

سیستم‌های پوششی جهت حفاظت سطح

ترانسفورماتور و متعلقات آن

Technical Terms of Delivery

IRAN TRANSFO STANDARD
Iran Transformer Research Institute

Compiled

H. Nemati

Edited

M. Faridi

Approved

S. Bigdeli

A. Bagheri

Number of Pages: 34

پیشگفتار

استاندارد ایران ترانسفو (ITS) برگرفته از استانداردهای معتبر بین‌المللی و بر اساس نیازهای فنی شرکت ایران ترانسفو تدوین گردیده است. موسسه تحقیقات ترانسفورماتور ایران مسئول صدور نهایی مدارک مصوب به صورت استانداردهای ایران ترانسفو (ITS) است. لازم به ذکر است استفاده از استانداردهای صادر شده (ITS) برای تمامی قسمت‌های شرکت ایران ترانسفو الزامی است و تمامی کاربران موظف هستند که ویرایش نهایی استانداردها را مورد استفاده قرار دهند. خاطر نشان می‌شود ویرایش نهایی استانداردها بر روی پایگاه اطلاع رسانی موسسه تحقیقات ترانسفورماتور ایران به آدرس ذیل موجود می‌باشد.

<http://www.research.iran-transfo.com>

درباره این استاندارد:

این استاندارد در کارگروه تخصصی شیمیایی مورد تصویب قرار گرفته است.
اعضای کارگروه عبارتند از:

✓ حسین نعمتی	✓ یوسف نظری	✓ محسن فریدی
✓ حسن میرزایی	✓ مبارکه محمدی	✓ روشنگر ابراهیمی موقر
✓ احمد قاسم زاده	✓ ندا صباحی	
✓ سعید نجفی	✓ فرهاد کبیری	

در جدول ذیل، مشخصات پدیدآورندگان اولیه مدرک و اعضای کارگروه وقت شیمیایی آورده شده است:

نام و نام خانوادگی	واحد	تاریخ تهیه مدرک
غلامرضا باکری	موسسه تحقیقات ترانسفورماتور	۱۳۸۵
اکبر باقری	موسسه تحقیقات ترانسفورماتور	
علیوردیلو	موسسه تحقیقات ترانسفورماتور	
محمد خارزی	مدیریت کیفیت	
سعید بیگدلی	مدیریت کیفیت	
عباس عسگری	مدیریت کیفیت	
هما بختیاری	مدیریت کیفیت	
طوسی	بازرگانی	

فهرست

۱	دامنه کاربرد	۷
۲	تعاریف	۷
۱-۲	دوام	۷
۲-۲	تقسیم بندی مناطق آب و هوایی	۷
۳-۲	فرآیندهای اعمال رنگ	۸
۱-۳-۲	اعمال پاششی	۸
۲-۳-۲	اعمال بارشی	۸
۳-۳-۲	اعمال به کمک قلم مو	۸
۴-۳-۲	اعمال به کمک غلتک	۸
۴-۲	روش‌های آماده سازی سطح	۸
۱-۴-۲	بلاستینگ	۸
۲-۴-۲	شستشو با حلال	۹
۳-۴-۲	چربیگیری با مواد شوینده	۹
۵-۲	پوشش	۹
۶-۲	رنگ	۹
۷-۲	رنگ آماده اعمال	۹
۸-۲	دستورالعمل اجرایی تأمین کننده	۹
۳	نکات مهم	۹
۱-۳	قابلیت دسترسی	۹
۲-۳	عدم تجمع آلودگی	۱۰
۳-۳	جوش‌ها و آماده سازی سطوح	۱۰
۴-۳	پوشش‌ها	۱۰
۵-۳	عملیات ترمیم قبل از ارسال ترانسفورماتور	۱۰
۶-۳	میزان زبری سطح	۱۰

۷-۳	درجه تمیزی سطح.....	۱۰
۸-۳	پوشش دهی اولیه مناطق خاص.....	۱۰
۹-۳	فام رنگ.....	۱۱
۱۰-۳	سازگاری رنگ‌ها با یکدیگر.....	۱۱
۱۱-۳	مشخصات فرآیند اعمال رنگ.....	۱۱
۱۲-۳	شرایط سطح رنگ آمیزی.....	۱۱
۱۳-۳	زمان انتظار قبل از اعمال.....	۱۱
۴	نحوه عملکرد واحد مهندسی و طراحی در اعلام سیستم پوششی ترانسفورماتور و ملحقات آن.....	۱۱
۱-۴	نحوه سفارش دهی.....	۱۳
۵	نحوه عملکرد واحد بازرگانی.....	۱۳
۱-۵	برگزاری مناقصه و انتخاب بهترین گزینه.....	۱۴
۲-۵	در زمان خرید محموله.....	۱۳
۶	نحوه انتخاب تأمین کننده.....	۱۵
۱-۶	در زمان برگزاری مناقصه - تعیین امتیاز کلی تأمین کننده رنگ.....	۱۵
۲-۶	امتیاز ارزیابی تأمین کننده رنگ.....	۱۵
۳-۶	امتیاز فنی آزمون رنگ.....	۱۵
۴-۶	امتیاز ملاحظات تولید.....	۱۵
۵-۶	امتیاز نهایی فنی تأمین کننده رنگ.....	۱۶
۶-۶	امتیاز اقتصادی رنگ.....	۱۶
۷-۶	پس از برگزاری مناقصه و انتخاب شرکت برتر - اعمال و کنترل ضخامت رنگ در کارگاه.....	۱۶
۷	تحويل، بسته بندی، برچسب زنی و انبارداری.....	۱۷
۱-۷	تحويل.....	۱۷
۲-۷	بسته بندی.....	۱۷
۳-۷	برچسب زنی روی ظروف.....	۱۷
۴-۷	انبارداری.....	۱۸

۸	فرآیند اعمال رنگ و کنترل آن	۱۸
۸-۱	فرآیند اعمال رنگ	۱۸
۸-۱-۱	بدنه ترانسفورماتور و متعلقات آن به غیر از رادیاتور	۱۸
۸-۱-۲	رادیاتورهای غیر گالوانیزه	۱۹
۸-۱-۳	رادیاتورهای گالوانیزه شده	۱۹
۸-۲	کنترل‌های حین فرآیند اعمال رنگ	۱۹
۸-۲-۱	کنترل ویسکوزیته	۱۹
۸-۲-۲	ضخامت فیلم تر	۱۹
۸-۲-۳	ارزیابی بصری	۱۹
۸-۳	تست‌های بعد از اتمام فرآیند رنگ آمیزی (تست محصول)	۲۰
۸-۳-۱	ارزیابی بصری	۲۰
۸-۳-۲	آزمایش چسبندگی	۲۰
۹	ترمیم پوشش	۲۰
۱۰	گواهی آزمایش	۲۰
۱۱	انتخاب روش اجرا و نوع سیستم پوششی	۲۱
۱۱-۱	ملاحظات فنی	۲۱
۱۱-۲	معیارهای بررسی سیستم پوششی به روش اسپری بدون هوا و بارشی	۲۱
۱۱-۲-۱	نمونه برداری	۲۱
۱۱-۲-۲	آزمون‌ها	۲۱
۱۲	معیارهای ارزیابی پوشش گالوانیزه گرم	۲۸
۱۲-۱	آزمایش چسبندگی پوشش گالوانیزه گرم	۲۸
۱۲-۲	وضعیت ظاهری	۲۸
۱۳	خواص پوشش	۲۸
۱۳-۱	جداول پیوست	۲۸
۱۴	مراجع	۳۱

۳۳.....	ضمایم	۱۵
۳۳.....	ضمیمه شماره ۱	۱-۱۵
۳۳.....	نحوه تهیه پللیت آزمون‌ها	۱-۱-۱۵
۳۳.....	ضمیمه شماره ۲	۲-۱۵
۳۳.....	آزمون مقاومت در برابر تشکیل حباب	۱-۲-۱۵
۳۴.....	ضمیمه شماره ۳	۳-۱۵
۳۴.....	اندازه‌گیری میزان پوشش‌دهی رنگ	۱-۳-۱۵

۱ دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد انتخاب سیستم‌های پوششی مناسب برای پوشش‌دهی سطوح خارجی ترانسفورماتور و رادیاتور می‌باشد. همچنین این استاندارد نحوه برگزاری مناقصه، بررسی اقتصادی سیستم‌های پوششی، ارزیابی سیستم‌های پوششی، نحوه عملکرد قسمت‌های مرتبط با بحث رنگ آمیزی ترانسفورماتور و قطعات جانبی آن و چگونگی فرآیند اعمال رنگ را تشریح می‌نماید.

۲ تعاریف

۱-۲ دوام^۱

طبق استاندارد ISO 12944 part 3، "دوام" به مدت زمانی گفته می‌شود که سیستم پوششی، در صورت انجام شدن تعمیرات جزئی، پس از طی شدن آن به تعمیر کلی احتیاج پیدا خواهد کرد. بدیهی است در صورتی که در این مدت تعمیرات جزئی انجام نشود در مدت زمان کمتری از زمان ارائه شده توسط عبارت "دوام" به تعمیرات کلی احتیاج خواهد شد. طبق استاندارد ISO 12944 part 3 سه گروه برای "دوام" تعریف می‌شود:

- دوام کوتاه مدت (Low Durability) کمتر از ۵ سال
 - دوام میان مدت (Medium Durability) بین ۵ تا ۱۵ سال
 - دوام بلند مدت (High Durability) بیشتر از ۱۵ سال
- با توجه به شرایط کاربری ترانسفورماتورها، سیستم پوششی انتخاب شده بایستی حداقل برای گروه ۲ (دوام میان مدت) مناسب باشد.

۲-۲ تقسیم بندی مناطق آب و هوایی

طبق استاندارد ISO 12944 part 2 مناطق بر حسب میزان خوردندگی به دسته‌های مختلف تقسیم بندی می‌شوند. بدیهی است هر چه میزان خوردندگی محیط بیشتر باشد سیستم پوششی انتخابی بایستی مقاومت بیشتری داشته باشد.

در این استاندارد (ITS-MP01-01) تقسیم بندی بر حسب مناطق به شرح ذیل می‌باشد:

گروه الف:

مناطق با خوردندگی جوی بالا شامل سواحل شمالی (استان‌های گیلان، مازندران، گلستان) و سواحل جنوبی (استان‌های خوزستان، بوشهر، هرمزگان و جنوب سیستان و بلوچستان) و نیز کلیه سفارشات شرکت‌های نفت، گاز، پتروشیمی و پالایش و بخش فرآورده‌های نفتی (شرکت‌های تابعه وزارت نفت).

گروه ب:

سایر مناطق کشور

^۱ Durability

تبصره:

برای پوشش دهی محصولات صادراتی با توجه به شرایط آب و هوایی کشور هدف و مقایسه آن با تقسیم بندی ذکر شده، یکی از دو گروه مذکور انتخاب می شود.

۲-۳ فرآیندهای اعمال رنگ

۲-۳-۱ اعمال پاششی^۲

در این روش، رنگ تحت فشار هوا (Air Spray) و یا فشار مکانیکی (Airless Spray) از نازل خارج شده، به صورت ذرات ریز بر روی قطعه می نشیند. درصدی از حلال در حین انتقال از نازل به سطح تبخیر می گردد.

۲-۳-۲ اعمال بارشی^۳

در این روش، رنگ از حوضچه توسط پمپ به بالای قطعه مورد نظر منتقل شده بر روی آن ریخته می شود. رنگ توسط نیروی وزن خود به پایین حرکت کرده بر روی قطعه فیلمی را ایجاد می نماید. رنگ اضافی از روی قطعه به داخل حوضچه چکه کرده و دوباره مورد استفاده قرار می گیرد.

۲-۳-۳ اعمال به کمک قلم مو^۴

در این روش رنگ آمیزی از قلم مو استفاده می گردد.

۲-۳-۴ اعمال به کمک غلتک^۵

در این روش رنگ آمیزی از غلتک استفاده می گردد.

۲-۴ روش های آماده سازی سطح

۲-۴-۱ بلاستینگ^۶

در این روش ذرات فلزی یا غیر فلزی بر اثر فشار هوا یا بصورت مکانیکی بر روی سطح قطعه برخورد کرده قسمتی از سطح قطعه را جدا می نمایند. این فرآیند برای زدودن سطح قطعه از ذرات خارجی و ضایعات بجا مانده از خوردگی ضروری است. قطعه بلاست شده بایستی سریعاً (حداکثر یک ساعت پس از بلاست شدن) پوشش دهی گردد.

^۲ Spray Coating

^۳ Flow Coating

^۴ Brush Coating

^۵ Roller Coating

^۶ Blasting

۲-۴-۲ شستشو با حلال

به منظور پاک نمودن سطح قطعه از چربی، قطعه با حلال آلی مناسب شسته می‌شود. سطح قطعه پس از شستشو بایستی عاری از ذرات چربی باشد.

۲-۴-۳ چربیگیری با مواد شوینده

به منظور پاک نمودن سطح قطعه از چربی، قطعه با چربیگیر مناسب شسته می‌شود. سطح قطعه پس از شستشو بایستی عاری از ذرات چربی باشد.

۲-۵ پوشش

پوشش به معنای لایه محافظ ایجاد شده بر روی قطعه می‌باشد.

۲-۶ رنگ

رنگ یک پوشش رزینی حاوی رنگدانه می‌باشد که بر روی سطح یک قطعه اعمال می‌گردد.
توجه:

رنگ مورد استفاده برای پوشش‌دهی در شرکت ایران ترانسفو بر پایه اپوکسی و پلی یورتان می‌باشند به عبارت دیگر تنها این دو نوع رنگ را می‌توان در پوشش دهی قطعات بکار برد.

۲-۷ رنگ آماده اعمال

به رنگی گفته می‌شود که تمام اجزای آن مانند هاردنر و تینر با هم مخلوط شده و ویسکوزیته آن به حد مورد نظر رسیده باشد.

۲-۸ دستورالعمل اجرایی تأمین کننده

این دستورالعمل از طرف تأمین کننده رنگ بر اساس جدول شماره ۳ برای رنگی که در تست کارگاهی طبق چک لیست تست کارگاهی به شماره ۵۲۱۳ تأیید شده است، ابلاغ می‌شود.

۳ نکات مهم

۳-۱ قابلیت دسترسی

قطعات ترانسفورماتور باید طوری طراحی و ساخته شوند که تمام سطوح خارجی قابلیت دسترسی داشته باشند تا بتوان آماده سازی سطح و اعمال لایه یکنواخت رنگ را انجام داد. همچنین قابلیت دسترسی به کلیه سطوح خارجی ترانسفورماتور به منظور بازرسی و انجام تعمیرات بر روی پوشش ترانسفورماتور ضروری است.

۲-۳ عدم تجمع آلودگی

طراحی ترانسفورماتور باید طوری باشد که تجمع آب و آلودگی‌های خورنده بر روی آن به حداقل خود برسد.

۳-۳ جوش‌ها و آماده سازی سطوح

تمام جوش‌ها و مناطقی که تحت تأثیر حرارت ناشی از آن قرار گرفته‌اند بایستی آماده سازی گردند. زائده‌های جوشکاری بایستی از روی سطوح پاک گردند.

۴-۳ پوشش‌ها

در صورتی که چند نوع پوشش بر روی ترانسفورماتور و قطعات جانبی مورد استفاده قرار گیرند بایستی محل استفاده هر یک مشخص گردد. تست‌های انجام شده بر روی هر پوشش بایستی مشخص باشند و بر حسب درخواست توسط تأمین کننده ارائه گردند.

۵-۳ عملیات ترمیم^۷ قبل از ارسال ترانسفورماتور

در مواقعی که لازم باشد و قبل از ارسال ترانسفورماتور به محل استفاده، می‌توان عملیات ترمیم را در مناطق مورد نیاز انجام داد. در مناطقی که یکپارچگی پوشش تخریب شده باشد می‌توان عملیات ترمیم را انجام داد به شرطی که کارآیی منطقه ترمیم شده به اندازه کارآیی سایر مناطق باشد.

۶-۳ میزان زبری سطح

طبق استاندارد ISO 8503 میزان زبری سطح برای سطوح بلاست شده برای سیستم اسپری در محدوده ۵۰ تا ۸۰ میکرون و برای سیستم بارشی در محدوده ۲۰ تا ۴۰ میکرون می‌باشد.

۷-۳ درجه تمیزی سطح

طبق استاندارد ISO 8501 درجه تمیزی سطح قطعات پس از عملیات بلاستینگ بایستی حداقل SA 2.5 باشد.

۸-۳ پوشش دهی اولیه^۸ مناطق خاص

مناطق خاص عبارتند از نقاط جوش، نقاط نوک تیز و لبه‌ها که به دلیل شکل خاص، رنگ اعمال شده در این مناطق به کناره‌های لبه حرکت کرده و باعث کاهش ضخامت فیلم تر رنگ می‌گردد. لذا به منظور ایجاد پوشش یکنواخت بر روی قطعه ضروری است که این مناطق قبل از اعمال رنگ پوشش دهی گردند. این کار را می‌توان با اعمال یک لایه به روش اسپری یا به کمک قلم مو یا به کمک غلتک انجام داد. این عمل باعث

^۷ Touch up

^۸ Strip Coat

می‌شود که پس از خشک شدن نسبی این لایه و اعمال لایه نهایی رنگ، ضخامت رنگ در کلیه مناطق یکسان گردد.

۳-۹ فام رنگ

فام رنگ‌ها توسط ایران ترانسفو تعیین می‌گردد و تأمین کننده رنگ بایستی مطابق با پیشنهاد ارائه شده نسبت به تهیه رنگ اقدام نماید. ضروری است تا در انتخاب فام لایه‌های رنگ دقت گردد و از انتخاب فام‌های مشابه خودداری شود تا تشخیص نقاط رنگ آمیزی نشده آسانتر گردد. فام لایه نهایی بایستی مطابق سفارش مشتری باشد.

۳-۱۰ سازگاری رنگ‌ها با یکدیگر

ضروری است رنگ‌های مورد استفاده در رنگ آمیزی ترانسفورماتور با یکدیگر سازگاری داشته باشند تا از ایجاد پدیده‌هایی نظیر پوسته شدن (Lamination)، عدم چسبندگی، تاول زدگی و ... جلوگیری گردد.

۳-۱۱ مشخصات فرآیند اعمال رنگ

ضروری است تأمین کننده رنگ با در نظر گرفتن فرآیند اعمال رنگ در ایران ترانسفو نسبت به پیشنهاد رنگ اقدام نماید. به عنوان مثال در نظر گرفتن مشخصات دستگاه Airless spray در سفارش رنگ مناسب برای اعمال بر روی ترانسفورماتور و قطعات جانبی (به غیر از رادیاتور) ضروری است.

۳-۱۲ شرایط سطح رنگ آمیزی

به تأمین کننده رنگ از این بابت که رنگ بر روی چه سطحی اعمال خواهد شد بایستی اطلاع داده شود. رنگ خریداری شده بر روی سطح آهنی بلاست شده و یا سطح گالوانیزه اعمال می‌گردد.

۳-۱۳ زمان انتظار قبل از اعمال^۱

لازم است پس از مخلوط کردن رنگ و هاردنر و قبل از اعمال آن، به رنگ و هاردنر مخلوط شده فرصت داده شود تا واکنش‌های اولیه رنگ شروع گردد. در طی این مدت بایستی رنگ کاملاً مخلوط گردد تا از دو فاز شدن آن جلوگیری شود.

۴ نحوه عملکرد واحد مهندسی و طراحی در اعلام سیستم پوششی ترانسفورماتور و ملحقات آن

واحد فروش شرکت ایران ترانسفو قبل از عقد قرارداد طبق روال، Spec مشتری را جهت هرگونه بررسی فنی به واحد مهندسی و طراحی ارائه می‌نماید. این واحد در صورت ویژه بودن سیستم درخواستی مشتری

^۱ Induction Time

بخشی از Spec که مربوط به رنگ می‌باشد را از کارگروه تخصصی مواد شیمیایی کارخانه استعلام می‌نماید. واحد مهندسی و طراحی پس از بررسی مکان نصب ترانسفورماتور و بر حسب دسته بندی مناطق ذیل، گروه الف یا ب را انتخاب نموده و در درخواست سفارش درج می‌نماید. لازم به ذکر است که تنها تفاوت گروه الف و ب در رادیاتور گالوانیزه می‌باشد و در بقیه موارد یکسان هستند.

گروه الف) مناطق با خوردگی جوی بالا

شامل سواحل شمالی (استان‌های گیلان، مازنداران و گلستان) و سواحل جنوبی (استان‌های خوزستان، بوشهر، هرمزگان و جنوب سیستان و بلوچستان) و نیز کلیه سفارشات شرکت‌های نفت، گاز، پتروشیمی و پالایش و بخش فرآورده‌های نفتی (شرکت‌های تابعه وزارت نفت).
سیستم رنگ‌آمیزی گروه الف:

درجه تمیزی سطح: $\frac{1}{2}$ Sa 2

بدنه و ملحقات آن: رنگ

رادیاتور: گالوانیزه + رنگ

ضخامت رنگ اعمالی برای هر لایه در کارگاه و همچنین در بررسی‌های آزمایشگاهی بر اساس جدول شماره ۳ می‌باشد که در آن الزامات مطرح شده در بند ۱.۱۱ توسط تأمین کننده رعایت شده است.

گروه ب) سایر مناطق کشور

سیستم رنگ‌آمیزی گروه ب:

درجه تمیزی سطح: $\frac{1}{2}$ Sa 2

بدنه و ملحقات آن شامل رادیاتور: رنگ

ضخامت پوشش اعمالی: مطابق گروه الف

در حال حاضر سیستم‌های ارائه شده در گروه‌های الف و ب، روش‌های نرمال شرکت ایران ترانسفو می‌باشد. در این سیستم فام لایه نهایی بر اساس کاتالوگ RAL 7038, K7 می‌باشد.

در روش ویژه سیستم رنگ درخواستی طبق Spec مشتری می‌باشد. در صورتیکه ضخامت پوشش در درخواست مشتری ذکر نشده باشد، بایستی توسط تأمین کننده و بر اساس نیازمندی‌های این استاندارد اعلام شود.

در موارد استفاده از سیستم پوششی غیر نرمال (Spec مشتری)، کارگروه مواد شیمیایی کارخانه پس از بررسی امکانات و نحوه پوشش دهی با هماهنگی واحد مهندسی و طراحی مقدار و نوع پوشش مورد نیاز را به واحد برنامه‌ریزی و سفارشات کارخانه اعلام، تا نسبت به سفارش آن اقدام گردد. در صورت عدم امکان اعمال سیستم پوششی درخواستی مشتری، موضوع به واحد فروش اعلام شده تا با توافق مشتری نسبت به تغییر یا اصلاح آن اقدام شود.

۴-۱ نحوه سفارش دهی

واحد مهندسی و طراحی مشخصات فنی نحوه پوشش دهی گروه‌های الف و ب را در درخواست سفارش رنگ همانند مثال ذیل اعلام می‌دارد:

ITS-MP01-01 – گروه الف – RAL 7038

۵ نحوه عملکرد واحد بازرگانی

۵-۱ برگزاری مناقصه و انتخاب بهترین گزینه

برای برگزاری مناقصه خرید رنگ بازرگانی موظف است تا مشخصات فنی مندرج در بند ۱۱-۲ که شامل نیازمندی‌های رنگ می‌باشد را به همراه مشخصات فنی تجهیزات اعمال رنگ موجود در شرکت ایران ترانسفو در اختیار شرکت‌های مورد تأیید و ارزیابی شده قرار دهد و تأمین کنندگان رنگ ملزم به ارائه سیستم پوششی در قالب معیارهای این بند می‌باشند. تأمین کننده رنگ بایستی جدول شماره ۱ (مشخصات سیستم پوششی) را تکمیل نموده و همراه مدارک مناقصه تحویل نماید.

همچنین تأمین کننده رنگ بایستی جدول شماره ۲ (مشخصات رنگ‌های مورد استفاده) که بیانگر دیگر خواص مورد نیاز برای هر لایه رنگ است را تکمیل نموده به همراه مدارک مناقصه تحویل نماید.

لازم به ذکر است واحد بازرگانی موظف است شش ماه قبل از زمان احتمالی خرید رنگ نسبت به هماهنگی ارسال نمونه به واحد کیفیت از شرکت‌های ارزیابی شده اقدام نماید.

واحد بازرگانی نیز نمونه‌های رنگ، مشخصات فنی رنگ‌ها و جداول تکمیل شده ۱ تا ۳ را از تأمین کننده رنگ دریافت نموده و تحویل واحد کیفیت می‌نماید. واحد کیفیت به همراه واحد تولید پس از انجام آزمایشات و بررسی‌های مورد نیاز، نمونه‌های مورد تأیید را به همراه امتیاز فنی نهایی آنها به واحد بازرگانی اعلام می‌دارد. واحد بازرگانی نیز بر اساس امتیاز کل تأمین کننده‌ها، برنده مناقصه را اعلام نموده و مراتب را به واحد کیفیت اعلام می‌دارد. لازم به ذکر است که برنده مناقصه به همراه هر محموله بایستی جداول مورد اشاره فوق را تکمیل و ارسال نماید و واحد بازرگانی موظف است این جداول را تحویل واحد کیفیت نماید.

۵-۲ در زمان خرید محموله

در صورتی که محموله ارسالی مطابق با پارامترهای کیفی تعریف شده نباشد و یا مشخصات محموله با مشخصات نمونه ارسال شده به مناقصه برابر نباشد، لازم است محموله خریداری شده توسط واحد بازرگانی برگشت داده شود.

تناسب رنگ‌هایی که بایستی خریداری شوند از طرف سفارشات تعیین می‌گردد و واحد بازرگانی بایستی طبق نسبت‌های اعلام شده اقدام به خرید رنگ نماید تا انباشت یک رنگ و کمبود رنگ دیگر در انبار اتفاق نیفتد.

تبصره:

لازم است که تمام رنگ‌هایی که قرار است یک سیستم پوششی را تشکیل دهند از یک تأمین کننده خریداری گردند. به عنوان مثال خرید رنگ لایه اول سیستم پوششی از تأمین کننده A و خرید رنگ لایه دوم سیستم پوششی از تأمین کننده B مجاز نمی‌باشد.

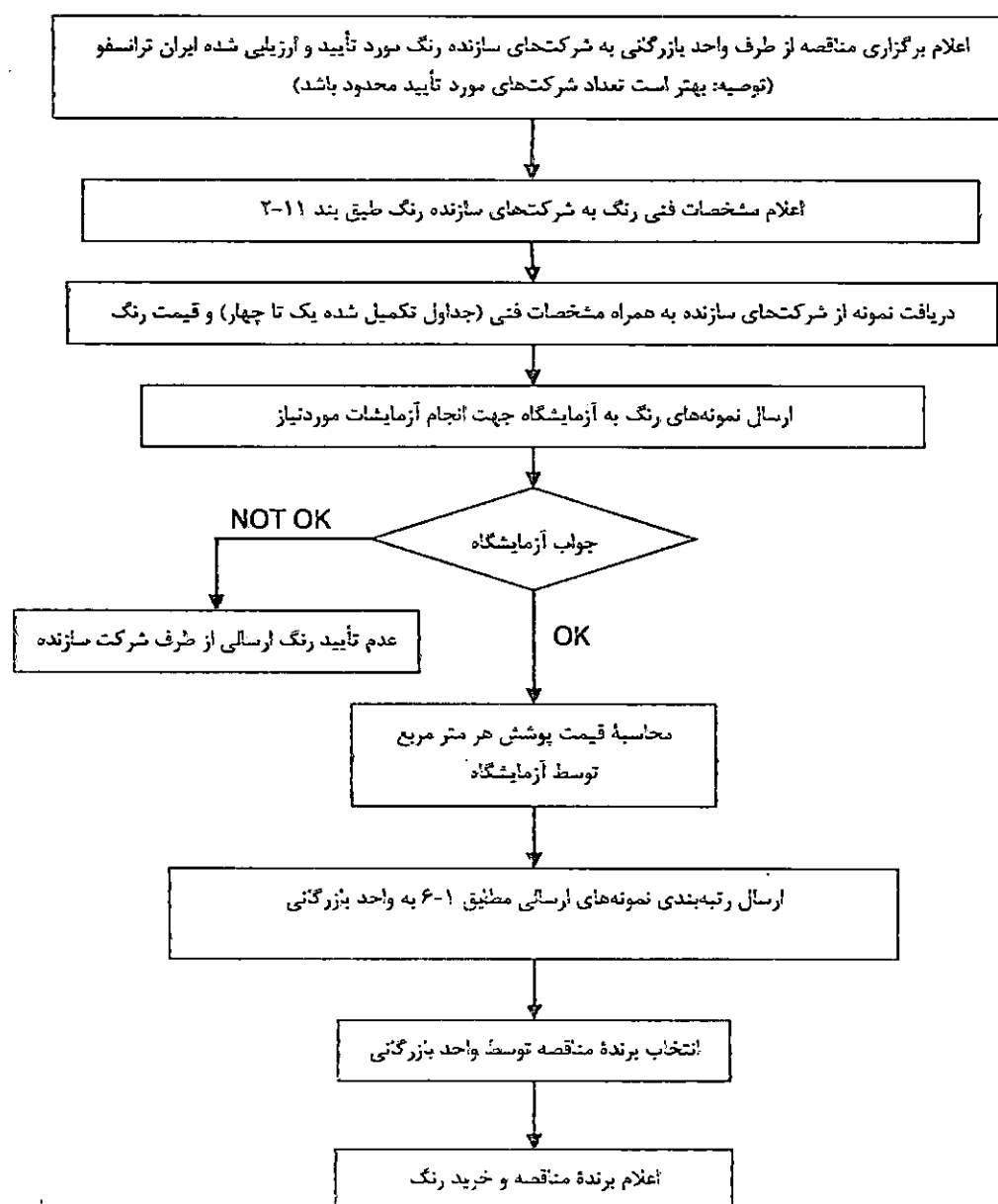
نکته ۱

توصیه می‌گردد قرارداد خرید رنگ با شرکت‌های برنده مناقصه کوتاه مدت نباشد تا از ایجاد مشکل در خط رنگ جلوگیری گردد. همچنین بایستی در خصوص محصول ارسالی گواهی از آزمایشگاه معتبر ثالث توسط بازرگانی اخذ گردد و در قرارداد تست اتفاقی محصول در نظر گرفته شود.

نکته ۲

توصیه می‌گردد اعلام مناقصه خرید رنگ در بین تعداد محدودی از تأمین کننده‌های معتبر برگزار گردد تا بررسی تأمین کننده‌ها آسانتر گردد.

نمودار: نحوه برگزاری مناقصه بین شرکت‌های سازنده رنگ



۶ نحوه انتخاب تأمین کننده

۶-۱ در زمان برگزاری مناقصه - تعیین امتیاز کلی تأمین کننده رنگ

در زمان برگزاری مناقصه از طرف واحد بازرگانی، امتیازهای فنی، اقتصادی، ارزیابی پیمانکاران و ملاحظات تولید باید بر اساس درصدی از ۱۰۰ تعیین گردد تا در تعیین امتیاز کل مورد استفاده قرار گیرند. امتیاز کل هر تأمین کننده از رابطه زیر و بر اساس دستورالعمل داخلی شرکت ایران ترانسفو تعیین می گردد:

$$\text{امتیاز اقتصادی} \times ۰/۵۰ + \text{امتیاز ملاحظات تولید} \times ۰/۱۵ + \text{امتیاز ارزیابی پیمانکاران} \times ۰/۱۰ + \text{امتیاز فنی} \times ۰/۲۵ = \text{امتیاز کل}$$

۶-۲ امتیاز ارزیابی تأمین کننده رنگ

واحد ارزیابی تأمین کنندگان موظف است امتیاز ارزیابی را در قالب فرم تعیین امتیاز ارزیابی تأمین کننده (کد ۵۰۰۱) تعیین نماید.

۶-۳ امتیاز فنی آزمون رنگ

واحد آزمایشگاه مواد موظف است امتیاز فنی آزمون را در قالب فرم امتیاز فنی آزمون رنگ (کد ۳۷۲۱) تعیین نماید.

در صورتی که آزمایشی انجام نشود می توان امتیاز آنرا برای همه نمونه ها صفر قلمداد کرد تا تأثیر آن بر کلیه نمونه ها یکسان گردد.

اگر نمونه ای در یک آزمایش فراتر از مقدار استاندارد عمل نماید بدیهی است که تأثیر مثبت در امتیاز کلی فنی خواهد داشت. البته بایستی توجه داشت که نمونه های رنگ بایستی در تمام آزمایشات حداقل مقدار مورد نیاز استاندارد را کسب نمایند.

۶-۴ امتیاز ملاحظات تولید

واحدهای تولید، کیفیت و بازرگانی با حضور نماینده تأمین کننده اقدام به تست کارگاهی نمونه کرده و امتیاز نهایی خط طبق چک لیست تست کارگاهی رنگ (کد ۵۲۱۳) تعیین می نمایند.

هر چه تعداد لایه های رنگ آمیزی برای پوشش دهی کامل کمتر باشد زمان اعمال رنگ کاهش می یابد و سرعت خط رنگ بیشتر می شود.

سه لایه رنگ آمیزی برای پوشش دهی کامل به عنوان ملاک امتیازدهی انتخاب شده بر این اساس امتیاز دهی صورت خواهد گرفت. هر چه تعداد لایه رنگ آمیزی کمتر باشد امتیاز نمونه رنگ در این قسمت بیشتر خواهد بود.

۵-۶ امتیاز نهایی فنی تأمین کننده رنگ

واحدهای ارزیابی تأمین کنندگان، آزمایشگاه مواد و واحد نقاشی تولید موظف هستند امتیاز نهایی فنی را در قالب فرم تعیین امتیاز نهایی تأمین کننده رنگ (کد ۳۷۱۹) تعیین نمایند.

۶-۶ امتیاز اقتصادی رنگ

آزمایشگاه مواد مطابق فرم نحوه محاسبه قیمت رنگ و تینر مصرفی در یک متر مربع (کد ۳۷۲۰)، پارامترهای Y1 (میزان رنگ و هاردنر مورد نیاز برای یک متر مربع برحسب کیلوگرم) و Z یا Z1 (میزان تینر مورد نیاز برای یک متر مربع برحسب کیلوگرم یا لیتر) را تعیین نموده و در اختیار واحد بازرگانی قرار دهد. کمیسیون معاملات این پارامترها را اخذ نموده و قیمت نهایی رنگ و تینر را برای لایه‌های مختلف و برای تأمین کنندگان مختلف استخراج می‌نماید.

۶-۷ پس از برگزاری مناقصه و انتخاب شرکت برتر - اعمال و کنترل ضخامت رنگ در کارگاه

پس از انتخاب سازنده برتر به عنوان برنده مناقصه از طرف قسمت بازرگانی، واحد کیفیت مشخصات فنی رنگ منتخب را به عنوان مرجع در بررسی محموله‌های ارسالی از طرف شرکت سازنده مورد استفاده قرار می‌دهد (جدول ۱ تا ۳). آزمایشگاه موظف است برای کلیه محموله‌های ارسالی از طرف سازنده رنگ، کلیه آزمایشات مندرج در بند ۱۱-۲ به غیر از آزمایشات مه نمکی، رطوبت، رطوبت به همراه تابش UV را انجام دهد و تطابق آنها را با مشخصات نمونه اولیه ارسالی از طرف سازنده رنگ کنترل نماید و در صورت عدم تطابق، محموله مرجوع می‌گردد. تست‌های مه نمکی، رطوبت، رطوبت به همراه تابش UV حداکثر هر سه ماه یک بار از محموله‌های ارسالی باید انجام شود و در صورت عدم تطابق با مشخصات نمونه اولیه ارسالی، محموله مرجوع می‌گردد. در صورت مرجوع شدن محموله‌ها اقدامات لازم در خصوص چگونگی ادامه کار با شرکت سازنده تصمیم گیری خواهد شد.

همچنین مشخصات فنی اعمال رنگ طبق جدول شماره ۳ به واحدهای تولید و کنترل کیفیت تولید اعلام می‌گردد تا مطابق با اطلاعات مندرج در آن فرآیند رنگ آمیزی صورت پذیرد.

به منظور پیشگیری از مشکلات و هماهنگی جهت اعمال رنگ لازم است پس از تأیید کامل از نظر آزمایشگاهی نمونه‌ای از رنگ در خط تولید نیز تست عملی گردد.

لازم بذکر است نتایج آزمایشات محموله‌های ارسالی به شرکت ایران ترانسفو بایستی با نتایج آزمایشات نمونه اولیه ارسالی به شرکت ایران ترانسفو در زمان برگزاری مناقصه یکسان باشد. زیرا ارزیابی و امتیاز دهی شرکت‌های سازنده رنگ بر اساس نتایج آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌های ارسالی صورت می‌گیرد.

۷ تحویل، بسته بندی، برچسب زنی و انبارداری

۱-۷ تحویل

- فاصله زمانی بین تاریخ تولید رنگ و متعلقات تا تاریخ ورود به کارخانه ایران ترانسفو نبایستی بیشتر از ۲۵ روز باشد.
- تاریخ انقضا رنگ و متعلقات بایستی حداقل یک سال باشد.
- اندازه ظروف رنگ و حلال بین خریدار و سازنده رنگ توافق می گردد. ظروف باید کاملاً آب بندی شده باشند.
- علامت خطر بایستی بر روی ظرف حاوی حلال نصب گردد.
- نسبت اختلاط رنگ و هاردنر بایستی همراه هر محموله ارسال گردد.
- سازنده رنگ موظف است حلال و یا هاردنر و یا اجزای لازم دیگر را همراه رنگ به مقدار کافی ارسال نماید.
- اطلاعات زیر به طور خوانا روی تمامی ظروف نوشته شود:
 - ❖ علامت استاندارد مواد آتش زا
 - ❖ نقطه اشتعال
 - ❖ نام تولیدکننده
 - ❖ مشخصات
 - ❖ شرایط نگهداری

۲-۷ بسته بندی

- محموله بایستی در مقابل ضربات مکانیکی و رطوبت (نظیر بارش باران) محافظت شود.
- محموله بایستی بر روی پالت قرار داده شود و حمل و نقل آن بایستی توسط لیفتراک امکان پذیر باشد.
- ظروف بایستی بتوانند فشارهای مکانیکی حین حمل و نقل را تحمل نمایند.
- ظروف بسته بندی بایستی تمیز و خشک باشند.
- ظروف بسته بندی باید در مقابل حمل و نقل و ضربات مقاوم باشد.
- درب ظروف کاملاً آب بندی شود. آب بندی ظروف بایستی طوری باشد که مانع از تبخیر مواد فرار گردد و از کاهش وزن جلوگیری نماید.
- درب ظروف رنگ گشاد و حداکثر ظرفیت آن ۲۵ کیلوگرم باشد.

۳-۷ برچسب زنی روی ظروف

- بر روی هر ظرف بایستی برچسبی غیر قابل جدا شدن حاوی اطلاعات زیر نصب شود:
 - ابعاد (اندازه های اسمی)

- نوع رنگ (رزین پایه)/ نوع هاردنر/ نوع حلال
- نسبت ترکیب وزنی رنگ و هاردنر (برای رنگ و هاردنر)
- کد کالای ایران ترانسفو
- روش اعمال
- فام رنگ (بر روی ظروف رنگ)
- شماره ساخت، تاریخ تولید و انقضای رنگ/ هاردنر/ حلال
- وزن کل و وزن خالص بر حسب کیلوگرم

۴-۷ انبارداری

- در زمان انبارداری نبایستی ظروف رنگ و متعلقات دچار تورم گردد. (بر اثر واکنش ایجاد گاز نماید).
- انبار بایستی فضای کافی برای ذخیره ۶ ماه مصرف رنگ و متعلقات را داشته باشد.
- رنگ و متعلقات موجود در انبار بایستی از تابش نور خورشید، بارش باران، دمای بالا یا پایین محافظت گردد.
- زمان انقضاء استفاده از رنگ و متعلقات و وضعیت آببندی آنها بطور منظم کنترل شود.

۸ فرآیند اعمال رنگ و کنترل آن

۱-۸ فرآیند اعمال رنگ

مراحل اعمال رنگ به شرح زیر می باشد:

۱-۱-۸ بدنه ترانسفورماتور و متعلقات آن به غیر از رادیاتور

- شستشو جهت چربی زدایی
- آبکشی
- خشک کردن
- شات بلاست
- پوشش دهی به روش اسپری بدون هوا مطابق با جدول شماره ۳ ارائه شده از طرف تأمین کننده (پوشش دهی کامل)

پوشش دهی کامل

به معنای اعمال تمامی لایه های رنگ مورد نظر بر روی قطعه می باشد. بدیهی است بعد از مونتاژ ترانسفورماتور و انجام آزمایشات الکتریکی، امکان کثیف شدن و یا صدمه دیدن پوشش وجود دارد که در نهایت بایستی با انجام عملیات ترمیم این نقیصه ها مرتفع گردد.

۸-۱-۲ رادیاتورهای غیر گالوانیزه

- شستشو جهت چربی زدایی
- خشک کردن
- گریت بلاست
- پوشش دهی به روش بارشی مطابق با مشخصات ارائه شده از طرف تأمین کننده

۸-۱-۳ رادیاتورهای گالوانیزه شده

- بازرسی بصری (نظیر تعیین ضخامت، شره، پوشش دهی کامل، نبودن زائده و...) بر اساس بند ۱۲
- واش پرایمر یا کروماته کاری
- پوشش دهی رنگ نهایی به روش بارشی مطابق با جدول شماره ۳ ارائه شده از طرف تأمین کننده

۸-۲ کنترل های حین فرآیند اعمال رنگ

۸-۲-۱ کنترل ویسکوزیته

کنترل ویسکوزیته رنگ آماده اجرا طبق استاندارد ASTM D1200 قبل و در حین اجرای رنگ انجام می شود. مقدار ویسکوزیته بایستی مطابق جدول شماره ۳ مورد پایش قرار گیرد تا در صورت عبور از مقدار مناسب مجدداً تنظیم گردد.

۸-۲-۲ ضخامت فیلم تر^{۱۰}

آزمایش تعیین ضخامت فیلم تر طبق استاندارد ASTM D4414 بر روی نقاط مختلف قطعه مطابق جدول شماره ۳ انجام می شود تا در صورت کم بودن از مقدار مورد نیاز با اعمال مجدد جبران گردد. ضخامت کم فیلم تر منجر به ضخامت کم فیلم خشک می گردد.

۸-۲-۳ ارزیابی بصری^{۱۱}

به معنی بازدید از نقاط مختلف قطعه برای اطمینان از عدم وجود نقص در پوشش از جمله اعمال پوشش در تمام نقاط، عدم وجود شره و ... می باشد.

نکات مهم

- در مورد رنگ های انتقال داده شده به کارگاه های رنگ آمیزی می بایست به موارد ذیل دقت نمود:
- ❖ بعد از باز نمودن درب قوطی، نبایستی در رنگ رسوبی (که با همزدن مجدد در فاز مایع حل نمی گردد) مشاهده شود.
- ❖ حلب رنگ نبایستی دچار تورم شده باشد (بر اثر واکنش ایجاد گاز نماید).

^{۱۰} Wet Film Thickness

^{۱۱} Visual Inspection

❖ هنگام بازکردن درب ظرف، رنگ یکنواخت باشد و علائمی از رویه بستن، ژله شدن، دو فاز شدن و ... وجود نداشته باشد.

۸-۳ تست‌های بعد از اتمام فرآیند رنگ آمیزی (تست محصول)

پس از خشک شدن پوشش و قبل از خروج محصول از کارگاه بررسی‌های زیر انجام می‌پذیرد تا در صورت مشاهده هر گونه اشکال، پوشش ترمیم گردد.

۸-۳-۱۱ ارزیابی بصری

به معنی بازدید از نقاط مختلف قطعه برای اطمینان از عدم وجود نقص‌هایی مانند وجود نقاط پوشش‌دهی نشده، کنده شدن رنگ به صورت موضعی و ... در پوشش می‌باشد.

۸-۳-۲ آزمایش چسبندگی

این آزمون طبق استاندارد ASTM D3359 بر روی محصول صورت می‌پذیرد. چسبندگی باید 5B یا 5A باشد.

۹ ترمیم پوشش

قبل از ارسال ترانسفورماتور به محل نصب، ارزیابی بصری بر روی آن انجام شده و در صورت وجود هرگونه نقص در پوشش، مراحل ذیل به منظور ترمیم پوشش بکار می‌رود.

- پوشش تخریب شده برداشته می‌شود.
- محل مورد نظر سنباده کاری می‌گردد.
- محل مورد نظر با حلال مناسب شسته شده و خشک می‌گردد.
- محل مورد نظر به کمک قلم مو و مطابق با سیستم پوششی مورد استفاده بصورت کامل پوشش دهی می‌گردد.

۱۰ گواهی آزمایش

به همراه هر محموله گواهی آزمایش بر مبنای بند ۱۱-۲ از طرف شرکت سازنده رنگ ارائه خواهد شد که شامل موارد مندرج در جداول شماره ۱ و ۲ خواهد بود.

۱۱ انتخاب روش اجرا و نوع سیستم پوششی

۱۱-۱ ملاحظات فنی

ا- رنگ‌های مورد استفاده برای پوشش‌دهی سطوح خارجی در شرکت ایران ترانسفو بر پایه اپوکسی و پلی‌یورتان می‌باشند.

ب- مقدار ضخامت هر لایه رنگ خشک شده از طرف تأمین کننده اعلام می‌گردد.

ج- حداقل ضخامت خشک سیستم رنگ در روش بارشی برای یک سیستم سه لایه‌ای ۱۳۰ میکرون می‌باشد. در این سیستم حداقل ضخامت‌ها به شرح ذیل است:

• رنگ آستر: ۴۰ میکرون

• رنگ میانی: ۵۰ میکرون

• رنگ رویه: ۴۰ میکرون

د- حداقل ضخامت خشک سیستم رنگ در روش اسپری برای یک سیستم سه لایه‌ای ۲۵۰ میکرون می‌باشد. در این سیستم حداقل ضخامت‌ها به شرح ذیل است:

• رنگ آستر: ۷۵ میکرون

• رنگ میانی: ۱۲۵ میکرون

• رنگ رویه: ۵۰ میکرون

ه- حداکثر تعداد لایه‌های پیشنهادی برای هر سیستم پوششی، ۳ لایه می‌باشد.

و- چنانچه سیستم پیشنهادی تأمین کننده دارای تعداد لایه‌های کمتر از ۳ باشند و ضخامت کلی پوشش کمتر از ۲۵۰ میکرون باشد، ضخامت لایه آستر بایستی حداقل ۷۵ میکرون بوده و این سیستم بایستی الزامات بند ۱۱-۲ و همچنین نقاط بحرانی و لبه‌های تیز را به نحو مناسبی پوشش دهد.

۱۱-۲ معیارهای بررسی سیستم پوششی به روش اسپری بدون هوا و بارشی

۱۱-۲-۱ نمونه برداری

نمونه برداری مطابق استاندارد DIN EN ISO 15528 انجام می‌شود.

۱۱-۲-۲ آزمون‌ها

۱۱-۲-۲-۱ مه نمکی^{۱۲}

سه پلیت مطابق شکل ۱ (ضمیمه شماره ۱) بر اساس جدول شماره ۳ (دستورالعمل اجرایی تأمین کننده) بصورت سیستمی رنگ آمیزی می‌شود. پس از سپری شدن مدت زمان خشک شدن کامل (اعلام شده از طرف تأمین کننده طبق جدول شماره ۱) طبق استاندارد ASTM D1654 پلیت‌ها خراش داده می‌شوند و

Salt Spray^{۱۲}

مطابق استاندارد ASTM B117 و با محلول نمکی ۵ درصد به مدت ۱۵۰۰ ساعت تحت آزمایش قرار می‌گیرند.

خرایش بر روی پلیت‌ها به منظور بررسی مقاومت رنگ و مطابق استاندارد ASTM D1654, Procedure A, Method 2 انجام می‌شود. ارزیابی بر اساس جدول ۱ استاندارد مذکور انجام می‌گیرد:

- رتبه متوسط سه پلیت محاسبه شده نبایستی کمتر از ۶ باشد.
- مناطق دور از خراش نبایستی دارای تاول زدگی (ASTM D714) و زنگ زدگی (ASTM D610) باشد.
- کاهش چسبندگی به روش Pull off در مناطق دور از خراش طبق استاندارد ASTM D4541 حداکثر تا ۵۰٪ مجاز می‌باشد.

۱۱-۲-۲-۲ چسبندگی به روش^{۱۳}

یک پلیت مطابق شکل ۱ رنگ آمیزی شده و سپس مطابق استاندارد ASTM D3359 و تا رسیدن به سطح فلز خراش داده می‌شود. این آزمون برای هر لایه رنگ بطور مجزا انجام می‌شود. روش A این استاندارد برای فیلم‌های با ضخامت بیشتر از ۵ میل (هر میل برابر ۲۵ میکرون) و روش B برای فیلم‌های با ضخامت کمتر و یا مساوی ۵ میل استفاده می‌گردد. میزان چسبندگی بین لایه‌ها و چسبندگی رنگ به سطح فلز بایستی ۱۰۰ درصد باشد. برای روش A رتبه 5A و برای روش B رتبه 5B مورد نیاز می‌باشد. میزان چسبندگی برای رنگ روی سطوح گالوانیزه حداقل بایستی 4B باشد.

۱۱-۲-۲-۳ چسبندگی به روش^{۱۴}

دو پلیت مطابق شکل ۱ با ضخامت حداقل ۲ میلیمتر و بر اساس جدول شماره ۳ بصورت سیستمی رنگ آمیزی می‌شوند. بعد از گذشت یک ماه از زمان رنگ آمیزی، پلیت مذکور را در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه داخل کوره قرار داده و پس از رسیدن به دمای آزمایشگاه، مطابق استاندارد ASTM D4541 آزمون چسبندگی Pull off بر روی آنها انجام می‌شود. ارزیابی تست مطابق استاندارد ASTM D4541 انجام می‌شود. حداقل میزان چسبندگی بایستی ۸ مگا پاسکال باشد.

^{۱۳} Cross cut

^{۱۴} Pull off

۱۱-۲-۲-۴ رطوبت^{۱۵} ۱۰۰٪

دو پلیت مطابق شکل ۱ و بر اساس جدول شماره ۳ بصورت سیستمی رنگ آمیزی شده و پس از سپری شدن زمان خشک شدن کامل، مطابق ISO 6270-2-CH و در دمای $3 \pm 40^\circ\text{C}$ به مدت ۱۰۰۰ ساعت تحت آزمون رطوبت ۱۰۰٪ قرار می‌گیرند. پس از اتمام زمان آزمون، پلیت‌ها تحت ارزیابی‌های زیر قرار می‌گیرند:

- بعد از خروج از کابین و پس از گذشت مدت زمان ۱۵ دقیقه نبایستی هیچگونه تاول زدگی (ASTM D714) و زنگ زدگی (ASTM D610) در سطح پلیت‌ها مشاهده گردد.
- بعد از خروج پلیت‌ها از کابین، پلیت‌ها به مدت 24 ± 1 ساعت در دمای محیط قرار داده می‌شوند تا خشک گردند. میزان سختی پوشش با مداد (Pencil Hardness) H مطابق ASTM D3363 مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. تغییر سختی نبایستی بیشتر از یک واحد باشد.

۱۱-۲-۲-۵ ضربه^{۱۶}

یک پلیت مطابق شکل ۱ با ضخامت $0/8$ میلیمتر که سمباده کاری و چربیگیری شده است، بر اساس جدول شماره ۳ بصورت سیستمی رنگ آمیزی می‌شود. بعد از گذشت یک ماه از زمان رنگ آمیزی و پس از گذاشتن پلیت مذکور در دمای 80 درجه سانتیگراد به مدت 120 دقیقه و رسیدن به دمای آزمایشگاه و در دمای منفی 5 درجه سانتیگراد (دمای سطح پلیت)، آزمون ضربه انجام می‌شود. روش آزمون بر اساس استاندارد ASTM D2794 می‌باشد.

میزان ضربه وارده شده 60 in-lb می‌باشد. پلیت پس از اعمال ضربه به مدت 24 ساعت مطابق استاندارد ASTM B117 تحت آزمایش مه نمکی قرار می‌گیرد. پس از اتمام آزمایش نبایستی خطوط زنگ زدگی (Red rust) قابل مشاهده در اطراف محل ضربه وجود داشته باشد.

۱۱-۲-۲-۶ خمش^{۱۷}

یک پلیت مطابق شکل ۱ با ضخامت $0/8$ میلیمتر که سمباده کاری و چربیگیری شده است، بر اساس جدول شماره ۳ بصورت سیستمی رنگ آمیزی می‌شود. بعد از گذشت یک ماه از زمان رنگ آمیزی و پس از گذاشتن پلیت مذکور در کوره با دمای 80 درجه سانتیگراد به مدت 120 دقیقه و رسیدن به دمای آزمایشگاه و در دمای منفی 5 درجه سانتیگراد (دمای سطح پلیت)، آزمون خمش انجام می‌شود. روش آزمون بر اساس استاندارد ASTM D522 می‌باشد.

قطر مندرل استفاده شده 20 میلیمتر می‌باشد. پس از انجام آزمون نبایستی ترک خوردگی در سطح مشاهده گردد.

^{۱۵} Condensation^{۱۶} Impact^{۱۷} Mendrel bending

۱۱-۲-۲-۷ پوشش لبه‌های تیز^{۱۸}

این آزمون مطابق استاندارد (NACE TM0104 (Section 11 برای هر لایه رنگ آماده اجرا انجام می‌شود. معیار پذیرش این آزمون ایجاد حداقل ۵۰٪ ضخامت پوشش اعلام شده از سوی تأمین کننده می‌باشد.

۱۱-۲-۲-۸ براقیت^{۱۹} رنگ رویه

این آزمون مطابق استاندارد ASTM D523 با زاویه ۶۰° برای رنگ رویه پلی یورتان با ضخامت خشک ۴۰ تا ۵۰ میکرون انجام می‌شود. محدوده مجاز براقیت ۲۰٪-۳۰٪ می‌باشد.

۱۱-۲-۲-۹ مقاومت حلالی^{۲۰} رنگ رویه

این آزمون مطابق استاندارد ASTM D5402 بر روی رنگ رویه با ضخامت ۴۰-۶۰ میکرون انجام می‌شود. آزمون با حلال اصلی رنگ و پس از گذشت یک هفته از زمان رنگ آمیزی پلیت در دمای آزمایشگاه انجام می‌شود. پس از ۲۵ دور حرکت رفت و برگشتی، کاهش ضخامت نبایستی بیشتر از ۵۰٪ مقدار اولیه باشد.

۱۱-۲-۲-۱۰ مقاومت نسبت به روغن ترانسفورماتور^{۲۱}

یک پلیت رنگ آمیزی شده مطابق شکل ۱ تحت آزمایش روغن قرار می‌گیرد. قسمتی از پلیت به مدت ۷۲ ساعت در روغن ترانسفورماتور با دمای ۱۰۵-۱۰۰°C فرو برده می‌شود. پس از اتمام آزمایش قسمت غوطه‌ور در روغن، تحت آزمایش چسبندگی (مطابق ASTM D3359) قرار می‌گیرد و نبایستی تغییری در چسبندگی پوشش مشاهده شود. همچنین نبایستی هیچگونه تاول زدگی و ورقه شدگی^{۲۲} در پوشش ایجاد گردد. میزان تغییر در سختی پوشش با مداد H (مطابق ASTM D3363) نبایستی بیشتر از یک واحد باشد.

۱۱-۲-۲-۱۱ رطوبت به همراه تابش UV

دو پلیت رنگ آمیزی شده مطابق شکل ۱ به مدت ۵۰۴ ساعت تحت آزمایش UV و رطوبت، قرار می‌گیرند. آزمایش UV توسط لامپ UVB-313 مطابق ASTM G154-cycle 2 انجام می‌گیرد. سیکل آزمایش به صورت زیر می‌باشد:

۴ ساعت آزمایش UV در دمای ۶۰°C، ۴ ساعت آزمایش رطوبت در دمای ۵۰°C. تغییر براقیت پوشش (مطابق ASTM D523) نبایستی بیشتر از ۵۰ درصد مقدار اولیه باشد و نبایستی هیچگونه شکست^{۲۳} یا ترک خوردگی^{۲۴} و گچی شدن^{۲۵} در سطح پوشش با چشم غیرمسلح دیده شود.

^{۱۸} Edge Retention^{۱۹} Gloss^{۲۰} Solvent resistance^{۲۱} Oil Resistance^{۲۲} Streaking^{۲۳} Cracking

۱۱-۲-۲-۱۲ ارزیابی بصری^{۲۶}

با چشم غیرمسلح، رنگ خریداری شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. وضعیت ظاهری رنگ بایستی بدون رسوب و یا ذرات و فاقد رویه باشد.

۱۱-۲-۲-۱۳ زمان مصرف^{۲۷}

این آزمایش مطابق استاندارد ISO 9514 و بر روی رنگ آماده اعمال انجام می‌شود. حداقل زمان مورد نیاز ۸ ساعت می‌باشد.

۱۱-۲-۲-۱۴ زمان خشک شدن سطحی^{۲۸}

این آزمایش تحت استاندارد ASTM D1640 انجام می‌شود. حداکثر مدت زمان خشک شدن سطحی برای همه رنگ‌های مورد استفاده ۱ ساعت می‌باشد.

ضخامت فیلم تر رنگ برای انجام آزمایش، ضخامت پیشنهادی سازنده رنگ برای اعمال رنگ در هر لایه رنگ‌آمیزی می‌باشد.

۱۱-۲-۲-۱۵ زمان لازم برای اعمال لایه بعدی^{۲۹}

این آزمایش طبق استاندارد ASTM D1640 انجام می‌شود. مدت زمان انتظار برای اعمال لایه بعدی برای رنگ‌های مورد استفاده بیشتر از ۶ ساعت نباشد.

ضخامت فیلم تر رنگ برای انجام آزمایش، ضخامت پیشنهادی سازنده رنگ برای اعمال رنگ در هر لایه رنگ‌آمیزی می‌باشد.

۱۱-۲-۲-۱۶ خشک شدن عمقی / خشک شدن برای حمل و نقل^{۳۰}

این آزمایش طبق استاندارد ASTM D1640 انجام می‌شود. حداکثر مدت زمان خشک شدن عمقی برای رنگ‌های مورد استفاده ۱۲ ساعت می‌باشد.

ضخامت فیلم تر رنگ برای انجام آزمایش، ضخامت پیشنهادی سازنده رنگ برای اعمال رنگ در هر لایه رنگ‌آمیزی می‌باشد.

^{۲۶} Crazeing^{۲۸} Chalking^{۲۶} Visual Inspection^{۲۷} Pot life^{۲۸} Dust-free Time^{۲۹} Recoatable Time^{۳۰} Dry to handle/Dry through

۱۱-۲-۲-۱۷ مقاومت در برابر شرگی^{۳۱}

بیانگر توانایی رنگ آماده اجرا برای غلبه بر ناهمواری‌های ایجاد شده در حین اعمال رنگ می‌باشد و طبق استاندارد ASTM D4400 انجام می‌شود. مشخصات رنگ برای آزمایش مطابق با پیشنهاد سازنده رنگ برای اعمال رنگ در هر لایه رنگ‌آمیزی می‌باشد.

۱۱-۲-۲-۱۸ مقاومت در برابر تشکیل حباب^{۳۲}

این آزمون بیانگر قابلیت رنگ برای حذف حباب تشکیل شده می‌باشد و طبق ضمیمه ۲ انجام می‌پذیرد. مشخصات رنگ برای آزمایش نظیر درصد تینر اضافه شده، درصد جامد و ... مطابق با پیشنهاد سازنده می‌باشد. شرایط آزمایش شرایط محیطی کارگاه می‌باشد.

(۱) ویسکوزیته رنگی که که عدم ایجاد حباب آن در آزمون‌های تست کارگاهی مورد تأیید قرار گرفته است، اندازه‌گیری و به همراه دمای تست و درصد تینر اضافه شده ثبت می‌گردد. این داده‌ها به تأمین کننده نیز اعلام می‌شود.

(۲) برای انجام آزمون مقاومت در برابر حباب در آزمایشگاه، ویسکوزیته رنگ مورد نظر مطابق با داده‌های به دست آمده از مرحله ۱ تنظیم می‌گردد.

۱۱-۲-۲-۱۹ نقطه اشتعال^{۳۳}

بیانگر دمایی است که رنگ آماده اجرا در اثر جرقه مشتعل می‌گردد و طبق استاندارد DIN EN ISO 1523 انجام می‌شود. مشخصات رنگ برای آزمایش نظیر ویسکوزیته، درصد جامد و ... مطابق با پیشنهاد سازنده رنگ برای اعمال رنگ در هر لایه رنگ‌آمیزی می‌باشد. حداقل دمای نقطه اشتعال بایستی ۲۴ درجه سانتیگراد باشد.

۱۱-۲-۲-۲۰ دانسیته

بیانگر وزن واحد حجم می‌باشد. این آزمایش طبق استاندارد ASTM D1475 انجام می‌پذیرد. در یک سیستم سه لایه‌ای محدوده مورد پذیرش دانسیته برای هر لایه برای سیستم اسپری بصورت زیر می‌باشد:

• لایه اول (آستری): $1/35 \pm 0/05 \text{ g/ml}$

• لایه میانی: $1/45 \pm 0/05 \text{ g/ml}$

• لایه رویه نهایی: $1/30 \pm 0/05 \text{ g/ml}$

این آزمون‌ها بر روی رنگ آماده اعمال ویژه هر تأمین کننده نیز انجام می‌شود.

^{۳۱} Sag resistance

^{۳۲} Anti-Bubbling Property

^{۳۳} Flash Point

۱۱-۲-۲-۲۱ وِسکوزیته

بیانگر میزان مقاومت رنگ در مقابل حرکت می باشد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد اندازه گیری می شود. این آزمایش طبق استاندارد ASTM D1200 با Ford Cup 4 انجام می پذیرد. سازنده رنگ موظف است وِسکوزیته مورد نیاز برای اینکه در هر لایه اعمال رنگ به ضخامت پیشنهادی برسیم را اعلام نماید. این آزمون ها بر روی رنگ آماده اعمال ویژه هر تأمین کننده نیز انجام می شود.

توجه: وِسکوزیته رنگ آماده اجرا به روش بارشی در محدوده ۱۷-۲۴ ثانیه می باشد.

۱۱-۲-۲-۲۲ درصد وزنی مواد جامد^{۲۴}

بیانگر میزان وزنی مواد جامد موجود در رنگ می باشد. این آزمایش طبق استاندارد ASTM D2369 انجام می پذیرد. این آزمایش بر روی رنگ آماده اعمال ویژه هر تأمین کننده نیز انجام می شود.

۱۱-۲-۲-۲۳ درصد حجمی مواد جامد^{۲۵}

بیانگر میزان درصد حجمی مواد جامد موجود در رنگ می باشد. این آزمایش تحت استاندارد ASTM D2697 انجام می پذیرد. این آزمایش بر روی رنگ آماده اعمال ویژه هر تأمین کننده نیز انجام می شود.

۱۱-۲-۲-۲۴ میزان پوشش دهی^{۲۶}

بیانگر میزان پوشش تشکیل شده رنگ در ضخامت مشخص به ازای واحد وزن رنگ می باشد (m^2/kg). این آزمایش مطابق با دستورالعمل ضمیمه شماره ۳ انجام می پذیرد.

۱۱-۲-۲-۲۵ ته نشینی^{۲۷}

این آزمون بر اساس استاندارد ASTM D869 انجام می شود که در آن رنگ بایستی پس از تولید یک فرآیند انبار داری ۶ ماهه را طی نماید. این زمان می تواند طبق توافق با تأمین کننده متغیر باشد. پس از اتمام دوره، درجه ته نشینی رنگدانه در رنگ مطابق استاندارد ASTM D869 تعیین می گردد. درجه ته نشینی مورد پذیرش برای رنگ های اپوکسی و پلی یورتان به شرح ذیل می باشند:

- رنگ اپوکسی آستری: حداقل ۶
- رنگ اپوکسی میانی: حداقل ۸
- رنگ رویه پلی یورتان: ۱۰

^{۲۴} Weight Solid Content^{۲۵} Volume Solid Content^{۲۶} Coverage^{۲۷} Settling

۱۲ معیارهای ارزیابی پوشش گالوانیزه گرم

۱-۱۲ آزمایش چسبندگی پوشش گالوانیزه گرم

استاندارد DIN 50978 روش تست کیفی چسبندگی پوشش گالوانیزه گرم را به وسیله تست ضربه مشخص می‌نماید. این روش بخصوص برای پوشش‌های تا ضخامت ۱۵۰ میکرون مناسب است.

۲-۱۲ وضعیت ظاهری

پوشش گالوانیزه گرم روی محصولات آهنی و فولادی، مشخصات و روش‌های آزمایش طبق استاندارد ISO 1461 انجام می‌شود.

۱۳ خواص پوشش

در این قسمت در مورد خواص مربوط به پوشش از قبیل ظاهر، ضخامت، تعمیر پوشش، چسبندگی و معیارهای پذیرش نکاتی ارائه شده است.

۱-۱۳ جداول پیوست

این جداول شامل خواص سیستم پوششی، مشخصات رنگ‌های مورد استفاده و همچنین مشخصات فنی جهت اعمال در روش‌های اسپری بدون هوا و بارشی به شرح ذیل می‌باشد:

جدول ۱: خواص سیستم پوششی

نتیجه	روش آزمون	معیار پذیرش		لایه	آزمون
		اسپری	بارشی		
	ASTM B117 & ASTM D1654	۱۵۰۰ ساعت		سیستمی	مه نمکی
	ASTM D3359	٪۱۰۰		1 st layer to metal	چسبندگی
		٪۱۰۰		Layer to layer	
	ASTM D4541	حداقل ۸ مگا پاسکال		سیستمی	چسبندگی Pull off
	ISO 6270-2	۱۰۰۰ ساعت		سیستمی	رطوبت 100%
	ASTM D2794	60 in-lb		سیستمی	ضربه
	بند ۱۱-۲-۲-۱۰	72 h, 100-105°C		تک لایه	مقاومت نسبت به روغن
	ASTM G154	۵۰۴ ساعت		لایه نهایی	رطوبت به همراه تابش
	ASTM D522	20 mm		سیستمی	خش
	ASTM D523	٪۳۰-۲۰		لایه نهایی	براقیت
	ASTM D5402	حداقل ۵۰٪		لایه نهایی	مقاومت حلالی
	ASTM D1640	ساعت 1 حداکثر		لایه اول	زمان خشک شدن سطحی
				لایه دوم	
				لایه سوم	
	ASTM D1640	حداکثر ۶ ساعت		لایه اول	زمان لازم برای اعمال لایه بعدی

	لایه دوم				
	لایه سوم				
خشک شدن عمقی / خشک شدن برای حمل و نقل	لایه اول	حداکثر ۱۲ ساعت		ASTM D1640	
	لایه دوم				
	لایه سوم				
	لایه سوم				
مقاومت در برابر شرگی	لایه اول	بدون شره (طبق مشخصات سازنده)		ASTM D4400	
	لایه دوم				
	لایه سوم				
مقاومت در برابر تشکیل حباب	لایه اول	بدون حباب		بند ۱۱-۲-۲-۱۸	
	لایه دوم				
	لایه سوم				
نقطه اشتعال	لایه اول	حداقل 24°C		DIN EN ISO 1523	
	لایه دوم				
	لایه سوم				
ضخامت فیلم خشک	لایه اول	Min.75 μ	Min.40 μ	ASTM D7091	
	لایه دوم	Min.125 μ	Min.50 μ		
	لایه سوم	Min.50 μ	Min.40 μ		
پوشش لبه‌های تیز	لایه اول	حداقل ۵۰٪		NACE TM0104 (section 11)	
	لایه دوم				
	لایه سوم				
Pot life	لایه اول	حداقل ۸ ساعت		ISO 9514	
	لایه دوم				
	لایه سوم				
درجه ته نشینی	لایه اول	حداقل ۶	ASTM D869		
	لایه دوم	حداقل ۸			
	لایه سوم	۱۰			

جدول ۲: مشخصات رنگ‌های مورد استفاده

نوع رنگ:				
واحد	مقدار	روش آزمون	مواد	پارامتر
		ASTM D1475	رنگ	دانسیته
			هاردنر	
			رنگ+هاردنر	
			تینر	
			رنگ آماده اعمال ^{۰۰}	
(s)		ASTM D1200	رنگ	ویسکوزیته
			هاردنر	
			رنگ+هاردنر	
			تینر	
			رنگ آماده اعمال ^{۰۰}	
(wt%)		ASTM D2369	رنگ+هاردنر	چند وزنی
			رنگ آماده اعمال ^{۰۰}	

جامد حجمی	رنگ-هاردنر	ASTM D2697		(vol%)
	رنگ آماده اعمال**			
ضخامت فیلم خشک	-	ASTM D7091		(μm)
پوشش دهی	رنگ-هاردنر	بند ۲۴-۲-۱۱		(m ² /kg)
	رنگ آماده اعمال**			
نسبت اختلاط رنگ-هاردنر	رنگ آماده اعمال**	-		(wt%)
درصد افزایش تینر	رنگ آماده اعمال	-		(wt% or vol%)
وضعیت ظاهری	لایه اول	-		
	لایه دوم			
	لایه سوم			

این جدول بایستی توسط سازنده رنگ و برای تمام رنگ‌های پیشنهادی تکمیل و ارسال گردد. به عنوان مثال در صورتی که سازنده رنگ سه نوع رنگ در سیستم پیشنهادی خود در نظر گرفته است این جدول برای هر سه نمونه رنگ بایستی تکمیل و ارسال گردد.

(۱): رنگ آماده اعمال به رنگی گفته می‌شود که هاردنر به رنگ افزوده شده و سپس با افزودن مقدار مشخصی از یک تینر مناسب، ویسکوزیته آن به حد مطلوب رسانیده شده است. ویسکوزیته رنگ آماده اعمال باید طوری باشد که پس از اعمال آن بر روی قطعه، پوششی با ضخامت اعلام شده از طرف سازنده رنگ (ضخامت تر و ضخامت خشک) ایجاد نماید. به عبارت دیگر سازنده رنگ موظف است ویسکوزیته مورد نیاز برای اینکه در هر بار اعمال رنگ به ضخامت پیشنهادی برسیم را اعلام نماید. به عنوان مثال در صورتی که ضخامت پیشنهادی ۸۰ میکرون باشد و در نظر است که در هر بار اعمال رنگ ۴۰ میکرون ضخامت خشک بر روی قطعه ایجاد گردد سازنده بایستی ویسکوزیته مورد نیاز برای اینکه در هر بار اعمال رنگ به ضخامت خشک ۴۰ میکرون برسیم را ارائه نماید.

* جدول ۳: مشخصات فنی اعمال رنگ‌ها

پارامتر لایه‌ها	درصد افزایش تینر	ویسکوزیته با کاپ ۴ (s)	ضخامت فیلم تر (μm)	محدوده مجاز ضخامت فیلم خشک (μm)	زمان خشک شدن سطحی	زمان ژل شدن (25°C)	زمان اعمال لایه بعدی (25°C)
لایه اول							
لایه دوم							
لایه سوم							-

* این جدول توسط سازنده رنگ تکمیل و پس از تأیید واحد کیفیت به تولید و کنترل ارسال می‌گردد.

ASTM B117

Operating Salt Spray (Fog) Apparatus

ASTM G154

Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials

ASTM D522

Mandrel Bend Test of Attached Organic Coatings

ASTM D523

Specular Gloss

ASTM D610

Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces

ASTM D714

Evaluating Degree of Blistering of Paints

ASTM D869

Evaluating Degree of Settling of Paint

ASTM D1200

Viscosity by Ford Viscosity Cup

ASTM D1475

Density of Liquid Coatings, Inks, and Related Products

ASTMD 1640

Drying, Curing, or Film Formation of Organic Coatings at Room Temperature

ASTM D1654

Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments

ASTM D2369

Volatile Content of Coatings

ASTM D 2697

Volume Nonvolatile Matter in Clear or Pigmented Coatings

ASTM D2794

Resistance of Organic Coatings to the Effects of Rapid Deformation (Impact)

ASTM D3359

Measuring Adhesion by Tape Test

ASTM D3363

Film Hardness by Pencil Test

ASTM D4400

Sag Resistance of Paints Using a Multinotch Applicator

ASTM D4414

Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages

ASTM D 4541

Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers

ASTM D5402

Assessing the Solvent Resistance of Organic Coatings Using Solvent Rubs

ASTM D7091

Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to Ferrous Metals and Nonmagnetic, Nonconductive Coatings Applied to Non-Ferrous Metals

DIN 50978

Testing of metallic coatings; adherence of hot-dip zinc coatings

DIN EN ISO 1523

Determination of flash point — Closed cup equilibrium method

DIN EN ISO 15528

Paints, varnishes and raw materials for paints and varnishes — Sampling

ISO 1463

Metallic and oxide coatings-Measurement of coating thickness-Microscopical method

NACE TM0104 (section 11)

Offshore Platform Ballast Water Tank Coating System Evaluation

TUN 901157

اندازه‌گیری میزان پوشش دهی رنگ

۱۵ ضمایم

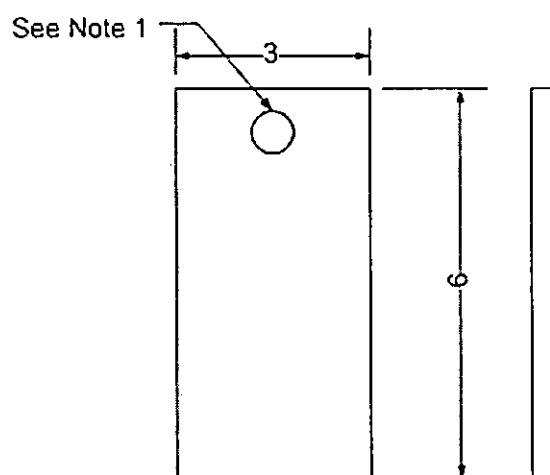
۱-۱۵ ضمیمه شماره ۱

۱-۱۵-۱ نحوه تهیه پلیت آزمون‌ها

پلیت آزمون‌ها بایستی از جنس فلز مورد استفاده در ساخت ترانسفورماتور باشد. پلیت‌ها از لحاظ اندازه ($7.5\text{cm} \times 15\text{cm}$) و نوع بایستی مطابق شکل ۱ باشد. پلیت‌ها برای سیستم رنگ‌آمیزی به روش اسپری شات بلاست و برای سیستم بارشی گریت بلاست می‌شوند. پلیت‌ها پس از رنگ‌آمیزی به مدت حداقل یک هفته در شرایط دمایی و رطوبتی آزمایشگاه قرار داده می‌شوند تا برای انجام آزمایشات آماده شوند.

نکته ۱

سوراخ ایجاد شده در پلیت به منظور تسهیل در رنگ‌آمیزی پلیت تعبیه شده است. در پلیت‌های با ابعاد کوچک سوراخ در مرکز ایجاد می‌شود و در پلیت‌های با ابعاد بزرگ به فاصله $1/8$ اینچ از لبه ایجاد می‌گردد. حداکثر قطر سوراخ $9/16$ اینچ می‌باشد.



شکل ۱: شکل پلیت آزمون

۱۵-۲ ضمیمه شماره ۲

۱-۲-۱۵ آزمون مقاومت در برابر تشکیل حباب

(۱) رنگ با حلال مربوطه با 4 CUP به ویسکوزیته ۲۰ ثانیه رسانده شود. درصد وزنی حلال مصرف شده نیز ثبت گردد.

(۲) یک پلیت آهنی با ابعاد $10\text{ cm} \times 100\text{ cm}$ تهیه، سمباده کاری، حلال شویی و خشک گردد

۳) ۱۰۰ گرم از رنگ آماده شده در ظرف 200^{CC} ریخته و به مدت ۱۵ ثانیه به شدت تکان داده شود. سپس بلافاصله در دمای آزمایشگاه بر روی پلیت مذکور که بصورت عمودی قرار گرفته است ریخته و از نظر حباب بررسی گردد. هیچگونه حبابی نباید در سطح باقی بماند (دمای آزمایشگاه و پلیت را ثبت نمایید).

۳-۱۵ ضمیمه شماره ۳

۱-۳-۱۵ اندازه‌گیری میزان پوشش‌دهی رنگ

میزان پوشش‌دهی رنگ نشان می‌دهد که چند متر مربع سطح را می‌توان با یک کیلوگرم رنگ با ضخامت مشخصی پوشش داد که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E_{(m^2/kg)} = \frac{\%WS * 10^{-2}}{d * \rho}$$

E: پوشش رنگ بر حسب m^2/kg

%WS: درصد جامد وزنی رنگ

d: ضخامت لایه خشک رنگ بر حسب μ

ρ : دانسیته لایه خشک رنگ بر حسب g/cm^3

دانسیته لایه خشک رنگ (ρ) با توزین ورق آلومینیومی با ابعاد $60 \times 60 \times 1$ mm در دو حالت با و بدون پوشش رنگ در هوا و آب تعیین می‌شود.

خشک کردن پوشش رنگ که با روش غوطه‌وری ایجاد شده است در دمای $105^\circ C$ به مدت بیش از ۳ ساعت یا در دمای $120^\circ C$ به مدت بیش از ۳۰ دقیقه انجام می‌شود. محاسبه طبق رابطه زیر انجام می‌شود:

$$\rho = \frac{(M_3 - M_1) * \rho_{H_2O}}{(M_3 - M_1) - (M_4 - M_2)}$$

M1: وزن ورق آلومینیومی در هوا بر حسب gr

M2: وزن ورق آلومینیومی در آب بر حسب gr

M3: وزن ورق آلومینیومی + رنگ خشک شده بر روی آن در هوا بر حسب gr

M4: وزن ورق آلومینیومی + رنگ خشک شده بر روی آن در آب بر حسب gr

$H_2O\rho$: دانسیته آب بر حسب g/cm^3