیره بهره برد. ولی با توجه به میزان رشد خوردگی کیفیت سطح حاصله مطلوب نبوده و در برخی موارد نیاز به بازسازی سطح به روش های جوشکاری یا روش های مشابه می باشد.

بر اساس موارد گفته شده بهترین ماده ساینده مورد استفاده می تواند مسبار با اکسید آهن بالا باشد چرا که توانایی حذف تمامی رسوبات را داشته و از طرفی با توجه به سختی بالا در سطح فلز باقی نمی ماند و در نهایت سطحی عاری از اکسید و زبر خواهیم داشت.

آماده سازی مکانیکی سطوح:

بر اساس استاندارد های بین المللی SIS055900, DIN55928, SSPC, BS آماده سازی سطح با مواد ساینده دارای درجات مختلف و در نهایت نماهای ظاهری متفاوت می باشد. با توجه به نوع آستری مصرفی حداقل درجه آماده سازی سطح باید انجام گیرد چرا که درجه تمیزی سطح در عمر پوشش تاثیر مستقیم دارد.

چهار درجه آماده سازی یا تمیزی سطوح وجود دارد که عبارتند از:

Sa1: تمیز کردن به صورت زبره پاشی خفیف

سطح فولاد پس از زبره پاشی و به هنگام بازرسی چشمی بدون استفاده از ذره بین باید عاری از روغن، چربی، کثیفی و نیز لایه اکسیدی حاصل از نورده باشد.

Sa2: تمیز کردن سطح به صورت زبره پاشی کامل

سطح فولاد پس از زبره پاشی و به هنگام بازرسی بایستی عاری از روغن، چربی، و کثیفی باشد و نیز بیشترین مقدار لایه اکسید حاصل نورد، زنگ و پوشش های رنگ خارجی از روی سطح زدوده شده باشد، هرگونه مواد آلاینده باقیمانده باید به سختی به سطح چسبیده باشد. میزان اکسید باقیمانده حدود ۲۰٪ می باشد.

Sa 2 1/2: تمیز کردن به صورت زبره پاشی کاملتر

سطح فولاد پس از زبره پاشی و به هنگام بازرسی بایستی عاری از روغن، چربی، و کثیفی باشد و نیز بایستی لایه اکسید حاصل نورد، زنگ و پوشش های رنگ خارجی از روی سطح به صورت کامل زدوده شده باشد هرگونه اثر بجا مانده از مواد آلاینده، فقط به صورت لکه های جزئی و بشکل خال ها و نوار به نظر خواهد آمد. تنها حدود ۵٪ از اکسید ها باقی مانده و بقیه حذف شده است.

Sa3: تمیز کردن به صورت زبره پاشی تا درجه ای

که تمیزی فولاد با چشم دیده شود

سطح فولاد پس از زبره پاشی و به هنگام بازرسی بایستی عاری از روغن، چربی، و کثیفی باشد و نیز بایستی لایه اکسید حاصل نورد، زنگ و پوشش های رنگ خارجی از روی سطح به صورت کامل زدوده شده اینچنین سطحی باید دارای نمای فلزی یکنواخت باشد. در این حالت تمامی اکسید ها می بایست حذف شده باشد.

	BRUSH OFF	COMMERCIAL	NEAR WHITE METAL	WHITE METAL
SSPC	SP 7	SP 6	SP 10	SP 5
NACE	No.4	No.3	No.2	No.1
SWEDISH	Sa.1	Sa.2	Sa.2.5	Sa.3

 Condition A Unblasted	 Condition A Blasted Sa.1	 Condition A Blasted Sa.2	 Condition A Blasted Sa.2.5	 Condition A Blasted Sa.3
 Condition B Unblasted	 Condition B Blasted Sa.1	 Condition B Blasted Sa.2	 Condition B Blasted Sa.2.5	 Condition B Blasted Sa.3
 Condition C Unblasted	 Condition C Blasted Sa.1	 Condition C Blasted Sa.2	 Condition C Blasted Sa.2.5	 Condition C Blasted Sa.3
 Condition D Unblasted	 Condition D Blasted Sa.1	 Condition D Blasted Sa.2	 Condition D Blasted Sa.2.5	 Condition D Blasted Sa.3

- Condition A. Steel surface covered completely with adherent mill scale and with little if any, rust.
- Condition B. Steel surface which has begun to rust and from which the mill scale has begun to flake.
- Condition C. Steel surface on which the mill scale has rusted away, or from which the mill scale can be scraped, but having little pitting visible to the naked eye.
- Condition D. Steel surface on which the mill scale has rusted away, and on which considerable pitting is visible to the naked eye.

زدودن گرد و غبار پس از انجام زبره پاشی ضروری می باشد و به روش های مختلفی بر اساس ابزار آلات و امکانات صورت می گیرد. بهترین روش تمیز کاری با خلا و یا همان Vacuum Cleaner می باشد. راه دیگر تمیز کاری استفاده از برس بوده و پراکنده کردن گرد و غبار را می توان با هوای فشرده نیز انجام داد.

جهت کنترل و اطمینان از حذف کامل گرد و غبار می توان از نوار چسب بهره برد بهتر است نوار چسب مصرفی شفاف و شیشه ای باشد به این ترتیب که نوار را بر روی سطح چسبانده سپس جدا می کنیم و آن را به روی یک صفحه کاغذ انتقال داده و وجود گرد و غبار را بررسی می کنیم. دقت گردد گردو غبار به گونه ای حذف گردد که در هنگام رنگ آمیزی مجددا قابلیت بازگشت را نداشته باشند چه از طریق باد و جریان هوا، چه از طریق ریزش از سقف و چه به همراه ابزار کار.

بر اساس موارد گفته شده جهت طراحی و اجرای یک سیستم آماده سازی صحیح سطوح به روش Blast Cleaning می بایست موارد زیر را در نظر داشت:

- نوع اکسید سطحی
- نوع پوشش لایه اول
- میزان ضخامت لایه اول
- انتخاب مواد ساینده صحیح
- اعمال زبره پاشی بر اساس استاندارد مشخص شده در دستورالعمل
- پرهیز از اعمال مواد ساینده مرطوب و آلوده به گرد و غبار و یا چربی
- کنترل صحیح روند اعمال زبره پاشی و اطمینان از تمیزی تمامی گوشه ها و زوایا
- حذف گرد و غبار و مواد باقیمانده از زبره پاشی
- اعمال پوشش لایه اول در اولین زمان ممکن.

همچنین جهت بهتر شدن کیفیت سطح حاصل از زبره پاشی می توان اقدامات زیر را صورت داد:
- نصب شیر ماکرو: این تجهیز با تنظیم میزان مواد ساینده مصرفی به نسبت هوا از افت فشار و پرتاب ماسه مجتمع جلوگیری می کند و در نهایت مصرف مواد ساینده و مدت زمان انجام کار به میزان چشمگیری کاهش خواهد داد.



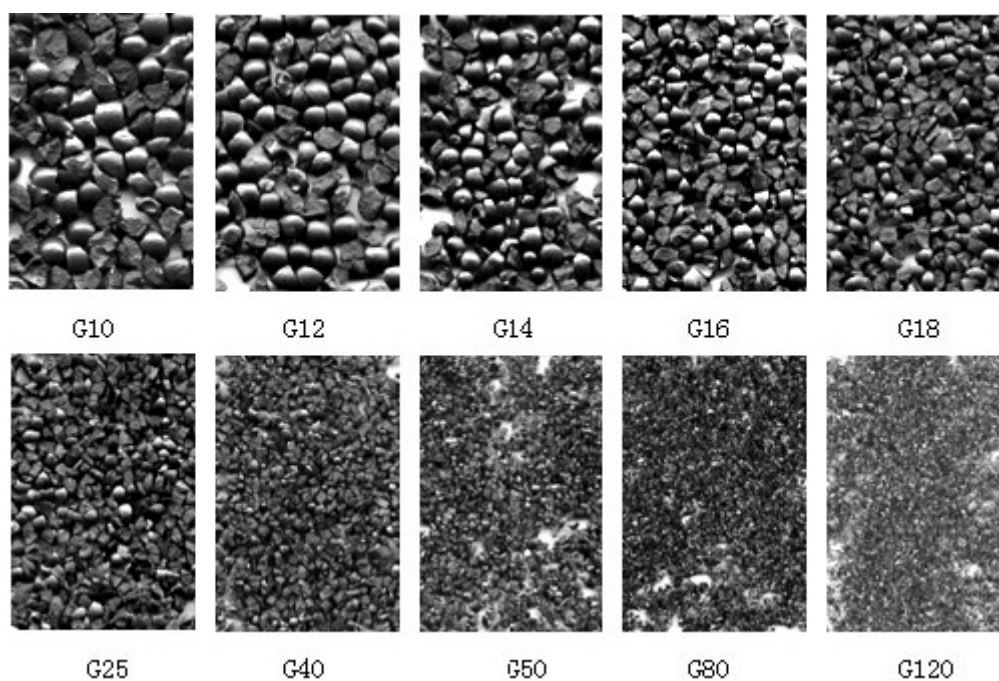
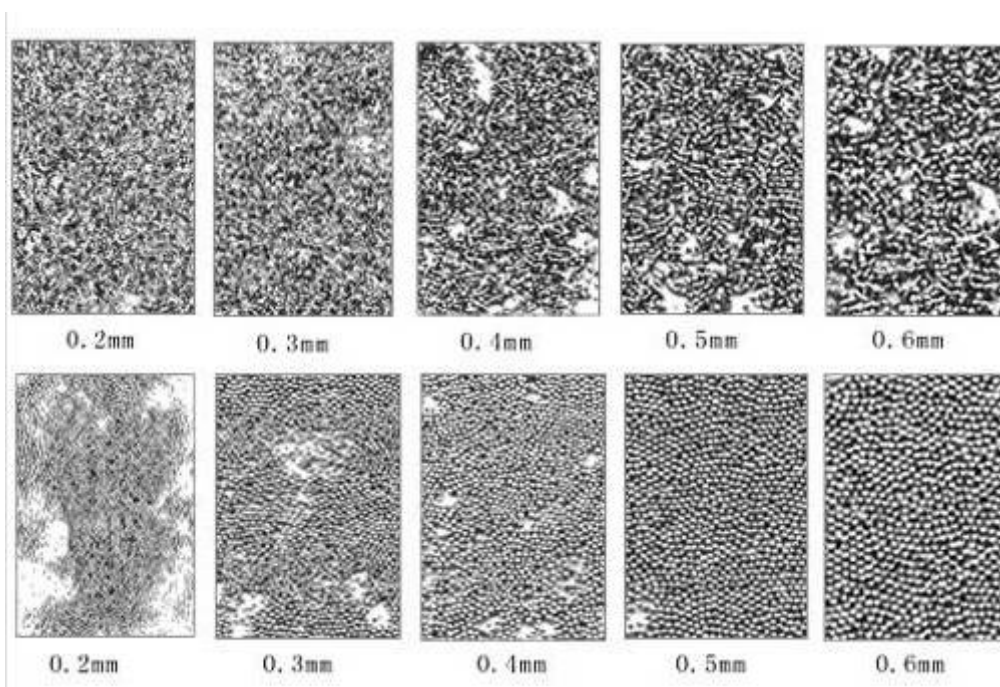
- استفاده از HVMS: رطوبت گیر با حجم بالا (High Volume Moisture Separator) کمک شایانی به حذف رطوبت و مواد روغنی احتمالی در هوای خروجی از کمپرسور نموده و از بروز عیوبی نظیر Chalking , Blushing, fading و... جلوگیری می نماید.



- تنظیم فشار پشت نازل: بدست آوردن میزان واقعی فشار و محاسبه عدد حقیقی افت فشار و در نهایت افزایش فشار سیستم به حد مطلوب سرعت انجام کار را به مراتب افزایش خواهد داد.



- انتخاب مواد ساینده: با توجه به زبری مورد نیاز، جنس تجهیز و همچنین نوع اکسید های تشکیل شده بر روی سطح می بایست مواد ساینده انتخاب و مصرف گردند. دقت گردد مواد مورد استفاده باید عاری از هرگونه گرد و غبار، ذرات سیلیسی، رطوبت و چربی باشند.



- انتخاب نازل: دقت داشته باشید انتخاب نازل ارزان قیمت نه تنها مقرون به صرفه نیست که در اثر سایش و افزایش قطر داخلی نازل افت شدید فشار بوجود خواهد آمد.



- رعایت شرایط مجدد استفاده از مسبار:

قبل از استفاده مجدد از مواد ساینده موارد زیر را بررسی کرده و صحت انجام کار اطمینان حاصل نمایید:

- ← مواد ساینده بر روی سطوح آلوده به مواد روغنی و گریس پاشیده نشود.
 - ← محیط کار کاملاً خشک و عاری از رطوبت باشد
 - ← تمامی مکان‌هایی که امکان دارد از آنجا گرد و غبار و خاک با مواد ساینده مخلوط گردد را شناسایی و حذف نمایید.
 - ← از ورود سنگ ریزه به مواد ساینده جلوگیری نمایید.
 - ← با استفاده از غربال و الک‌های دانه ریز ذرات میکرونی بوجود آمده را حذف کنید و مواد باقیمانده بر روی الک را استفاده نمایید.
 - ← دقت گردد ذرات و اکسیدهای فلزی با مواد ساینده مخلوط نشده باشند.
 - ← جهت جدا سازی گرد و غبار از مواد ساینده می‌توان از Cyclone بهره برد.
 - ← بهتر است از دستگاه‌های باز یافت استفاده گردد.
- نکته: در هنگام کار با مواد ساینده همواره از ماسک و تجهیزات ایمنی استفاده نمایید.



۶- ایمنی تولیدات

قبلا از استفاده از رنگ می بایست از نوع و کیفیت و مسائل ایمنی آن اطمینان حاصل کنید. رنگهای تولیدی خواص مختلفی دارند و تنوع در آنها زیاد است. خواص رنگی را که می خواهید استفاده کنید قبلا مطالعه کنید. عموما پوشش ها موادی شیمیایی هستند لذا دارای دستورات ایمنی و روش های استفاده خاص می باشند. بنابراین توضیحات و اطلاعات آنها را بکار ببرید. در زیر نمونه ای از اطلاعات فنی رنگ Inorganic Zinc Ethyl Silicate ساخت شرکت JOTUN آورده شده است. همچنین نمونه ای از MSDS این نوع رنگ و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در کارگاه رنگ آمیزی نیز ارائه شده است.

Technical Data



RESIST-AV

PRODUCT DESCRIPTION : A two pack, inorganic ethyl silicate zinc rich primer. The cure rate is dependent on temperature and relative humidity.

RECOMMENDED USE : Protection of blast-cleaned steel. Normally used in combination with an epoxy system for optimum protection against corrosion. Withstands temperatures up to 752°F (400°C).

TECHNICAL INFORMATION :

Color	: Gray-Green	Abrasion Resistance	: Very good
Solids (% by volume)	: 71% ± 2	Water Resistance	: Very good
VOC	: 2.8 lbs/gal (336 gms./ltr.)	Solvent Resistance	: Excellent
Flash point	: 69°F (20°C)		
Gloss	: Flat		
Flexibility	: Limited		
Chemical Resistance	: Excellent within pH range of 6-10		

	Film thickness per coat		Theoretical spreading rate
	Dry	Wet	
Application Range	2.0 - 4.0 mils (50 - 100 µm)	3.0 - 6.0 mils (75 - 150 µm)	1158 ft ² /gal (28.4 m ² /ltr.) per dry mil (25 µm)
Typical	3.0 mils (75 µm)	5.0 mils (125 µm)	380 ft ² /gal (9.3 m ² /ltr.)

APPLICATION DATA :

Application Methods	: Spray airless preferred. Brush may be used for small areas.
Mixing Instructions	: A two component product with liquid resin and dry zinc dust pigment supplied in separate containers. The two components must be mixed as follows: Add the zinc dust pigment, Component B, slowly to liquid, Component A, stirring continuously. Pigment must be added to liquid, not liquid into pigment. Stir until uniformly mixed, then strain through a 50 mesh strainer. Continuous agitation during application is recommended.
Thinner/Cleaner*	: Jotun Thinner No. 17
Pot Life @ 73°F (23°C)	: 8 hours
Guiding data airless spray	
Pressure at nozzle	: 2100 psi (15 MPa 150 kp/cm ²)
Nozzle tip	: 0.017 - 0.026" (0.43 - 0.66 mm)
Spray angle	: 40 - 80°
Filter	: Check to ensure that the filters are clean.
Max Thinning Permissible Per VOC Regulations	: This product is compliant AIM VOC regulations. Consult the product label for the maximum amount of thinner allowed per these regulations.

NOTE: * Solvent levels should not exceed those allowed per VOC regulations.

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

HAZARDS IDENTIFICATION (ANSI Section 3)

Primary route(s) of exposure : Inhalation, skin contact, eye contact, ingestion.

Effects of overexposure :

Inhalation : Irritation of respiratory tract, lungs. Prolonged inhalation may lead to loss of appetite, mucous membrane irritation, fatigue, drowsiness, dizziness and/or lightheadedness, headache, un coordination, nausea, vomiting, diarrhea, chest pain, blurred vision, flu-like symptoms, coughing, sneezing, difficulty with speech, central nervous system depression, intoxication, confusion, anesthetic effect or narcosis, difficulty of breathing, fever and chills, tremors, abnormal blood pressure, severe lung irritation or damage, liver damage, kidney damage, pulmonary edema, loss of consciousness, cyanosis, respiratory failure, asphyxiation, death.

Skin contact : Irritation of skin. Prolonged or repeated contact can cause dermatitis, defatting, blistering. Possible sensitization to skin. Skin contact may result in dermal absorption of component(s) of this product which may cause drowsiness, central nervous system depression.

Eye contact : Irritation of eyes. Prolonged or repeated contact can cause conjunctivitis, blurred vision, tearing of eyes, redness of eyes, severe eye irritation, severe eye irritation or burns, corneal injury.

Ingestion : Ingestion may cause lung inflammation and damage due to aspiration of material into lungs, mouth and throat irritation, mucous membrane irritation, drowsiness, dizziness and/or lightheadedness, headache, uncoordination, nausea, vomiting, diarrhea, gastro-intestinal disturbances, abdominal pain, visual disturbances, central nervous system depression, intoxication, anesthetic effect or narcosis, difficulty of breathing, liver damage, kidney damage, pulmonary edema, convulsions, loss of consciousness.

Medical conditions aggravated by exposure : Eye, skin, respiratory disorders blood disorders. Kidney disorders liver disorders nervous system disorders respiratory disorders

FIRST-AID MEASURES (ANSI Section 4)

Inhalation : Remove to fresh air. Restore and support continued breathing. Get emergency medical attention. Have trained person give oxygen if necessary. Get medical help for any breathing difficulty.

Skin contact : Flush from skin with water. Then wash thoroughly with soap and water. Remove contaminated clothing. Wash contaminated clothing before re-use.

Eye contact : Flush immediately with large amounts of water, especially under lids for at least 15 minutes. If irritation or other effects persist, obtain medical treatment.

Ingestion : If swallowed, obtain medical treatment immediately.

FIRE-FIGHTING MEASURES (ANSI Section 5)

Fire extinguishing media : Dry chemical or foam water fog. Carbon dioxide. Closed containers may explode when exposed to extreme heat or fire. Vapors may ignite explosively at ambient temperatures. Vapors are heavier than air and may travel long distances to a source of ignition and flash back. Vapors can form explosive mixtures in air at elevated temperatures. Closed containers may burst if exposed to extreme heat or fire. May decompose under fire conditions emitting irritant and/or toxic gases.

Fire fighting procedures : Water may be used to cool and protect exposed containers. Firefighters should use full protective clothing, eye protection, and self-contained breathing apparatus. Self-contained breathing apparatus recommended.

Hazardous decomposition or combustion products : Carbon monoxide, carbon dioxide, acrid fumes, oxides of silicon, toxic gases, smoke and soot. Ethanol

ACCIDENTAL RELEASE MEASURES (ANSI Section 6)

Steps to be taken in case material is released or spilled : Comply with all applicable health and environmental regulations. Eliminate all sources of ignition. Ventilate area. Ventilate area with explosion-proof equipment. Spills may be collected with absorbent materials. Use non-sparking tools. Evacuate all unnecessary personnel. Place collected material in proper container. Complete personal protective equipment must be used during cleanup. Large spills - shut off leak if safe to do so. Dike and contain spill. Pump to storage or salvage vessels. Use absorbent to pick up excess residue. Keep salvageable material and rinse water out of sewers and water courses. Small spills - use absorbent to pick up residue and dispose of properly.

HANDLING AND STORAGE (ANSI Section 7)

Handling and storage : Store below 80f. Store below 100f (38c). Keep away from heat, sparks and open flame. Keep away from direct sunlight, heat and all sources of ignition.

Other precautions : Use only with adequate ventilation. Do not take internally. Keep out of reach of children. Avoid contact with skin and eyes, and breathing of vapors. Wash hands thoroughly after handling, especially before eating or smoking. Keep containers tightly closed and upright when not in use. Empty containers may contain hazardous residues. Ground equipment when transferring to prevent accumulation of static charge.

EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION (ANSI Section 8)

Respiratory protection : Control environmental concentrations below applicable exposure standards when using this material. When respiratory protection is determined to be necessary, use a NIOSH/MSHA (Canadian z94.4) Approved elastomeric sealing- surface face piece respirator outfitted with organic vapor cartridges and paint spray (dust/mist)

profilers. Determine the proper level of protection by conducting appropriate air monitoring. Consult 29CFR1910.134 For selection of respirators (Canadian z94.4).

Ventilation : Provide dilution ventilation or local exhaust to prevent build-up of vapors. Use explosion proof equipment. Use non-sparking equipment.

Personal protective equipment : Eye wash, safety shower, safety glasses or goggles. Impervious gloves, impervious clothing, face shield.

STABILITY AND REACTIVITY (ANSI Section 10)

Under normal conditions : Stable see section 5 fire fighting measures

Materials to avoid : Oxidizers, acids, reducing agents, bases, isocyanines, halogens, amines. Alkalis water, carbon tetrachloride (at elevated temperatures), aluminum, alkali metal, nitric acid, metal compounds, phosphorus, potassium tert-butoxide, sodium, potassium.

Conditions to avoid : Elevated temperatures, moisture, contact with oxidizing agent, sparks, open flame, ignition sources.

Hazardous polymerization : Will not occur

TOXICOLOGICAL INFORMATION (ANSI Section 11)

Supplemental health information : Contains a chemical that is moderately toxic by ingestion. Contains a chemical that is toxic by dermal absorption. Contains a chemical that is readily absorbed through skin. Contains a chemical that may be absorbed through skin. Excessive inhalation of fumes may lead to metal fume fever characterized by a metallic taste in mouth, excessive thirst, coughing, weakness, fatigue, muscular pain, nausea, chills and fever. Notice - reports have associated repeated and prolonged occupational overexposure to solvents with permanent brain and nervous system damage. Intentional misuse by deliberately concentrating and inhaling the contents may be harmful or fatal. Other effects of overexposure may include toxicity to liver, kidney, lungs, central nervous system, blood, heart, reproductive system.

Physical Data (ANSI Sections 1, 9, and 14)

Product Code: 304E0200

Description : alkyl silicate inorganic zinc coating - gray liquid

Wt. / Gal. : 10.67

VOC gr. / ltr. : 557.66

% Volatile by Volume : 61.12

Flash Point :60⁰f **Boiling :**173-355⁰f

۷- رنگ:

اجزاء رنگ:

رنگهای آلی یا پوششهای الی عمدتاً به منظور حفاظت از سطوح و تزئین استفاده می شوند. بیشتر رنگها از اجزاء زیر تشکیل می شوند:

- رنگدانه و رنگدانه یار

- رزین

- حلال

- مواد افزودنی

البته مواردی وجود دارد که تمام اقلام ذکر شده ممکن است در فرمولاسیون رنگ وجود نداشته باشند. مثلاً در مورد لاک ها، رنگدانه و رنگدانه یار در فرمولاسیون لاک به کار برده نمی شود یا پوشش های بدون حلال مانند رنگ های پودری که در فرمولاسیون آنها از حلال استفاده نشده است. پوشش های پودری، پس از مصرف تحت تأثیر حرارت، سیالیت لازم را به دست می آورند. فرمول بندی رنگ در واقع تعیین میزان مواد تشکیل دهنده رنگ و چگونگی ساخت آن است.

الف) رنگدانه ها و رنگدانه یارها

رنگدانه ها ذرات جامدی هستند که برای بوجود آوردن خصوصیات معینی در رنگ پراکنده می شوند.

ب) رزین ها Resin:

رزین یا بندر یا برگردان فارسی آن « رنگ پایه » پایه اصلی پوشش رنگ را تشکیل می دهد و مسئولیت زمان خشک شدن، چسبندگی به سطح، مقاومت در برابر آب و مواد شیمیایی، سختی و دوام و استحکام پوشش را دارد.

ج) حلال:

یکی دیگر از اجزاء رنگ حلال است. حلال جزء فرار تشکیل دهنده رنگ است که برای حل کردن رنگپایه یا رزین مربوط به رنگ افزوده می شوند. حلال گران روانی رنگ را کنترل می کند، در نتیجه تعیین کننده خصوصیات کاربردی رنگ می باشد بنابراین نه تنها یک حلال باید رزین را حل کند بلکه بلافاصله به محلول گرانروی بدهد که با نیاز کاربردی و نگه داری رنگ مربوط هماهنگ باشد در نتیجه این حلال باید چنان سرعت تبخیری داشته باشد که به رنگ اجازه رسوب و نشستن فیلمی با خواص مورد نیاز را بدهد.

مهمترین خواص حلال ها عبارتند از:

۱) قدرت حلالی

۲) میزان تبخیر

۳) نقطه جوش و طیف تقطیر

۴) نقطه اشتعال و قابلیت شعله وری

۵) مواد افزودنی در رنگها:

مواد افزودنی، یک جزء لازم از پوششها را تشکیل می دهند . مواد افزودنی بسیار زیاد هستند و ذیلاً نام قسمتی از این مواد ذکر می شود .

- ۱ خشک کن ها که در رنگهای هواخشک مورد استفاده قرار می گیرند .
- ۲ مواد پخش کننده پیگمنت
- ۳ مواد ضد ته نشین
- ۴ مواد کنترل کننده گران روانی
- ۵ مواد ضدپوسته
- ۶ مواد تبدیل کننده کشش سطحی
- ۷ مواد ضد کپک یا باکتری
- ۸ مواد ضد خزه یا جلبک
- ۹ مواد ضد کف
- ۱۰ مواد ضد یخ
- ۱۱ مواد جاذب نور ماوراء بنفش
- ۱۲ مواد خوشبو کننده
- ۱۳ مات کننده ها
- ۱۴ موادی که باعث افزایش نقش چکشی در فیلم رنگ می شوند
- ۱۵ مواد نرم کننده

سیستم های رنگ:

سیستم های اعمال رنگ به دو روش جدید و قدیم تقسیم بندی می شوند. چنانچه در مباحث قبل نیز به آن اشاره شد تفاوت این دو سیستم در تعداد لایه ها می باشد به این ترتیب که پرایمر در هر دو سیستم وظیفه محافظت در برابر خوردگی را بر عهده دارد . لایه دوم در صورتی که از نوع Seal Coat نباشد لایه اصلی محافظت کننده از سطح بوده و لایه آخر برای مقابله با شرایط جوی از جمله نور خورشید و یا آسیب های مکانیکی طراحی و اعمال می شود و در سیستم های جدید خصوصیت لایه های ۲ و ۳ در لایه دوم بوجود آمده و تامین می گردد.

لذا همواره باید سعی کرد میزان ضخامت لایه ها حدوداً برابر با دستورالعمل و محاسبات طراحی در نظر گرفته شود و هرگز کمبود ضخامت یک لایه را با لایه بعدی جبران نگرند.

انبار داری:

از جمله شرایط صحیح انبارداری می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- i. رنگ و تینر باید در محفظه ای سر بسته نگهداری شود.
- ii. اگر Shelf Life گذشته باشد و رنگ به حالت ژله ای و یا ساکن در آمده باشد نباید از آن استفاده کرد و می بایست از سیستم انبارداری خارج گردد.
- iii. رنگ باید در اطاقی به دور از نور خورشید و در دمای بین ۴ تا ۲۷ درجه سانتیگراد با تهویه مناسب نگهداری شود.

iv. از قرار دادن رنگ های سنگین همانند پوشش های آستری Primer در محیط های رو باز خود داری کنید.

v. ته نشینی رنگ های سنگین باید به حداقل ممکن برسد، به این منظور می توان هر شش هفته یک بار قوطی رنگ را روی زمین چرخاند.

vi. رنگ های طبیعی احتیاجی به چرخاندن در زمان نگهداری ندارند.

vii. رنگها نباید در ظروف سر باز حتی برای مدت زمان کوتاه نگهداری گردند.

viii. زمانیکه در اثر گذشت مدت زمان انبارداری پوشش و یا انبارداری غلط رنگ به صورت ژله ای در آمده و یا پوسته تشکیل شده بر روی رنگ بیش از ۵ میلیمتر باشد نباید از آن استفاده نمود.

مخلوط کردن رنگ:

خیلی از پوشش ها به عنوان رنگ پایه و هاردنر (سخت کننده) که باید با هم مخلوط گردند تحویل داده می شوند. در خصوص این نوع رنگ ها باید نسبت ترکیب دقیقا همان در صد توصیه شده توسط سازنده باشد. این نکته را همواره باید در نظر داشت که اختلاط غلظت مساوی است با کارایی ضعیف به این ترتیب که یا پوشش دیر تر از زمان ممکن خشک می شود و یا اینکه خصوصیت اصلی خود را از دست می دهد. به عنوان مثال در آستری که میزان جامد کمتر از جزء مایع باشد میزان مقاومت به خوردگی کم شده و اگر جزء مایع کمتر باشد چسبندگی در حد قابل توجهی کاهش می یابد.

بههم زدن رنگ:

برای Mix نمودن رنگ هرگز از چوب یا قطعات فلزی آلوده استفاده نکنید. خصوصا از فرو بردن قطعات فولادی آغشته به زنگ پرهیز کنید. سعی نکنید طوری رنگ را بهم بزنید که اثر گردش روی رنگ باقی بماند. از فرو بردن هوا به درون رنگ در اثر سرعت بالای هم زدن دوری کنید. از یک همزن برقی یا مکانیکی استفاده کنید به گونه ای که بعد از بهم زدن، رنگ یکنواخت بوده و هیچ گونه ذرات چسبیده بهم وجود نداشته باشد. در صورت اعمال آستری همواره در تمام مدت زمان اعمال رنگ باید هم زده شود. از پاشش هر یک از اجزاء رنگ قبل از مخلوط شده کامل به بیرون ظرف پرهیز کنید. ظرفی که در آن رنگ مخلوط می گردد نباید آلوده به رنگ خشک شده و از قبل مانده باشد.

رقیق کردن رنگ:

به منظور رقیق کردن رنگ فقط از تینر ی استفاده کنید که در جدول اطلاعات فنی تولید کننده نوشته شده باشد. در موقع رقیق کردن کمترین میزان ممکن تینر را استفاده نمایید. دقت گردد برای رنگ های دو جزئی ابتدا باید اجزاء با هم ترکیب و مخلوط شده و سپس از تینر برای رقیق سازی استفاده گردد. رقیق نبودن رنگ به اندازه کافی باعث می شود که عیب پوست پرتقالی بروز نموده و یا رنگ تاول بزند و یا اصطلاحا رنگ اسپری خشک شود. میزان تینر مورد نیاز هر نوع رنگ در شرایط آب و هوایی متفاوت می بایست در بروشور رنگ نوشته شده باشد و عمل رقیق سازی دقیقا بر اساس آن صورت پذیرد.

Pot life

در استفاده کردن از رنگها توجه به دو زمان از اهمیت ویژه ای برخوردار است یکی تاریخ مصرف و دیگری مدت زمان نگهداری رنگ پس از مخلوط شدن.

پس از اختلال رنگ باید در مدت زمان مشخصی مورد استفاده قرار گیرد. این زمان به درجه حرارت محیط بستگی دارد. در دمای بالا این زمان کوتاه تر می باشد. برای استفاده صحیح به جدول اطلاعاتی مربوط به هر رنگ باید مراجعه نمود. عمر رنگ و زمان استفاده از آن را می توان با تینر بیشتر کرده و یا به تعویق انداخت چون دو جزء رنگ، فعل و انفعال شیمیایی خود را انجام داده و رنگ غیر قابل مصرف شده است. به طور کلی درجه حرارت بر روی رنگ بر اساس اطلاعات زیر تاثیر می گذارد:

در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد Pot Life برابر با Data Sheet رنگ می باشد.

در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد Pot Life دو برابر Data Sheet رنگ می باشد.

در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد Pot Life برابر نصف زمان مشخص شده در Data Sheet رنگ می باشد.

درجه حرارت هوا (Air Temperature):

رنگ آمیزی در درجه حرارت پایین باعث می شود که رنگ دیر خشک شده و رگه رگه گردد. در درجه حرارت خیلی بالا نیز رنگ به صورت پودری روی سطح می نشیند و سطح زبر و متخلخل میشود. بهترین درجه حرارت برای رنگ آمیزی ۱۵-۳۰ درجه سانتیگراد می باشد.

درجه حرارت فلز (Surface Temperature):

درجه حرارت زیاد سطح فلز، به هنگام رنگ آمیزی سبب خشک شدن سریع رنگ می شود و به همین دلیل خلل و فرج در رنگ باقی می ماند. درجه حرارت پایین سطوح فلزی نیز باعث دیر خشک شدن رنگ می شود. در ضمن در سطوح فلزی سرد که به محل گرم منتقل می شوند احتمال میعان آب بر روی سطح می رود. بنابراین باید صبر کرد تا دمای سطح فلز با دمای محیط یکی شده و سپس رنگ آمیزی را شروع کرد.

رطوبت نسبی و نقطه شبنم (Dew Point):

نقطه شبنم رابطه ای از دما و میزان رطوبت محیط می باشد و برای بدست آوردن آن نیاز به دستگاه سایکرومتر می باشد.

نقطه شبنم را با دمای سطح فلز مقایسه کنید. درجه حرارت سطح فلز باید ۳ درجه سانتیگراد بالا تر از نقطه شبنم باشد. به طور کلی اختلاف درجه حرارت شب و روز سبب میعان شده و رطوبت محیط بر روی سطح می نشیند.

جهت سهولت در محاسبه نقطه شبنم می توان به نمودارها و جداول استاندارد مراجعه نمود.

تهویه:

یک دستگاه تهویه هوا بکار ببرید تا هوای محل رنگ آمیزی تمیز گردد. در فضاهای بسته بخصوص تخلیه هوای مخلوط به حلال های رنگ باید به نحوی صورت گیرد که تاثیرات منفی بر روی سلامتی رنگ پاش و نهایتا کیفیت رنگ آمیزی نداشته باشد. چرا که ذرات معلق رنگ و حلال آنچنانکه فضا های خالی و نایژه های ربه را پر کرده و سبب بیماری های مهلک می شود بر روی سطوح رنگ آمیزی شده نیز نشسته و رنگ را تخریب می کند.

روش های اعمال پوشش :

روش دستی:

برس یا قلم مو وسیله خوبی برای اعمال انواع رنگها می باشد ولی کار با آن به کندی پیش می رود. اما برای جا هایی که قادر به اسپری کردن مستقیم نمی باشیم استفاده از آن توصیه می شود. غلتک یا رول برای رنگ های روغنی و سطح حفاظت شده خوب است. یکی از کاربرد های این روش رنگ آمیزی اعمال رنگ بر روی گرده های جوش است که قبل از رنگ آمیزی آماده سازی شده و به شکل گرده ماهی در آمده اند. جهت اعمال رنگ همواره از برس با کیفیت عالی استفاده نمایید. پوشش اعمال شده با این روش در درز و سوراخهای ریز سطح و خصوصا خطوط جوش نفوذ کرده و لبه های تیز را پوشش می دهد و به این ترتیب عمل حفاظت از سطح با کیفیت بالا تری صورت می پذیرد.



روش های دستگاهی: (Spray Or Air Less)

اعمال رنگ با پیستوله تحت فشار، پوشش با ضخامت کم را در بر دارد و فقط برای محل های کوچک و تعمیر لوازم کوچک توصیه شده است. در این روش اتلاف رنگ زیاد بوده و آلودگی محیط را نیز به همراه دارد.

روش اعمال رنگ بدون هوا (Air Less) سریعترین و بهترین روش برای پوشش دادن می باشد که در هنگام اعمال رنگ به این روش رعایت موارد زیر الزامی است:

- پمپ پاشش حجم، میزان فشار خروجی و ظرفیت کافی را داشته باشد.
 - قطر نازل و پهنی پروانه اندازه متناسب با نوع رنگ را داشته باشد.
- در این موارد حتما از بروشور فنی رنگ کمک گرفته شده و بر اساس اطلاعات فنی رنگ نوع دستگاه Air Less و نازل انتخاب گردد.

Spray Application Methods

روش سنتی Conventional: در این روش اتومایز شدن رنگ با هوای فشرده صورت می گیرد

فشار رنگ : 2~5bar

فشار باد : 2~5 bar

اتومایز کردن رنگ : خیلی خوب

خروجی : پایین

میزان هدر رفتن رنگ: بالا

روش بدون هوا Airless: در این روش اتومایز شدن رنگ بدون هوای فشرده صورت می گیرد

فشار رنگ : 75~300bar

فشار باد : بدون باد

اتومایز کردن رنگ : خوب

خروجی : بالا

میزان هدر رفتن رنگ: پایین

روش مخلوط هوا Air mix: در این روش اتومایز شدن رنگ با کمک هوای فشرده صورت می گیرد

فشار رنگ : 60~175bar

فشار باد : 2~5 bar (هوا جهت افزایش فشار بیشتر در مقایسه با روش بودن هوا اضافه می گردد)

اتومایز کردن رنگ : خیلی خوب

خروجی : میانه

میزان هدر رفتن رنگ: میانه

روش بدون هوا الکترواستاتیکی Airless Electrostatic: در این روش اتومایز شدن رنگ بودن هوای فشرده صورت و با کمک نیروی الکتریکی صورت می گیرد.

فشار رنگ : 75~175bar

فشار باد : بدون باد

نیروی الکترواستاتیکی : 60~90KV

اتومایز کردن رنگ : خوب

خروجی : بالا

میزان هدر رفتن رنگ: پایین

روش بدون هوا جمعی Plural Airless Electrostatic Spinning Disc: در این روش اتومایز شدن رنگ بودن هوای فشرده و با کمک نیروی الکتریکی و یک صفحه چرخان در جلوی نازل صورت می گیرد.

فشار رنگ : 2~3bar

فشار باد : بدون باد

نیروی الکترواستاتیکی : 60~110KV

اتومایز کردن رنگ : خوب

خروجی : میانه تا بالا

میزان هدر رفتن رنگ: بسیار پایین

روش بدون هوا جمعی Plural Airless: در این روش اتومایز شدن رنگ بدون هوای فشرده صورت می گیرد

فشار رنگ : 200~300bar

فشار باد : بدون باد

اتومایز کردن رنگ : خوب

خروجی : بالا

میزان هدر رفتن رنگ: پایین

تمیز کردن ابزار آلات :

تمامی ابزار آلات از قبیل پمپ پاشش، دستگیره پاشش، برسها، مسیر های انتقال رنگ به سیستم، همزن و... که ممکن است برای کار های متفاوت و یا رنگ با فام و کیفیت متفاوت استفاده شود می بایست کاملا تمیز شده و از عدم وجود رنگ و رسوبات رنگی در آنها اطمینان حاصل کرد. تمیز نگه داشتن ابزار آلات باعث افزایش عمر . راندمان بالا تر کار آنها می باشد.

این فرایند بهتر است با تینر انجام شده و در خصوص رنگهای خاص که حلال مخصوص به خود را دارند نظیر ZINGA باید از تینر مخصوص همان رنگ استفاده نمود البته هیچ وقت از ابزار های مکانیکی به جای تینر و بالعکس استفاده نشود. همواره در این خصوص سعی گردد بر اساس اطلاعات فنی سازنده رنگ تمیز کاری صورت پذیرد.

زمان اعمال لایه بعدی:

اکثر لایه های رنگی که خیلی سریع و پشت سر هم اعمال شوند دچار چروکیدگی ، شره و یا سینه کردن و یا سخت نشدن خواهند شد. از طرفی اگر مدت زمان بین اعمال لایه ها بیش از حد باشد ممکن است لایه ها با یکدیگر چسبندگی نداشته باشند. بهترین مرجع جهت بررسی و بدست آوردن این مدت زمان جدول اطلاعات فنی رنگ می باشد. تست اثر انگشت نیز می تواند اطلاعات خوبی از عمل آمدن رنگ را به ما بدهد.

کنترل ضخامت فیلم خشک:

کنترل نهایی رنگ بررسی ضخامت فیلم خشک می باشد . ضخامت خیلی نازک رنگ، به معنای عدم محافظت صحیح از سطوح و اکسیداسیون می باشد. ضخامت بیش از رنگ نیز تعبیری به جز هدر رفتن حجم قابل توجهی رنگ ندارد از طرفی در این حالت رنگ سختی کامل را بدست نیاورده و نرم می ماند.

جهت کنترل صحیح این مهم توسط رنگ پاش می بایست قطعه آزمایشی تهیه شده و بر اساس کیفیت سطح مورد نیاز زبره پاشی گردد و پس از مخلوط کردن رنگ در مدت زمان و تعداد لایه های مشخص رنگ اعمال شده و توسط Wet Gauge مقدار رنگ اعمال شده کنترل گردد و بر اساس این روش مقدار رنگ مورد نیاز و مدت زمان پاشش در یک نقطه محاسبه گردد. در مورد رنگ هایی که قبل از استفاده از Wet Gauge واکنش داده و سریعاً سخت می شوند نیز تعداد لایه های اعمالی در نظر گرفته شده و بعد کنترل ضخامت فیلم خشک رنگ میزان پاشش بر روی قطعه کار محاسبه می گردد.

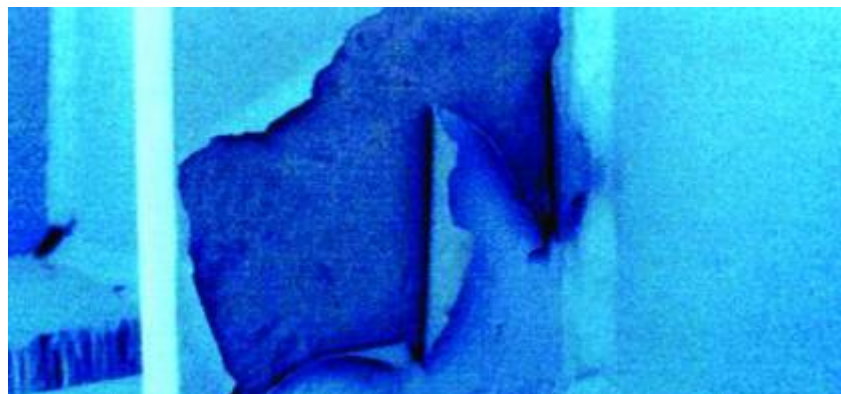
به طور کلی جهت تخمین ضخامت احتمالی فیلم خشک بر اساس مقدار رنگ اعمال شده از فرمول زیر بهره برده می شود:

Wet & Dry Film Thk.

$$\text{WET FILM THK.} = \frac{\text{DRY FILM THK.} \times 100}{\text{VOLUME SOLID}}$$

بر اساس موارد گفته شده با رعایت عوامل زیر می توان به پوششی با کیفیت و ماندگاری بالا دست یافت:

۱. بهره گیری از کارگر ماهر و افزایش سطح توانمندی ها و دانش نیروی کار
۲. استفاده از رنگ با کیفیت بالا
۳. استفاده از وسایل اندازه گیری رطوبت و دمای هوا
۴. توجه به حداقل و حداکثر فاصله زمانی اعمال لایه ها
۵. انتخاب صحیح وسایل و تجهیزات اعمال رنگ
۶. نظارت و کنترل بر روند صحیح انجام کار
۷. حداقل استفاده از تینر
۸. اضافه نمودن تینر (در صورت پیشنهاد سازنده رنگ) در هنگام هم زدن رنگ
۹. در نظر داشتن نسبت صحیح مخلوط کردن اجزاء رنگ
۱۰. هم زدن صحیح رنگ به گونه ای در هنگام انجام کار هوا به درون رنگ نفوذ نکند و حباب های هوا بر روی رنگ تشکیل نشود.
۱۱. رعایت Pot Life
۱۲. رعایت و تنظیم غلظت رنگ بر اساس نوع رنگ، درجه دمای محیط و سطح کار
۱۳. انتخاب روش صحیح و عملی اعمال پوشش
۱۴. پرهیز از اعمال رنگ در دمای زیر ۱۰ درجه سانتیگراد(به دستورالعمل سازنده رنگ رجوع شود)
۱۵. پرهیز از اعمال رنگ در زمانهایی که رطوبت نسبی هوا از 85% تجاوز کرده باشد.
۱۶. پرهیز از اعمال رنگ در زمانهایی که دمای سطح فلز برابر با ۳ درجه بالا تر از نقطه شبنم باشد.
۱۷. پرهیز از اعمال رنگ در هوای مه آلود و گرد و غبار
۱۸. پرهیز از اعمال رنگ زمانی که باران می بارد و یا بارش باران حتمی است.
۱۹. اعمال رنگ به صورت یکنواخت
۲۰. رفع عیوب احتمالی لایه های رنگ قبل از اعمال لایه بعدی
۲۱. رعایت توالی و ضخامت لایه ها بر اساس دستورالعمل اعمال رنگ
۲۲. انجام شستشوی رنگ لایه اول قبل از اعمال لایه بعد در صورتیکه بیش از چند روز از اعمال آن گذشته باشد.



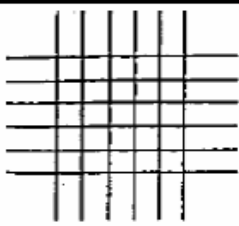
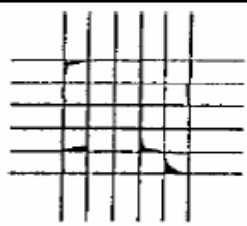
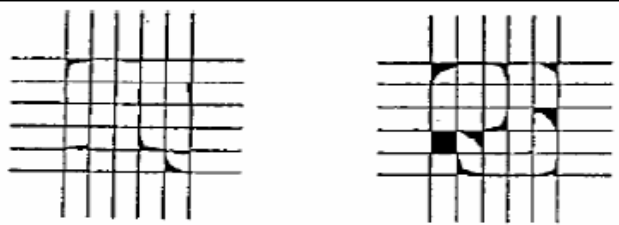
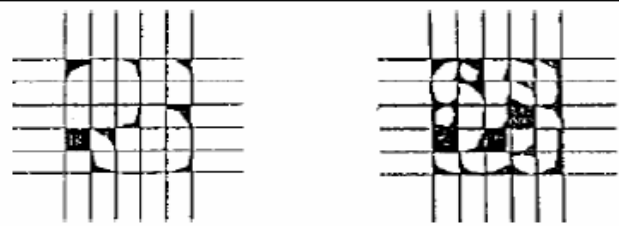
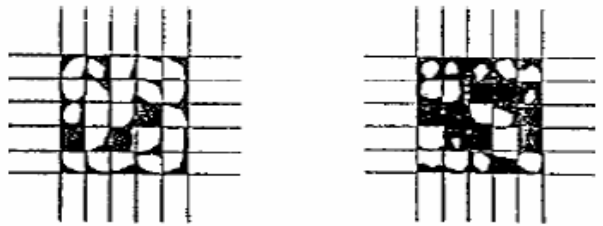
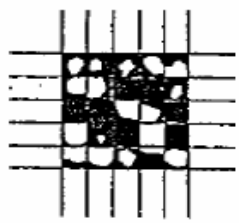
۸- بازرسی رنگ:

همواره به منظور حصول اطمینان از صحت انجام کار و رعایت توالی از ابزار بازرسی کمک گرفته می شود. به طور کلی بازرسی رنگ شامل موارد ذیل شده و می بایست جدول از هریک از موارد و اصول انجام کار به صورت دقیق ثبت شده و نتیجه کار با بهره‌گیری از ابزار کار بررسی گردد.

مراحل انجام بازرسی رنگ:

۱. بررسی انجام روش صحیح انبارداری
 ۲. بازرسی تمیز کاری قبل از زبره پاشی
 ۳. بررسی پاک نمودن نمک ها قبل از بلاستینگ به روش شستشو
 ۴. چک کردن نقطه شبنم و دمای سطح فلز قبل از اعمال پوشش
 ۵. بررسی حضور و یا عدم حضور چربی بر روی سطح
 ۶. بازرسی اندازه، شکل، خشکی و تمیزی مواد ساینده و نازل قبل از زبره پاشی
 ۷. بررسی کیفیت هوای زبره پاشی و اطمینان از نبود رطوبت و چربی در هوای مصرفی
 ۸. بازرسی فشار و قطعات مربوط به Air Less
 ۹. بازرسی عیوب سطوح، گرد و غبار و مواد باقی مانده روی سطح بعد از آماده سازی سطح
 ۱۰. بررسی همخوانی رنگ های مورد استفاده با دستورالعمل
 ۱۱. بررسی عیوب پوشش و تصحیح آنها
 ۱۲. تست چسبندگی
 ۱۳. بررسی رنگ ظاهر و یکنواختی پوشش
 ۱۴. بررسی DFT
 ۱۵. بررسی Curing و Drying بر اساس استاندارد مربوطه به پوشش های Organic بر اساس استاندارد ASTM D 5402 و پوشش های Inorganic بر اساس استاندارد ASTM D 4752
- یادآور می گردد بر اساس استاندارد تست چسبندگی به دو روش صورت می گیرد و بر اساس ضخامت رنگ مشخص می گردد:
- تا ضخامت ۱۲۵ میکرون به روش hatch Cut و از ضخامت ۱۲۵ میکرون به بالا از روش X Cut استفاده می گردد. تیغه ۱ برای ضخامت ۵۰ میکرون و تیغه ۲ برای ضخامت ۵۰ تا ۱۲۵ میکرون)
- یادآور می گردد این تست ها در مجموعه تست مخرب بوده و پیشنهاد می گردد بر روی Test Piece اعمال گردد که در شرایط مشابه قطعه کار آماده سازی و رنگ آمیزی شده است.

محدوده پذیرش تست X Cut بر اساس استاندارد ASTM محدوده 4B بوده یعنی ۹۵٪ رنگ باید چسبندگی داشته باشد و در روش Hatch Cross Cut بر اساس جدول زیر ارزشیابی می گردد.

CLASSIFICATION OF ADHESION RESULTS		
CLASSIFICATION	PERCENT AREA REMOVED	SURFACE OF CROSS-CUT AREA FROM WHICH FLAKING HAS OCCURRED FOR SIX PARALLEL CUTS AND ADHESION RANGE BY PERCENT
5B	0%	
4B	LESS THAN 5%	
3B	5-15%	
2B	15-35%	
1B	35-65%	
0B	GREATER THAN 65%	

۹- معرفی ابزار بازرسی کیفیت و کمیت رنگ:

در این مبحث تعدادی از ابزار های پر کاربرد معرفی خواهد شد. بدیهی است هر یک از ابزار در بخشی از صنعت کاربرد داشته به عنوان مثال ضخامت سنج فیلم خشک رنگ یکی از ابزار مورد نیاز در هر مجموعه می باشد اما غلظت سنج بیشتر در کارگاه ها و کارخانه های تولید رنگ و آزمایشگاه کاربرد دارد. به هر ترتیب کاربر می تواند بر اساس نیاز و با توجه به دقت و استاندارد مورد استفاده در هر صنعت از منابع معتبر و دارای خدمات پس از فروش ابزار خود را تهیه و با شناسایی نقاط ضعف و عیوب هر مجموعه اقدام به بهسازی شرایط نماید.

۱- اندازه گیری پروفایل سطح:

این تجهیزات در انواع عقربه ای و دیجیتال، سطوح مرجع مقایسه ای، نوار های مخصوص اندازه گیری زبری سطح و ذره بین تولید و در اختیار مجموعه های صنعتی قرار می گیرد. دستگاه اندازه گیری پروفایل یکی از کاربردی ترین تجهیزات در صنایع رنگ و پوشش می باشد؛ چراکه با توجه به موارد متعدد گفته شده همواره در یک سیستم Abrasive Dry Blast Cleaning شرایط سطوح حاصله یکسان نبوده و می بایست قبل از اعمال رنگ زبری سطح بررسی شده تا از وقوع عیوب ثانویه و یا عدم چسبندگی در رنگ جلوگیری نمود.*



Surface Comparators



Digital Surface Profile Gauge



Replica Tape



Ship's Propeller Comparators



Surface Comparators & Magnifier

*تصاویر انتخابی در این بخش مربوط به مارک تجاری و شرکت elcometer می باشد.

۲- دستگاه های اندازه گیری آلودگی و نمک:

وجود نمک های باقیمانده بر روی سطوح همواره مشکلات عدیده ای را برای صاحبان صنایع بوجود آورده است به عنوان مثال در اثر بروز عیوبی نظیر Blushing, Efflorescence, Fading و از این قبیل معضلات که همگی بعد از واکنش رنگ اتفاق می افتند هزینه های هنگفتی جهت زبره پاشی مجدد و رنگ آمیزی متحمل مجموعه می گردد. ساده ترین راه پیشگیری از این وضعیت شستشوی سطوح می باشد. این در حالی است که ممکن است در آب مصرفی نیز مقادیری قابل توجه نمک وجود داشته و تجهیز را آلوده نماید. بر این اساس پیشنهاد می گردد قبل از اعمال زبره پاشی سطح از نظر میزان نمک بررسی و در صورت وجود حذف گردد. این دستگاه ها به سرعت وجود نمک را اخطار می دهند کمک شایانی در این زمینه به مجموعه خواهد کرد.



Salt Contamination Meter



Bresle Salt Kit



Chloride, Sulphate & Nitrate Kit

۳- رطوبت سنج، دما سنج و نقطه شبنم:

با توجه به پیشرفت تکنولوژی امروزه به راحتی می توان تنها با فشار دادن یک دکمه به میزان رطوبت هوا، دمای هوا و نقطه شبنم پی برد و با اصلاح وضعیت کارگاه از صحت رنگ آمیزی اطمینان حاصل نمود. البته می توان هر یک از این تجهیزات را به صورت جدا و با توجه به توانمندی های کارگاهی تهیه و استفاده نمود ولی به هر ترتیب دانستن نقطه شبنم ضروری بوده و می بایست با اندازه گیری دما و میزان رطوبت نسبی آن را محاسبه نمود.



Digital Thermometer



Electronic Thermo-Hygrograph



Magnetic Thermometers



Surface Moisture Meter



Whirling & Sling Hygrometers

۴- ضخامت سنج فیلم تر:

این تجهیزات ضخامت فیلم تر رنگ را برنگ را بررسی می کنند و به راحتی می توان با استفاده از آنها میزان فیلم خشک رنگ را بر اساس فرمول ارائه شده در بخش های قبل محاسبه نمود و در صورت پایین بودن ضخامت اقدام به رفع آن نمود که در انواع مختلفی تولید و در اختیار واحد های تولیدی قرار می گیرد از این جمله می توان به انواع ضخامت سنج تر حلزونی (چرخشی) شش ضلعی ، دیجیتالی و اشاره نمود. که با توجه به نیاز می توان آن را تهیه و مورد استفاده قرار داد. در تهیه این تجهیزات دقت گردد همواره از مارک های تجاری معتبر و استاندارد شده تهیه گردند.



Plastic Wet Film Combs



Hexagonal Wet Film Combs



Wet Film Combs



Wet Film Wheels



Dry and Wet Film Gauges



Coil Coating Wet Film Wheels

۵- اندازه گیری ضخامت روکش بر روی غیر فلزات و فلزات:

کارگاه های تولیدی تجهیزات غیر فلزی می بایست علاوه بر ضخامت سنج رنگ تر اقدام به ضخامت سنج مربوط به غیر فلزات نمایند. لازم به ذکر است این تجهیزات در صورتیکه به سیستم Multi Layer Coating مجهز باشند قادر خواهند بود ضخامت هر لایه را به صورت مجزا بررسی و اعلام نمایند. در مورد فلزات این تجهیز از پر کاربرد ترین وسایلی است که بازرسی رنگ مورد استفاده قرار می گیرد. چرا که اغلب عیوب رنگ در اثر عدم اعمال رنگ با ضخامت مناسب بروز می نماید.

امروزه دستگاه های پیشرفته قابلیت ضخامت سنجی فلزات آهنی و غیر آهنی به صورت همزمان را داشته و با توجه به امکان ذخیره سازی اطلاعات در سیستم های تولیدی به راحتی می توان بانک اطلاعاتی کیفیت رنگ تهیه و در اختیار مشتری قرار داد.



Coating Thickness Gauge



Coating Thickness Gauge



Coating Thickness Gauge



Integral Gauge



Coating Thickness Gauge

۶- منفذ یاب :

در پوشش های ضخیم و یا پوشش هایی که احتمال بروز Pin Hole یا Popping و یا Porosity در آنها وجود دارد استفاده از این تجهیز ضروری است . دقت گردد در هنگام تهیه این تجهیزات به ایمن بودن آن توجه ویژه گردد چرا که گونه وسایل با برق ولتاژ بالا کار می کنند.



Fluorescencator UV Pinhole Flashlight



Pinhole Detectors



Holiday Detector

۷- دستگاه اندازه گیری عمق حفره:

در بررسی کیفیت سطوح و برآورد میزان تخریب های حادث Pipe Pit Gauge بهترین و کاربردی ترین ابزار می باشد. این تجهیز برای مجموعه های در حال بهره برداری کاربرد بیشتری در مقایسه با صنایع سازنده دارد چراکه خوردگی های موضعی بیشتر در زمان بهره برداری و در اثر عدم حفاظت صحیح از تجهیز در برابر شرایط خورنده بروز می کنند.



Pipe Pit Gauge

۸- اندازه گیری میزان چسبندگی رنگ:

یکی از ملزومات بازرسی رنگ Cross Hatch Cutter می باشد. این درست است که می توان با استفاده از یک تیغ و خط کش این تست را انجام داد ولی با در نظر گرفتن عدم یکنواختی در فشار وارده، زاویه تیغ، عدم تنظیم دقیق فواصل ایجاد شده و... نتایج حاصله با استاندارد فاصله داشته و سبب روز خطا خواهد شد. چه بسا رنگی که دارای چسبندگی مناسبی می باشد به این روش مردود شناخته شده و مجموعه متضرر گردد. لذا پیشنهاد می گردد این تجهیز در تمامی کارگاه های رنگ آمیزی و سیستم های بازرسی رنگ تهیه و مورد استفاده قرار گیرد. البته در مجموعه هایی که سرعت بیشتری جهت انجام کار نیاز دارند می توانند از انواع ابزار چسبندگی نظیر Pull Off Adhesion Tester و یا Hydraulic Adhesion Test بهره برد.



Cross Hatch Adhesion Tester



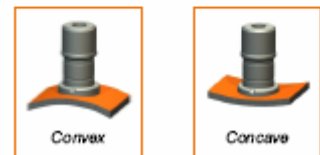
Cross Hatch Cutter



Universal Paint Inspection Gauge



Pull Off Adhesion Tester

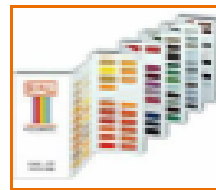
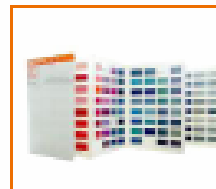


Hydraulic Adhesion Testers

۹- چارت رنگی:

بر اساس فام های استاندارد دفترچه ها و چارت هایی تهیه می گردند و به کاربر این امکان را می دهند که به صورت مقایسه ای پی به کیفیت رنگ اعمال شده از نظر فام برده و در صورت بروز هرگونه خطا علت را جستجو کنند.

RAL Colour Charts



۱۰- لوازم تست فیزیکی رنگ شامل دستگاه های بررسی کننده:

- ◆ تعیین دانه بندی (Grindometer)
- ◆ غلظت سنج (Flow cup/Viscometer)
- ◆ وزن مخصوص (Picnometer)
- ◆ اعمال کننده فیلم رنگ با ضخامت مشخص (Film Applicator)
- ◆ میزان پوشش دهی (Pfund Crypometer)
- ◆ زمان خشک شدن (Drying Time Recorder)
- ◆ قابلیت شستشو و مقاومت به خراش (Abrasion, Scrubbing, Wash ability Tester)
- ◆ سختی سنج رنگ (Paint Hardness Tester)
- ◆ تست خمش (Conical & Cylindrical Mandrel)
- ◆ تست ضربه (Impact Test)
- ◆ تست جامی شدن (Cupping Tester)
- ◆ تست براقیت و اسپکتروفتومتر

این ابزار بیشتر در آزمایشگاه ها کاربرد داشته و با در نظر گرفتن قیمت و میزان کاربرد در کارگاه ها و صنایع عمومی استفاده چندانی ندارد.



Fineness of Grind



Viscosity Dip Cups



Rotational Viscosity



Viscosity Flow Cups



Density Cup



Cube Film Applicator



Flash Point



Drying Time Recorder



Portable Sphere Spectrophotometer



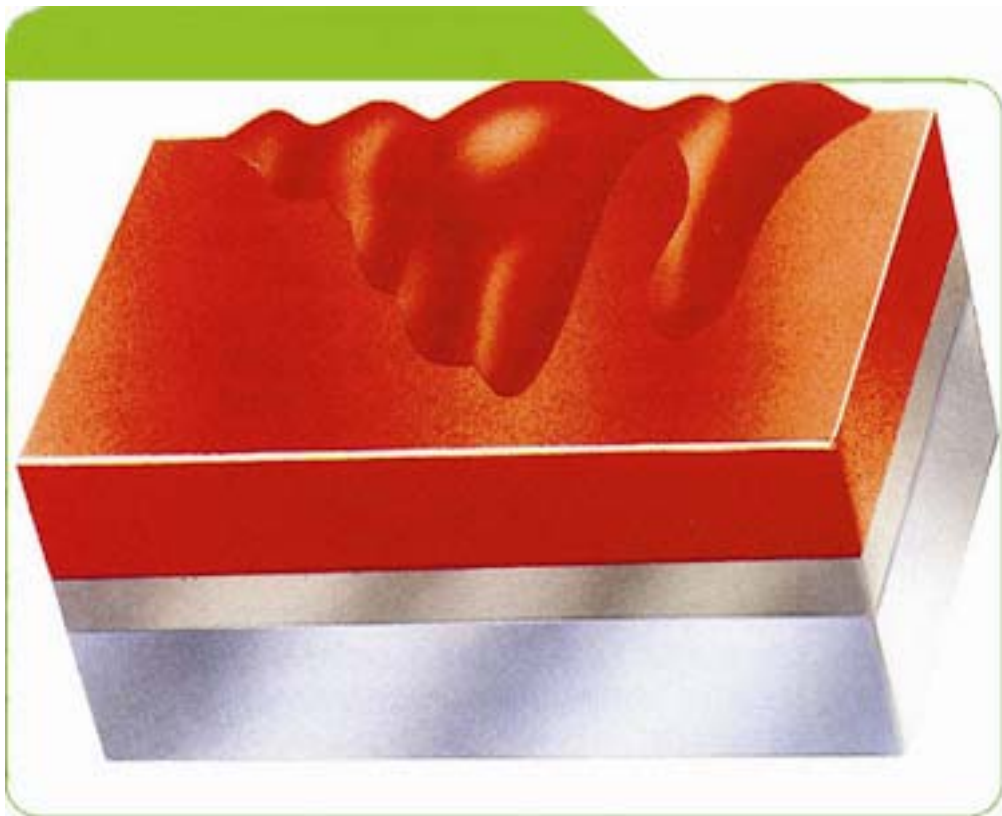
Pencil Hardness Tester



ISO Groove Depth Checker

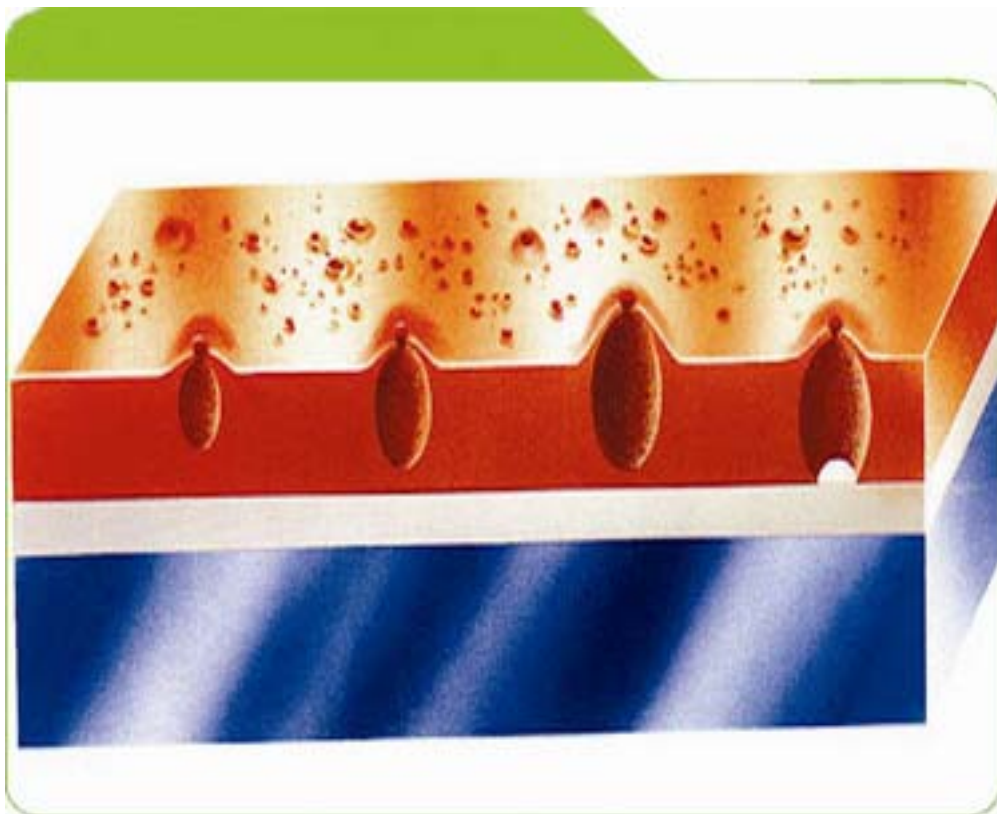
نوع عیب: شرکردگی (Sags):

عدم تنظیم گران روی رنگ (رنگ در هنگام مخلوط کردن یا بسیار غلیظ و یا رقیق تهیه شده است) و یا اعمال بیش از حد رنگ در یک نقطه سبب افزایش ضخامت رنگ شده است که با توجه به افزایش ضخامت سایر عیوب بروز خواهد کرد، ظاهر رنگ تحت تاثیر قرار خواهد گرفت، رنگ به صورت مقطعی سینه کرده و خشک نمی شود و در بعضی از پوشش ها رنگ به صورت کامل تخریب می گردد. از رفع نقص ابتدا رنگ زیادی را با استفاده از قلم مو حذف کرده پس از خشک شده محل را با استفاده از سنباده ترمیم و تمیز کاری نمایید و بعد لایه های بعدی اعمال گردد.



نوع عیب: روزنه در رنگ (Popping & Pin Hole):

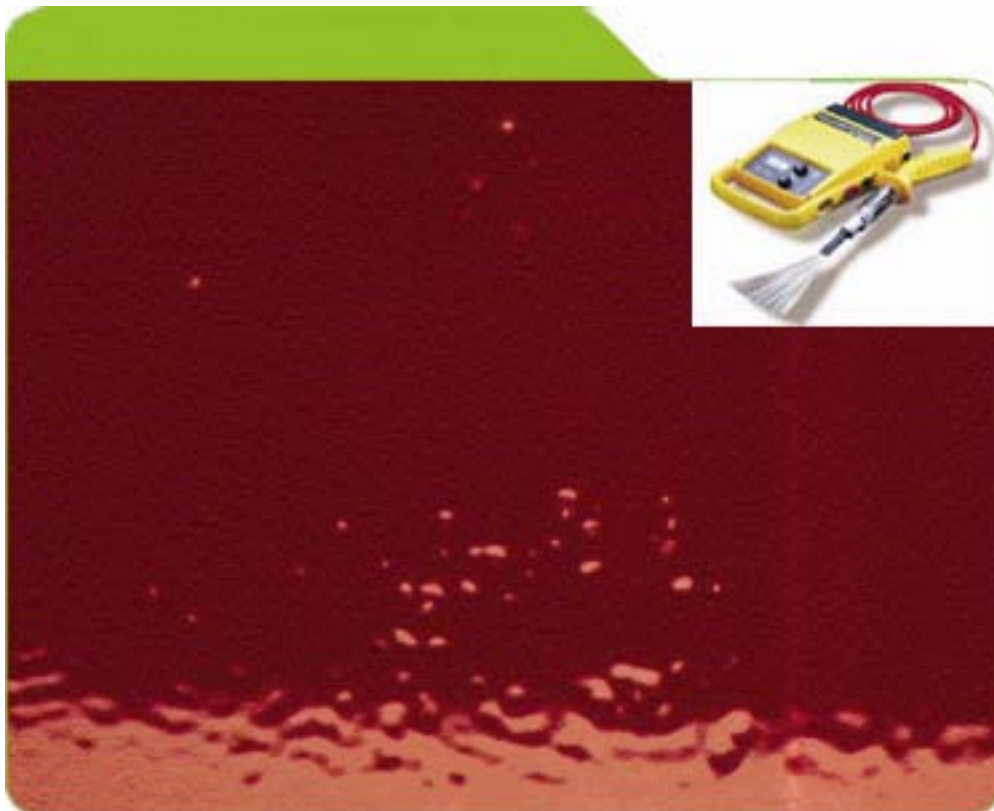
ماهیت رنگ، خروج گاز از رنگ در هنگام خشک شدن رنگ، عدم رعایت فشار Spray ، بالا بودن ضخامت رنگ، بالا بودن فاصله زمانی اعمال لایه ها از دلایل عمده بروز این عیب می باشد. در صورتیکه روزنه ها به سطح فلز راه پیدا کرده باشند Pin Hole و در صورتیکه به سطح فلز راه نداشته باشند و فقط به شکل برآمدگی های زیر سطحی کوچک ظاهر شوند Popping نامیده می شوند. در این وضعیت مقاومت پوشش نسبت به محیط های خورنده به حداقل ممکن خواهد رسید. ظاهر لایه های بعد تحت تاثیر قرار خواهد گرفت و در نهایت رنگ به صورت کامل تخریب خواهد شد. به منظور رفع عیب ابتدا می بایست ناحیه معیوب تمیز کاری گردد و سپس یک لایه نازک رنگ با عنوان Seal Coat اعمال گردد. در صورتیکه این عیب در تجهیزاتی رخ دهد که تنها یک لایه رنگ از نوع Inorganic Zinc Ethyl Silicate دارند نیاز به انجام زبره پاشی مجدد می باشد.



نوع عیب: تخلخل (Porosity):

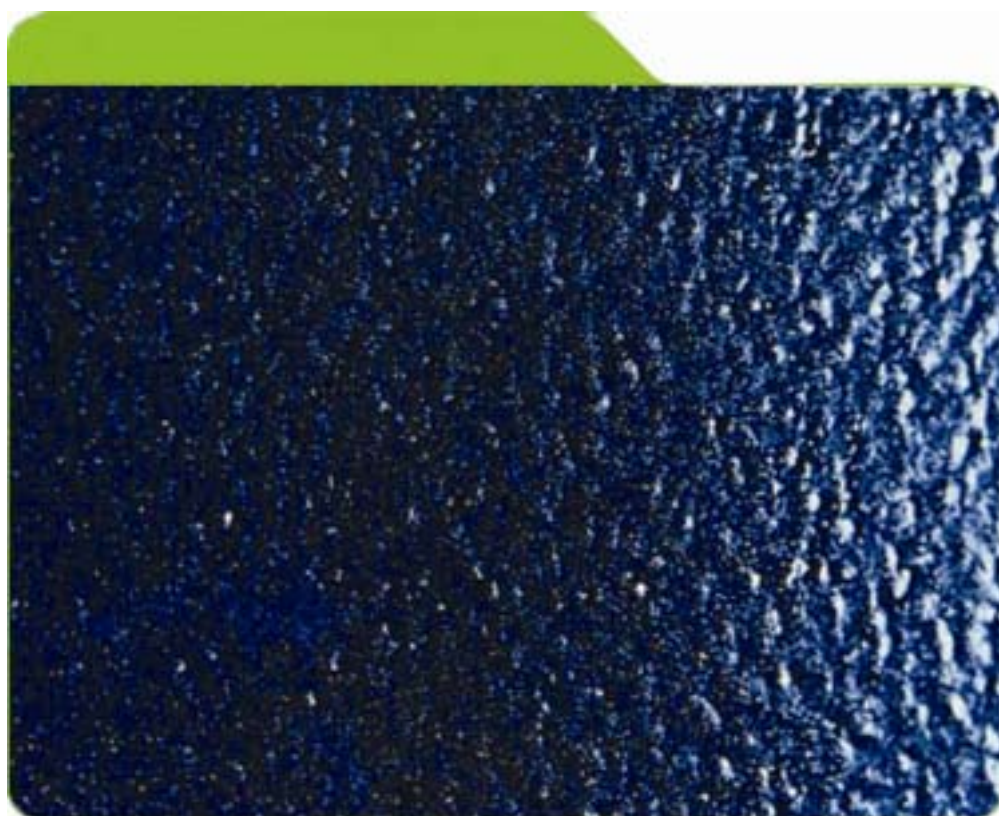
این عیب در اثر عدم رقیق سازی مناسب رنگ و حبس شدن هوا و یا به دام افتادن حلال بروز می کند. یکی دیگر از دلایل مشاهده این تخریب در رنگ شرایط بد خشک کردن رنگ می باشد به گونه ای که رنگ بر روی سطوح بسیار سرد و یا بسیار گرم اعمال گردد و حلال دیر تر از زمان ممکن واکنش داده و یا گاز تولید کند.

در برخی موارد باقیمانده ذرات مواد ساینده در منافذ سطح نیز این عیب را سبب می شود. از طرفی گاهی واکنش های شیمیایی بر روی فلز با رنگ بوجود آمده که ایجاد گاز می کند و این فرآیند پس از خشک شده اولیه پوشش اتفاق می افتد. رنگ در مقاطع مختلف و به صورت پراکنده چسبندگی خود را از دست داده و اگر در لایه آستری این عیب رخ دهد فلز در معرض تخریب و خوردگی از نوع Pitting خواهد بود. از طرفی ظاهر تجهیز نیز تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. لازم به ذکر است این عیب به صورت حباب های کوچک درون لایه های رنگ بروز کرده که در لایه های نهایی به راحتی قابل رویت نیستند. تشخیص تخلخل به سادگی امکان پذیر نیست در صورتیکه قبل از خشک شدن رنگ این عیب به صورت مرئی بروز نمود می توان با استفاده از قلم مو امکان خروج گازها را فراهم کرد اما در صورتیکه پس از خشک شدن رنگ این عیب تشخیص داده شود می بایست رنگ به روش زبره پاشی حذف شده و مجدد اعمال گردد.



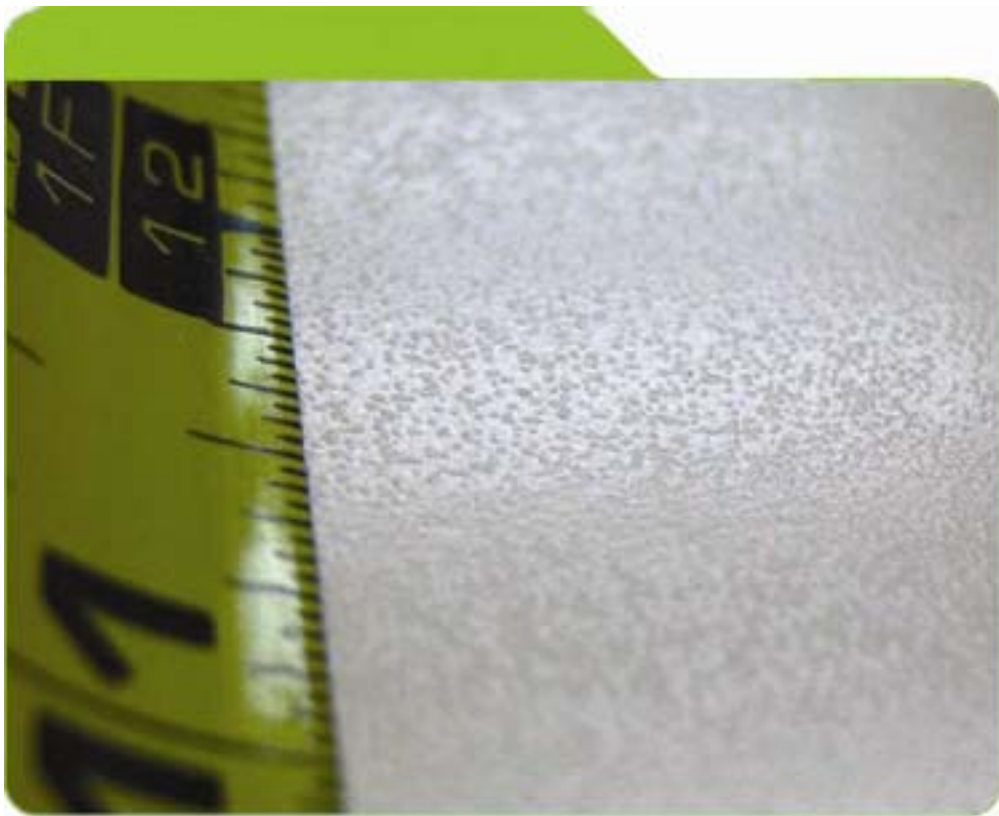
نوع عیب: پوست پرتقالی (Orange Peel):

زمانهایی که اعمال در محیط مناسبی صورت نگرفته به عنوان مثال باد در حال جریان باشد همچنین در مقاطعی که در مخلوط سازی نسبت ها به درستی رعایت نشده و یا ابزار کار توانایی اتومایز کردن رنگ را نداشته باشد و یا اینکه تکنیک انتخاب شده رنگ آمیزی مناسب نوع رنگ نباشد این رنگ دچار وضعیتی به نام Orange Peel خواهد شد. این عیب ظاهر رنگ را به شدت تحت تاثیر قرار داده و عیب به شکل بی قاعدگی روی سطح رنگ که شباهت بسیار زیادی با پوست پرتقال دارد ظاهر می گردد. پوست پرتقالی مقاومت لایه معیوب را نسبت به شرایط محیطی به شدت کاهش می دهد تخریب مذکور اگر در لایه های میانی بروز نمود و رفع نشد لایه نهایی را تحت تاثیر قرار خواهد داد. در صورت بروز نقص در لایه نهایی دیگر نمی توان انتظار مثبتی را از سیستم رنگ داشت به گونه ای که شرایط محیطی در مقاطعی که ضخامت بسیار پایین است تاثیر سوء خود را بر لایه های زیرین اعمال کرده و رنگ دچار تخریب کلی خواهد شد. بهتر است با انتخاب سیستم رنگ آمیزی صحیح و تنظیم رقت رنگ از بروز پدیده پوست پرتقالی جلوگیری نمود. و در صورت مشاهده نقص به صورت ناخواسته بر اساس نوع رنگ و قابلیت اعمال مجدد می توان تصمیم گرفت و با اعمال یک لایه دیگر رنگ مشابه پس از حذف پستی و بلندی های اقدام به اصلاح وضعیت نهایی سطوح نمود..



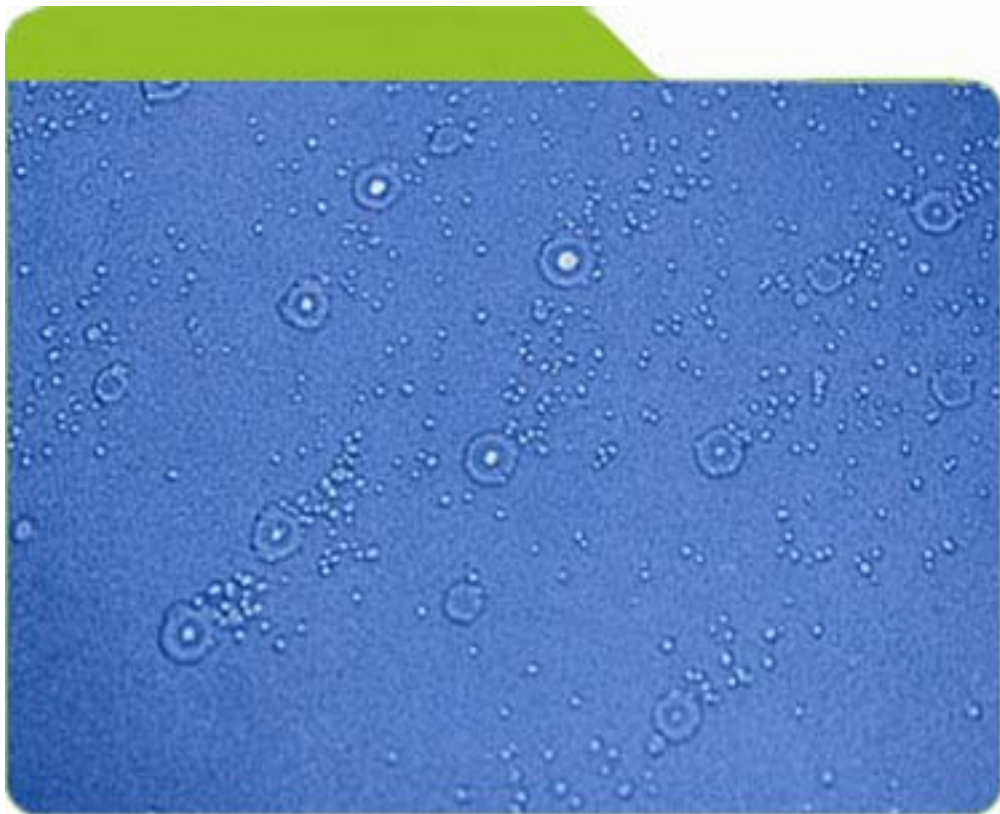
نوع عیب: پاشش خشک (Dry Spray):

این نقص زمانی بروز می نماید که ذرات رنگ به درستی مخلوط نشده باشند و جهت همسان شدن با سرعت تبخیر حلال آماده نشده اند به این ترتیب ذرات جامد رنگ از ترکیب جدا شده و به صورت پودری ظاهر می شوند. یکی دیگر از دلایل این نقیصه فاصله زیاد نازل با سطح کار می باشد و یا در بعضی از رنگ های سنگین بالا بودن فشار باد سبب جدا شدن جزء سنگین از ترکیب می گردد. این عیب معمولا در رنگ های دو جزئی با جزء جامد پودری ظاهر شده و کیفیت را تحت تاثیر قرار خواهد داد. پوشش اعمال شده به ترتیب گفته شده خواص مثبت رنگ را تحت تاثیر قرار می دهد و به بیان دیگر رنگ کاملا معیوب می گردد. در بعضی موارد که اندکی از جزء جامد جدا شده باشد عمر مفید کاسته می شود اما در مقاطعی که این عیب به صورت وسیع بروز نماید تمامی خصوصیات پوشش را تحت تاثیر قرار خواهد داد. در مواردی که پاشش خشک به صورت جزئی نمود کرده است می بایست قبل از اعمال لایه های بعدی پوشش به صورت کامل شسته شده و ذرات حذف گردند و سپس لایه های بعد اعمال گردند. اما اگر تخریب به صورت جامع حادث شده باشد نیاز به زبره پاشی و رنگ آمیزی مجدد می باشد.



نوع عیب: چشم ماهی (Fish Eyes):

در مقاطعی که سطح فلز پس از اعمال دارای برجستگی بوده و یا چربی و یا آب بر روی سطح به میزانی باشد که مانع به هم پیوستگی رنگ گردد حفره هایی شبیه چشم ماهی در رنگ مشاهده خواهد شد. در سطوح معیوب نقاط ضعف و مکان هایی مستعد خوردگی وجود دارد که پس از تخریب کامل رنگ نواحی اطراف نا پیوستگی قطعه دچار خوردگی موضعی شده و در نهایت به صورت کامل تخریب خواهد شد. با توجه به این نکته که عدم اعمال رنگ به مراتب دارای خطر کمتری نسبت به رنگ معیوب می باشد این نوع عیب در صورتیکه در لایه های آستری یا میانی بروز نماید یکی از خطرناکترین عیوب رنگ به شمار می رود. ساده ترین راه رفع عیب پیشگیری از بروز آن می باشد. در صورتیکه دلیل بروز سطح آلوده باشد بهتر است رنگ به صورت کامل حذف و مجدد اعمال گردد چراکه در نواحی اطراف عیب چسبندگی تحت تاثیر آلودگی در حد غیر قابل قبولی قرار دارد.



نوع عیب: رنگ پریدگی (Blushing):

در مواردی که در زیر سطح رنگ رطوبت وجود داشته باشد و نقاش اقدام به اعمال لایه بعد را نماید این رطوبت خود را به صورت لایه شیری رنگ بر روی سطح کار نمایان می سازد و ظاهر رنگ را تحت تاثیر قرار می دهد. این عیب را معمولاً در لایه های نهایی که در شرایط مناسبی اعمال نشده باشند می توان مشاهده نمود و ظاهر رنگ را به صورت کامل تحت تاثیر قرار می دهد. جهت رفع عیب می بایست لایه شیری رنگ را حذف نموده و مجدد لایه نازکی از رنگ را اعمال نمود.



نوع عیب: به دام افتادن حلال (Solvent Entrapment):

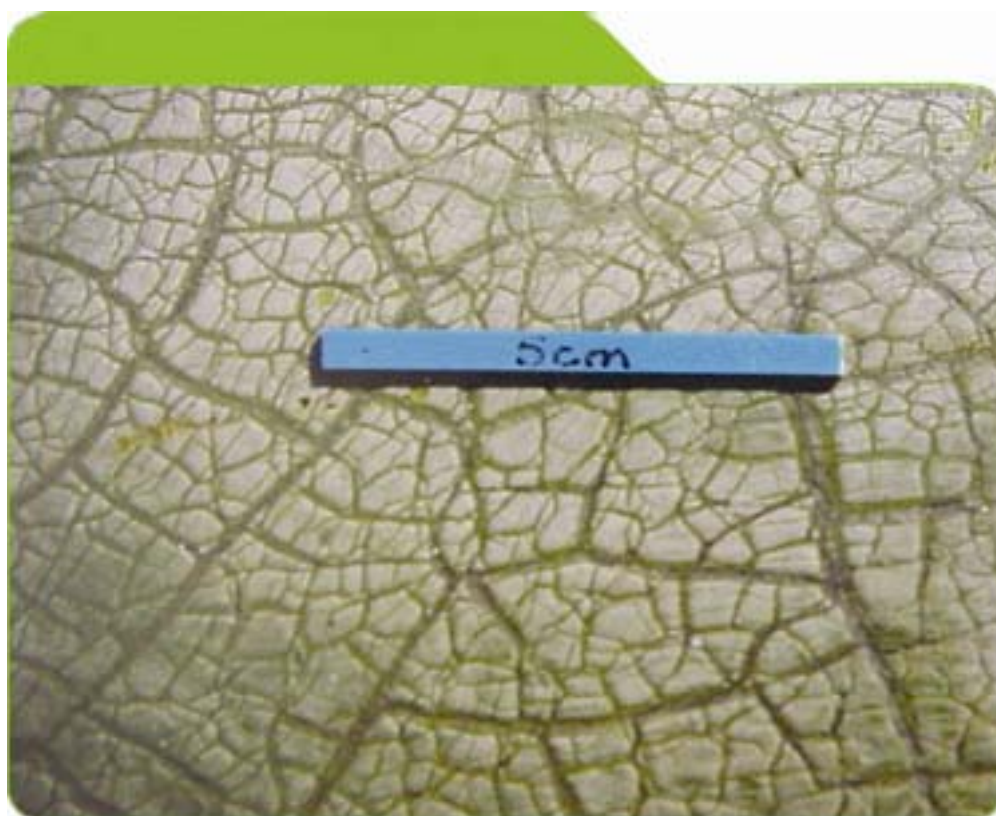
این تخریب معمولا در زمانهایی بروز می نماید که غلظت رنگ به درستی تنظیم نبوده و یا اینکه به دلیل دمای محیط حلال فرصت تبخیر شدن و خروج از ترکیب را پیدا نمی کند. رنگهای دارای ضخامت بالای اعمال (که معمولا از رنگ های High Built استفاده می گردد) در صورتیکه بدرستی ترکیب نشده باشند و یا اینکه حلال و تینر در زمان هم زدن به ترکیب اضافه نگردد بیشتر در معرض این تخریب قرار دارند. به طور کلی مکانیزم تاثیر این فرایند اینگونه است که حلال زیر و یا بین لایه های رنگ گرفتار شده و فرصت خروج را پیدا نمی کند، این اشکال باعث می شود که خشک شدن و واکنش رنگ به صورت کامل صورت نگیرد و تینر پس از گذشت زمان تبخیر شده و سبب بروز پارگی و عدم پیوستگی در رنگ در هنگام خروج می شود. چنانچه در مباحث قبل نیز به آن اشاره شد آسیب رنگ ناپیوسته به مراتب خطرناک تر از عدم اعمال پوشش می باشد. چراکه با کاهش سطح مقطع آند سرعت خوردگی و واکنش رنگ با شرایط محیطی در نواحی تخریب افزایش یافته و در نهایت به تخریب تجهیز منجر می گردد با سرعت باورنکردنی و غیر قابل پیشبینی. به طور کلی هم زدن صحیح رنگ و تنظیم صحیح Dilution مناسب ترین راه پیشگیری بوده ولی در صورتیکه در اثر خطای انسانی و یا کیفیت رنگ و حلال این مشکل بروز نمود می بایست تمامی سطوح به صورت مجدد زبره پاشی شده و سطح آماده رنگ آمیزی صحیح گردد.



نوع عیب: ترک خوردن رنگ (Mud Cracking):

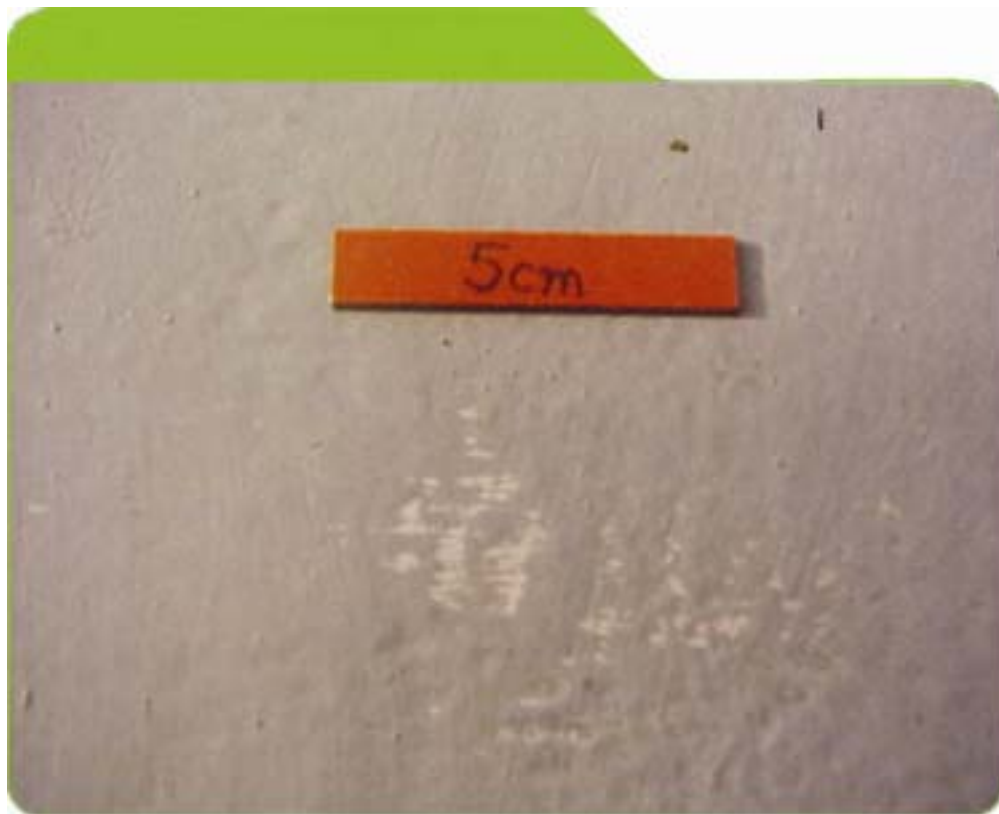
این تخریب در پوشش های Inorganic در اثر افزایش ضخامت بیش از حد مجاز رنگ بروز می نماید. رنگهای پایه معدنی که حاوی روی و سیلیکات می باشند در صورت افزایش ضخامت فیلم تر رنگ به درستی واکنش نداده و پیوند بین اجزا رنگ بوجود نمی آید و در نهایت به شکل ترک و عدم چسبندگی بروز می نماید. معمولاً در Paint Data Sheet میزان حداکثر مجاز ضخامت بیان شده است و می توان با رجوع به آن فرایند صحیح اعمال رنگ را انتخاب نمود. در اثر بروز این پدیده ترک های عمیق و نامنظم بر روی سطح پوشش بوجود آمده و چسبندگی را تحت شعاع قرار می دهد به این ترتیب سطوح فلزی در معرض تخریب جدی قرار گرفته و آسیب پذیر می گردد.

این نوع تخریب یکی از خطرناک ترین عیوب رنگ بوده چراکه تمامی خصوصیات پوشش از جمله مقاومت در برابر خوردگی، ظاهر رنگ، امکان اعمال لایه های بعدی و... را از بین می برد. اعمال صحیح رنگ از نظر یک نواختی لایه و پرهیز از پاشش رنگ اضافه بهترین راه پیشگیری می باشد. در صورت بروز خطای انسانی و مشاهده Mud Cracking می بایست زبره پاشی مجدد صورت پذیرد.



نوع عیب: عدم اعمال پوشش منطقه ای (Misses/Skips/Holidays):

نمایان شدن قسمتهایی از سطح قطعه کار که بر روی آن پوشش اعمال نشده را Misses می نامند. این خطا اغلب در زمانهایی اتفاق می افتد که نیروی کار هوشیاری لازم را جهت اعمال پوشش نداشته و یا اینکه رنگ در محیطی اعمال می گردد که نور کای وجود نداشته و یا فام پوشش هم رنگ سطح کار باشد. همچنین در نواحی که اعمال پوشش به روش پاشش امکان پذیر نباشد مانند چند وجهی ها انتظار بروز این خطا خواهد بود. این اشتباه می تواند در سیستم های رنگ تک لایه ای و یا چند لایه ای بروز نماید عدم استفاده از نیروی کار ماهر نیز تشدید کننده خطا بوده و در صورت عدم بازرسی صحیح و ناشناخته ماندن نقاط در گیر با Skips تجهیز در معرض خطر جدی قرار خواهد گرفت. اعمال پوشش مجدد و Touch Up تنها راه رفع عیب می باشد البته در صورتیکه رنگ قابلیت اصلاح راد داشته باشد در غیر این صورت می بایست زبره پاشی مجدد صورت پذیرد.. لازم به ذکر است امکان اعمال پوشش مجدد زمانی وجود دارد که عیب به موقع شناسایی شده و سطح دچار اکسیداسیون نشده باشد.



نوع عیب: ته نشینی (settlement):

این وضعیت در اثر جدایش رنگ دانه ها و مواد جامد از رزین در هنگام مخلوط سازی و هم زدن بوجود می آید. دلایل اصلی بروز این پدیده استفاده از رنگ های تاریخ گذشته، انبار داری نامناسب، سنگین بودن رنگ دانه ها، فرمول شیمیایی غلط (خطای ساخت) و یا آلوده شدن محصول تولیدی در زمان بسته بندی و یا مخلوط سازی می باشد. همواره می بایست از رنگ های معتبر، با شرایط انبار داری مناسب و در مدت زمان توصیه شده استفاده کرد.



نوع عیب: فرار حلال (Solvent Lifting):

فوران و جوشش لایه جدید اعمال شده بر روی فیلم رنگ لایه قبل، و تاو زدن و بروز چین و چروک و سوق دادن سطوح به سطحی ضعیف و شکننده در اثر ترکیب شده حلال آخرین لایه با رنگ لایه قبل را فرار حلال می نامند. سیستم های رنگ ناقص اغلب به این وضعیت دامن زده و در لایه های نهایی با انتخاب غلط یک پوشش با حلال قوی موجبات تخریب فراهم می گردد. به این ترتیب که حلال با آخرین لایه از رنگ قبل را واکنش داده و در خود حل می کند و در اثر این واکنش یک مخلوط غیر چسبنده حاصل می گردد. این وضعیت خواص تمامی لایه های درگیر را از بین برده و تجهیز را در معرض خوردگی قرار می دهد. انتخاب صحیح سیستم رنگ توسط افراد متخصص ساده ترین و مطمئن ترین راه رفع عیب بوده این در حالی است که اگر عیب بروز نماید در اثر زبره پاشی و اعمال مجدد رنگ هزینه قابل توجهی متوجه مجموعه خواهد شد.



نوع عیب: چسبناکی (Tackiness):

وضعیتی که لایه رنگ اعمال شده، نرم، مرطوب و همچنان خمیری باقی بماند را Tackiness می نامند. رنگ در این حالت رنگ به شکل چسبناک و نرم باقی مانده و در آزمون اثر انگشت (Finger Touch) نرمی رنگ حس می شود. عوامل متعددی سبب بروز چسبناکی می گردند از جمله:

- اعمال رنگ با ضخامت بیش از حد
 - استفاده از میزان غیر مجاز تینر
 - عدم زمان دهی مناسب به منظور عمل آمدن رنگ (Curing)
 - پایین بودن دمای محیط و سطح قطعه کار
 - استفاده از رنگی که از زمان مخلوط کردن آن گذشته و یا عمر مفید آن به پایان رسیده باشد.
- بدیهی است با حذف عوامل بروز دهنده عیب می توان از تشکیل Tackiness جلوگیری به عمل آورد.



نوع عیب: جدا شدگی رنگ (Undercutting):

مشاهده خوردگی در زیر لایه ای از رنگ را Undercutting می نامند. خوردگی در زیر لایه رنگ شده رشد کرده و محصولات خوردگی تجمع می یابند و سبب جدا شدن قسمتهایی از پوشش از سطح کار می گردند. جدا شدن رنگ ممکن است حتی شبیه تاول زدگی، پوسته پوسته شدن و یا حتی ترک به نظر آید با این تفاوت که در زیر سطوح رنگی حجم قابل توجهی محصولات خوردگی به چشم می خورد.

اعمال رنگ بر روی سطوح نامناسب، زبری بیش از حد مجاز (در اثر بالا بودن فشار باد و یا اندازه دانه های ساینده میزان فرورفتگی در سطح فلزی از ضخامت لایه اول بیشتر شده و در نتیجه فلز به صورت مستقیم با اتمسفر در تماس است) اعمال ناقص رنگ، طراحی غلط سیستم رنگ زمینه ساز Undercutting می باشد. اغلب انجام تعمیرات ناقص بر روی سطوح نیز به گسترش این عیب دامن زده و شرایط را وخیم تر می کند. .

با در نظر گرفتن خوردگی های موضعی حادث بر روی تجهیز، به محض مشاهده Undercutting می بایست رنگ حذف شده و میزان تخریب سطحی بررسی گردد.



نوع عیب: چین و چروک (Wrinkling):

در این عیب که پس از خشک شدن کامل رنگ بروز می نماید بر روی سطح شاهد چروک و لبه های برجسته خواهیم بود. ضخامت اضافه رنگ اعمال شده، عدم مخلوط سازی مناسب، آسیب رساندن رنگ لایه نهایی به رنگ های زیری، وجود عیوب بر طرف نشده در لایه های قبل و ... سبب رخداد چنین وضعیتی می گردند. در صورت بروز Wrinkling می بایست سیستم رنگ مجدد بررسی شده، قسمت های معیوب حذف و رنگ لایه جدید اعمال گردد.



نوع عیب: پوست تمساح (Alligatoring):

نیامد های قابل مشاهده رنگ که معمولا به صورت هاشور و متقاطع مشاهده می گردد، رنگ به ظاهر ترک خورده و کاملا شبیه به پوست بدن تمساح می باشد را به دلیل شباهتی که وجود دارد Alligatoring می نامند. این عیب در اثر فشار داخلی ناشی از خشک شدن سریع تر لایه رویه در مقایسه با سایر لایه ها و یا سرعت بالای واکنش سطوح بیرونی رنگ در مقایسه با کل رنگ بروز می نماید. معمولا در سیستم هایی که هنوز لایه میانی آن واکنش کامل نداده و رنگ عمل نیامده است و لایه بعدی پوشش اعمال می گردد شاهد رخداد این وضعیت خواهیم بود. به طور کلی پوست تمساح شدن تمامی خصوصیات رنگ را تحت تاثیر قرار می دهد و ساده ترین راه رفع این مشکل رعایت توالی و مدت زمان خشک شدن لایه ها مختلف می باشد. در صورت عدم رعایت اصول می بایست تمامی هزینه های صرف شده را به هدر رفته دانسته و رنگ پس از زبره پاشی مجدد اعمال گردد.



نوع عیب: لایه نهایی ناقص (Bitty Finish):

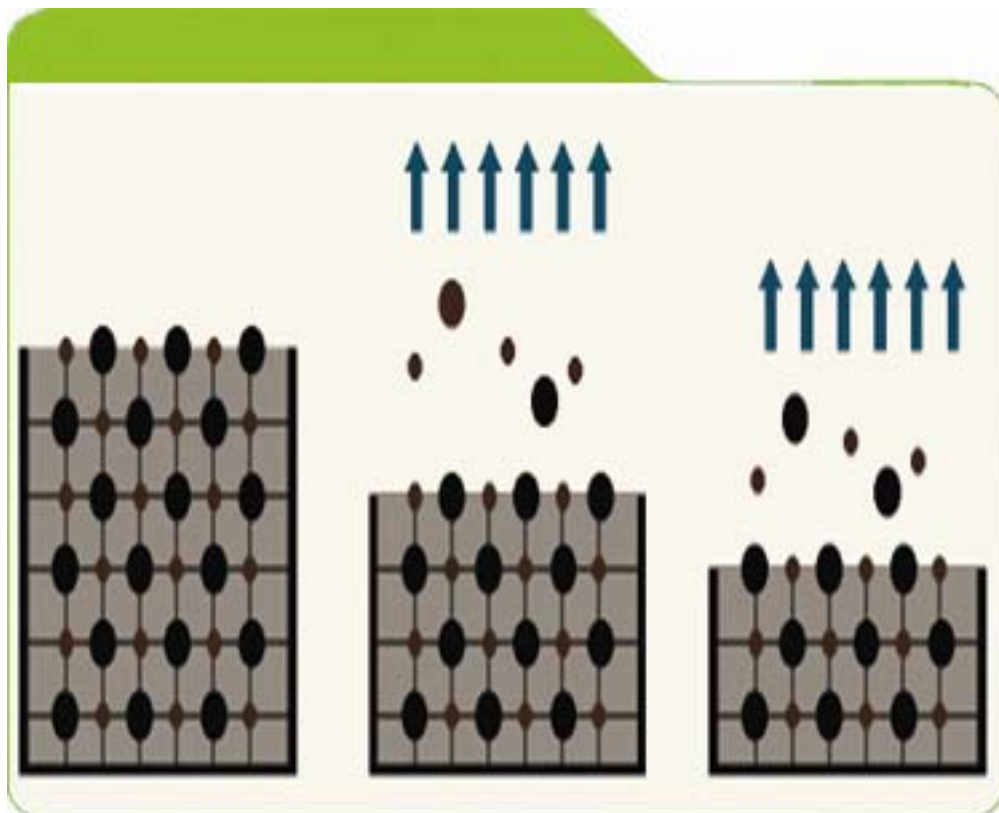
لایه نهایی رنگ پس از اعمال به صورت سطح زبر در آمده و ظاهر رنگ بسیار ضعیف و غیر قابل قبول می باشد. دلیل اصلی بروز این تخریب وجود آلودگی های محیطی از جمله باقی مانده ذرات ساینده در رنگ می باشد که توسط جریان هوا به رنگ منتقل شده است.

Bitty Finish نه تنها ظاهر رنگ را تحت تاثیر قرار داده که در برخی موارد میزان مقاومت پوشش در برابر شرایط محیطی را تحت شعاع قرار می دهد. در صورت مشاهده این عیب می بایست در شرایط کارگاه رنگ آمیزی بازنگری کلی به عمل آورد و از انتقال مواد ساینده و یا هر گرد و غبار دیگری به سطح رنگ مرطوب جلوگیری گردد. و بهتر است توسط ابزار مناسب که سبب بروز سایش در رنگی که کاملا واکنش داده نگردد مواد اضافه را از سطح رنگ حذف نموده و ظاهر رنگ را بهبود داد. دقت گردد در صورتیکه نفوذ بیش از حد ذرات صورت گرفته باشد و ضخامت رنگ پس از حذف آنها کاهش یابد می بایست زبره پاشی مجدد صورت پذیرد.



نوع عیب: سایش (Erosion):

حذف رنگ در قسمتهای وسیع توسط عوامل خارجی در هنگام کارکرد تجهیز را سایش می نامند که شامل انواع سایش مکانیکی، شیمیایی، تابشی و جریان هوا می باشد و در اثر اصطکاک جسم خارجی نظیر آب باران، برف باد و یا هر چیز دیگر تشدید می یابد. این عیب در سیستم هایی که به روش دستی رنگ آنها اعمال شده باشد بهتر قابل مشاهده بوده چراکه غیر یکنواختی های باقیمانده از اثر قلم مو به سرعت حذف شده و رنگ کاملاً صاف می گردد. سایش اجتناب ناپذیر بوده ولی همواره می بایست سیستم رنگ به گونه ای انتخاب گردد که بیشترین مقاومت در برابر شرایط محیطی را از خود نشان دهد.



نوع عیب: محو شدگی (Fading):

رنگ پریدگی یک رنگ خشک شده و از دست رفتن براقیت آن را محو شدگی (Fading) می نامند که در نهایت فام رنگ تحت تاثیر قرار می گیرد. این وضعیت گاهی با عیب Chalking اشتباه گرفته می شود. این در حالی است که Fading در اثر تاثیر نور خورشید و یا رطوبت بر روی رنگ دانه ها بروز می نماید. معمولا آلودگی هایی که سبب بروز Fading می گردند از طریق اتمسفر و یا سطوح آلوده به رنگ منتقل می گردند و رنگ دانه ها از تحت تاثیر قرار می دهند. گاهی این تخریب در اثر رنگ دانه های معیوب نیز بروز می نماید. در صورت مشاهده این وضعیت می توان نواحی معیوب را بوسیله ابزار مکانیکی تمیز کار نموده و Touch Up را صورت داد این کار در صورتی موثر است که تمامی لایه درگیر نباشد.



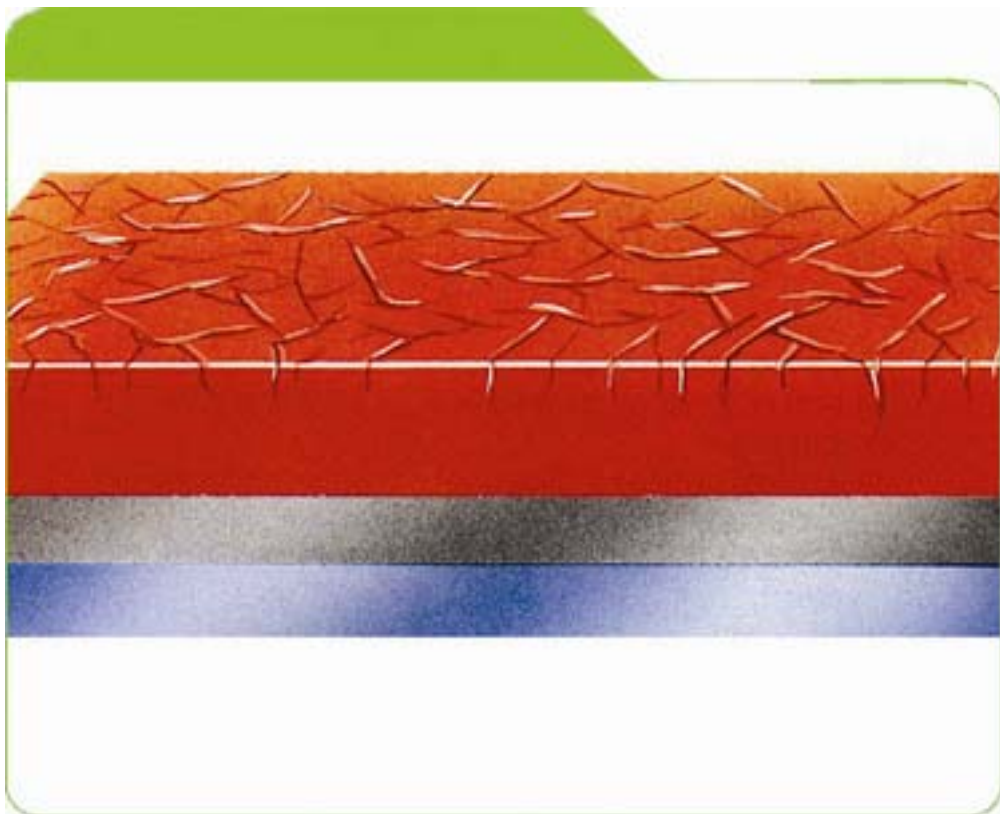
نوع عیب: تراوش (Osmosis):

بر اساس پدید تراوش مایعات و یون ها می توانند از روزنه های بسیار ریز عبور کرده و در محلی جمع گردند . این وضعیت در مخازن نگهداری مایعات به راحتی بروز می نماید به عنوان مثال وقتی که سیال داخلی مخزن حاوی مقادیری نمک باشد این نمک از روزنه های میکروسکوپی رنگ به زیر آن نفوذ کرده و رنگ از سطح جدا می شود. نوسانات دمایی تجهیز تراوش را تشدید کرده و به تخریب دامن می زند. بهتر است پوشش اعمال شده خصوصا در مخازن ذخیره مایعاتی نظیر آب طی برنامه زمانبندی در بازه زمانی مشخصی مورد بازرسی قرار گرفته و در صورت بروز عیب Touch Up صورت گیرد.



نوع عیب: نیامد (Checking):

این عیب به صورت ترک های ریز در لایه نهایی رنگ مشاهده می گردد. وضعیت ظاهری سطوحی که به این عارضه دچار شده اند به صورت سطوح درگیر با ترک های کم عمق قابل بررسی است. اغلب نیامد چند دقیقه پس از اعمال به صورت چشمی و بدون نیاز به ذره بین قابل مشاهده است. دلیل بروز این عیب تنش هایی هستند که گسترش یافته و به سطح پوشش منتقل می شوند و با توجه به شکننده بودن سطح رنگ در اثر واکنش اولیه به شکل ترک بور می کنند. به بیان دیگر ترک ها، نیامد ها و یا تنش های داخلی زمانی به سطح رنگ می رسند که واکنش اولیه صورت گرفته و رنگ به صورت خشک و شکننده در آمده است در نتیجه در نواحی آزاد شدن تنش عدم پیوستگی بوجود می آید. بهترین راه رفع عیب تنظیم رقت رنگ و انتخاب روش صحیح رنگ آمیزی می باشد. در صورت بروز می توان با اعمال لایه نازکی از رنگ همان لایه ظاهر رنگ را ترمیم کرد.



نوع عیب: لایه لایه شدن (Delaminating):

از بین رفتن چسبندگی بین لایه ها و یا از بین رفتن چسبندگی بین پوشش و سطح فلزی را Delaminating می نامند. یکی از دلایل اصلی بروز این تخریب عدم انتخاب صحیح سیستم رنگ و عدم سازگاری لایه ها با یکدیگر می باشد. پس از بروز این تخریب معمولاً ظاهر رنگ به شدت تحت تاثیر قرار گرفته و سایر خصوصیات رنگ نیز از بین می رود. عدم زیر سازی مناسب، وجود آلاینده هایی نظیر چربی، اعمال رنگ بر روی لایه های معیوب همه و همه از عواملی هستند که تشکیل و رشد Delaminating را تسریع می کنند. در مواقعی که این وضعیت بوجود آمده است بهتر است ابتدا علت یابی به صورت دقیق انجام شده و پس از حذف علت اقدام به زبره پاشی مجدد نمود.



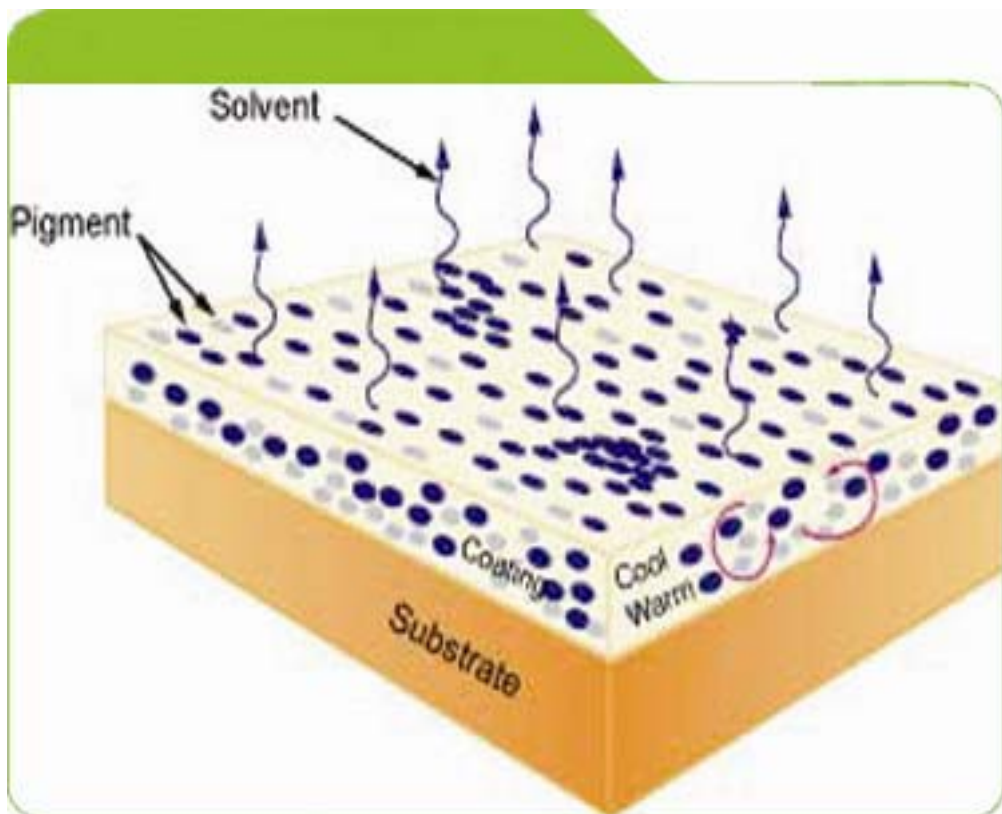
نوع عیب: طغیان رنگ (Flooding):

این تخریب به سرعت پس از اعمال بروز می نماید وضعیت ظاهری عیب به صورت تغییر رنگ مشاهده شده و نمایی شبیه سایه، روشن و دارای پستی و بلندی دارد. عوامل مشترکی نظیر عدم مخلوط سازی مناسب هنگام اعمال، ته نشینی رنگ در زمان رنگ پاشی، جدایش رنگ دانه ها و رزین، واکنش شیمیایی رنگ و سطح سبب بروز این وضعیت می گردند. Flooding نه تنها کیفیت ظاهری رنگ را تحت تاثیر قرار می دهد که با عدم تقسیم صحیح Pigment در سطح کار میزان کارایی پوشش را کاهش می دهد. بهتر است با حذف عوامل تشدید کننده و با بازنگری ابزار مصرفی از بروز این پدیده جلوگیری گردد.



نوع عیب: شناور شدن (Floating):

این تخریب نیز از نظر ظاهری شباهت بسیار زیادی به Flooding داشته با این تفاوت که در این تخریب رنگدانه ها به صورت شناور بر روی سطح رزین قرار گرفته و در اثر این جدایش رنگ به صورت کامل تخریب شده است. رنگ دانه ها بر روی رزین اشکال چند وجهی ساخته و یا حلقوی می باشند. استفاده از رنگ تاریخ گذشته، شرایط انبار داری غلط، Over Spray، کیفیت پایین رنگ مصرفی، روش غلط اعمال، استفاده از تینر نامناسب همگی در بروز و پیشرفت عیب دخیل می باشند. در صورت مشاهده شناور شده و جدایش رنگ دانه ها می بایست رنگ اعمال شده حذف و پس از زبره پاشی مجدد رنگ سالم اعمال گردد.



نوع عیب: پوسته پوسته شدن (Flaking):

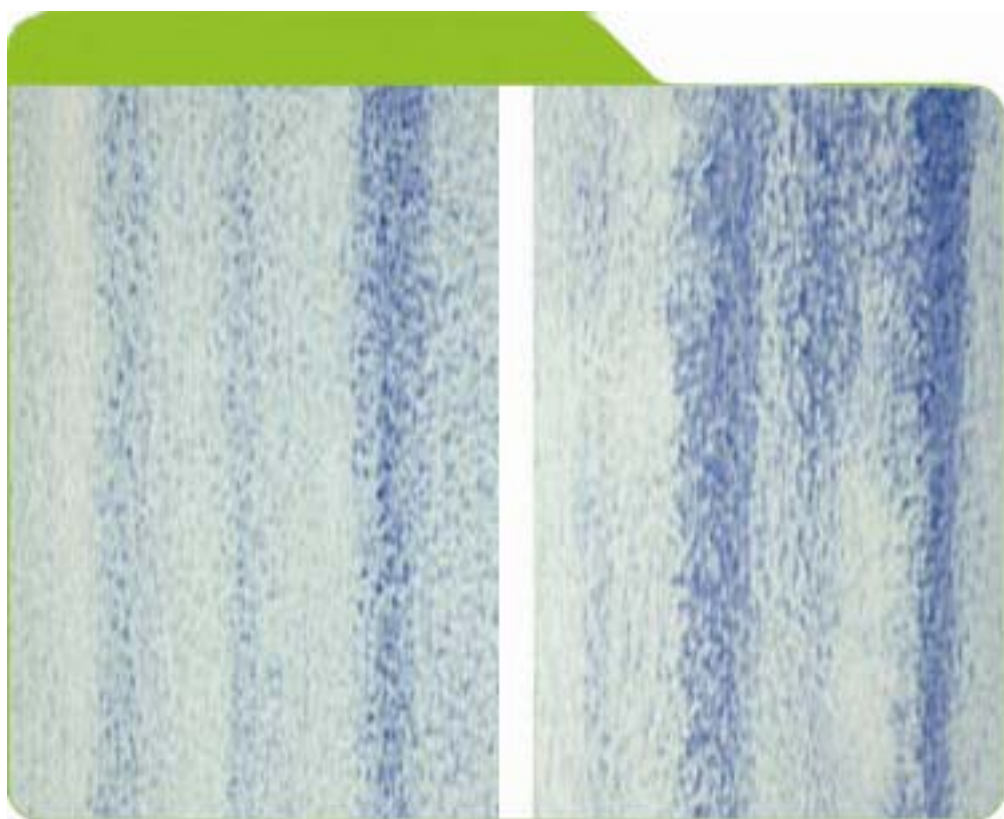
این تخریب شبیه Delaminating بوده و نوعی عدم چسبندگی به شمار می آید. در مکانهایی که عیب رخ داده است قطعات کوچک رنگ به صورت پوسته پوسته در آمده و از سطح اصلی جدا می شوند. به عنوان مثال وقتی رنگ بر روی چوب اعمال می شود این وضعیت به خوبی قابل مشاهده است. انتخاب سیستم غلط رنگ، اعمال رنگ بر روی فلزات غیر آهنی و یا گالوانیزه شده همچنین اعمال رنگ به روش نادرست می تواند زمینه ساز بروز این تخریب گردند. در چنین وضعیتی رنگ هیچ یک از وظایف خود را انجام نمی دهد و می بایست به صورت کامل حذف شده و پس از انتخاب سیستم صحیح رنگ آمیزی و زیر سازی مناسب رنگ به درستی اعمال گردد.



نوع عیب: لخته شدن (Flocculation):

لخته شدن زمانی بروز می نماید که رنگ دانه ها به صورت یکنواخت در رزین حل نشده و به صورت لخته تشکیل شده باشند. Flocculation در تمام سطح رنگ معیوب مشاهده می گردد. و عواملی نظیر ضخامت کم رنگ، عدم مخلوط سازی مناسب اجزاء رنگ، عدم هم زدن صحیح، گذشت تاریخ مصرف رنگ، استفاده از رقیق کننده نامناسب و یا اضافه پدیده را تسریع و تشدید نموده و کیفیت ظاهری رنگ را به شدت تحت تاثیر قرار می دهند.

در صورت مشاهده این وضعیت ابتدا تاریخ مصرف، کارخانه سازنده و نوع تینر مصرفی بررسی شده و پس از رفع علت اقدام به اصلاح فام رنگ نمایید.



نوع عیب: پارگی نخ مانند (Filiform):

این تخریب در اثر وجود شیارهای ناشی از نوعی خوردگی با همین نام و گسترش اثر خوردگی تا سطح رنگ بوجود آمده و بیشتر مواقعی قابل مشاهده است که ضخامت رنگ پایین بوده و یا از پوشش لاک الکل استفاده می گردد. همچنین اغلب در تجهیزات چوبی قدیمی و قطعات الکتریکی کوچک قابل مشاهده است. در صورت مشاهده این تخریب می بایست در فلزات سل های خوردگی ره به روش صحیح از بین برد و از گسترش آن جلوگیری نمود. در تجهیزات چوبی نیز می توان با اصلاح و یکدست سازی سطوح و در برخی موارد بتونه و آستری کاری عیب را متوقف نمود.

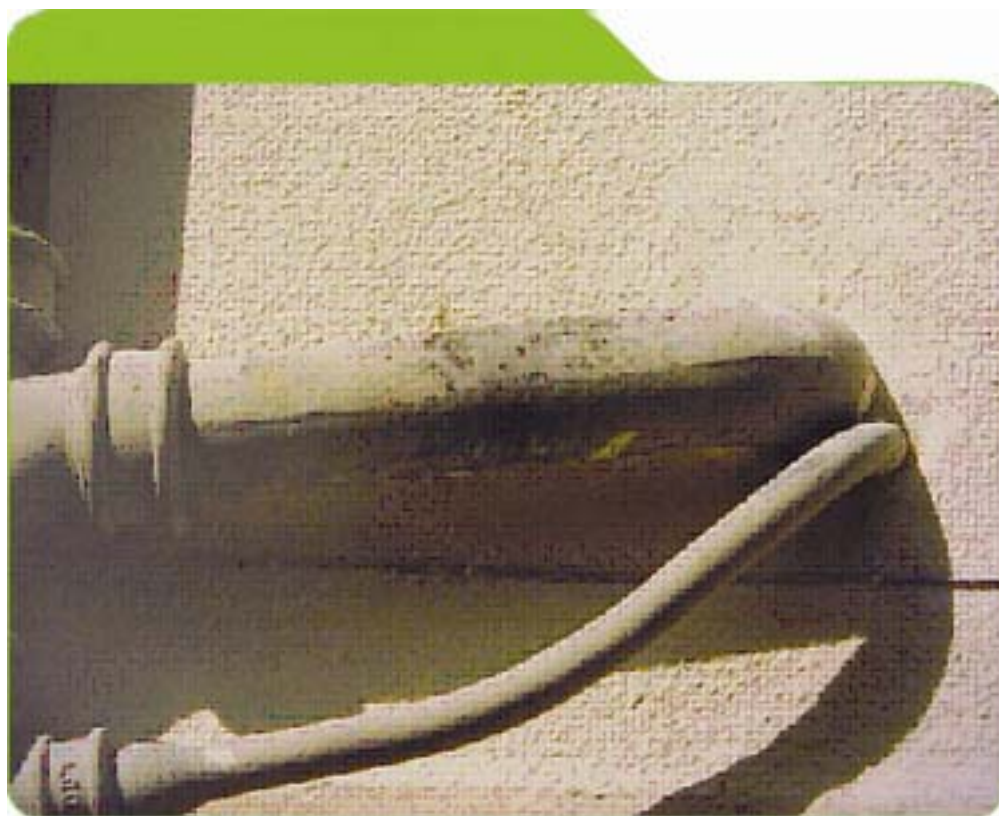


نوع عیب: لبخند رنگ (Grinning):

این وضعیت معمولاً در لایه ماقبل آخر و نزدیک سطح بروز می‌کند و اغلب در روش‌های اعمال دستی که ضخامت لایه یکنواخت نیست شاهد رخداد این پدیده هستیم که در قسمتهای دارای ضخامت پایین تر قابل یافت می‌باشد. حجم کم رنگ سبب کاهش پوشانندگی رنگ شده و آثار رنگ لایه قبل به چشم می‌خورد. یکی دیگر از عوامل بروز Grinning عدم انتخاب RAL لایه‌های مختلف می‌باشد به این ترتیب که رنگ لایه زیرین قوی تر از رنگ لایه رویی از نظر کدوری و پوشانندگی باشد. اعمال لایه نازک رنگ در صورتیکه قابلیت اعمال وجود داشته باشد و یا Touch Up می‌تواند به رفع عیب کمک کند.



نوع عیب: رگه های شبیه خون بر روی رنگ و تاول زدگی (Bleeding & Blistering):
تغییر رنگ پوشش خشک شده به صورت رگه های خون جاری شده بر روی سطح که از لایه های زیر نشت کرده باشد را Bleeding می نامند. این تخریب بین لایه ای بروز نموده و در رنگ لایه نهایی خود را نشان می دهد. اغلب در سیستم های رنگی که از پایه قیر معدنی و یا قیر صنعتی (Tar) بهره گرفته شده باشد و رنگ لایه رویی آلکیدی . یا سایر پوشش های معمول اعمال شده باشد شاهد این عیب خواهیم بود . به طور کلی حلال های سایر پوشش ها وقتی از حلال لایه زیر قوی تر باشد علاوه بر سایر عیوب سبب Bleeding نیز می شود. در نواحی آسیب دیده قبل از پدیده خون ریزی تاول بوجود می آید . انتخاب سیستم صحیح رنگ عامل بازدارنده ای جهت این وضعیت می باشد.



نوع عیب: اثر قلم مو (Brush Drag):

سطح نا هموار و بر جسته باقی مانده حاصل از قلم مو را Brush Drag می نامند که معمولا چسبناک نیز می باشد این وضعیت هنگامی تشدید می شود که غلظت رنگ بالا بوده و مناسب جهت اعمال توسط برس نباشد. گاهی وقتی که از تینر نا همخوان نیز استفاده گردد نیز این حالت را به رنگ می دهد. از عوامل موثر دیگر می توان به عدم مخلوط سازی و هم زدن مناسب، اعمال ناشیانه و روش اعمال غلط و یا گذشتن از Pot Life اشاره کرد. جهت رفع عیب بهتر است برجستگی های حذف شده و Touch Up صورت گیرد



نوع عیب: حباب دار شدن (Bubbles):

این عیب شبیه pin hole می باشد با این تفاوت که حباب ها در این وضعیت در بین رنگ باقی می مانند و به صورت چشمی قابل بررسی نیستند. تنها در صورت قابل شناسایی می باشند که حباب ها به سطح رنگ نزدیک شده باشند که پوسته آنها به راحتی آسیب دیده، شکسته و نقص پدیدار می گردد. اغلب در پوشش های با ضخامت بالا انتظار بروز چنین عیبی وجود دارد و یکی از محدودیت های کار بشمار می آید. به طور کلی همواره می بایست با تنظیم گرانیروی، تنظیم دقیق ابزار آلات و استفاده از تجهیزات استاندارد از بروز این نا پیوستگی جلوگیری کرد. تست جرقه یکی از راه های مناسب شناسایی حباب درون رنگ می باشد.



نوع عیب: گچی شدن (Chalking):

یک لایه ضعیف و پودری شکل که به سطح رنگ چسبیده است و سبب تغییر رنگ و محو شدن فام رنگ نیز می گردد. این وضعیت را Chalking می نامند. تجزیه رنگ و رزین در معرض فرسایش هوا و یا اشعه ماوراء بنفش عامل بوجود آوردن Chalking می باشد. این حالت زمانی بروز می کند که رنگ لایه آخر مناسب با محیط کاری تجهیز انتخاب نشده باشد. در صورت بروز این تخریب اگر با دست و یا ابزار دیگری به سطح رنگ تماسی برقرار کنیم محصولات واکنش همانند گچ سطح تماس را سفید رنگ می کنند. بهتر است سیستم های رنگ به گونه های طراحی و اجرا را شش و نند ک لایه لایه آخر در مقابل شرایط محیطی از جمله سایش و نور آفتاب مقاوم باشد به این ترتیب کمتر شاهد عیب گچی شدن خواهیم بود.



نوع عیب: ترک (Cracking):

بروز نا پیوستگی در رنگ که به صورت چشمی قابل بررسی بوده و به عمق رنگ نیز نفوذ کرده است و احتمالاً به سطح قطعه کار نیز رسیده است را ترک می‌نامند. ترک انواع مختلفی دارد از ترک های سست و سطحی گرفته تا لایه لایه شدن. Cracking در اثر آزاد شدن تنش های داخلی پس از واکنش کامل رنگ و راه یافتن این ترک ها به سطح بروز می نماید که این نا پیوستگی ها خطرناکترین وضعیت در رنگ می باشند. و قبل از رفع آن می بایست علت بررسی گردد. علت می تواند انتخاب سیستم رنگ و روش اعمال نا مناسب، وجود رطوبت در سطح، شوک های حرارتی، تنش های بین لایه ای و یا هر چیز دیگر باشد. زبره پاشی مجدد تنها راه رفع عیب به شمار می رود.



نوع عیب: زنگ سفید رنگ (With Rust):

پودر سفید رنگی که به صورت ته نشست بر روی سطوح پوشیده شده با روی مشاهده می گردد را Whit Rust می نامند. حجم پودر تولید شده در مقایسه با فلز واکنش داده ۵۰۰ برابر می باشد و در اثر تغییر اکسید و هیدرو اکسید روی به کربنات روی تشکیل می گردد و در حضور گاز کربنیک و اسید کربنیک تشدید و واکنش تسریع می گردد. جهت جلوگیری از انجام این واکنش می بایست قبل از هرگونه فعل و انفعال سیستم محافظ بر روی پوشش روی اعمال گردد.



نوع عیب: شوره (Efflorescence):

پودر های سفید رنگ به هم پیوسته که بر روی سطوح زیرین کار بوجود آمده و پس از شکسته شدن پوسته رنگ به شکل گچ قابل مشاهده می باشند را Efflorescence می نامند. تفاوت این عیب با Blushing محل تشکیل نمک ها و شوره می باشد. شوره سبب ایجاد تنش اضافه بین پوشش و سطح کار شده و در نهایت به عدم چسبندگی منجر می شود. دلیل اصلی بروز این تخریب وجود نمک های محلول در رطوبت سطحی بوده که پس از اعمال رنگ به شکل بلورین ظاهر شده و چسبندگی را تحت تاثیر قرار می دهد.

جهت جلوگیری از تشکیل شوره می بایست اصول زیره پاشی را رعایت نمود و قبل از Blasting سطح قطعه کار توسط آب لوله کشی شستشو داد. در صورت مشاهده تخریب زیره پاشی مجدد ضروری است. در روش های نوین اقدام به شوره زدایی با روش شیمیایی (استفاده از حلال مناسب) می نمایند و سپس سایر اقدامات صورت می گیرد.



نوع عیب: حرکت رنگ (Runs):

جابجایی رنگ در زمانهای کوتاه پس از اعمال در سطوح عمودی همچنان که سبب عیوبی نظیر شرکردگی می شود حرکت رنگ را نیز بوجود می آورد. همچنین اعمال رنگ اضافه به صورت مقطعی و افزایش ضخامت لایه تر رنگ می تواند تشدید کننده این وضعیت باشد. معمولا Runs و Sags همزمان بروز نموده و قابل تمیز و تشخیص می باشند. از عوامل مهم تشدید کننده این عیب استفاده از نیروی کاری غیر تخصصی باشد همچنین در پاره ای از موارد کیفیت پایین رنگ نیز امکان اعمال صحیح را از بین می برد.



نوع عیب: جدا شدن رنگدانه به شکل زنگ (Rust Rashing):

این پدیده در رنگ های مقاوم به حرارت به چشم می خورد. عیب به شکل ذرات آلومینیومی (دانه دانه شبیه گرد و خاک) در زمان کوتاهی پس از اعمال تشکیل می گردد. رطوبت مخفی شده در سطوح فلزی و واکنش آن با رنگ و سطوح فلزات آهنی سبب چنین رخدادی می گردد. رعایت توالی و فاصله کوتاه بین زبره پاشی و اعمال رنگ در محیط های مرطوب و رعایت نقطه شبم سبب بهسازی و حذف این پدیده می گردد. همچنین عدم استفاده از مواد ساینده مرطوب و آلوده و استفاده از رطوبت گیر مناسب در مسیر هوا کمک شایانی به عدم بروز Rust Rashing می کند.



نوع عیب: آثار زنگ آهن (Rust Staining):

لایه ای نازک از اکسید قرمز رنگ آهن که اصطلاحاً زنگ آهن نامیده می شود در برخی نقاط در این تخریب دیده می شود. این عیب زمانی قابل مشاهده است که زنگ آهن به صورت مرطوب وجود داشته باشد و یا آب با زنگ آهن آلوده شده باشد و در برخی نقاط لایه نازکی از این ماده به صورت رسوب ته نشین شده باشد. معمولاً این تخریب بدون نیاز به ابزار ویژه قابل بازرسی بوده و ظاهر رنگ راب ه طرز قابل توجهی تحت تاثیر قرار می دهد. به منظور رفع عیب می بایست اکسید های ته نشین شده بر روی سطح را تمیز کرده و حذف نمود. معمولاً این عیب بسیار خطرناک تصور می شود این در حالی است که احتمال حل شدن اکسید در سایر نقاط در آب و انتقال آن به سطوح رنگ این وضعیت را حادث می گردد. در هر صورت ضروری است مکانهای خورده شده شناسایی و اصلاح گردند. این عیب نشانه ای مناسب جهت پی بردن به شروع تخریب به شمار می آید.



نوع عیب: زنگ موضعی (Rust Spotting):

در مقاطع و سطوحی که رنگ با ضخامت کم اعمال شده باشد شاهد بروز خوردگی و تشکیل کلاهک های محصولات آن خواهیم بود. این وضعیت معمولا در مورد آستری ها بیشتر صدق می کند. Rust Spotting در حقیقت اثر عدم شناسایی عیوب قبلی نظیر Skips.Pin Hole ، Delaminating و... می باشد که پس از مجاورت تجهیز با محیط خورنده، سل های خوردگی تشکیل و تجهیز آسیب جدی دیده است. این تخریب اغلب در تجهیز نفوذ کرده و عیوب خطرناکی نظیر Pitting را سبب می شود. در صورت مشاهده این وضعیت می بایست کل پوشش رنگ برطرف شده و تجهیز از نظر عمق حفرات Pitting، حجم و میزان جرم از دست رفته و نواحی تخریب به صورت کامل بررسی شده و اصلاح گردد.



نوع عیب: صابونی شدن رنگ (Saponification):

در صورتیکه رنگ دچار عیب وضعیت صابونی شده باشد استحکام خود را از دست داده و کاملا نرم و چسبناک می شود. به ندرت این عیب در مقاطع کوچک اتفاق می افتد و معمولا تمامی سطوح را در بر می گیرد. حالت صابونی حاصل واکنش بین استرها، قلیا و آب با رنگ است. اغلب این وضعیت در حضور مواد قلیایی و یا روغنی به چشم می خورد. همچنین این تخریب به شکل قابل ملاحظه ای بین سازه های فلزی رنگ آمیزی شده و پوشش های رنگی در تماس با محافظت کاتدی به چشم می خورد.

در صورت مشاهده این عیب بهتر است سیستم انتخابی رنگ بازنگری شده و پس از آماده سازی و زبره پاشی رنگ مناسب اعمال گردد.



همواره این نکته را در نظر داشته باشید که اعمال رنگ معیوب، متخلخل و فاقد چسبندگی یا بروز زخم و خراش در رنگ به مراتب خطرناک تر و مخرب تر از زمانی است که تجهیز رنگ نشده باشد. و در صورت بروز چنین حالتی تخریب با سرعت باورنکردنی رشد کرده و به کاهش ضخامت و خواص مفید و در نهایت به متلاشی شدن تجهیز می انجامد.

تجربه ای مشابه را می توان در یکی از صنایع کشور دید که پوشش اعمال شده در زیر عایق به صورت موضعی تخریب شده و پس از اعمال عایق نیز امکان بازرسی رنگ فراهم نشد. با نفوذ رطوبت به درون عایق خوردگی با سرعت بالا شروع شده و به انفجار بویلر منتهی شد. متأسفانه در این اتفاق تعدادی از کارگران جان خود را از دست دادند و افراد باقیمانده از حادثه همگی در اثر سوختگی و جراحات شدید راهی بیمارستان شدند.

رنگ یکی از ارزان ترین و بهترین راه های جلوگیری از خوردگی و افزایش عمر مفید تجهیز می باشد و بازرسی صحیح رنگ اعمال شده، ثبت دقیق عیوب احتمالی و پیگیری رفع صحیح نواقص مهمترین اقدام جهت دسترسی به پوشش یکپارچه و مقاوم می باشد. همواره با صرف هزینه های اندک جهت تهیه رنگ مرغوب، بکارگیری ابزار صحیح بازرسی و انجام تست های معرفی شده در استاندارد از صرف هزینه های سنگین ترمیم قطعات خورده شده، رنگ آمیزی مجدد و... جلوگیری کنید.

Additional Standard:

Designation: D 2197 – 98

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428
Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright ASTM

**Standard Test Method for
Adhesion of Organic Coatings by Scrape Adhesion¹**

This standard is issued under the fixed designation D 2197; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last re approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or re approval. *This method has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the adhesion of organic coatings such as paint, varnish, and lacquer when applied to smooth, flat (planar) panel surfaces.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents**2.1 ASTM Standards:**

D 609 Practice for Preparation of Cold-Rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, and Related Coating Products²

D 823 Practices for Producing Films of Uniform Thickness of Paint, Varnish, and Related Products on Test Panels²

D 1005 Test Methods for Measurement of Dry-Film Thickness of Organic Coatings Using Micrometers²

D 1186 Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry-Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base²

D 1400 Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonconductive Coatings Applied to a Nonferrous Metal Base²

3. Summary of Test Method

3.1 The materials under test are applied at uniform thickness to flat panels, usually sheet metal of uniform surface texture. After drying, the adhesion is determined by pushing the panels beneath a rounded stylus or loop that is loaded in increasing amounts until the coating is removed from the substrate surface.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-1 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and is the direct responsibility of Subcommittee D01.23 on Physical Properties of Applied Paint Films. Current edition approved Feb. 10, 1998. Published October 1998. Originally published as D 2197 – 63 T. Last previous edition D 2197 – 86(1991)e1.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 06.01.

4. Significance and Use

4.1 Coatings to perform satisfactorily must adhere to the substrates on which they are applied. This test method has been found useful in differentiating the degree of adhesion of coatings to substrates. It is most useful in providing relative ratings for a series of coated panels exhibiting significant differences in adhesion.

4.2 Studies performed in a laboratory using the loop stylus specified in the previous edition showed meaningful adhesion data were impossible when loads of 10 to 20 kg were required to break the surface of a solvent based coating. The chrome plated loop stylus chattered and skipped across the coating surface when loads of this magnitude were required. Similar meaningless data were obtained when powder coatings were tested that required more than 10 kg to break the surface. Therefore, testing under these conditions is not applicable.

5. Apparatus

5.1 *Application Equipment*, as described in Practices D 823.

5.2 *Film-Thickness Measuring Apparatus*, as described in Test Methods D 1005, D 1186, or D 1400.

5.3 *Balanced Beam, Scrape Adhesion Tester* (Figs. 1 and 2), consisting of a balanced beam to which is secured a platform for supporting weights, and a rod at an angle of 45° that holds the scraping loop. The rod shall be set so that the scraping loop contacts test surfaces directly below the weights.

The loop shall be 1/16-in. (1.6-mm) diameter rod, bent into a “U” shape with an outside radius of 0.128 6 0.002 in. (3.25 60.05 mm) and hardened to Rockwell HRC 56 to 58, and shall be a smooth finish. The loop can be either chromium plated, nickel plated, or heat treated polished steel, as agreed upon

between the purchaser and the supplier. These testers are adjustable to accommodate flat, metallic, and nonmetallic specimens to 0.5-in. (12-mm) thick and 4 to 16 in. (100 to 400 mm) wide and long; the specimen should be at least 1/2-in.(12-mm) wide.

6. Preparation of Specimens

6.1 Apply the materials under test to panels of the composition and surface condition on which it is desired to determine adhesion. The panel material (6.1.1), surface preparation, thickness, and number of coats shall be specified or agreed upon by the seller and the purchaser. Apply uniform coatings and air dry or bake under conditions of humidity and temperature mutually agreeable to the seller and purchaser. Either mask the panel or remove material after application, so that 1/2 in. (13 mm) at one end of the panel is uncoated.

6.1.1 The surface of the panel must be hard enough that it will not be damaged by the scraping loop. If no panel material is specified, use 0.032-in. (0.8-mm) cold-rolled carbon steel prepared in accordance with Methods B or C of Practice D 609.



FIG. 1 Balanced-Beam Scrape-Adhesion Tester

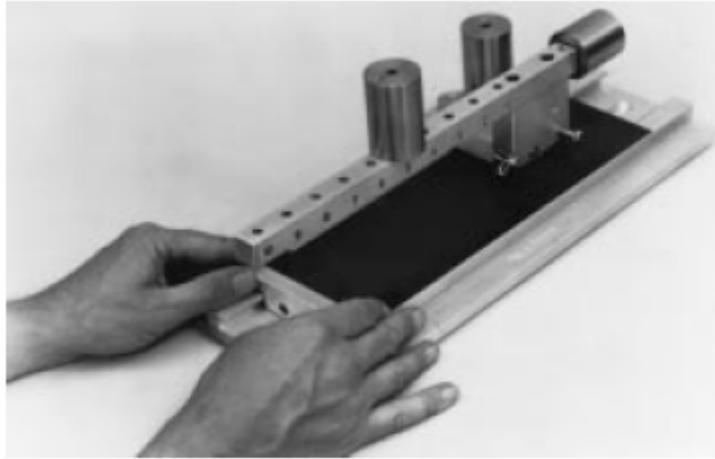


FIG. 2 Balanced Beam Scrape Adhesion and Mar Tester

7. Conditioning and Number of Tests

7.1 Condition the test panels for at least 48 h at 73.56 ± 3.5°F (23.6 ± 2°C) and 50 ± 5 % relative humidity, and test in the same environment, or immediately on removal from, unless otherwise specified or agreed by the seller and the purchaser. Test at least two replicate specimens of each material.

8. Procedure

8.1 When using the instrument shown in Fig. 1, level the base plate of the apparatus and place it so that the weight holder is toward the operator. This places the beam release on the operator's right and allows freedom to move the test specimen manually under the weighted scraping element (loop). Adjust the main bearing support so that the beam is balanced in the horizontal plane when the loop is just touching the specimen surface.

8.2 Raise the beam and lock it. Wipe the loop with clean cloth or chamois. Place a test panel on the sliding platform so that it may be moved away from the operator and the uncoated portion is toward the main beam support. Place weights on the weight support using an initial amount that is estimated to be appropriate for the particular coating. Carefully lower the beam until the loop rests on the uncoated portion of the test specimen and the full load is applied, then slowly (1 to 2 s/in.) push the sliding platform away from the operator for a distance of at least 3 in. (75 mm). If the coating is removed, continue the testing, using successively smaller loads (0.5-kg increments) until the coating is not removed. If the coating is not removed by the initial scrape, continue the testing, using successively larger loads (0.5-kg increments) until the coating is removed or until the maximum load of 10 kg has been applied. Use a new area of the test surface each time a scrape is made.

8.3 When the critical load has been approximately located, repeat the test five times at each of three loadings: above, below, and at the load determined in the first trial. Apply the different loads in random fashion so that all scrapes at one load are not made in succession or on one panel.

8.3.1 Periodically examine the loop to ensure that the original smooth surface is intact. If the contacting surface is worn, reverse the loop. When both sides are worn, replace with a new loop.

8.4 For each applied load, tabulate the number of times the coating was removed or adhered. The load where the scrape results change from mainly adhering to mainly removed, ignoring the first 1/2 in. (13 mm) of the scratch if the coating was removed, is the adhesion failure end point.

9. Report

9.1 Report the following information:

- 9.1.1 Load in kilograms at the adhesion failure end point,
- 9.1.2 Panel material and surface preparation,
- 9.1.3 “U” shape loop surface finish,
- 9.1.4 Dry-film thickness, and
- 9.1.5 Any deviation from the specified procedure.

10. Precision

10.1 *Correlation*—This method was developed when correlation with other methods of assessing adhesion was considered to be of equal importance to the agreement between results obtained in the same or different laboratories. It was established that when materials differing widely in hardness and adhesion were evaluated by a number of experienced personnel in several laboratories, the adhesion results obtained using this method correlated well with those obtained with several other methods.

10.2 *Precision*—If sufficient cooperators can be obtained, an inter laboratory study will be conducted to establish precision.

10.3 *Bias*—No information can be provided on the bias of this test method for measuring adhesion because no material having an accepted reference value is available.

11. Keywords

11.1 adhesion; scrape; balanced-beam scrape adhesion tester

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either re approved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS 100 Barr Harbor Dr., West
Conshohocken, PA 19428 Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright
ASTM

Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test¹

This standard is issued under the fixed designation D 3359; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last re approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or re approval. *This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

1. Scope

1.1 These test methods cover procedures for assessing the adhesion of coating films to metallic substrates by applying and removing pressure-sensitive tape over cuts made in the film.

1.2 Test Method A is primarily intended for use at job sites while Test Method B is more suitable for use in the laboratory. Also, Test Method B is not considered suitable for films thicker than 5 mils (125 μ m).

NOTE 1—Subject to agreement between the purchaser and the seller, Test Method B can be used for thicker films if wider spaced cuts are employed.

1.3 These test methods are used to establish whether the adhesion of a coating to a substrate is at a generally adequate level. They do not distinguish between higher levels of adhesion for which more sophisticated methods of measurement are required.

NOTE 2—It should be recognized that differences in adherability of the coating surface can affect the results obtained with coatings having the same inherent adhesion.

1.4 In multi coat systems adhesion failure may occur between coats so that the adhesion of the coating system to the substrate is not determined.

1.5 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.6 *This standard does not purport to address the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 609 Practice for Preparation of Cold-Rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, and Related Coating Products² D 823 Practice for Producing Films of Uniform Thickness of Paint, Varnish, and Related Products on Test Panels²

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee D-1 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and are the direct responsibility of Subcommittee D01.23 on Physical Properties of Applied Paint Films. Current edition approved Nov. 10, 1997. Published September 1998. Originally published as D 3359 – 74. Last previous edition D 3359 – 95a.
² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 06.01.

D 1000 Test Methods For Pressure-Sensitive Adhesive-Coated Tapes Used for Electrical and Electronic Applications³

D 1730 Practices for Preparation of Aluminum and Aluminum-Alloy Surfaces for Painting⁴

D 2092 Guide for Preparation of Zinc-Coated (Galvanized) Steel Surfaces for Painting⁵

D 2197 Test Methods for Adhesion of Organic Coatings by Scrape Adhesion²

D 2370 Test Method for Tensile Properties of Organic Coatings²

D 3330 Test Method for Peel Adhesion of Pressure-Sensitive Tape of 180° Angle⁶

D 3924 Specification for Standard Environment for Conditioning and Testing Paint, Varnish, Lacquers, and Related Materials²

D 4060 Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser²

3. Summary of Test Methods

3.1 *Test Method A*—An X-cut is made in the film to the substrate, pressure-sensitive tape is applied over the cut and then removed, and adhesion is assessed qualitatively on the 0 to 5 scale.

3.2 *Test Method B*—A lattice pattern with either six or eleven cuts in each direction is made in the film to the substrate, pressure-sensitive tape is applied over the lattice and then removed, and adhesion is evaluated by comparison with descriptions and illustrations.

4. Significance and Use

4.1 If a coating is to fulfill its function of protecting or decorating a substrate, it must adhere to it for the expected service life. Because the substrate and its surface preparation (or lack of it) has a drastic effect on the adhesion of coatings, a method of evaluation adhesion of a coating to different substrates or surface treatments, or of different coatings to the same substrate and treatment, is of considerable usefulness in the industry.

4.2 The limitations of all adhesion methods and the specific limitation of this test method to lower levels of adhesion (see 1.3) should be recognized before using it. The intra- and inter-laboratory precision of this test method is similar to other widely-accepted tests for coated substrates (for example, Test Method D 2370 and Test Method D 4060), but this is partly the result of it being insensitive to all but large differences in adhesion. The limited scale of 0 to 5 was selected deliberately to avoid a false impression of being sensitive.

3 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 10.01.

4 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 02.05.

5 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 06.02.

6 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 15.09.

TEST METHOD A—X-CUT TAPE TEST

5. Apparatus and Materials

5.1 *Cutting Tool*—Sharp razor blade, scalpel, knife or other cutting devices. It is of particular importance that the cutting edges be in good condition.

5.2 *Cutting Guide*—Steel or other hard metal straightedge to ensure straight cuts.

5.3 *Tape*—One-inch (25-mm) wide semitransparent pressure-sensitive tape with an adhesion strength agreed upon by the supplier and the user is needed⁷. Because of the variability in adhesion strength from batch-to-batch and with time, it is essential that tape from the same batch be used when tests are to be run in different laboratories. If this is not possible the test method should be used only for ranking a series of test coatings.

5.4 *Rubber Eraser*, on the end of a pencil.

5.5 *Illumination*—A light source is helpful in determining whether the cuts have been made through the film to the substrate.

6. Test Specimens

6.1 When this test method is used in the field, the specimen is the coated structure or article on which the adhesion is to be evaluated.

6.2 For laboratory use apply the materials to be tested to panels of the composition and surface conditions on which it is desired to determine the adhesion.

NOTE 3—Applicable test panel description and surface preparation methods are given in Practice D 609 and Practices D 1730 and D 2092.

NOTE 4—Coatings should be applied in accordance with Practice D 823, or as agreed upon between the purchaser and the seller.

NOTE 5—If desired or specified, the coated test panels may be subjected to a preliminary exposure such as water immersion, salt spray, or high humidity before conducting the tape test. The conditions and time of exposure will be governed by ultimate coating use or shall be agreed upon between the purchaser and seller.

7. Procedure

7.1 Select an area free of blemishes and minor surface imperfections. For tests in the field, ensure that the surface is clean and dry. Extremes in temperature or relative humidity may affect the adhesion of the tape or the coating.

7.2 Make two cuts in the film each about 1.5 in. (40 mm) long that intersect near their middle with a smaller angle of between 30 and 45°. When making the incisions, use the straightedge and cut through the coating to the substrate in one steady motion.

7.3 Inspect the incisions for reflection of light from the metal substrate to establish that the coating film has been penetrated. If the substrate has not been reached make another X in a different location. Do not attempt to deepen a previous cut as this may affect adhesion along the incision.

7.4 Remove two complete laps of the pressure-sensitive tape from the roll and discard. Remove an additional length at a steady (that is, not jerked) rate and cut a piece about 3 in. (75 mm) long.

7.5 Place the center of the tape at the intersection of the cuts with the tape running in the same direction as the smaller angles. Smooth the tape into place by finger in the area of the incisions and then rub firmly with the eraser on the end of a pencil. The color under the transparent tape is a useful indication of when good contact has been made.

⁷ Permacel 99, manufactured by Permacel, New Brunswick, NJ 08903, and available from various Permacel tape distributors, is reported to be suitable for this purpose. The manufacturer of this tape and the manufacturer of the tape used in the inter laboratory study (see RR: D01-1008), have advised this subcommittee that the properties of these tapes were changed. Users of it should, therefore, check whether current material gives comparable results to previous supplied material.

7.6 Within 90 ± 30 s of application, remove the tape by seizing the free end and pulling it off rapidly (not jerked) back upon itself at as close to an angle of 180° as possible.

7.7 Inspect the X-cut area for removal of coating from the substrate or previous coating and rate the adhesion in accordance with the following scale:

- 5A No peeling or removal,
- 4A Trace peeling or removal along incisions or at their intersection,
- 3A Jagged removal along incisions up to 1/16 in. (1.6 mm) on either side,
- 2A Jagged removal along most of incisions up to 1/8 in. (3.2 mm) on either side,
- 1A Removal from most of the area of the X under the tape, and
- 0A Removal beyond the area of the X.

7.8 Repeat the test in two other locations on each test panel. For large structures make sufficient tests to ensure that the adhesion evaluation is representative of the whole surface.

7.9 After making several cuts examine the cutting edge and, if necessary, remove any flat spots or wire-edge by abrading lightly on a fine oil stone before using again. Discard cutting tools that develop nicks or other defects that tear the film.

8. Report

8.1 Report the number of tests, their mean and range, and for coating systems, where the failure occurred that is, between first coat and substrate, between first and second coat, etc.

8.2 For field tests report the structure or article tested, the location and the environmental conditions at the time of testing.

8.3 For test panels report the substrate employed, the type of coating, the method of cure, and the environmental conditions at the time of testing.

8.4 If the adhesion strength of the tape has been determined in accordance with Test Methods D 1000 or D 3330, report the results with the adhesion rating(s). If the adhesion strength of the tape has not been determined, report the specific tape used and its manufacturer.

9. Precision and Bias⁸

9.1 In an inter laboratory study of this test method in which operators in six laboratories made one adhesion measurement on three panels each of three coatings covering a wide range of adhesion, the within-laboratories standard deviation was found to be 0.33 and the between-laboratories 0.44. Based on these standard deviations, the following criteria should be used for judging the acceptability of results at the 95 % confidence level:

9.1.1 *Repeatability*—Provided adhesion is uniform over a large surface, results obtained by the same operator should be considered suspect if they differ by more than 1 rating unit for two measurements.

9.1.2 *Reproducibility*—Two results, each the mean of triplicates, obtained by different operators should be considered suspect if they differ by more than 1.5 rating units.

9.2 Bias cannot be established for these test methods.

⁸ Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR: D01-1008.

TEST METHOD B—CROSS-CUT TAPE TEST

10. Apparatus and Materials

10.1 *Cutting Tool*—Sharp razor blade, scalpel, knife or other cutting device having a cutting edge angle between 15 and 30° that will make either a single cut or several cuts at once⁹. It is of particular importance that the cutting edge or edges be in good condition.

10.2 *Cutting Guide*—If cuts are made manually (as opposed to a mechanical apparatus) a steel or other hard metal straightedge or template to ensure straight cuts.

10.3 *Rule*—Tempered steel rule graduated in 0.5 mm for measuring individual cuts.

10.4 *Tape*, as described in 5.3.

10.5 *Rubber Eraser*, on the end of a pencil.

10.6 *Illumination*, as described in 5.5.

10.7 *Magnifying Glass*—An illuminated magnifier to be used while making individual cuts and examining the test area.

11. Test Specimens

11.1 Test specimens shall be as described in Section 6. It should be noted, however, that multi tip cutters provide good results only on test areas sufficiently plane¹⁰ that all cutting edges contact the substrate to the same degree. Check for flatness with a straight edge such as that of the tempered steel rule (10.3).

12. Procedure

12.1 Where required or when agreed upon, subject the specimens to a preliminary test before conducting the tape test (see Note 3). After drying or testing the coating, conduct the tape test at room temperature as defined in Specification D 3924, unless D 3924 standard temperature is required or agreed.

12.2 Select an area free of blemishes and minor surface imperfections, place on a firm base, and under the illuminated magnifier, make parallel cuts as follows:

12.2.1 For coatings having a dry film thickness up to and including 2.0 mils (50 μm) space the cuts 1 mm apart and make eleven cuts unless otherwise agreed upon.

12.2.2 For coatings having a dry film thickness between 2.0 mils (50 μm) and 5 mils (125 μm), space the cuts 2 mm apart and make six cuts. For films thicker than 5 mils use Test Method A.¹¹

12.2.3 Make all cuts about 3/4 in. (20 mm) long. Cut through the film to the substrate in one steady motion using just sufficient pressure on the cutting tool to have the cutting edge reach the substrate. When making successive single cuts with the aid of a guide, place the guide on the uncut area.

9 Multi blade cutters are available from a few sources that specialize in testing equipment for the paint industry. One supplier that has assisted in the refinement of these methods and of Test Methods D 2197 is given in footnote 10.

10 The sole source of supply of the multitip cutter for coated pipe surfaces known to the committee at this time is Paul N. Gardner Co., 316 NE First St., Pompano Beach, FL 33060. If you are aware of alternative suppliers, please provide this information to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend.

11 Test Method B has been used successfully by some people on coatings greater than 5 mils (0.13 mm) by spacing the cuts 5 mm apart. However, the precision values given in 14.1 do not apply as they are based on coatings less than 5 mm (0.13 mm) in thickness.

12.3 After making the required cuts brush the film lightly with a soft brush or tissue to remove any detached flakes or ribbons of coatings.

12.4 Examine the cutting edge and, if necessary, remove any flat spots or wire-edge by abrading lightly on a fine oil stone. Make the additional number of cuts at 90° to and centered on the original cuts.

12.5 Brush the area as before and inspect the incisions for reflection of light from the substrate. If the metal has not been reached make another grid in a different location.

12.6 Remove two complete laps of tape and discard. Remove an additional length at a steady (that is, not jerked) rate and cut a piece about 3 in. (75 mm) long.

12.7 Place the center of the tape over the grid and in the area of the grid smooth into place by a finger. To ensure good contact with the film rub the tape firmly with the eraser on the end of a pencil. The color under the tape is a useful indication of when good contact has been made.

12.8 Within 90 s of application, remove the tape by seizing the free end and rapidly (not jerked) back upon itself at as close to an angle of 180° as possible.

12.9 Inspect the grid area for removal of coating from the substrate or from a previous coating using the illuminated magnifier. Rate the adhesion in accordance with the following scale illustrated in Fig. 1:

5B The edges of the cuts are completely smooth; none of the squares of the lattice is detached.

4B Small flakes of the coating are detached at intersections; less than 5 % of the area is affected.

3B Small flakes of the coating are detached along edges and at intersections of cuts. The area affected is 5 to 15 % of the lattice.

2B The coating has flaked along the edges and on parts of the squares. The area affected is 15 to 35 % of the lattice.

1B The coating has flaked along the edges of cuts in large ribbons and whole squares have detached. The area affected is 35 to 65 % of the lattice.

0B Flaking and detachment worse than Grade 1.

12.10 Repeat the test in two other locations on each test panel.

13. Report

13.1 Report the number of tests, their mean and range, and for coating systems, where the failure occurred, that is, between first coat and substrate, between first and second coat, etc.

13.2 Report the substrate employed, the type of coating and the method of cure.

13.3 If the adhesion strength has been determined in accordance with Test Methods D 1000 or D 3330, report the results with the adhesion rating(s). If the adhesion strength of the tape has not been determined, report the specific tape used and its manufacturer.

14. Precision and Bias

14.1 On the basis of two inter laboratory tests of this test method in one of which operators in six laboratories made one adhesion measurement on three panels each of three coatings covering a wide range of adhesion and in the other operators in six laboratories made three measurements on two panels each of four different coatings applied over two other coatings, the pooled standard deviations for within- and between laboratories were found to be 0.37 and 0.7. Based on these standard deviations, the following criteria should be used for judging the acceptability of results at the 95 % confidence level:

14.1.1 *Repeatability*—Provided adhesion is uniform over a large surface, results obtained by the same operator should be considered suspect if they differ by more than one rating unit for two measurements.

14.1.2 *Reproducibility*—Two results, each the mean of duplicates or triplicates, obtained by different operators should be considered suspect if they differ by more than two rating units.

14.2 Bias cannot be established for these test methods.

15. Keywords

15.1 adhesion; tape; crosscut adhesion test method; tape adhesion test method; X-cut adhesion test method

CLASSIFICATION OF ADHESION RESULTS		
CLASSIFICATION	PERCENT AREA REMOVED	SURFACE OF CROSS-CUT AREA FROM WHICH FLAKING HAS OCCURRED FOR SIX PARALLEL CUTS AND ADHESION RANGE BY PERCENT

5B	0%	
----	----	--

APPENDIX
(Non mandatory Information)

X1. COMMENTARY

X1.1 Introduction

X1.1.1 Given the complexities of the adhesion process, can adhesion be measured? As Mittal (1)¹² has pointed out, the answer is both yes and no. It is reasonable to state that at the present time no test exists that can precisely assess the actual physical strength of an adhesive bond. But it can also be said that it is possible to obtain an indication of relative adhesion performance.

X1.1.2 Practical adhesion test methods are generally of two types: “*implied*” and “*direct*”. “Implied” tests include indentation or scribe techniques, rub testing, and wear testing. Criticism of these tests arises when they are used to quantify the strength of adhesive bonding. But this, in fact, is not their purpose. An “implied” test should be used to assess coating performance under actual service conditions. “Direct” measurements, on the other hand, are intended expressly to measure adhesion. Meaningful tests of this type are highly sought after, primarily because the results are expressed by a single discrete quantity, the force required to rupture the coating/substrate bond under prescribed conditions. Direct tests include the Hesimeter and the Adherometer (2). Common methods which approach the direct tests are peel, lap shear, and tensile tests.

X1.2 Test Methods

X1.2.1 In practice, numerous types of tests have been used to attempt to evaluate adhesion by inducing bond rupture by different modes. Criteria deemed essential for a test to warrant large-scale acceptance are: use of a straightforward and unambiguous procedure; relevance to its intended application; repeatability and reproducibility; and quantifiability, including a meaningful rating scale for assessing performance.

X1.2.2 Test methods used for coatings on metals are: peel adhesion or “tape testing”; Gardner impact flexibility testing; and adhesive joint testing including shear (lap joint) and direct tensile (butt joint) testing. These tests do not strictly meet all the criteria listed, but an appealing aspect of these tests is that in most cases the equipment/instrumentation is readily available or can be obtained at reasonable cost.

X1.2.3 A wide diversity of tests methods have been developed over the years that measure aspects of adhesion (1-5). There generally is difficulty, however, in relating these tests to basic adhesion phenomena.

X1.3 The Tape Test

X1.3.1 By far the most prevalent test for evaluating coating “adhesion” is the tape-and-peel test, which has been used since the 1930’s. In its simplest version a piece of adhesive tape is pressed against the paint film and the resistance to and degree of film removal observed when the tape is pulled off. Since an intact film with appreciable adhesion is frequently not removed at all, the severity of the test is usually enhanced by cutting into the film a figure X or a cross hatched pattern, before applying and removing the tape. Adhesion is then rated by comparing film removed against an established rating scale. If an intact film is peeled cleanly by the tape, or if it debonds just by cutting into it without applying tape, then the adhesion is rated simply as poor or very poor, a more precise evaluation of such films not being within the capability of this test.

12 The boldface numbers in parentheses refer to the list of references at the end of this test method.

X1.3.2 The current widely-used version was first published in 1974; two test methods are covered in this standard. Both test methods are used to establish whether the

adhesion of a coating to a substrate is at an adequate level; however they do not distinguish between higher levels of adhesion for which more sophisticated methods of measurement are required. Major limitations of the tape test are its low sensitivity, applicability only to coatings of relatively low bond strengths, and non-determination of adhesion to the substrate where failure occurs within a single coat, as when testing primers alone, or within or between coats in multicoat systems. For multicoat systems where adhesion failure may occur between or within coats, the adhesion of the coating system to the substrate is not determined.

X1.3.3 Repeatability within one rating unit is generally observed for coatings on metals for both methods, with reproducibility of one to two units. The tape test enjoys widespread popularity and is viewed as “simple” as well as low in cost. Applied to metals, it is economical to perform, lends itself to job site application, and most importantly, after decades of use, people feel comfortable with it.

X1.3.4 When a flexible adhesive tape is applied to a coated rigid substrate surface and then removed, the removal process has been described in terms of the “peel phenomenon,” as illustrated in Fig. X1.1.

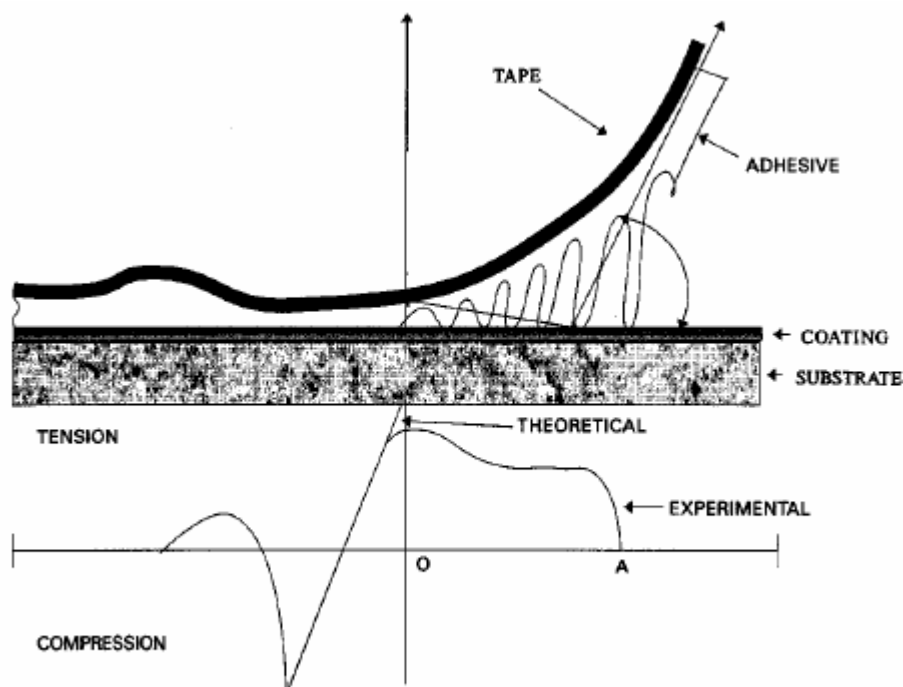


FIG. X1.1 Peel Profile (6)

X1.3.5 Peeling begins at the “toothed” leading edge (at the right) and proceeds along the coating adhesive/interface or the coating/substrate interface, depending on the relative bond strengths. It is assumed that coating removal occurs when the tensile force generated along the latter interface, which is a function of the rheological properties of the backing and adhesive layer materials, is greater than the bond strength at the coating-substrate interface (or cohesive strength of the coating). In actuality, however, this force is distributed over a discrete distance (O-A) in Fig. X1.1, which relates directly to the properties described, not concentrated at a point (O) in Fig. X1.1 as in the theoretical case—though the tensile force is greatest at the origin for both. A significant compressive force arises from the response of the tape backing material to being stretched. Thus both tensile and compressive forces are involved in adhesion tape testing.

X1.3.6 Close scrutiny of the tape test with respect to the nature of the tape employed and certain aspects of the procedure itself reveal several factors, each or any combination of which can dramatically affect the results of the test as discussed (6).

X1.4 Peel Adhesion Testing on Plastic Substrates

X1.4.1 Tape tests have been criticized when used for substrates other than metal, such as plastics. The central issues are that the test on plastics lacks reproducibility and does not relate to the intended application. Both concerns are well founded: poor precision is a direct result of several factors intrinsic to the materials employed and the procedure itself. More importantly, in this instance the test is being applied beyond its intended scope. These test methods were designed for relatively ductile coatings applied to metal substrates, not for coatings (often brittle) applied to plastic parts (7). The unique functional requirements of coatings on plastic substrates cause the usual tape tests to be unsatisfactory for measuring adhesion performance in practice.

X1.5 The Tape Controversy

X1.5.1 With the withdrawal from commerce of the tape specified originally, 3M No. 710, current test methods no longer identify a specific tape. Differences in tapes used can lead to different results as small changes in backing stiffness and adhesive rheology cause large changes in the tension area. Some commercial tapes are manufactured to meet minimum standards. A given lot may surpass these standards and thus be suitable for general market distribution; however, such a lot may be a source of serious and unexpected error in assessing adhesion. One commercially available tape test kit had included a tape with adhesion strength variations of up to 50 % claimed by the manufacturer. Also, because tapes change on storage, bond strengths of the tape may change over time (7, 8).

X1.5.2 While there are tapes available that appear to deliver consistent performance, a given tape does not adhere equally well to all coatings. For example, when the peel removal force of the tape (from the coating) used earlier by Task Group D01.23.10 to establish precision of the method, by 3M No. 710 was examined with seven different electromagnetic interference/radio frequency interference (EMI/RFI) coatings, it was found that, while peel was indeed consistent for a given coating, the value varied by 25 % between the highest and lowest ratings among coatings. Several factors that contribute to these differences include coating composition and topology: as a result, no single tape is likely to be suitable for testing all coatings. Further, the tape test does not give an absolute value for the force required for bond rupture, but serves only as an indicator that some minimum value for bond strength was met or exceeded (7, 8).

X1.6 Procedural Problems

X1.6.1 The tape test is operator intensive. By design it was made as simple as possible to perform, and requires a minimum of specialized equipment and materials that must meet certain specifications. The accuracy and precision depend largely upon the skill of the operator and the operator's ability to perform the test in a consistent manner. Key steps that directly reflect the importance of operator skill include the angle and rate of tape removal and the visual assessment of the tested sample. It is not unexpected that different operators might obtain different results (7, 8).

X1.6.2 Peel Angle and Rate:

The standard requires that the free end of the tape be removed rapidly at as close to a 180° angle as possible. If the peel angle and rate vary, the force required to remove the tape can change dramatically. Nearly linear increases were observed in peel force approaching 100 % as peel angle was changed from 135 to 180, and similar large differences can be expected in peel force as peel rate varies. These effects are related as they reflect certain rheological properties of the backing and adhesive that are molecular in origin. Variation in pull rate and peel angle can effect large differences in test values and must be minimized to assure reproducibility (9).

X1.6.3 Visual Assessment:

The final step in the test is visual assessment of the coating removed from the specimen, which is subjective in nature, so that the coatings can vary among individuals evaluating the same specimen (9).

X1.6.3.1 Performance in the tape test is based on the amount of coating removed compared to a descriptive scale. The exposure of the substrate can be due to factors other than coating adhesion, including that arising from the requirement that the coating be cut (hence the synonym “cross-hatch adhesion test”). Justification for the cutting step is reasonable as cutting provides a free edge from which peeling can begin without having to overcome the cohesive strength of the coating layer.

X1.6.3.2 Cutting might be suitable for coatings applied to metal substrates, but for coatings applied to plastics or wood, the process can lead to a misleading indication of poor adhesion due to the unique interfacial zone. For coatings on soft substrates, issues include how deep should this cut penetrate, and is it possible to cut only to the interface?

X1.6.3.3 In general, if adhesion test panels are examined microscopically, it is often clearly evident that the coating removal results from substrate failure at or below the interface, and not from the adhesive failure between the coating and the substrate. Cohesive failure within the coating film is also frequently observed. However, with the tape test, failures within the substrate or coating layers are rare because the tape adhesive is not usually strong enough to exceed the cohesive strengths of normal substrates and organic coatings. Although some rather brittle coatings may exhibit cohesive failure, the tape test adhesion method does not make provision for giving failure locality (7, 8).

X1.6.4 Use of the test method in the field can lead to variation in test results due to temperature and humidity changes and their effect upon tape, coating and substrate.

X1.7 Conclusion

X1.7.1 All the issues aside, if these test methods are used within the Scope Section and are performed carefully, some insight into the approximate, relative level of adhesion can be gained.

(1) Mittal, K. L., “Adhesion Measurement: Recent Progress, Unsolved Problems, and Prospects”, “Adhesion Measurement of Thin Films, Thick Films, and Bulk Coatings,” *ASTM STP 640*, ASTM, 1978, pp. 7–8.

(2) Corcoran, E. M., “Adhesion,” Chapter 5.3, *Paint Testing Manual*, 13th ed., *ASTM STP 500*, ASTM, 1972, pp. 314–332. (3) Gardner, H. A., and Sward, G. G., *Paint Testing Manual*, 12th ed., Chapter 7, Gardner Laboratory, Bethesda, MD, 1962, pp. 159–170.

(4) Mittal, K. L., *Journal of Adhesion Science and Technology*, Vol 1, No. 3, 1987, pp. 247–259.

(5) Stoffer, J. O., and Gadodia, S. K., *American Paint and Coatings Journal*, Vol 70, Nos. 50 and 51, 1991, pp. 36–40 and 36–51, respectively.

(6) Souheng, Wu, *Polymer Interface and Adhesion*, Marcel Dekker, Inc., New York, NY, 1982, p. 531.

(7) Nelson, G. L., Gray, K. N., and Buckley, S. E., *Modern Paint and Coatings*, Vol 75, No. 10, 1985, pp. 160–172.

(8) Nelson, G. L., and Gray, K. N., “Coating Adhesion to Plastics,” *Proceedings, Waterborne and Higher Solids Coatings Symposium*, Vol 13, New Orleans, LA, February 5–7, 1986, pp. 114–131.

(9) K. L. Mittal, ed., “Symposium on Adhesion Aspects of Polymeric Coatings,” *Proceedings*, The Electrochemical Society, 1981, pp. 569–582.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.



Designation: D 4752 – 98

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS 100 Barr Harbor Dr., West
Conshohocken, PA 19428 Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright
ASTM

Standard Test Method for Measuring MEK Resistance of Ethyl Silicate (Inorganic) Zinc-Rich Primers by Solvent Rub¹

This standard is issued under the fixed designation D 4752; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last re approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or re approval.

1. Scope

1.1 This test method describes a solvent rub technique for assessing the MEK resistance of ethyl silicate (inorganic) zinc-rich primers. The MEK resistance of some two-component ethyl silicate zinc-rich primers has been shown to correlate well with the cure of the primer as determined by diffuse reflectance infrared spectroscopy.² The technique can be used in the laboratory, field, or in the fabricating shop. Consult supplier's Material Safety Data Sheet(s) for specific hazard information relating to the solvent used. 1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific hazard statements are given in Section 6.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 740 Specification for Methyl Ethyl Ketone³

D 1186 Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base⁴

D 1400 Test Method for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonconductive Coatings Applied to a Nonferrous Metal Base⁴

D 4138 Test Method for Measurement of Dry Film Thickness of Protective Coating Systems by Destructive Means⁵

1 This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-1 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and is the direct responsibility of Subcommittee D01.46 on Industrial Protective Coatings. Current edition approved May 10, 1998. Published August 1998. Originally published as D 4752 – 87. Last previous edition D 4752 – 95.

2 Starr, T. L., Henton, L. E., Lewis, W. S., and Rideout, F. A., "Improved Field Reliability of High Performance Coating Systems: Phase II—Develop Procedures and Criteria in Critical Performance Areas," available from Steel Structures Painting Council, 4516 Henry St., Suite 301, Pittsburgh, PA 15213.

3 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 06.04.

4 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 06.01.

5 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 06.02.

3. Terminology

3.1 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.1.1 *double rub*—the act of rubbing a solvent saturated cloth in one complete forward and backward motion over a coated surface.

4. Significance and Use

4.1 Ethyl silicate zinc-rich primers cure by the reaction of the vehicle with moisture thereby providing a binder. As relative humidity and temperature vary during the day, so does the rate of cure. A certain minimum degree of cure is necessary prior to topcoating. It has been shown that the degree of cure of ethyl silicate zinc-rich primers can be measured by the chemical changes occurring using diffuse reflectance infrared spectroscopy.² This solvent rub test has been shown to correlate well with the infrared spectroscopic results of some two-component ethyl silicate inorganic zinc systems.

4.2 The cure rating required for the application of specific topcoats must be agreed upon before the test method is used.

5. Reagents and Materials

5.1 *Methyl Ethyl Ketone* (MEK), in accordance with Specification D 740.

5.2 *Cheesecloth*, 100 % cotton mesh size grade 28 by 24 approximately 12- by 12-in. (300- by 300-mm) and contrasting in color to the coating being evaluated, or other mutually agreed upon cloth.

5.3 *Squeeze Bottle*.

5.4 *Proper Safety Equipment*, as determined from the solvent MSDS, for example, solvent resistant gloves, respirator.

6. Procedure

6.1 Select areas on the primer surface at least 6 in. (150 mm) long on which to run the tests. Clean the surface with tap water or dry cloth to remove loose material.

NOTE 1—Tap water may influence the cure of the zinc-rich primer.

6.2 Measure the dry film thickness of the primer in the selected areas in accordance with Test Methods D 1186, D 1400 or D 4138. Mark a 6- by 1-in. (150- by 25-mm) rectangular test area on the undamaged cleaned surface using a pencil or other suitable solvent resistant marker.

6.3 Fold the cheesecloth into a pad of double thickness and saturate it to a dipping wet condition with the methyl ethyl Ketone. Do not allow more than 10 s to elapse before proceeding to the next steps.

6.4 Place the properly protected index finger into the center of the pad while holding excess cloth with the thumb and remaining fingers of the same hand. With the index finger at a 45° angle to the test surface, rub the rectangular test area with moderate pressure first away from the operator and then back towards the operator. One forward and back motion is one double rub and complete at the rate of approximately 1/s.

6.5 Continue rubbing the surface with the MEK saturated pad, wetting the pad as necessary without lifting it from the surface, until either the metal substrate is exposed or 50 double rubs have been completed. If the former, record the number of rubs when the substrate is exposed.

6.6 Select an adjacent area to be used as a control. Repeat

6.1-6.5, except use a dry cheesecloth to establish the effect of burnishing without the influence of MEK. *Use this area as the control to visually show the appearance of No Effect.*

6.7 Inspect the test areas and the cheesecloths. Rate the results in accordance with Table 1.

7. Report

7.1 Report the following information:

7.1.1 Dry film thickness of the primer.

7.1.2 Elapsed time between the application of the primer and the running of the tests.

7.1.3 Number of tests conducted.

7.1.4 Resulting ratings.

7.1.5 In the case of a zero rating, number of double rubs required to expose the substrate.

7.1.6 *Field and Fabricating Shop Tests*— Identification of the area or piece tested.

TABLE 1 Scale for Resistance Rating

Resistance Rating	Description
5	No effect on surface; no zinc on cloth after 50 double rubs
4	Burnished appearance in rubbed area; slight amount of zinc on cloth after 50 double rubs
3	Some marring and apparent depression of the film after 50 double rubs
2	Heavy marring; obvious depression in the film after 50 double rubs
1	Heavy depression in the film but no actual penetration to the substrate after 50 double rubs
0	Penetration to the substrate in 50 double rubs or less

8. Precision and Bias

8.1 *Precision*—It is not practicable to specify the precision of this procedure since the rating scale is arbitrary and standard methods for conducting round-robin studies and analyzing data based on an arbitrary rating scale are not available. See Appendix X1 “Goodness”.

8.2 *Bias*—Since there is no acceptable reference material, bias cannot be determined.

9. Keywords

9.1 curing characteristics; double rub method; drying or curing; ethyl silicate (inorganic) primer; methyl ethyl Ketone; MEK (methyl ethyl Ketone) resistance; primer; solvent rub method; visual examination; zinc-rich primer

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. GOODNESS

X1.1 An intra-lab round-robin evaluation was conducted in order to assess the “goodness” of this test method. Using the procedure outlines in this test method, eight different operators were asked to rate, in triplicate, the methyl ethyl Ketone (MEK) rub resistance of a particular inorganic zinc-rich primer. The primer was separately applied to multiple test panels at two different dry film thickness ranges; 2.7-4.5 mils and 6.8-8.0 mils. Separate test panels corresponding to each coating thickness category were scored after a 6-h cure period and a 24-h cure period. Performance ratings and general statistical information have been in Table X1.1 for each cure period/film thickness combination.

X1.2 An analysis of the means, (ANOM), was conducted on the performance data of Table X1.1. Figs. X1.1-X1.4 illustrate the raw scores and the mean score reported by each operator. The 95 % confidence limits of the overall mean score (combined average score of the eight operators) are represented on each of the figures by dashed lines. The following observations were made through this analysis:

X1.2.1 Rub results are cure time dependent, that is, higher rub scores are associated with longer cure periods, lower rub scores are associated with shorter cure periods.

X1.2.2 Rub results are dependent on coating thickness, that is, higher rub scores are associated with thick coatings films, lower rub scores are associated with thinner coating films.

X1.2.3 From the plots, the largest number of operators whose mean score deviated from the 95 % confidence limits of the overall mean score was found to occur when this test method is applied to thin film, 6-h cured primers. The second largest number

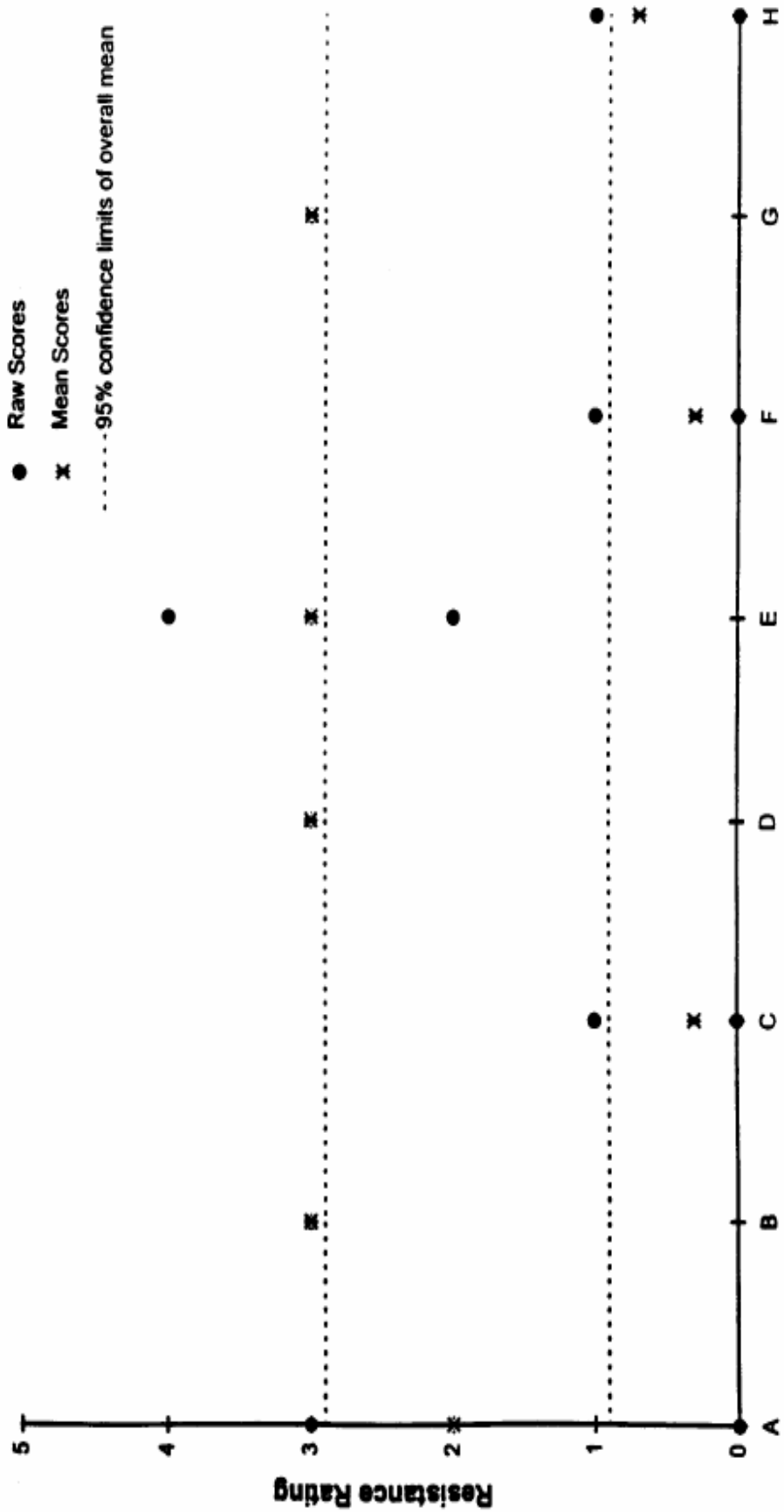
of operators whose mean score deviated from the 95 % limits of the overall score was found to occur in the case of the thin film 24-h cured primers.

X1.2.4 All operators had mean scores within the 95 % confidence limits of the overall mean score when this test method was applied to either thick, 6-h cured primers or thick, 24-h cured primers.

X1.3 The findings of this test method's round-robin evaluation have been offered in this appendix to serve as a reference or guide for operators wishing to utilize this test method.

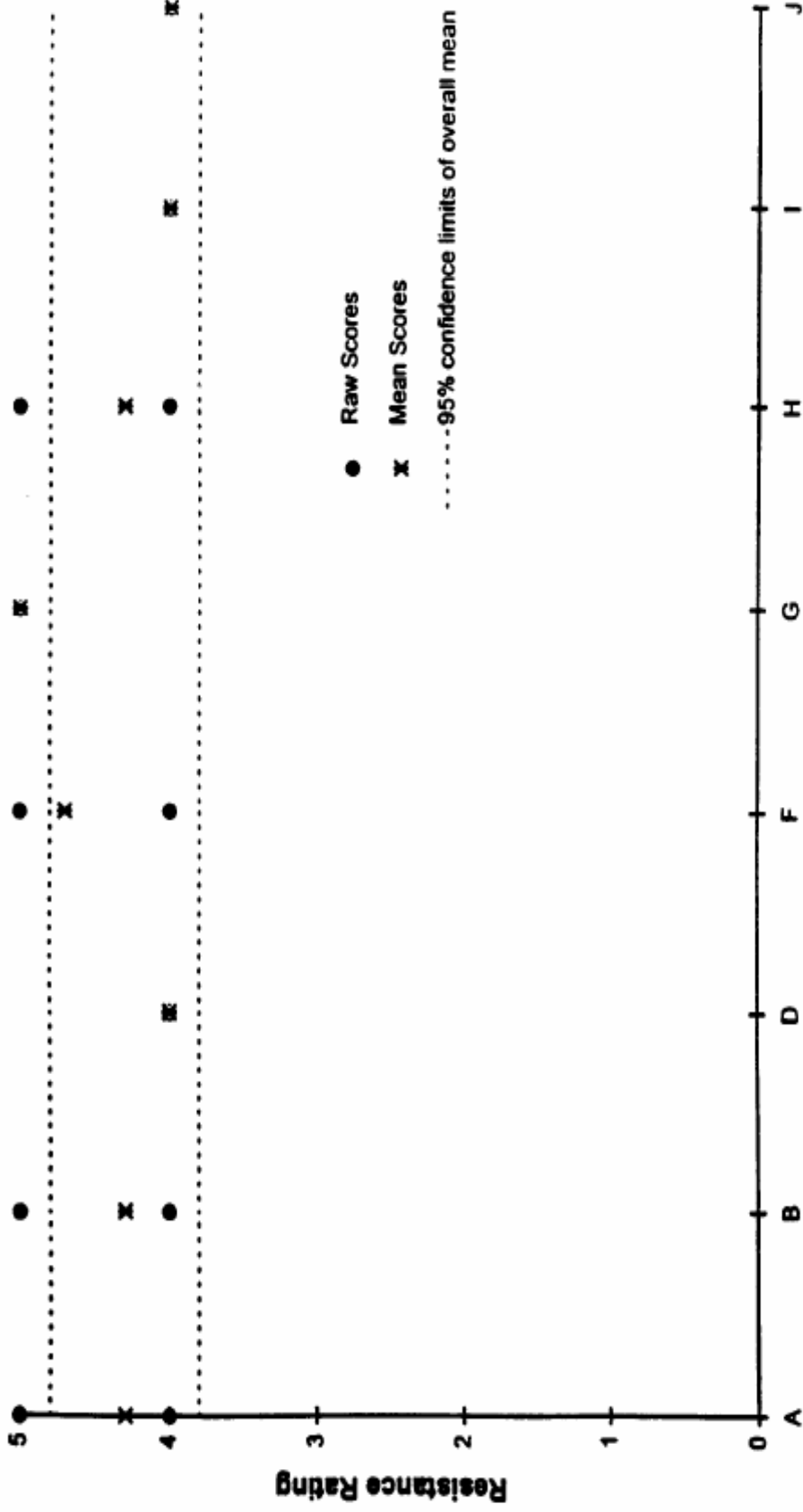
TABLE X1.1 Round Robin Resistance Rating

Case 1: Thin Film, 6-hr cure							
Operator ID	Rub 1	Rub 2	Rub 3	Range	Mean	Standard Deviation	
A	0	3	3	3	2.0	1.4	
B	3	3	3	0	3.0	0.0	
C	0	0	1	1	0.3	0.5	
D	3	3	3	0	3.0	0.0	
E	4	2	3	2	3.0	0.8	
F	0	1	0	1	0.3	0.5	
G	3	3	3	0	3.0	0.0	
H	1	0	1	1	0.7	0.5	
Overall Average				1	1.9	0.5	
Case 2: Thin Film, 24-h cure							
Operator ID	Rub 1	Rub 2	Rub 3	Range	Mean	Standard Deviation	
A	5	4	4	1	4.3	0.5	
B	5	4	4	1	4.3	0.5	
D	4	4	4	0	4.0	0.0	
F	4	5	5	1	4.7	0.5	
G	5	5	5	0	5.0	0.0	
H	4	4	5	1	4.3	0.5	
I	4	4	4	0	4.0	0.0	
J	4	4	4	0	4.0	0.0	
Overall Average				0.5	4.3	0.2	
Case 3: Thick Film, 6-h cure							
Operator ID	Rub1	Rub2	Rub3	Range	Mean	Standard Deviation	
A	4	4	4	0	4.0	0.0	
B	4	4	4	0	4.0	0.0	
C	4	4	4	0	4.0	0.0	
D	3	3	3	0	3.0	0.0	
E	4	3	3	1	3.3	0.5	
F	0	4	5	5	3.0	2.2	
G	3	3	3	0	3.0	0.0	
H	3	4	3	1	3.3	0.5	
Overall Average				0.9	3.5	0.4	
Case 4: Thick Film, 24-h cure							
Operator ID	Rub1	Rub 2	Rub 3	Range	Mean	Standard Deviation	
A	4	4	5	1	4.3	0.5	
B	5	4	4	1	4.3	0.5	
D	4	3	4	1	3.7	0.5	
F	4	5	4	1	4.3	0.5	
G	5	5	5	0	5.0	0.0	
H	4	5	5	1	4.7	0.5	
I	5	3	4	2	4.0	0.8	
J	4	4	4	0	4.0	0.0	
Overall Average				0.9	4.3	0.4	



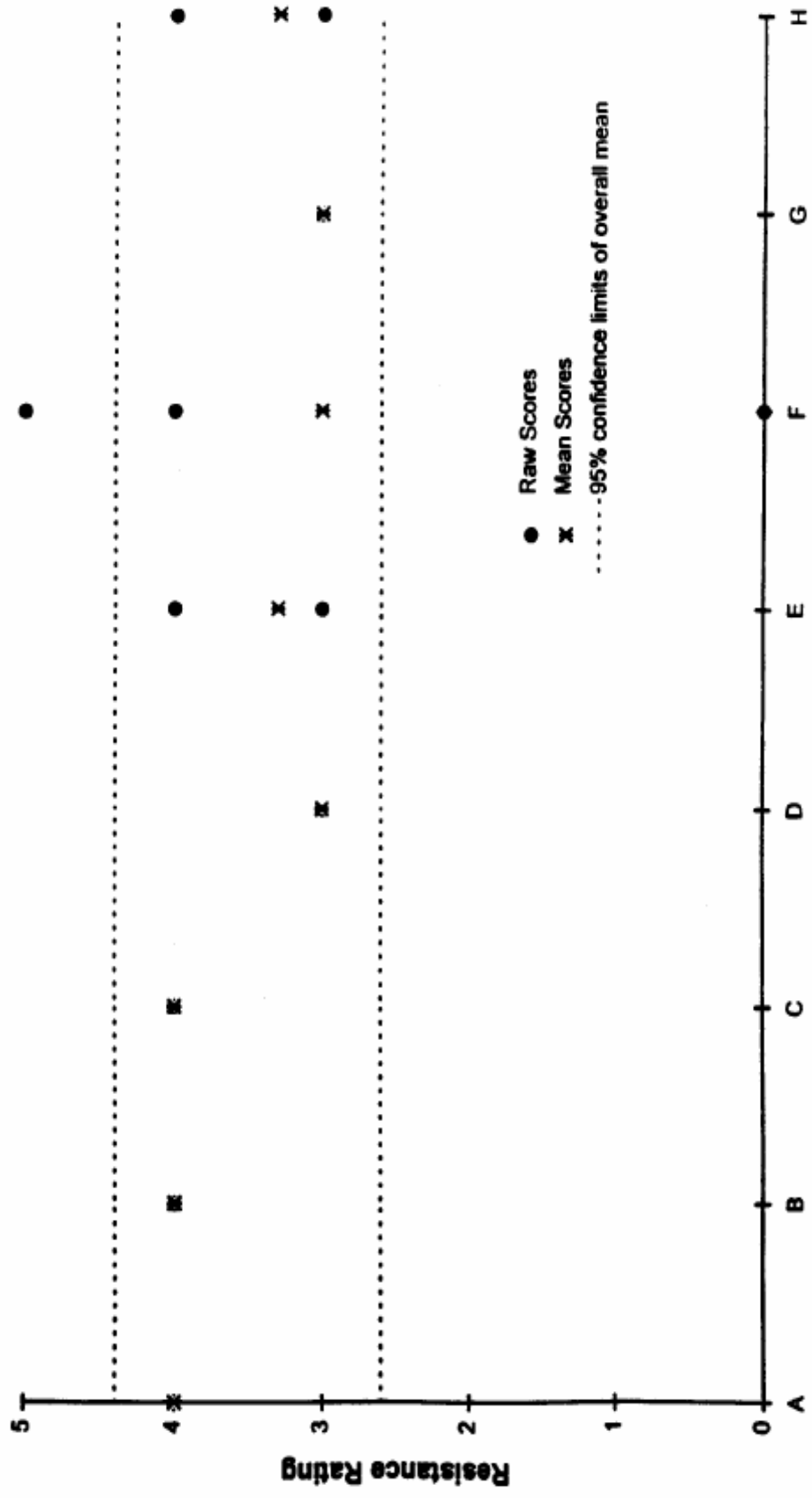
Operator I.D.

FIG. X1.1 Thin Film, 6-Hour Cure



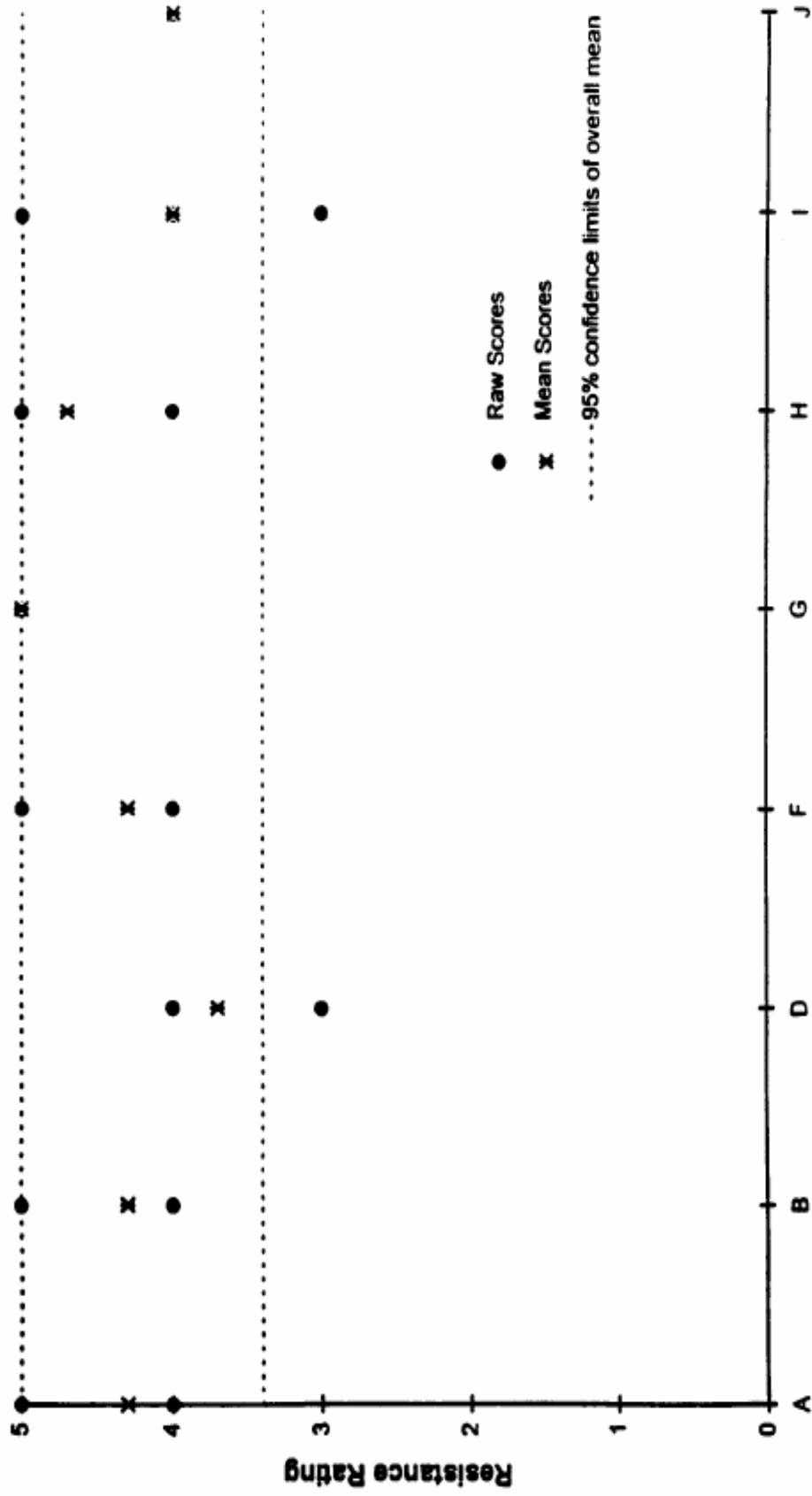
Operator I.D.

FIG. X1.2 Thin-Film, 24-Hour Cure



Operator I.D

FIG. X1.3 Thick Film, 6-Hour Cure



Operator I.D.

FIG. X1.4 Thick Film, 24-Hour Cure

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility. This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.



AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS 100 Barr Harbor Dr., West
Conshohocken, PA 19428 Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards.
Copyright ASTM

Standard Practice for Assessing the Solvent Resistance of Organic Coatings Using Solvent Rubs¹

This standard is issued under the fixed designation D 5402; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (e) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This practice describes a solvent rub technique for assessing the solvent resistance of an organic coating that chemically changes during the curing process. This technique can be used in the laboratory, in the field, or in the fabricating shop. Test Method D 4752 is the preferred method for ethyl silicate zinc-rich primers.

1.2 This practice does not specify the solvent, number of double rubs, or expected test results.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. Consult the supplier's Material Safety Data Sheet for specific hazard information relating to the solvent used.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 235 Specification for Mineral Spirits (Petroleum Spirits) (Hydrocarbon Dry Cleaning Solvent)²

D 523 Test Method for Specular Gloss³

D 740 Specification for Methyl Ethyl Ketone²

D 843 Specification for Nitration Grade Xylene²

D 1186 Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base³

D 1400 Test Method for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonconductive Coatings Applied to a Nonferrous Metal Base³

D 3363 Test Method for Film Hardness by Pencil Test³

D 4138 Test Method for Measurement of Dry Film Thickness of Protective Coating System by Destructive Means⁴

D 4752 Test Method for Measuring MEK Resistance of Ethyl Silicate (Inorganic) Zinc-Rich Primers by Solvent Rub⁴

1 This practice is under the jurisdiction of ASTM D-1 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and is the direct responsibility of Subcommittee D01.46 on Industrial Protective Coatings. Current edition approved May 15, 1993. Published July 1993.

2 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 06.04.

3 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 06.01.

4 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 06.02.

3. Terminology

3.1 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.1.1 *double rub*—the act of rubbing a cloth in one complete forward and back motion over a coated surface.

4. Significance and Use

4.1 Coatings that chemically change during the curing process, such as epoxies, vinyl esters, polyesters, alkyds and urethanes, become more resistance to solvents as they cure. These coatings should reach specific levels of solvent resistance prior to being topcoated and prior to placing in service; the levels of solvent resistance necessary vary with the type of coating and the intended service. Rubbing with a cloth saturated with the appropriate solvent is one way to determine when a specific level of solvent resistance is reached. However, the level of solvent resistance by itself does not indicate full cure and some coatings become solvent resistant before they become sufficiently cured for service.

4.2 The time required to reach a specific level of solvent resistance can be influenced by temperature, film thickness, air movement and, for water-borne or water-reactive coatings, humidity.

4.3 The test solvent's effect upon the coating varies with coating type and solvent used. The coating manufacturer may specify the solvent, the number of double rubs, and the specific test results needed.

5. Materials and Equipment

5.1 Solvent:

5.1.1 *Methyl Ethyl Ketone (MEK)*, conforming to Specification D 740, or

5.1.2 *Mineral Spirits*, conforming to Specification D 235, or

5.1.3 *Xylene*, conforming to Specification D 843, or

5.1.4 *Other Solvents*, as specified by the coating manufacturer or user.

5.2 *Cheesecloth*, 100 % cotton mesh size grade 28 by 24, approximately 12 by 12 in. (300 by 300 mm) and contrasting in color to the coating being evaluated, or other mutually agreed upon cloth.

5.3 *Proper Safety Equipment*, as determined from the solvent MSDS, for example, solvent resistant gloves, respirator.

6. Procedure

6.1 Select areas on the coated surface at least 6-in. (150-mm) long on which to run the tests. Clean the surface with tap water to remove any loose material and allow to dry.

6.2 Measure the dry-film thickness of the coating in the selected areas in accordance with Test Methods D 1186, D 1400 or D 4138. Mark a 6- by 1-in. (150- by 25-mm) rectangular test area on the undamaged cleaned surface using a pencil or other suitable solvent resistant marker.

6.3 Fold the cotton cloth into a pad of double thickness and saturate it to a dripping wet condition with the specified solvent. Do not allow more than 10 s to elapse before proceeding to the next steps. 6.4 Place the properly protected index finger into the center of the pad while holding excess cloth with the thumb and remaining fingers of the same hand. With the index finger at a 45° angle to the test surface, rub the rectangular test area with moderate pressure first away from the operator and then back towards the operator. One forward and back motion is one double rub, and complete at the rate of approximately 1/s.

6.5 Continue rubbing the test area for a total of 25 double rubs. Take care to stay within the rectangular test area.

6.6 If additional solvent rubs are specified, reposition the finger on an unused clean portion of the cloth and resaturate the cloth with the selected solvent to a dripping wet condition. Do not allow more than 10 s to elapse before continuing the double rub procedure on the marked test area for an additional 25 double rubs. Repeat this step until reaching the specified test criteria.

6.7 Immediately inspect the middle 5 in. (125 mm) of the rubbed area, disregarding 1/2 in. (13 mm) at each end, for fingernail hardness and visual changes in appearance,

comparing the rubbed area with an adjacent unrubbed area. Gloss and hardness will tend to return to initial values as recovery time increases. If numerical values or ratings are desired, gloss may be measured in accordance with Test Method D 523 and pencil hardness with Test Method D 3363. Measure the film thickness of the rubbed area by the same method used in 6.3. Visually examine the cloth for indications of coating removal.

7. Report

7.1 Report, as a minimum, the following information:

7.1.1 Solvent used,

7.1.2 Number of double rubs,

7.1.3 Film thickness before rubbing and after rubbing, and

7.1.4 Results of visual examination of cloth for indication of coating removal.

7.2 Additional information, such as temperature, humidity, weather conditions, elapsed time between coating applications and conducting the test can affect test results and should be reported whenever possible.

7.3 Appendix X1 contains a “Solvent Double Rub Test” form that may be helpful in reporting test results.

8. Precision and Bias

8.1 *Precision*—The precision is being determined.

8.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material, bias cannot be determined.

9. Keywords

9.1 coating; curing characteristics; double rub method; drying or curing; paint; recoat time; service time; solvent resistance; solvent rub method

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. SOLVENT DOUBLE RUB TEST

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

X1.1 Solvent Double Rub Test Form:

Coating Identification:

Generic type:

Manufacturer:

Number of components:

Date Applied:^A

Substrate:

Surface temperature:

Temperature:^A

Air movement:^A

Date Tested:

Cure time:^A

Cure conditions:^A

Temperature:^A

Humidity:^A

Air movement:^A

Application Information

Time applied:^A

Area coated:

Humidity:^A

Test Information

Time tested:

Solvent:

Number of double rubs specified:

Number of double rubs performed:

Results

Dry-film thickness:

Method used:

Appearance:

Hardness:

Method used:

Gloss:

Condition of cloth:

Tested by:

Before Rubbing

After Rubbing

Results

Specified

^A The temperature humidity, weather conditions, elapsed time between coating application, and conducting the test can impact test results and should be reported whenever possible.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS 100 Barr Harbor Dr., West
Conshohocken, PA 19428 Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright
ASTM

Standard Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base¹

This standard is issued under the fixed designation D 1186; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 These test methods cover the nondestructive measurement of the dry film thickness of nonmagnetic coatings applied over a ferrous base material using commercially available test instruments. The test methods cover the use of instruments based on magnetic measuring principles only. Test Method A provides for the measurement of films using magnetic pull-off gages and Test Method B provides for the measurement of films using magnetic flux gages.

1.2 These test methods are not applicable to coatings that will be readily deformable under the load of the measuring instruments, as the instrument probe must be placed directly on the coating surface to take a reading.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 609 Practice for Preparation of Cold-Rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, and Related Coating Products²

D 823 Practices for Producing Films of Uniform Thickness of Paint, Varnish, and Related Products on Test Panels²

D 1005 Test Method for Measurement of Dry-Film Thickness of Organic Coatings Using Micrometers²

D 3980 Practice for Interlaboratory Testing of Paint and Related Materials²

2.2 Steel Structures Painting Council Standard:

SSPC-PA2 Measurement of Dry Paint Thickness with Magnetic Gages³

1 These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee D-1 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and are the direct responsibility of Subcommittee D01.23 on Physical Properties of Applied Paint Films. Current edition approved Oct. 15, 1993. Published December 1993. Originally published as D 1186 – 51. Last previous edition D 1186 – 87.

2 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 06.01.

3 Available from Steel Structures Painting Council, 4516 Henry St., Pittsburgh, PA 15213.

TEST METHOD A—MAGNETIC PULL-OFF GAGES

3. Summary of Test Method

3.1 Instruments complying with this test method measure thickness by using a spring calibrated to determine the force required to pull a permanent magnet from a ferrous base coated with a nonmagnetic film. The instrument must be placed directly on the coating surface to take a reading.

3.2 The attractive force of the magnet to the substrate varies inversely with the thickness of the applied film. The spring tension required to overcome the attraction of the magnet to the substrate is shown on the instrument scale as the distance (in mils or micrometres) between the magnet and the substrate.

3.3 It should be recognized that the accuracy of the measurements can be influenced when measurements are made closer than 1 in. (25 mm) to an edge.

4. Significance and Use

4.1 After calibrating the instrument using shims of known thickness and either a bare part of the metal object or metal of the same kind, the instrument magnet (or metal foot) is placed in contact with the coated metal in the manner described in 12.1. The results of many test methods applicable to coatings are markedly affected by the film thickness of the dry film, some examples being adhesion, flexibility, and hardness to name a few. To be able to compare results obtained by different operators, it is essential to measure film thickness closely.

4.2 Most protective and high performance coatings are applied to meet a requirement or a specification for the dry-film thickness of each coat, or for the complete system, or both. Coatings must be applied within certain minimum and maximum thickness tolerances in order that they can fulfill their intended function. In addition to potential performance deficiencies, it is uneconomical to apply more material than necessary when coating large areas such as metal structures and coils. This test method is used to measure film thickness of coatings on ferrous metals.

5. Apparatus

5.1 *Permanent Magnet*, small, either attached directly to a coil spring (“pencil” gage)⁴ or to a horizontal lever arm which is attached to a helical spring (“banana” gage).⁵ Increasing force is applied to the magnet by extending the coil spring in the first case or turning a graduated dial that coils the helical spring in the second. The readings obtained are shown directly on the instrument scale or converted by reference to a calibration curve.

5.2 *Nonmagnetic Thickness Shims or Polished Metal Certification Calibration Standards*⁶—Shims with assigned values traceable to National Standards are available, but when shims are used that are not traceable to National Standards, the thickness must be measured to the nearest 0.1 mil (2.5 µm) using a micrometer as described in Procedure D in Test Method D 1005.

6. Test Specimens

6.1 When this test method is used in the field, the specimen is the coated structure or article on which the thickness is to be evaluated.

4 Apparatus of the “pencil” (coil spring) type found to be typical are shown in Table 1.

5 Apparatus of the “banana” (helical spring) type found to be typical are shown in Table 1.

6 Polished metal standards for this purpose are available from U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, Standard Reference Material Program, Building 202, Room 204, Gaithersburg, MD 20899.

6.2 For laboratory use, apply the materials to be tested to panels of the composition and surface conditions on which it is desired to determine the thickness.

NOTE 1—Applicable test panel description and surface preparation methods are given in Practice D 609.

NOTE 2—Coatings should be applied in accordance with Practices D 823 or as agreed upon between the purchaser and the seller.

7. Calibration of Apparatus

7.1 Calibrate the instrument in an area free of stray magnetic fields, such as power lines, generators, or welding equipment. There shall be no vibration apparent on the test piece when the instrument is being calibrated.

7.2 Use a bare section of the substrate after the specified surface preparation has been accomplished. If an uncoated section of the substrate is not available, uncoated test panels similar to the type on which the specified surface preparation has been performed may be used.

7.3 Select calibration shims in the expected thickness range to be measured. For example, if a coating is approximately 3mils (75 μm) in thickness, calibrate the instrument at 3 mils. Then check the calibration, using shims of both a lesser and greater thickness, to determine the thickness range over which the instrument is calibrated. The limits of this range are set at the points where the gage no longer registers the shim thickness within the manufacturer's stated accuracy (for example, $\pm 15\%$).

7.4 Lay a calibration shim on the bare, uncoated substrate and bring the instrument magnet in direct contact with the shim. Remove the magnet from the shim by slowly rotating the dial scale ring clockwise (for helical spring-type instruments) or lifting the entire instrument housing (for coil spring-type instruments). Hold the shim so that it will not flex during calibration, causing the magnet to lift prematurely. Observe the thickness shown on the instrument scale at the moment when the magnet breaks contact with the surface.

7.5 If the instrument scale reading does not agree with the shim thickness, calibration is required. This can be accomplished by physical calibration or by drafting a calibration curve. A calibration curve involves plotting a graph with the actual gage reading on one axis and the shim reading on the other. For physical calibration, consult the manufacturer's instructions.

NOTE 3—Instruments based on the scale dial ring/helical spring can be calibrated and used in any position, while those based on the coil spring must be calibrated and used in the vertical position only.

8. Calibration of Apparatus—Polished Metal Calibration Standards

8.1 Follow 7.1, 7.2, and 7.3.

8.2 Place the gage directly on the calibration standard. If the instrument scale reading does not agree with the shim thickness, calibration is required as in 7.5.

8.3 After the gage is calibrated, take ten readings on the bare, prepared substrate. Record the mean of these readings. This is a correction for variations of magnetic attraction due to the roughness of the substrate.

8.4 Subtract the value obtained in 8.3 when measuring the coating thickness to obtain the corrected thickness of the paint.

NOTE 4—More information on this calibration test method is described in SSPC-PA2.

9. Procedure

9.1 Use the instrument only after it has been calibrated in accordance with Section 7 or 8.

9.2 Assure that the coating is dry prior to use of the instrument.

9.3 Inspect the magnet tip and surface to be measured to assure that they are clean. Adherent magnetic filings or other surface contaminants will affect gage readings.

9.4 Take readings in locations free of vibration, electrical, or magnetic fields.

9.5 If thickness readings are found to be outside the calibration range established in 7.3, repeat the calibration procedure in the appropriate range. Check the calibration before, during, and after each use to ensure that the instrument continues to read properly. If the instrument is found to be out of adjustment, remeasure the thicknesses taken since the last satisfactory calibration check was made.

9.6 Take a sufficient number of readings to characterize the surface.

9.6.1 For laboratory measurements, a recommended minimum is three for a 3 by 6-in. (75 by 150-mm) panel and more in proportion to size.

9.6.2 For field measurements, a recommended minimum is five determinations at random for every 100 ft² (10 m²) of surface area. Each of the five determinations should be the mean of three separate gage readings within the area of a 1/2-in. (12-mm) diameter circle.

9.7 Make measurements at least 1 in. (25 mm) away from any edge or corner of the specimen. If it is necessary to measure closer than 1 in., recheck the calibration in the specific area to determine the extent of the effect (if any) the edge has on the measurement.

10. Report

10.1 Report the following information: the instrument used, serial number, range, and mean of the thickness readings found. Depending upon the application, it may be useful to record the individual readings as well.

11. Precision and Bias

11.1 On the basis of an interlaboratory study of this test method, conducted to determine the precision of several types of instrument in measuring a wide range of coating thicknesses, the intralaboratory and interlaboratory coefficients of variation, calculated using procedures described in Practice D 3980 were found to be those shown in Table 1 for the instrument evaluated. Based upon these coefficients, the following criteria should be used for judging, at the 95 % confidence level, the acceptability of results:

11.1.1 *Repeatability*—Two results, each the mean of four measurements, obtained by the same operator using the same instrument should be considered suspect if they differ by more than the maximum allowable difference values given in Table 1 for the appropriate film thickness.

11.1.2 *Reproducibility*—Two results, each the mean of four measurements, obtained by operators in different laboratories, each obtained using instruments from the same category, should be suspect if they differ by more than the maximum Allowable difference values shown in Table 1.

11.2 *Bias*—The bias for Test Method A of this standard for measuring dry film thickness cannot be determined because each instrument has its own bias.

TEST METHOD B—MAGNETIC FLUX GAGES

12. Summary of Test Method

12.1 After calibrating the instrument using shims of known thickness and either a bare part of the metal object or metal of the same kind, the instrument probe is placed in contact with the coated metal. Instruments of this type determine, within the probe of the instrument itself, changes in the magnetic flux caused by variations in the distance between the magnet and the substrate.

12.2 It should be recognized that the accuracy of the measurements may be influenced when made closer than 1 in. (25 mm) to an edge or 3 in. (75 mm) to another mass of metal. The edge or mass of the steel may cause flux leakage from the instrument, thus distorting the readings.

13. Apparatus

13.1 The testing apparatus shall be mechanically or electrically operated. Mechanically operated instruments house an internal horseshoe magnet, the contacts of which are placed directly on the coated substrate.⁷ Electrically operated instruments utilize a separate instrument probe that houses the magnet or coil

energized by alternating current and is placed directly on the surface.⁸ In both types, the coating thickness is shown on the instrument scale or meter.

14. Test Specimens

14.1 The test specimens described in Section 6 are also applicable to Test Method B. Refer to the manufacturer's instructions when measuring paint thicknesses on substrates less than 1/8 in. thickness.

15. Calibration of Apparatus

15.1 Follow the steps outlined in 7.1-7.3.

15.2 Hold the instrument contact or probe handle firmly on the surface and perpendicular to the measuring plane during calibration and use. Follow the manufacturer's instructions for the specific adjustment of the instrument.

NOTE 5—The probe-type instruments can be calibrated and used in any position, but the integral-magnet type must be recalibrated or calibration verified for each position of use.

16. Procedure

16.1 Follow the steps outlined in 9.1-9.3.

16.2 Take measurements no closer than 1 in. (25 mm) to an edge or 3 in. (75 mm) to another mass of steel. If such measurements are necessary, recheck the calibration in the specific area to determine the effect the edge or mass of steel has on the instrument reading.

17. Report

17.1 Report the following information: the instrument used, serial number, range, and mean of the thickness readings found. Depending upon the application, it may be useful to record the individual readings as well.

18. Precision and Bias

18.1 *Precision*—On the basis of an interlaboratory study of this test method in which several types of instruments were used in various laboratories to measure a wide range of dry-film thickness on the same set of panels, the intra- and interlaboratory coefficients of variation, calculated using procedures described in Practice D 3980, were found to be as shown in Table 1. Based upon these coefficients the following criteria should be used for judging, at the 95 % confidence level, the acceptability of results:

18.1.1 *Repeatability*—Two results, each the mean of four measurements, obtained by the same operator using instruments from the same category should be considered suspect if they differ by more than the maximum allowable difference values given in Table 1 for the appropriate film thickness.

18.1.2 *Reproducibility*—Two results, each the mean of four measurements, obtained by operators in different laboratories using instruments from the same category should be considered suspect if they differ by more than the maximum allowable difference values given in Table 1 for the appropriate film thickness.

18.2 *Bias*—The bias for Test Method A of this standard for measuring dry film thickness cannot be determined because each instrument has its own bias.

7 Apparatus of the mechanical type found to be typical for this purpose are shown in Table 1.

8 Apparatus of the probe type found to be typical for this purpose are shown in Table 1.

19. Keywords

19.1 coating thickness; dry film thickness; magnetic gages; nondestructive thickness; paint thickness

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility. This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be

reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

TABLE 1 Precision of Film Thickness Measurements

Intralaboratory							
Test Method	Coating Thickness		0.5 to 1.5 mils		5 to 17 mils		Maximum Allowable Difference (MAD), %
	Instrument ^A	Degrees of Freedom (DF)	Coefficient of Variation (v_w), %	Maximum Allowable Difference (MAD), %	Degrees of Freedom (DF)	Coefficient of Variation (v_w), %	
A	Coil Spring						
	Elcometer 157	12	9		12	5	
	Tinsley	12	6		12	4	
	Pooled	24	7.65	22.4	24	4.53	13.3
A	Helical spring						
	Elcometer 111	12	6		12	3	
	Microtest FIM	28	5		28	2	
	Magne Gage	4	6		8	2	
	Pooled	44	5.4	15.4	48	2.3	6.6
B	Mechanical						
	Elcometer 101	22	7	20.6	22	3	8.8
B	Probe						
	Elcometer 150	12	5		12	1	
	Minitest FN 250	6	5		6	2	
	GE Type B Gage	32	4		32	3	
	Permascope ES	12	4		12	2	
	Verimeter ML 301	2	6		3	2	
	Accuderm M	4	1		6	2	
	Pooled	68	4.25	12.1	71	2.4	6.8
Interlaboratory							
Test Method	Coating Thickness		0.5 to 1.5 mils		5 to 17 mils		Maximum Allowable Difference (MAD), %
	Instrument ^A	Degrees of Freedom (DF)	Coefficient of Variation (v_b), %	Maximum Allowable Difference (MAD), %	Degrees of Freedom (DF)	Coefficient of Variation (v_b), %	
A	Coil Spring						
	Elcometer 157	2	22		2	12	
	Tinsley	2	10		2	7	
	Pooled	4	17.1	67.2	4	9.8	38.6
A	Helical Spring						
	Elcometer 111	2	5	30.5 ^C	2	2	12.2 ^C
	Microtest FIM	8	15	49	8	10	32.6
	Magne Gage	#	#		#	#	
B	Mechanical						
	Elcometer 101	4	11	43.5	4	2	8 ^D
B	Probe						
	Elcometer 150	4	7		4	4	
	Minitest FN 250	...	...		2	3	
	GE Type B	12	6		...	...
	Permascope ES	6	6		6	3	
	Pooled	22	6.2	18.3 ^C	12	3.4	10.4
	Minitest FN 250	2	22		...	...
	GE Type B	...	...		12	6	18.5
	Verimeter ML 301	#	#		#	#	
	Accuderm M	#	#		#	#	

^A Results obtained using the models shown. Some instruments are available as newer models, which are not included.

^B No interlaboratory results provided.

^C Insufficient results for reliable estimate.

^D Interlaboratory MAD is usually larger than intralaboratory MAD.



AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS 100 Barr Harbor Dr., West
Conshohocken, PA 19428 Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright
ASTM

Standard Test Method for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonconductive Coatings Applied to a Nonferrous Metal Base¹

This standard is issued under the fixed designation D 1400; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the nondestructive measurement of the dry film thickness of electrically nonconductive coatings applied over a nonferrous metal base using commercially available eddy current instruments.

1.2 This test method is not applicable to coatings that are readily deformable under the load of the measuring instruments, as the instrument probe must be placed directly on the coating surface to take a reading.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 823 Practices for Producing Films of Uniform Thickness of Paint, Varnish, and Related Products on Test Panels² D 1005 Test Method for Measurement of Dry-Film Thickness of Organic Coatings Using Micrometers²

D 1730 Practices for Preparation of Aluminum and Aluminum-Alloy Surfaces for Painting³

D 3980 Practice for Interlaboratory Testing of Paint and Related Materials²

3. Summary of Test Method

3.1 After calibrating the instrument using shims of known thickness and either a bare part of the metal object or metal of the same kind, the instrument probe is placed in contact with the coated metal. In instruments of this type, electrical characteristics of a coil and the probe are changed by the eddy currents created in substrates by the alternating flux of the coil. The extent of such changes varies with the distance between the probe and the metal, the distance being the thickness of the dry coating film.

3.2 It should be recognized that the accuracy of the measurements can be influenced or affected when measurements are made closer than 1 in. (25 mm) to an edge or 3 in. (75 mm) to another mass of metal.

1 This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-1 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and is the direct responsibility of Subcommittee D01.23 on Physical Properties of Applied Paint Films. Current edition approved Aug. 15, 1994. Published October 1994. Originally published as D 1400 – 56. Last previous edition D 1400 – 87.

2 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 06.01.

3 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 02.05.

4. Significance and Use

4.1 The results of many test methods applicable to coatings are markedly affected by the film thickness of the dry film, some examples being adhesion, flexibility, and

hardness to name a few. To be able to compare results obtained by different operators, it is essential to measure film thickness closely.

4.2 Most protective and high performance coatings are applied to meet a requirement or a specification for the dry film thickness of each coat, or for the complete system, or both. Coatings must be applied within certain minimum and maximum thickness tolerances in order that they can fulfill their intended function. In addition to potential performance deficiencies, it is uneconomical to apply more material than necessary when coating large areas such as metal structures and coils. This test method is used to measure film thickness of coatings on nonferrous metals.

5. Apparatus

5.1 *Eddy Current Thickness Gages*, commercially available, suitable to measure coating thickness accurately.⁴ 5.2 *Nonconductive Thickness Shims for Calibration*—Shims with assigned values traceable to National Standards are available, but when shims are used that are not traceable to National Standards, thickness must be measured to the nearest 0.1 mil (2.5 μm) using a micrometer using a method such as Procedure D in Test Method D 1005.

6. Test Specimens

6.1 When this test method is used in the field, the specimen is the coated structure or article on which the thickness is to be evaluated.

6.2 For laboratory use apply the materials to be tested to panels of the composition and surface conditions on which it is desired to determine the thickness.

NOTE 1—Applicable test panel description and surface preparation methods are given in Practices D 1730.

NOTE 2—Coatings should be applied in accordance with Practices D 823, or as agreed upon between the purchaser and the seller.

7. Calibration of Apparatus

7.1 Calibrate the instrument in an area free of stray magnetic fields, such as power lines, generators, or welding equipment. There shall be no vibration apparent on the test piece when the instrument is being calibrated.

7.2 Use a bare section of the substrate after the specified surface preparation method has been accomplished. If an uncoated section of the substrate is not available, uncoated test panels similar to the type on which the specified preparation has been performed may be used.

7.3 Select calibration shims in the expected thickness range to be measured. For example, a coating is approximately 3 mils (75 μm) in thickness, calibrate the instrument at 3 mils. Then check the calibration using shims of both a lesser and greater thickness to determine the thickness range over which the instrument is calibrated. The limits of this range are set at the points where the gage no longer registers the shim thicknesses within the manufacturer's stated accuracy (for example, 610 %).

7.4 Follow the manufacturer's instructions for the specific adjustment of the instrument.

⁴ Apparatus found to be typical are shown in Table 1. Sources for the instruments are available from ASTM, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.

8. Procedure

8.1 Use the instrument only after it has been calibrated in accordance with Section 7.

8.2 Ensure that the coating is dry prior to use of the instrument.

8.3 Inspect the probe tip and surface to be measured to assure that they are clean, otherwise erroneous readings can result.

8.4 Take readings in areas free of vibration, electrical, or magnetic fields.

8.5 If thickness readings are found to be outside the calibration range established in 7.3, repeat the calibration procedure in the appropriate range. Check the calibration before, during, and after each use to ensure that the instrument continues to read properly. If the instrument is found to be out of adjustment, remeasure the thicknesses taken since the last satisfactory calibration check was made.

8.6 Take a sufficient number of readings to characterize the surface.

8.6.1 For laboratory measurements a recommended minimum is three for a 3 by 6 in. (75 by 150 mm) panel and more in proportion to size.

8.6.2 For field measurements a recommended minimum is five determinations at random for every 100 ft² (10 m²) of the surface area. Each of the five determinations should be the mean of three separate gage readings within the area of a 1/2 in. (12 mm) diameter circle.

8.7 Take measurements no closer than 1 in. (25 mm) to an edge or 3 in. (75 mm) to another mass of metal. If such measurements are necessary, recheck the calibration in the specific area to determine the effect the edge or mass of metal has on the instrument reading.

9. Report

9.1 Report the following information: the instrument used, serial numbers range, and mean of the thickness readings found. Depending upon the application, it may be useful to record the individual readings as well.

10. Precision and Bias

10.1 *Precision*—On the basis of an interlaboratory study of this test method, conducted to determine the precision of several types of instrument in measuring a moderate range of coating thicknesses, the intralaboratory and Interlaboratory coefficients of variation, calculated using procedures described in Practice D 3980, were found to be those shown in Table 1 for the instrument evaluated. Based upon these coefficients the following criteria should be used for judging, at the 95 % confidence level the acceptability of results:

10.1.1 *Repeatability*—Two results, each the mean of four measurements, obtained by the same operator using instruments from the same category should be considered suspect if they differ by more than the maximum allowable difference values given in Table 1 for the appropriate film thickness.

10.1.2 *Reproducibility*—Two results, each the mean of four measurements, obtained by operators in different laboratories using instruments from the same category should be considered suspect if they differ by more than the maximum allowable difference values given in Table 1 for the appropriate film thickness.

10.2 *Bias*—The bias for this test method for measuring dry film thickness cannot be measured at this time, because each instrument has its own bias.

11. Keywords

11.1 coating thickness; dry film thickness; Eddy current thickness gages; nondestructive thickness; paint thickness

TABLE 1 Precision of Film Thickness Measurements

	Intralaboratory					
	Coating Thickness			3 to 3.5 mils		
	Degrees of Freedom (df)	Coefficient of Variation (v_w), %	Maximum Allowable Difference (MAD), %	Degrees of Freedom (df)	Coefficient of Variation (v_w), %	Maximum Allowable Difference (MAD), %
Instrument: ^A						
Permascope EC	28	3	8.7	14	2	
Minitest FN 250	...	...	...	2	2	
				
Interlaboratory						
Demitron	16	8		8	8	
Pooled	58	7.9	22.3			

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

۱۳- فهرست استاندارد های کاربردی در زمینه رنگ و پوشش :

ACI	Description	Product Sector	Notes
ACI 318		Rebar Locators & Concrete Covermeters - Covermeters	
ACI 503-1		Adhesion	
ACI 503-2	Standard specification for bonding plastic concrete to hardened concrete with a multi-component epoxy adhesive	Adhesion	Measurement of Adhesion on Concrete - use Elcometer 106 Scale 4, reapproved in 1997
ACI 503-3	Standard specification for producing a skid-resistant surface on concrete by use of a multi-component epoxy system	Adhesion	Measurement of Adhesion on Concrete - use Elcometer 106 Scale 4, reapproved in 1997
ACI 503-4	Standard specification for repairing concrete with epoxy mortars	Adhesion	Measurement of Adhesion on Concrete - use Elcometer 106 Scale 4, reapproved in 1997
ACI 503-R		Adhesion	

AS	Description	Product Sector	Notes
AS 1580-602.2	Paints and related materials -- measuring gloss	Appearance - Gloss	
AS 3894.1	Site testing of protective coatings. Method 1: Non-conductive coatings - Continuity testing - High voltage (brush) method	Pinhole & Porosity	Testing coatings above 150 mic at voltages above 500V. Section 7 describes the apparatus. Appendix D gives voltages for testing specified film thicknesses of various coating products: $V = 250 \times \text{SQR}(\text{microns}) / \text{Factor}$

ASTM	Description	Product Sector	Notes
ASTM A 153	Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware	Coating Thickness	
ASTM A 525	Specification for General Requirements for Steel Sheet, Zinc-coated (Galvanized) by the Hot-Dip Process	Coating Thickness - Galvanizing	
ASTM A 584		Appearance - Gloss	

ASTM B 117		Corrosion	
ASTM B 244	Measurement of thickness of anodic coatings on aluminum and of other nonconductive coatings on nonmagnetic basis metals with eddy-current instruments	Coating Thickness	For thin coatings, uncertainty to be less than 0.5 mic. Base properties and thickness, edges, curvature, roughness, pressure, cleanliness. Calibration with foils.
ASTM B 287		Corrosion - Salt Spray	
ASTM B 368		Corrosion	
ASTM B 499	Test Method for Measurement of Coating Thicknesses by the Magnetic Method: Nonmagnetic Coatings on Magnetic Basis Metals	Coating Thickness	Coating thickness, base properties and thickness, edges, curvature, direction of working, residual magnetism, stray fields, coating conductivity, probe orientation. Appendix: rough surfaces affect reading.
ASTM B 648		Hardness - Barcol	
ASTM B 659	Guide for measuring thickness of metallic and inorganic coatings	Coating Thickness	Magnetic, eddy-current, XRF, beta, coulometric, microscope, gravimetric.
ASTM C 217		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM C 241		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM C 321	Bond strength of chemical-resistant mortars	Adhesion	Use a 50mm diameter dolly.
ASTM C 346		Appearance - Shade	
ASTM C 346		Appearance - Gloss	
ASTM C 501		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM C 584	Test Method for 60-deg. Specular Gloss of Glazed Ceramic White wares and Related Products	Appearance - Gloss	
ASTM C 633		Adhesion	
ASTM C 1353		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM D 332		Fineness of Grind - Grinder	
ASTM D 344		Film Application & Test Charts - Test Charts	

ASTM D 387		Fineness of Grind - Grinder	
ASTM D 522		Adhesion - Cross Cut	
ASTM D 522		Elasticity & Resistance Deformation - Conical Mandrel	
ASTM D 523	Standard test method for specular gloss	Appearance - Gloss	Glossmeter 60, 20 or 85 deg. and standards. Calibration and use.
ASTM D 562		Viscosity - Krebs	
ASTM D 711		Drying Time - Traffic Paint	
ASTM D 823		Film Application & Test Charts	
ASTM D 823-B		Film Application & Test Charts	
ASTM D 823-C		Film Application & Test Charts - Centrifugal	
ASTM D 823-C		Film Application & Test Charts	
ASTM D 856		Viscosity - Krebs	
ASTM D 968		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Falling Sand	
ASTM D 1003		Appearance - Haze	
ASTM D 1044		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM D 1084		Viscosity	
ASTM D 1131		Viscosity - Krebs	
ASTM D 1168		Coating Thickness	
ASTM D 1186-A	Nondestructive measurement of dry film thickness of nonmagnetic coatings applied to a ferrous base	Coating Thickness	Method A. Magnet, spring and scale. Calibration, use on dry films, precision.
ASTM D 1186-B	Nondestructive measurement of dry film thickness of nonmagnetic coatings applied to a ferrous base	Coating Thickness	Method B. Magnetic flux. Calibration, use, precision.
ASTM D 1200		Viscosity - Cups	
ASTM D 1210		Fineness of Grind	
ASTM D 1212		Wet Film Thickness	
ASTM D 1212-D		Wet Film Thickness - Pfund	
ASTM D 1223		Appearance - Gloss	

ASTM D 1316		Fineness of Grind	
ASTM D 1400	Non-destructive measurement of dry film thickness of non-conductive coatings applied to a non-ferrous metal base	Coating Thickness	Eddy current probe and scale. Calibration, use on dry films, precision.
ASTM D 1455	Test Method for 60-deg. Specular Gloss of Emulsion Floor Polish	Appearance - Gloss	
ASTM D 1475		Density - Picnometer	
ASTM D 1525		Viscosity - Cups	
ASTM D 1735		Corrosion - Kesternich	
ASTM D 1737		Elongation & Resistance Deformation - Cylindrical Mandrel	
ASTM D 1737		Adhesion - Cross Cut	
ASTM D 2196		Viscosity - Cone of Plate	
ASTM D 2200	Pictorial Surface Preparation Standards for Painting Steel	Surface Cleanliness - Rust Standards	Method A is ISO/Swedish, Method B is SSPC photographs and description.
ASTM D 2200	Pictorial Surface Preparation Standards for Painting Steel	Surface Profile	Method A is ISO/Swedish, Method B is SSPC photographs and description.
ASTM D 2240		Hardness - Shore	
ASTM D 2243		Film Application & Test Charts - Test Charts	
ASTM D 2244		Appearance - Colour	
ASTM D 2246		Corrosion - Humidity	
ASTM D 2247		Corrosion - Kesternich	
ASTM D 2457	Test Method for Specular Gloss of Plastic Films and Solid Plastics	Appearance - Shade	
ASTM D 2457	Test Method for Specular Gloss of Plastic Films and Solid Plastics	Appearance - Gloss	
ASTM D 2486		Washability, Brushability & Abrasion Testers	
ASTM D 2578-67		Viscosity - Surface Tension	
ASTM D 2583		Hardness - Barcol	
ASTM D 2794		Elasticity & Resistance Deformation -	

		Impact Tester	
ASTM D 2801		Film Application & Test Charts - Leveling & Sagging	
ASTM D 2805		Appearance - Colour	
ASTM D 2805		Film Application & Test Charts - Test Charts	
ASTM D 3002	Practice for Evaluation of Coatings for Plastics	Adhesion	For coatings on plastics.
ASTM D 3002	Practice for Evaluation of Coatings for Plastics	Coating Thickness - Destructive	For coatings on plastics.
ASTM D 3022		Film Application & Test Charts	
ASTM D 3134		Appearance - Colour	
ASTM D 3258		Appearance - Shade	
ASTM D 3278		Flash Point	
ASTM D 3359	Measuring Adhesion by Tape Test	Adhesion - Cross Cut	Method A is X-cut and tape, Method B is lattice pattern and tape.
ASTM D 3359	Measuring Adhesion by Tape Test	Adhesion	Method A is X-cut and tape, Method B is lattice pattern and tape.
ASTM D 3359-B	Measuring adhesion by tape test	Adhesion	Tool and tape. Use 1mm for coatings upto 2.0 mils, 50 mic, and 2mm for 2 to 5, 50 to 125 mic. Classification of result.
ASTM D 3363		Hardness - Wolff-Wilborn	
ASTM D 3389		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM D 3450		Washability, Brushability & Abrasion Testers	
ASTM D 3794		Viscosity - Zahn	
ASTM D 3828		Flash Point	
ASTM D 3884		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM D 4060		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	

ASTM D 4138	Test Method for Measurement of Dry Film Thickness of Protective Coating Systems by Destructive Means	Coating Thickness - Destructive	
ASTM D 4138	Test Method for Measurement of Dry Film Thickness of Protective Coating Systems by Destructive Means	Coating Thickness	
ASTM D 4158		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM D 4212		Viscosity - Shell	
ASTM D 4212		Viscosity - Zahn	
ASTM D 4213		Washability, Brushability & Abrasion Testers	
ASTM D 4287		Viscosity - Cone & Plate	
ASTM D 4366		Hardness - Pendulum	
ASTM D 4414		Wet Film Thickness	
ASTM D 4414-A		Wet Film Thickness	
ASTM D 4417		Surface Profile	
ASTM D 4541	Pull-off strength of coatings using portable adhesion testers	Adhesion	Pull-off adhesion tester. Preparation, use and interpretation of result. Annex A shows Model 106 and PATTI tester.
ASTM D 4787	Continuity verification of liquid or sheet linings applied to concrete substrates	Pinhole & Porosity	High voltage (above 900V) ac or dc test. Set voltage below dielectric breakdown strength of lining. Move probe 1 ft/s (0.3 m/s) max.
ASTM D 4828		Washability, Brushability & Abrasion Testers	
ASTM D 5071		Corrosion - Solar Box	
ASTM D 5101-15		Powder Thickness Measurement - Non Contact	
ASTM D 5162		Pinhole & Porosity Detection - High Voltage Method	
ASTM D 5179	Measuring Adhesion of Organic Coatings to Plastic Substrates by Direct Tensile Testing	Adhesion	Measuring the force to remove a plastic stub from the surface. The stud to be 25mm diam. Pull with a tensile tester.

ASTM D 5342		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM D 5650		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM D 5682		Coating Conductivity	
ASTM D 13278		Flash Point	
ASTM E 96		Drying Time - Payne	
ASTM E 308		Appearance - Colour	
ASTM E 313		Appearance - Colour	
ASTM E 337-B	Measuring humidity with a psychrometer (the measurement of wet- and dry-bulb temperatures)	Climatic Condition Testing	Method B - Psychrometer ventilated by whirling (sling psychrometer). Mercury in glass thermometers. Use and calculations.
ASTM E 376	Measuring coating thickness by magnetic field or eddy-current (electromagnetic) test methods.	Coating Thickness	Coating on metal substrate. Interferences: thick of coating, mag properties of base, thick of base, structure and composition, edge effect, curvature, smoothness, direction of rolling, residual magnetism, stray mag fields, cleanliness, probe press & postn
ASTM E 430		Appearance - Haze	
ASTM E 502		Flash Point	
ASTM E 1164		Appearance - Colour	
ASTM F 362		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM F 510		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ASTM F 1319		Washability, Brushability & Abrasion Testers	
ASTM F 1478		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	

ASTM G 6	Abrasion resistance of pipeline coatings	Pinhole & Porosity	Porosity test prior to test for abrasion resistance of pipeline coatings. Low voltage (67.5V) and high voltage methods 1250.SQR(thou).
ASTM G 12	Nondestructive measurement of film thickness of pipeline coatings on steel	Coating Thickness	Dry films, up to 6mm, on steel pipe above 10mm . Magnetic thickness gauge. Make 3 readings along the top edge and repeat every 90 deg. Record min, max and mean.
ASTM G 62		Pinhole & Porosity	
ASTM G 85		Corrosion - Salt Spray	

BS	Description	Product Sector	Notes
BS 729	Galvanizing	Coating Thickness - Galvanizing	
BS 1006		Corrosion - Solar Box	
BS 1344		Pinhole & Porosity	
BS 1881		Adhesion - Concrete	
BS 1881		Rebar Locators & Concrete Covermeters - Covermeters	
BS 1881 204		Material Thickness	
BS 1881 204		Rebar Locators & Concrete Covermeters - Covermeters	
BS 2842	Specification for whirling hygrometer	Climatic Condition Testing	Construction. Mercury in glass thermometers. Use and errors in computed relative humidity.
BS 3900 A6		Viscosity - Cups	
BS 3900 A7		Viscosity - Cone & Plate	
BS 3900 A13		Flash Point	
BS 3900 C5 3	Paints. Part C5, Determination of film thickness.	Coating Thickness - Destructive	Method 3 - Dial gauge.
BS 3900 C5 5B	Paints. Part C5, Determination of film thickness.	Coating Thickness - Destructive	Method 5B - Microscope and angled cutter.
BS 3900 C5 6A		Coating Thickness	
BS 3900 C5 6B		Coating Thickness	

BS 3900 C5 7A	Paints. Part C5, Determination of film thickness	Wet Film Thickness	Method 7A - Wheel gauge.
BS 3900 C5 7B	Paints. Part C5, Determination of film thickness.	Wet Film Thickness	Method 7B - Comb gauge.
BS 3900 D5	Meas. of specular gloss of non-metallic paint films	Appearance - Gloss	Glossmeter 20, 60 or 85 deg. Paint, varnish, etc. Use.
BS 3900 E1		Elongation & Resistance Deformation - Cylindrical Mandrel	
BS 3900 E2		Hardness - Clemens	
BS 3900 E4		Elongation & Resistance Deformation - Cupping Tester	
BS 3900 E5		Hardness - Clemens	
BS 3900 E5		Hardness - Pendulum	
BS 3900 E6	Paints. Part E6, Cross-cut test.	Adhesion - Cross Cut	Tool, 1mm for 0-60 mic on hard sub, 2mm for 0-60 mic on soft or 61-120 mic on both hard and soft substrates; soft brush; lens x2 or x3; adhesive tape 10N/25mm. Use and classification table.
BS 3900 E6	Paints. Part E6, Cross-cut test.	Adhesion	Tool, 1mm for 0-60 mic on hard sub, 2mm for 0-60 mic on soft or 61-120 mic on both hard and soft substrates; soft brush; lens x2 or x3; adhesive tape 10N/25mm. Use and classification table.
BS 3900 E9		Hardness - Buchholz	
BS 3900 E10	Pull-off test for adhesion	Adhesion	Superseded by BS EN 24624
BS 3900 E11		Adhesion	
BS 3900 E11		Elongation & Resistance Deformation - Conical Mandrel	
BS 3900 E13		Elongation & Resistance Deformation - Impact Tester	
BS 3900 F4		Corrosion - Salt Spray	

BS 4232	Specification for surface finish of blast-cleaned steel for painting	Surface Profile	Classification into First Quality, Second Quality and Third Quality.
BS 5411 3	Metallic and related coatings: Part 3, Eddy current method for measurement of coating thickness of non-conductive coatings on non-magnetic basis metals	Coating Thickness	Eddy current gauge. Factors affecting accuracy. Calibration & use.
BS 5411 11	Metallic and related coatings: Part 11. Measurement of coating thickness of non-magnetic metallic and vitreous or porcelain enamel coatings on magnetic basis metals: magnetic method	Coating Thickness	Magnetic gauge. Factors affecting accuracy. Calibration and use.
BS 5466		Corrosion - Salt Spray	
BS 5599	Hard anodic oxidation coatings on aluminum and its alloys for engineering purposes.	Coating Thickness	6 .Thickness; 40 to 60 mic, not within 5mm of contact marks nor near a sharp edge.
BS 6161 12	Anodic oxidation coatings on aluminum and its alloys. Part 12, Measurement of specular reflectance and specular gloss at angles of 20, 45, 60 or 85 degrees.	Appearance - Gloss	Method A; 20 deg. Method C; 60 deg. Method D; 85 deg.
BS 6664		Flash Point	
BS 7002:1989		Dispersion	
BS 7079 A1	Prep. of steel: spec. for rust grades and prep. grades of steel substrates	Pinhole & Porosity	Pictures and text describing cleanliness.
BS 7079 B2	Preparation of steel surfaces before application of paints and related products - Tests for the assessment of surface cleanliness - Part 2: Laboratory determination of chloride on cleaned surfaces	Surface Profile	Assesses chloride-containing salts present on steel or a coated surface. A defined area is washed with a known volume of water and the chloride in it is titrated with mercury nitrate.

BS 7079 B4	Preparation of steel substrates before application of paints and related products. Group B. Methods for the assessment of surface cleanliness. Part B4. Guide to the estimation of the probability of condensation on a surface to be painted.	Climatic Condition Testing	For air and surface temp: mercury or electronic accurate to 0.5 C. For air humidity: Whirling hygro. and tables accurate to 3% RH; digital hygrometers with polymer sensors accurate to 3% in range 0 to 100% RH, temp -40 to 70 C; digital hygro. salt bridge.
BS 7079 B6	Group B: Methods for the assessment of surface cleanliness. Part B6 Bresle Method.	Surface Profile	Adhesive patches form cells for extraction of soluble contaminants.
BS 7079 F16	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Test methods for non-metallic blast-cleaning abrasives. - Part 6 Determination of water-soluble contaminants by conductivity measurement	Surface Cleanliness	100g of abrasive and 100ml of water are shaken for 5 minutes, stand for 1h, shaken for 5min and allowed to settle. Fill the cell of a conductivity meter and measure in mill siemens per meter.
BS 7079 F17	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Test methods for non-metallic blast-cleaning abrasives. - Part 7 Determination of water-soluble chlorides	Surface Cleanliness	100g of abrasive and 100ml of water are shaken for 5 minutes, stand for 1h, shaken for 5min and allowed to settle. 25ml is titrated with silver nitrate.
BS 7295 1	Fusion bonded epoxy coated carbon steel bars for the reinforcement of concrete. Part 1 Specification for coated bars.	Pinhole & Porosity	Holiday detector shall be wet discharge type using dc. 67.5V, fixed and designed so an external inst can indicate that it is correct. Lamps and buzzers to indicate defect, max current 10mA. Wet sponge probe.
BS 7295 2	Fusion bonded epoxy coated carbon steel bars for the reinforcement of concrete. Part 2 Specification for coatings.	Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	A.6.2 Weight loss after 1000 revs. with 500g load. Wheel type not stated.
BS 7479		Corrosion - Salt Spray	
BS 7793 2	vitreous enamel - industrial	Pinhole & Porosity	Site test: Sponge tester with 9V(+10%-5%) alarming below 90kO. Works test: 1000V+-1% [Model 236].

BS EN	Description	Product	Notes
--------------	--------------------	----------------	--------------

		Sector	
BS EN 582	Thermal spraying - Determination of tensile adhesive strength.	Adhesion	Test is performed by a tensile tester, not Elcometer 106 or Elcometer 108.
BS EN 3900-C5-5B		Coating Thickness - Destructive	
BS EN 22063	Metallic and other inorganic coatings - Thermal spraying - Zinc, aluminum and their alloys.	Coating Thickness	Preparation of surfaces, thickness measurement, adhesion.
BS EN 22063	Metallic and other inorganic coatings - Thermal spraying - Zinc, aluminum and their alloys.	Adhesion	Preparation of surfaces, thickness measurement, adhesion.
BS EN 24624	Paints and varnishes - Pull-off test	Adhesion	Para 7.3.2 figure 5

BS EN ISO	Description	Product Sector	Notes
BS EN ISO 2409	Paints and varnishes - cross-cut test.	Adhesion	Tool, 1mm for 0-60 mic on hard sub, 2mm for 0-60 mic on soft or 61-120 mic on both hard and soft substrates; soft brush; lens x2 or x3; adhesive tape 10N/25mm. Use and classification table.
BS EN ISO 8502-2	Preparation of steel surfaces before application of paints and related products - Tests for the assessment of surface cleanliness - Part 2: Laboratory determination of chloride on cleaned surfaces	Climatic Condition Testing	Assesses chloride-containing salts present on steel or a coated surface. A defined area is washed with a known volume of water and the chloride in it is titrated with mercury nitrate.
BS EN ISO 11127-6	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Test methods for non-metallic blast-cleaning abrasives. - Part 6 Determination of water-soluble contaminants by conductivity measurement	Surface Cleanliness	100g of abrasive and 100ml of water are shaken for 5 minutes, stand for 1h, shaken for 5min and allowed to settle. Fill the cell of a conductivity meter and measure in mill siemens per meter.

BS EN ISO 11127-7	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Test methods for non-metallic blast-cleaning abrasives. - Part 7 Determination of water-soluble chlorides	Surface Cleanliness	100g of abrasive and 100ml of water are shaken for 5 minutes, stand for 1h, shaken for 5min and allowed to settle. 25ml is titrated with silver nitrate.
--------------------------	---	---------------------	--

CP	Description	Product Sector	Notes
CP 110		Rebar Locators & Concrete Covermeters - Covermeters	

DIN	Description	Product Sector	Notes
DIN 1045		Rebar Locators & Concrete Covermeters - Covermeters	
DIN 1164		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Falling Sand	
DIN 3679		Flash Point	
DIN 5033		Appearance - Colour	
DIN 5036		Appearance - Colour	
DIN 5381		Appearance - Colour	
DIN 6174		Appearance - Colour	
DIN 50017		Corrosion - Kesternich	
DIN 50018		Corrosion - Kesternich	
DIN 50021		Corrosion - Scratch Tool	
DIN 50907		Corrosion - Salt Spray	
DIN 50981	Meas. of coating thickness: non-ferromagnetic coatings on ferromagnetic mat.	Coating Thickness	Equip ISO 2178
DIN 50982	Principles of coating thickness measurement	Coating Thickness	Part 1: Terminology associated with coating thickness and measuring areas | Part 2: Review of commonly used methods of measurement | Part 3: Selection criteria and basic measurement procedures

DIN 50984		Coating Thickness	
DIN 50986		Coating Thickness - Destructive	
DIN 52347		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
DIN 53109		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
DIN 53150		Elongation & Resistance Deformation - Conical Mandrel	
DIN 53151	Testing of paints: cross-cut test on paint and similar coatings	Adhesion	Tool and brush. Use.
DIN 53152		Elongation & Resistance Deformation - Cylindrical Mandrel	
DIN 53153		Hardness - Buchholz	
DIN 53156		Elongation & Resistance Deformation - Cupping Tester	
DIN 53157		Hardness - Pendulum	
DIN 53162		Film Application & Test Charts - Test Charts	
DIN 53167		Corrosion - Scratch Tool	
DIN 53167		Hardness - Multifunction Scratch Tester	
DIN 53167		Corrosion - Salt Spray	
DIN 53203		Fineness of Grind	
DIN 53211		Viscosity - Cups	
DIN 53217		Density - Picnometer	
DIN 53224		Viscosity - Cups	
DIN 53232		Elongation & Resistance Deformation - Cupping Tester	
DIN 53364		Viscosity - Surface Tension	
DIN 53505		Hardness - Shore	
DIN 53754		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	

DIN 53778		Washability, Brushability & Abrasion Testers	
DIN 53799		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
DIN 53799		Hardness - Multifunction Scratch Tester	
DIN 55984		Appearance - Shade	
DIN 67530	Reflectometers a means for gloss assessment of plane surfaces of paint coatings and plastics	Appearance - Gloss	
DIN 68861 T2		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	

EC	Description	Product Sector	Notes
EC 2		Rebar Locators & Concrete Covermeters - Covermeters	

ECCA	Description	Product Sector	Notes
ECCA T 2		Appearance - Gloss	
ECCA T 4		Hardness - Wolff-Wilborn	
ECCA T 5		Elongation & Resistance Deformation - Impact Tester	
ECCA T 6		Adhesion - Cross Cut	
ECCA T 7		Adhesion - Cross Cut	
ECCA T 7		Elongation & Resistance Deformation - Cylindrical Mandrel	
ECCA T 8		Corrosion - Salt Spray	
ECCA T 11		Washability, Brushability & Abrasion Testers	
ECCA T 12		Hardness - Buchholz	
ECCA T 16		Corrosion - Kesternich	

EN DIN NF	Description	Product Sector	Notes
EN DIN NF 233		Washability, Brushability & Abrasion Testers	
EN DIN NF 438-2		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
EN DIN NF 456		Flash Point	
EN DIN NF 535		Viscosity - Cups	
EN DIN NF 1542		Adhesion	
EN DIN NF 21524		Fineness of Grind	
EN DIN NF 24624		Adhesion	
EN DIN NF 60730		Washability, Brushability & Abrasion Testers	
EN DIN NF 60950		Dispersion	
EN DIN NF 4.4.9 175		Corrosion - Salt Spray	
EN DIN NF 4.45.1		Hardness - Wolff-Wilborn	

EN ISO	Description	Product Sector	Notes
EN ISO 8289 PR	Vitreous and porcelain enamels - Low voltage test for detecting and locating defects	Pinhole & Porosity	A: Sponge moistened with sodium nitrite, water and dishwashing detergent, 9V dc, alarm below 90kOhm. B: 24V dc for 2 min, wet paper with phenolphthalein added to solution, will show red colour at pinhole.
EN ISO 19840	Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Measurement of and acceptance criteria for the dry-film thickness	Coating Thickness	Coatings on blast cleaned steel, measured with F-type gauge calibrated on smooth steel, readings reduced by an offset value dependant on roughness acc to ISO 8503-1 comparator: fine 10um, medium 25 um, coarse 40 um.

EN ISO DIN NF	Description	Product Sector	Notes
EN ISO DIN NF 787-1,16		Film Application & Test Charts	
EN ISO DIN NF 1519		Elongation & Resistance Deformation	

EN ISO DIN NF 1520		Elongation & Resistance Deformation - Cupping Tester	
EN ISO DIN NF 2409		Adhesion - Cross Cut	
EN ISO DIN NF 2409		Hardness - Multifunction Scratch Tester	
EN ISO DIN NF 4586-2		Hardness-Sheer/Scratch Tester	
EN ISO DIN NF 4622		Stack ability & Internal Stress - Heated Press	
EN ISO DIN NF 4623		Corrosion - Salt Spray	
EN ISO DIN NF 6272		Elongation & Resistance Deformation - Impact Tester	
EN ISO DIN NF 6860		Adhesion - Cross Cut	
EN ISO DIN NF 6860		Elongation & Resistance Deformation - Conical Mandrel	
EN ISO DIN NF 8503		Surface Profile - Comparators	
EN ISO DIN NF 8503-4,5		Surface Profile - Testers	
EN ISO DIN NF 21524		Fineness of Grind	

FTMS	Description	Product Sector	Notes
FTMS 141 M 2162		Film Application & Test Charts	
FTMS 141 M 4121		Film Application & Test Charts	
FTMS 141 M 4122		Film Application & Test Charts	
FTMS 141 M 4183		Density - Picnometer	
FTMS 141 M 4184		Density - Picnometer	
FTMS 141 M 4255		Film Application & Test Charts	
FTMS 141 M 4281		Viscosity - Krebs	
FTMS 141 M 4411		Fineness of Grind	
FTMS 141 M 4494		Film Application & Test Charts - Leveling & Sagging	
FTMS 141 M 6141		Appearance - Shade	

FTMS 141 M 6191		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Falling Sand	
FTMS 141 M 6201		Corrosion - Kesternich	
FTMS 141 M 6226		Film Application & Test Charts	
FTMS 141a M 2161		Film Application & Test Charts	
FTMS CCC-T-191		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
FTMS D105		Film Application & Test Charts	
FTMS GG-P-455B		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	

ISO	Description	Product Sector	Notes
ISO 105X12		Washability, Brushability & Abrasion Testers	
ISO 787/16		Film Application & Test Charts	
ISO 868		Hardness - Shore	
ISO 1456		Corrosion - Salt Spray	
ISO 1461	Galvanizing	Coating Thickness	
ISO 1518		Hardness - Clemen	
ISO 1519		Elongation & Resistance Deformation - Cylindrical Mandrel	
ISO 1520		Elongation & Resistance Deformation - Cupping Tester	
ISO 1522		Hardness - Pendulum	
ISO 1524		Fineness of Grind	
ISO 2063	Metallic and other inorganic coatings - Thermal spraying - Zinc, aluminum and their alloys	Adhesion	
ISO 2063	Metallic and other inorganic coatings - Thermal spraying - Zinc, aluminum and their alloys	Corrosion - Scratch Tool	

ISO 2064	Metallic and other inorganic coatings - Definitions and conventions concerning the measurement of thickness	Coating Thickness	
ISO 2178	Metallic and related coatings: meas. of coating on magnetic metals	Coating Thickness	Magnetic gauge. Factors affecting accuracy. Calibration and use.
ISO 2360	Metallic and related coatings: meas. of coating on non-mag. metals	Coating Thickness	Eddy current gauge. Factors affecting accuracy. Calibration & use.
ISO 2409	Paints and varnishes - cross-cut test.	Hardness - Multifunction Scratch Tester	Tool, 1mm for 0-60 mic on hard sub, 2mm for 0-60 mic on soft or 61-120 mic on both hard and soft substrates; soft brush; lens x2 or x3; adhesive tape 10N/25mm. Use and classification table.
ISO 2409	Paints and varnishes - cross-cut test.	Adhesion - Cross Cut	Tool, 1mm for 0-60 mic on hard sub, 2mm for 0-60 mic on soft or 61-120 mic on both hard and soft substrates; soft brush; lens x2 or x3; adhesive tape 10N/25mm. Use and classification table.
ISO 2409	Paints and varnishes - cross-cut test.	Adhesion	Tool, 1mm for 0-60 mic on hard sub, 2mm for 0-60 mic on soft or 61-120 mic on both hard and soft substrates; soft brush; lens x2 or x3; adhesive tape 10N/25mm. Use and classification table.
ISO 2431		Viscosity - Cups	
ISO 2746-CD	Vitreous and porcelain enamels - Enamelled articles for service under highly corrosive conditions - High voltage test	Pinhole & Porosity	Discussion document. High voltage test method.
ISO 2808		Coating Thickness	
ISO 2808-3	Paints and varnishes - determination of film thickness.	Coating Thickness - Destructive	Method 3 - Dial gauge.
ISO 2808-5B	Paints and varnishes - determination of film thickness.	Coating Thickness - Destructive	Method 5B - Microscope and angled cutter.
ISO 2808-6A		Coating Thickness	
ISO 2808-6B		Coating Thickness	
ISO 2808-7A	Paints and varnishes - Determination of film thickness	Wet Film Thickness	Method 7A - Wheel gauge.

ISO 2808-7B	Paints and varnishes - Determination of film thickness.	Wet Film Thickness	Method 7B - Comb gauge.
ISO 2811		Density - Picnometer	
ISO 2812-2		Corrosion - Ford Immersion	
ISO 2813	Meas. of specular gloss of non-metallic paint films	Appearance - Gloss	Glossmeter 20, 60 or 85 deg. Paint, varnish, etc. Use.
ISO 2814		Film Application & Test Charts - Test Charts	
ISO 2814		Appearance - Shade	
ISO 2815		Hardness - Buchholz	
ISO 2884		Viscosity - Cone & Plate	
ISO 3231		Corrosion - Kesternich	
ISO 3444		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ISO 3679		Flash Point - Closed Cup	
ISO 3680		Flash Point	
ISO 3768		Corrosion - Salt Spray	
ISO 3769		Corrosion - Salt Spray	
ISO 3906		Appearance - Shade	
ISO 4586		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ISO 4586		Hardness - Multifunction Scratch Tester	
ISO 4586-2		Hardness - Shear / Scratch Tester	
ISO 4622		Stack ability & Internal Stress	
ISO 4623		Corrosion - Salt Spray	
ISO 4624	Paints and varnishes - pull-off test	Adhesion	Tensile tester, cylinders, cutter and adhesive. Use.
ISO 4892		Corrosion - Solar Box	
ISO 5470		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ISO 6270		Corrosion -	

		Humidity	
ISO 6272		Elongation & Resistance Deformation - Impact Tester	
ISO 6504		Appearance - Shade	
ISO 6860		Elongation & Resistance Deformation - Conical Mandrel	
ISO 7253		Corrosion - Salt Spray	
ISO 7668	Anodized aluminum and aluminum alloys - Measurement of specular reflectance and specular gloss at angles of 20, 45, 60 or 85 degrees.	Appearance - Gloss	Method A; 20 deg. Method C; 60 deg. Method D; 85 deg.
ISO 7724		Appearance - Colour	
ISO 7783		Drying Time - Payne	
ISO 8289	Vitreous and porcelain enamels - Low voltage test for detecting and locating defects	Pinhole & Porosity	Sponge moistened with salt and dishwashing solution, applied voltage is 0-9V dc or 0-5V ac at 600-900Hz. Phenolphthalein added to solution will show red colour at pinhole.
ISO 8501		Surface Cleanliness - Rust Standards	
ISO 8502-3	Preparation of steel surfaces before application of paints and related products - Tests for the assessment of surface cleanliness - Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure-sensitive tape method)	Surface Profile	Sticky tape and special tape applicator
ISO 8502-4	Preparation of steel substrates before application of paints and related products. Group B. Methods for the assessment of surface cleanliness. Part B4. Guide to the estimation of the probability of condensation on a surface to be painted.	Climatic Condition Testing	For air and surface temp: mercury or electronic accurate to 0.5 C. For air humidity: Whirling hygro. and tables accurate to 3% RH; digital hygrometers with polymer sensors accurate to 3% in range 0 to 100% RH, temp -40 to 70 C; digital hygro. salt bridge.
ISO 8502-5		Surface Cleanliness - CSN	

ISO 8502-6		Surface Cleanliness - Bresle	
ISO 8502-6 CD	Preparation of steel surfaces before application of paints and related products - Tests for the assessment of surface cleanliness - Part 6: Sampling of soluble impurities on surfaces to be painted - Bresle method	Surface Profile	Draft. An adhesive patch providing a sampling compartment for the extraction liquid is attached to the surface. The washing liquid is injected by syringe and then retrieved for chemical analysis.
ISO 8502-11		Surface Cleanliness - CSN	
ISO 8503		Surface Profile - Comparators	
ISO 8503-4,5		Surface Profile - Testers	
ISO 8504-1	Preparation of steel substrates before application of paints and related products. Group D, Methods for surface preparation. Part D1, General principles.	Surface Profile	Assessment of surfaces and selection of preparation method.
ISO 8780-5		Fineness of Grind - Ginder	
ISO 9227		Corrosion - Salt Spray	
ISO 9352		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ISO 11125	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Test methods for non-metallic blast-cleaning abrasives. - Part 6 Determination of foreign matter	Surface Profile	
ISO 11341		Corrosion - Solar Box	
ISO 11998		Washability, Brushability & Abrasion Testers	
ISO 13468		Appearance - Opacity	
ISO 13803		Appearance - Haze	

ISO DIS	Description	Product Sector	Notes
ISO DIS 3537		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	

ISO DIS 4586-2		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ISO DIS 7784-2		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
ISO DIS 8289		Pinhole & Porosity	
ISO DIS 8502-9		Surface Cleanliness - Bresle	
ISO DIS 8503-5	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates - Part 5: Replica tape method for the determination of the surface profile.	Surface Profile	(Discussion doc) Replica tape and micrometric gauge. [Testex]

JIS	Description	Product Sector	Notes
JIS A 1453		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
JIS G 3491	Asphalt coatings on water line pipes	Pinhole & Porosity	Inside walls 8 -10kV normally. Dipped coatings use 6 - 7kV. Outside walls 10 - 12kV.
JIS G 3492	Coal-tar enamel coatings on water line pipes.	Pinhole & Porosity	Inside walls 8 -10kV normally. Dipped coatings use 6 - 7kV. Outside walls 10 - 12kV. Welded areas - as inside.
JIS K 7204		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
JIS L-P-406 10		91 Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber 44-	
JIS P8125		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
JIS Z 2371		Corrosion - Salt Spray	
JIS Z 8741	Measuring gloss	Appearance - Gloss	

MFT	Description	Product	Notes
-----	-------------	---------	-------

		Sector	
MFT 30-064	Measuring gloss	Appearance - Gloss	

NACE	Description	Product Sector	Notes
NACE 6G 186		Surface Cleanliness - CSN	
NACE RP 0188-88	Discontinuity (Holiday) Testing of Protective Coatings	Pinhole & Porosity	Low and high voltage equipment and tests.
NACE RP 0274	High Voltage Electrical Inspection of Pipeline Coatings Prior to Installation	Pinhole & Porosity	DC or Pulsed kit. Volts = 1250 x SQR(mils).
NACE RP 0287-95		Surface Profile using replica tape	
NACE RP 0490-01	Holiday Detection of Fusion-Bonded Epoxy External Pipeline Coatings of 10 to 30 Mils (0.25 to 0.76 mm)	Pinhole & Porosity	Use DC system in dry conditions or Pulsed type in damp conditions. Calculate $V = 525 \times \text{SQR}(T \text{ mils})$. Trailing ground lead of 9m is allowed provided pipe is connected to 2-3ft earth spike and soil is not dry. Otherwise, connect both earths.
NACE RP 97 propo	Dehumidification and temperature control during surface preparation, application and curing of coatings/linings for tanks, vessels and other enclosed spaces	Climatic Condition Testing	DRAFT - Relationship between air temperature, humidity and temperature.

NBN	Description	Product Sector	Notes
NBN 755		Corrosion - Scratch Tool	
NBN T 22-104		Elongation & Resistance Deformation - Cupping Tester	
NBN T 22-105		Hardness - Pendulum	
NBN T 22-108		Viscosity - Cups	
NBN T 22-110		Hardness - Pendulum	

NF	Description	Product Sector	Notes

NF B 51-282		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
NF J 17-093		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Falling Sand	
NF P 38-501		Hardness - Barcol	
NF T 30-014		Viscosity - Cups	
NF T 30-015		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
NF T 30-016		Hardness - Pendulum	
NF T 30-017		Elongation & Resistance Deformation - Impact Tester	
NF T 30-018		Drying Time - Payne	
NF T 30-019		Elongation & Resistance Deformation - Cupping Tester	
NF T 30-020		Density - Picnometer	
NF T 30-023		Fineness of Grind - Grinder	
NF T 30-038		Adhesion - Cross Cut	
NF T 30-040		Elongation & Resistance Deformation - Cylindrical Mandrel	
NF T 30-046		Fineness of Grind	
NF T 30-052		Hardness - Buchholz	
NF T 30-053-2		Corrosion - Ford Immersion	
NF T 30-054		Corrosion - Ford Immersion	
NF T 30-055		Corrosion - Kesternich	
NF T 30-062		Adhesion	
NF T 30-068		Flash Point - Open Cup	
NF T 30-070		Viscosity - Cups	
NF T 30-078		Adhesion - Cross Cut	
NF T 30-122		Coating Thickness - Destructive	
NF T 30-123		Coating Thickness - Destructive	
NF T 30-124		Coating Thickness	

NF T 30-125		Wet Film Thickness	
NF T 30-606		Adhesion	
NF T 36-006		Appearance - Colour	
NF T 51-109		Hardness - Shore	
NF X 08-012		Appearance - Colour	
NF X 41-002		Corrosion - Salt Spray	

SAE	Description	Product Sector	Notes
SAE J 365		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
SAE J 948		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
SAE J 1530		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	

SIA	Description	Product Sector	Notes
SIA 162		Rebar Locators and Concrete Covermeters - Covermeters	

SIS	Description	Product Sector	Notes
SIS 184190		Corrosion - Salt Spray	
SIS 923509		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	

SSPC	Description	Product Sector	Notes
SSPC PA 2	Measurement of dry paint thickness with magnetic gauges	Coating Thickness	Magnetic gauges.
SSPC SP TU 4		Surface Cleanliness - CSN	
SSPC VIS 1-01	Visual standard for abrasive blast cleaned steel	Surface Cleanliness - Rust Standards	Pictures and text describing cleanliness.

SSPC VIS 3		Surface Cleanliness - Rust Standards	
------------	--	--------------------------------------	--

TAPPI	Description	Product Sector	Notes
TAPPI T 476		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
TAPPI T 489		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	
TAPPI T 566		Washability, Brushability & Abrasion Testers - Taber	

Glossary of Paint Terms

Abrasion Resistance

The ability of a coating to resist degradation due to mechanical wear.

Abrasive Media

The material used in abrasive blasting to remove surface contaminants. Examples of abrasive media are sand, iron shot, crushed iron slag, glass beads or ground nut shells.

Adhesion

The degree of attachment between a paint film and the underlying material to which it is in contact.

Air Entrapment

The inclusion of air bubbles in liquid paint or a paint film.

Airless Spray

A spraying system in which paint is atomized using high hydraulic pressure rather than compressed air.

Alkali

An aqueous liquid which has a pH value of between 7 and 14. A base or caustic material.

Alligatoring

Surface imperfections of a coating film having the wrinkled appearance of alligator skin.

Ambient Temperature

Room temperature or the existing temperature of the surroundings.

Amine

Materials often used as curing agents for epoxy coatings.

Anchor Pattern

The surface profile generated by abrasive blasting. The distance between peaks and valleys of the blast profile.

Binder

The nonvolatile portion of the vehicle of a coating which holds together the pigment particles.

Bituminous Coating

A coal tar or asphalt based coating material usually used in thick films.

Blast Cleaning

The cleaning and roughing of a surface by the use of sand, artificial grit or fine metal shot which is projected a surface by compressed air or mechanical means.

Blistering

The formation of blisters in paint films by the local loss of adhesion and lifting of the film from the underlying substrate.

Blushing

A film defect which manifests itself as a milky appearance which is generally caused by rapid solvent evaporation or the presence of excessive moisture during the curing process.

Bonding

The attachment between a coating film and the underlying material to which it is applied.

Build

The wet or dry thickness of a coating film.

Cathodic Protection

The reduction or prevention of corrosion of a metal surface caused by making it Cathodic. This is accomplished by using a sacrificial anode (such as in zinc rich coatings or galvanizing) or by using impressed current.

Caustic

A common name for sodium hydroxide, a strong base or alkali.

Cementitious Coatings

A coating containing portland cement as one of its components held on the surface by a binder.

Centipoises

One hundredth of a poise which is a unit of measurement for viscosity. Water at room temperature has a viscosity of 1.0 centipoises.

Chalking

The formation of a friable powdery coating on the surface of a paint film, generally caused by exposure of ultraviolet radiation resulting in a loss of gloss.

Cleaners

A detergent, alkali, acid or similar contamination removing material, which is usually water borne.

Coal Tar

A dark brown to black bituminous material produced by the destructive distillation of coal.

Coal Tar Epoxy

A coating in which the binder or vehicle is a combination of coal tar and epoxy resins.

Coat

The paint applied to a surface in a single application to form a film when dry.

Coating System

A number of coats separately applied, in a predetermined order, at suitable intervals to allow for drying and curing, resulting in a completed job.

Cohesion

The forces which bind the particles of a paint film together into a continuous film.

Compatibility

The ability to mix with or adhere properly to other coatings without detriment.

Corrosion

The decay, oxidation or deterioration of a substance due to interaction with the environment.

Crosslinking

The setting up of chemical links between molecular chains to form a three dimensional network of connected molecules.

Cross Spraying

Spraying the first pass in one direction and the second at a right angle to the first, providing more even film distribution.

Curing Agent

A hardener or activator added to a synthetic resin to develop the proper film forming properties.

Degreaser

A chemical solution or compound designed to remove grease, oils and similar contaminants.

Delamination

The separation between layers of coats due to very poor adhesion.

Density

Mass per unit volume, usually expressed as grams per milliliter or pounds per gallon.

Dew Point

The temperature of a surface, at a given ambient temperature and relative humidity, at which condensation of moisture will occur.

DFT

Dry film thickness.

Dry Time

Time allotted for an applied coating film to reach a set stage of cure or hardness.

Dry to Tack Free

A stage at which a coating film will form a skin to which dust will not adhere.

Dry to Touch

The state of dry at which a coating film will not transfer onto an item touched lightly against it.

Efflorescence

Water soluble salts, deposited a moisture evaporates, on the exterior of brick or concrete.

Elcometer

A trademark and brand name for a magnetic instrument for measuring dry film thicknesses of coatings applied to ferrous surfaces such as steel.

Epoxy

A synthetic resin, derived from petroleum products, that can be cured by a catalyst or used to upgrade other synthetic resins to form a harder, more chemical resistant film.

Etching

The treatment of a surface with an acid in order to dissolve loose particles or provide a profile.

External Atomization

Using air to break up a coating material after it has exited the spray gun nozzle.

Fan Pattern

The geometry of a spray pattern.

Filler

A compound used to extend or bulk a coating to provide extra body or hiding power.

Film Build

The dry film thickness characteristics of a coat.

Film Integrity

The continuity of a coating free of defects.

Film Thickness Gauge

A device for measuring either wet or dry film thickness.

Fingering

A broken spray pattern delivering heavier paint to one area than another.

Flammable

Any substance easily ignited in the presence of a flame; any liquid having a flash point below 100* F (37.8*C).

Flexibility

The degree at which a coating is able to conform to movement or deformation of its supporting surface without cracking or flaking.

Fluid Tip

The orifice in a spray gun to which the needle is seated.

Gelled

A coating which has thickened to a jelly like consistency making it unusable.

Hardener

An activator curing agent, catalyst or cross linking agent.

High Build

A term referring to a paint film which can produce a thick film in a single coat.

Holiday

Any discontinuity, bare or thin spot in a painted area.

Hydrophilic

A substance which absorbs or has an affinity for water, water loving.

Hydrophobic

A substance which does not absorb or exhibit an affinity for water.

Immersion

Referring to an environment which is continuously submerged in a liquid, often water.

Impact Resistance

The ability to resist deformation or cracking due to a forceful blow.

Incompatibility

Unsuitable for use together because of undesirable chemical or physical effects.

Intercoat Contamination

The presence of foreign matter such as dust or dirt between successive coats of paint.

Intercoat Adhesion

The adhesion between successive coats of paint.

Laitance

An accumulation of fine particles, loosely bonded, on the surface of fresh concrete, caused by the upward movement of water.

Methyl Ethyl Ketone (MEK)

A low boiling, highly volatile flammable solvent with extremely good solubility for most vinyls, urethanes and other coatings.

Micron

A micrometer or one millionth of a meter.

Mil

One one-thousandth of an inch; 0.001 inches. Commonly used to denote coating thickness.

Miscible

Capable of mixing or blending uniformly.

Mud cracking

A paint film defect characterized by a broken network of cracks in the film.

NACE

National Association of Corrosion Engineers.

Nonvolatile

The portion of the paint left after the solvent evaporates; solids.

Orange Peel

The dimpled appearance of a dried paint film resembling the peel of an orange.

Osmosis

The diffusion of liquid through a paint film or other such membrane.

pH

A measure of acidity and alkalinity; pH 1-7 is acid and pH 7-14 is alkali.

Pigment

A finely ground natural or synthetic, insoluble particle adding color and opacity or corrosion inhibition to a coating film.

Pigment Volume Concentration (PVC)

The percent by volume occupied by pigment in the dried film of paint generally expressed as a percentage.

Pin holing

A film defect characterized by small, pore-like flaws in a coating which extend entirely through the film.

Polymer

A substance of molecules which consist of one or more structural units repeated any number of times.

Polyurethane

An exceptionally hard, wear resistant coating made by the reaction of polyols with a multifunctional isocyanate.

Porosity

The presence of numerous minute voids in a cured material.

Potable Water

Water fit for human consumption; as in drinking water.

Pot Life

The length of time a paint material is useful after its original package is opened or a catalyst or their curing agent is added.

Primer

The first coat of paint applied to a surface, formulated to have good bonding, wetting and inhabiting properties.

Profile

The term used to describe the anchor pattern of a surface produced by sandblasting, acid etching or similar method.

Relative Humidity

The ratio, expressed as a per cent, of the quantity of water vapor actually present in the air to the greatest amount possible at a given temperature.

Resin

A group of organic materials, either natural or synthetic, which can be molded or dissolved.

Roller

A cylinder covered with lamb's wool, felt, foamed plastics or other materials used for applying paint.

Runs

Sagging and curtaining of a coating or paint film, usually caused by improper thinning, excessive film build or poor application techniques.

Rust

The reaction product of steel, oxygen and water.

Sagging

The downward movement of a paint film on a vertical surface, between the time of application and drying, resulting in an uneven coating having a thick lower edge.

Sag Resistance

The ability of a paint to be applied at proper film thicknesses without sagging.

Salt Atmosphere

A moist, heavily laden air with a high chloride concentration; used as a test for accelerated corrosion evaluations and also present near sea coast areas.

Salt Fog Test

A cabinet designed to accelerate the corrosion process in evaluating coatings; combines 100% humidity with a 5% salt concentration at 100°F in an enclosed cabinet.

Shade

A term employed to describe a particular hue or tone.

Shelf Life

The maximum time interval in which a material may be kept in a usable condition during storage.

Silica Sand

Clean sand made up of sharp silica particles, not containing dirt or clay, used for abrasive blast cleaning.

Solids by Volume

The percentage of the total volume occupied by nonvolatile compounds.

Solvent

A liquid in which another substance may be dissolved.

Solvent Entrapment

The encapsulation of solvent within a cured paint film due to improper drying conditions; results in a non continuous film.

Spray Head

The combination of needle, tip and air cap.

Spray Pattern

The configuration of coating sprayed on the surface.

Specification

A set of instructions detailing the plan for coating of a project; a list of criteria for a coating.

Spread Rate

Coverage, usually at the specified dry film thickness.

SSPC

Society of Protective Coatings

Substrate

The surface to be painted.

Tabor Abraser

An instrument used to measure abrasion resistance.

Thermoplastic

Resins having the property of becoming soft upon the application of heat but which regain hardness after cooling.

Thermosetting

Resins having the property of becoming insoluble or hard upon the application of heat.

Thinners

A liquid (solvent) added to a coating to adjust viscosity.

Thixotropic

An adjective which describes full bodied material which undergoes a reduction in viscosity when shaken, stirred or otherwise mechanically disturbed but which readily recovers its original full bodied condition upon standing.

Vapor Barrier

A moisture-impervious layer which prevent the passage of water into a material or structure.

Vapor Transmission Rate

The rate at which moisture passes through a material or coating.

Viscometer

One of several types of instrument for measuring a liquids viscosity.

Viscosity

A measure of fluidity of a liquid.

Voids

Holidays or holes in a coating.

Volatile Content

The percentage of materials which evaporate from a coating.

Volatile Organic Compounds (VOC)

A measure of the total amount of organic compounds evaporating from a coating film, excluding water.

Volume Solids

The volume of the nonvolatile portion of a composition divided by the total volume expressed as a percent used to calculate coverage rate.

Water Blasting

Blast cleaning of metal using high velocity water.

Weld Splatter

Beads of metal left adjoining the weld.

Wetting

The ability of a vehicle to flow onto the surface in order to achieve a good bond.

Wet Sandblasting

The incorporation of water into the sandblasting operation in order to minimize dust.

- 1- Corrosion Engineering, Mars. G. Fontana, Third Edition, 1998
- 2- Corrosion Control In Industry, Dr. S.M. Seyedrazi, Vol. 1, 1995
- 3- Standard Guideline Of Surface Preparation & Application of Protected Coating , S. Mahmoud Kassiriha , 2001
- 4- SSPC , Steel Structure Painting Council , 10 May 2000
- 5- Paint And Surface Coating Theory & Practice , Second Edition
- 6- ASM Vol.13, Corrosion Fundamental, Testing And Protection , Desk Edition
- 7- ASM Vol. 5, Surface Engineering, Desk Edition
- 8- ASTM, American Society For Testing And Material
- 9- BS. British Standard
- 10- Paint Technology , A.M>Babaahmadi , 1997
- 11- Elcometer Fitz Atlas Of Painting Defect , 2009
- 12- IPS, Iranian Petroleum Standard
- 13- Ameron Coating Co.
- 14- Hempel Paint Co.