

دوره آموزشی
بازرسی رنگ و پوشش

شرکت برنا دانش گستر



تهیه و تدوین : رحیم زمانی

شهریور ماه ۱۳۸۷

مواد اولیه رنگها

رنگها شامل ترکیبات زیر می باشند :

محمل یا رزین (*Resin*) رنگدانه و پرکننده (*Pigment & Filler*)

حلال و رقیق کننده (*Solvent & Thinner*) مواد افزودنی و کمکی (*Additives*)

محمل یا رزین

این مواد به عنوان حامل رنگدانه‌ها و پرکننده‌ها بوده و نقش اصلی را در رنگ و خواص کاربردی آن ایفاء می کنند و اساس چسبندگی رنگ به سطح بوده و با خشک شدن و تشکیل فیلم روی سطح موردنظر، آن را محافظت می کنند.

رزین رنگ اساسا از مواد آلی بوده و خواص فیزیکی و شیمیایی رنگ را تعیین می نماید.

عمده وظایف رزینها

ایجاد فیلم روی سطح

ایجاد چسبندگی روی سطح

مقاومت در مقابل عوامل خوردنده

خشک شدن رنگ

مهمترین انواع رزینها

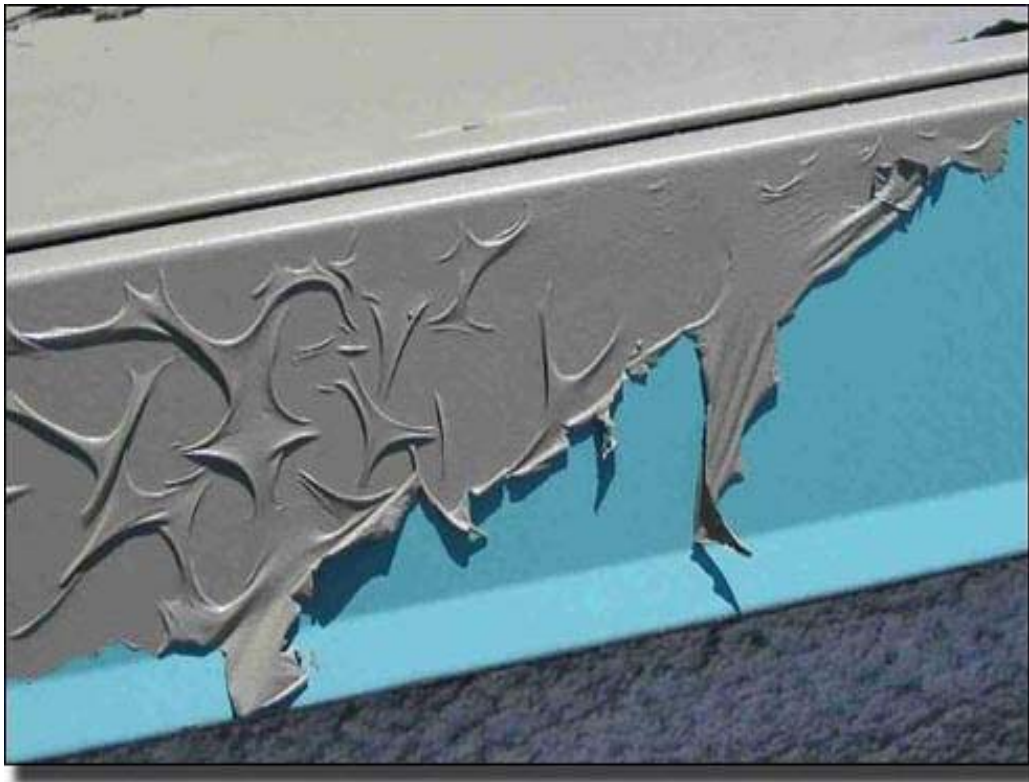
رزینهای آلکیدرزینهای اپوکسی رزینهای اپوکسی کولتار رزینهای پلی یورتان

رزینهای وینیل رزینهای کائوچو رزینهای سیلیکونی

رزینهای فنولیک رزینهای غیرآلی پایه سیلیکات رزینهای لاتکس

رنگدانه‌ها و پرکننده‌ها

رنگدانه‌ها، مواد رنگی جامدی هستند که به صورت پودر بسیار ریز در داخل رزینها توزیع و مخلوط می‌شوند. این مواد برای ایجاد رنگ (فام) پوشش و محافظت سطح به کار می‌روند و لذا در حلالها و رزینها حل نمی‌گردند. رنگدانه‌ها علاوه بر آفرینش فام‌رنگ، خواص مشخصی نیز به رنگ می‌بخشد که ارتباط بسیاری با فام آنها دارد. پرکننده‌ها به منظور ایجاد یکسری خواص مورد نظر مانند پرکردن، سخت‌کردن، تنظیم رطوبت، تقویت چسبندگی، جلوگیری از پوسته‌شدن و ورقه‌شدن و به رنگ اضافه می‌گردند.



پوسته‌شدن و ورقه‌شدن رنگ

افزودن پرکننده‌ها، سبب کاهش میزان رزین مصرفی، افزایش درصد مواد جامد رنگ و نتیجتاً براقیت کمتر آن می‌گردد. بر خلاف رنگدانه‌ها، پرکننده‌ها قدرت پوشش و رنگ بسیار کمی داشته یا ندارند.

پارامتر عمده در انتخاب رنگدانه:

نگهداری رنگ

این پارامتر تعیین‌کننده رنگ رنگدانه یعنی قدرت بازتاب نور از آن می‌باشد.

قدرت رنگ‌دهی

این خاصیت قدرت رنگ یک ماده را نشان می‌دهد و تعیین‌کننده ظرفیت و میزان رقیق‌شدن رنگ می‌باشد که با توجه به آن می‌توان رنگسازی کرد.

قدرت پوشش

این پارامتر بستگی زیادی با نوع رزین و رنگدانه دارد و لذا برای یک رنگدانه خاص در ارتباط با نوع رزین بیان می‌شود.

اثر محافظتی

بعضی رنگدانه‌ها خاصیت رویین‌کنندگی داشته لذا سطح فلز را در مقابل زنگ‌زدگی محافظت می‌کنند.

انواع رنگدانه

رنگدانه‌های آلی

دارای وزن مخصوص کم، قدرت پوشش متوسط و قدرت رنگ‌دهی خوب بوده و با رزینها ترکیب نمی‌گردند و در حلال به طور جزئی حل می‌گردند.

رنگدانه‌های غیرآلی (معدنی)

دارای وزن مخصوص زیاد، قدرت پوشش خوب و قدرت رنگ‌دهی کم بوده و ترکیبات فلزی مهمترین جزء این رنگدانه‌ها بوده که بعضی از آنها با رزینها واکنش داده، ایجاد پیوند می‌کنند.

رنگدانه‌های فلزی

به صورت ذرات بسیار ریز از فلز خالص بوده و ترکیبات فلزی نمی‌باشند. مهمترین آنها عبارتند از : پودر آلومینیم، پودر روی و پودر برنز طلایی.

حلالها و رقیق‌کننده‌ها به عنوان رقیق‌کننده و تنظیم‌کننده غلظت رزین و رنگها به کار می‌روند لذا اعمال رنگ و تشکیل فیلم یکنواخت رنگ را آسانتر و بهتر می‌کنند. حلالها بایستی مناسب با رزینها و سازگار با آنها باشند زیرا قدرت حلالیت برای هر رزین در هر حلال متفاوت می‌باشد. نهایتا پس از اعمال رنگ، حلال تبخیر و آزادشده و لایه رنگ خشک‌شده، عاری از حلال می‌باشد.

حلالها به عنوان جزء فرار رنگ روی خواص ذیل اثر می گذارند :

- ویسکوزیته و گرانیروی
- درصد مواد جامد رنگ

هر چه حلال قوی تر باشد مقدار کمتری از آن برای حصول گرانیروی مشخص از رنگ مصرف می گردند و نتیجتاً مقدار مواد جامد رنگ زیادتر می گردد. برای تنظیم میزان مواد جامد رنگ، حلالهای قوی و ضعیف را با یکدیگر مخلوط می کنند.

- کاربرد آسان رنگ

هر چه حلال قوی تر باشد، تبخیر رنگ سریعتر بوده لذا اسپری رنگ مشکل تر خواهد بود. اگر حلال ضعیف باشد، تبخیر کند بوده و لذا امکان شره و ریزش رنگ بیشتر می گردد.



شره و ریزش رنگ

برای زنگ زدن با قلم مو، باید قدرت تبخیر حلال را کمتر از زمان اجرای رنگ با اسپری در نظر گرفت.

- خشک شدن رنگ

هر چه حلال ضعیفتر باشد، خشک شدن فیزیکی رنگ (تبخیر) آرامتر اتفاق افتاده و اگر حلال قوی باشد، رنگ سریعتر خشک می‌گردد و این امر سبب بروز عیوب زیادی روی سطح رنگ می‌شود که در هوای مرطوب این عیوب تشدید می‌گردد. (سوراخ شدن، مات و کدر شدن سطح رنگ)



مفره دار شدن رنگ

- نقطه اشتعال (*Flash Point*) / پایین‌ترین حد انفجار (*LEL*) نقطه اشتعال دمایی است که بخار حلال (رنگ) بخودی خود آتش می‌گیرد. غلظت بخار حلال را در این دما، پایین‌ترین حد انفجار (*LEL*) می‌نامند. هرچه نقطه اشتعال حلال کمتر باشد، هنگام کار بخار بیشتری از آن در فضای کار به وجود می‌آید لذا به (*LEL*) نزدیک‌تر شده و این امر برای کار در محیط‌های بسته اهمیت بسزایی دارد و در این صورت بایستی تهویه کامل محیط کار، مد نظر قرار گرفته تا از انفجار جلوگیری گردد.

میزان غلظت بخار حلال در فضا باید همواره کمتر از ۱۰٪ (*LEL*) حلال باشد.

- ماکزیمم غلظت مجاز مواد سمی

میزان (*MAC*) یا (*TLV*) تعیین‌کننده مقدار مواد سمی (بخار) حلال می‌باشد که بدن انسان می‌تواند آن را برای مدت ۸ ساعت مداوم تحمل نماید. این پارامتر جهت کار در محیط‌های بسته حائز اهمیت می‌باشد.

تذکر: به طور کلی مقادیر *LEL* و *MAC* جهت تعیین مقدار هوای لازم برای رفع بو و بخارات حلال و خطرات ناشی از آلودگی و انفجار بایستی مدنظر قرار گیرد.

معایب مربوط به تینر

در زمان رنگ آمیزی اضافه کردن مقداری تینر، هم برای تنظیم گرانی و در نتیجه همترازی رنگ و هم برای خشک شدن ضروری است. بعضی از تولیدکنندگان ترجیح می‌دهند رنگ را با گرانیوی تنظیم شده تولید کنند

تا جلوی معایب ناشی از افزودن تینر نامناسب را بگیرند. با توجه به طیف وسیع رنگها، امروزه تینرهای متفاوتی ابداع شده و مورد استفاده قرار می گیرند. در صورت استفاده از یک تینر نامناسب، ممکن است رنگ معایب بسیاری پیدا کند. مثلا برای رنگهای وینیلی به مقدار مشخص می توان از حلال مینرال اسپریت (*Mineral Spirit*) استفاده کرد. اگر از این حلال زیادتر از حد اضافه شود، پس از کاربرد، رنگ چسبندگی خوبی نخواهد داشت. اگر تینر مورد استفاده برای رنگهای اپوکسی مناسب نباشند، حتی ممکن است بجای کاهش، گرانبوی آن را افزایش دهد.

حلالهای الکلی سبب ژل شدن فوری رنگهای پلی اورتان می شوند. تینر باید به آهستگی و همزمان با بهم زدن رنگ به آن اضافه شود. در صورتیکه مقدار زیادی تینر به یکباره ریخته شود، ممکن است رقت رنگ در یک نقطه زیاد شود و سبب جمع شدن رنگدانه گردد.

مواد کمکی و افزودنیها

این مواد به مقدار بسیار جزئی برای ایجاد یکسری خواص مطلوب و همچنین جلوگیری از پیدایش خواص نامطلوب به رنگ اضافه می گردد. مهمترین مواد افزودنی عبارتند از :

مواد خشک کننده

این مواد برای رنگهای خشک شونده به کمک اکسیژن هوا به کار می روند و سبب تسریع عمل خشک شدن روغنها و همچنین رزینهای آلکید می گردند.

مواد ضدپوسته

این مواد به رنگهایی که نسبت به اکسیژن حساس می باشند اضافه می گردند تا از رویه بستن و تشکیل پوسته خشک روی رنگ جلوگیری کند.

مواد نرم کننده

این مواد برای رنگهایی که به طریقه فیزیکی (تبخیر حلال) خشک می گردند ، مصرف می شوند تا خاصیت الاستیکی و انعطاف پذیری به رنگ بخشیده و نهایتا حین تبخیر محو می گردند.

عوامل بریان دهنده

برای جریان‌یابی بهتر رنگ روی سطح و برس‌خوری آسانتر آن از این مواد استفاده می‌گردد تا از شیارشیار شدن رنگ به وسیله برس یا موجدار شدن آن به وسیله کاربرد اسپری جلوگیری نماید.

عوامل معلق‌کننده

با توجه به سنگینی وزن مخصوص رنگدانه‌ها نسبت به رزین رنگها، از این مواد جهت جلوگیری از ته‌نشینی رنگدانه‌ها استفاده می‌گردد.

تا محلول رنگ هموزن و یکنواخت باقی بماند و از رسوب رنگ در قوطی در مدت انبار آن جلوگیری گردد.

ضد قارچها

در نواحی مرطوب و گرم، رنگها مورد حمله قارچها و کپکها قرار می‌گیرند لذا به کاربرد این مواد از تشکیل قارچ و کپک و اصطلاحاً فساد رنگ اعمال شده جلوگیری می‌شود. همچنین با توجه به وجود آب در رنگهای امولسیون‌ی / لاتکس این مواد به رنگهای مزبور اضافه می‌گردد تا از بروز کپک در آن ممانعت شود.

ضد فزه

این مواد برای جلوگیری از چسبیدن سبزیها، خزه‌ها و حیوانات دریایی به سطوح شناور در آب مانند مخازن و لوله‌های زیر آب، ته کشتیها و بدنه زیردریاییها، به رنگ اضافه می‌گردد. اکثر این مواد اکسیدهای مس یا ترکیبات فلزی، آلی بوده و با توجه به واکنش سریع آنها با هوا بایستی بعد از اعمال بلافاصله در آب قرار گیرند تا خاصیت خود را حفظ نمایند.

مواد ضد کف

این مواد را در حین تهیه و پروسه تولید رنگ به آن اضافه می‌نمایند تا اختلاط رنگ و ورود هوا به آن سبب بروز کف و اشکال در پروسه تولید رنگ نگردد.

مواد ضد یخ

این مواد اصولاً به رنگهای امولسیون‌ی که دارای آب می‌باشند اضافه می‌گردد تا از یخ‌زدگی آن در هوای سرد جلوگیری نمایند.

مواد جذب کننده نور ماوراء بنفش

این مواد به منظور جذب اشعه ماوراءبنفش خورشید به رنگ اضافه می‌گردند تا از تحریک الکترونی مواد رنگ تحت تاثیر این اشعه جلوگیری نمایند و لذا از بروز پدیده‌هایی مانند گچی شدن رنگ، پوسته شدن و ترک خوردن آن جلوگیری می‌کنند.

کنترل شرایط محیطی

به منظور موفقیت در عملیات اجرایی آماده‌سازی سطوح، اعمال و مرحله پخت پوشش، کنترل شرایط محیطی ضروری می‌باشد. در ادامه، پارامترهای محیطی که باید کنترل و نظارت شوند به همراه اثرات هر کدام بر روی یک عملیات موفق، بررسی و ارائه می‌شود. همچنین تجهیزات بازرسی شرایط محیطی معرفی می‌گردند. برای جلوگیری از وقوع عیب و نقص در پوشش اجرا شده باید فرآیند آماده‌سازی سطوح و کاربرد رنگ، تحت شرایط محیطی بهینه صورت گیرد. ابزار گوناگونی را می‌توان برای نظارت و کنترل پنج پارامتر محیطی به کار برد. این پارامترها عبارتند از:

- دمای هوا؛
- دمای سطح؛
- رطوبت نسبی (RH)؛
- دمای نقطه شبنم ($Dew-Point$)؛
- اختلاف بین دمای سطح و دمای نقطه شبنم.

به طور عمومی همه می‌دانند که اغلب پوششها در دمای پایین و رطوبت نسبی بالا، به طور کامل خشک نمی‌شوند. آنچه که کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد تأثیری است که رطوبت سطح بر طول عمر و نحوه عملکرد مواد دارد. هنگامی که هوای نسبتاً گرم و مرطوب با سطح در تماس باشد، رطوبت طی فرآیند میعان یا چگالش، بر روی سطح کندانس می‌کند. رطوبت، موجب خوردگی فولاد بدون حفاظ می‌گردد. همچنین رطوبت محبوس شده بین پوشش و زیر لایه باعث ایجاد عیوبی در رنگ اعمالی خواهد شد.

مشاهده میعان رطوبت بر روی سطوح بلاست شده مشکل می‌باشد لذا به جای یافتن رطوبت، از ابزارهایی به منظور تشخیص احتمال شکل گرفتن رطوبت بر روی سطح، استفاده می‌شود.

برای محاسبه دمای نقطه شبنم در قبل، بعد و هنگام اعمال رنگ، باید آزمایشاتی صورت پذیرد. دمای نقطه شبنم باید با دمای سطح مقایسه شود تا اطمینان حاصل گردد که این دو دما به اندازه کافی از یکدیگر فاصله داشته و احتمال شکل‌گیری رطوبت وجود ندارد. نظارت دقیق بر شرایط محیطی و درک صحیح از اثرات آنها بر کیفیت و طول عمر سیستم پوششی اعمالی، برای تمامی پیمانکاران و بازرسین، دارای اهمیت می‌باشد.

شرایط محیطی

دمای هوا و سطح

اولین پارامتر لازم برای تشخیص احتمال شکل گرفتن رطوبت و میعان آن بر روی سطح پایه؛ دمای سطوح آماده شده یا پوشش داده شده و همچنین دمای هوای اطراف سطح می‌باشد.

در شب، عموماً قطعات ساخته شده از فولاد، حرارت پس داده و خنک‌تر از هوای محیط می‌باشند. در طی روز، این قطعات، حرارت را جذب کرده و گرم‌تر از دمای هوای محیط هستند. بنابراین در صورتی که دمای فولاد یا هوا، خیلی سرد یا گرم باشد به دلیل ایجاد اختلاف دمای سطح و هوا، باید نظارت کامل در فرآیند رنگ‌آمیزی صورت گیرد. اعمال پوشش در دمای نامناسب می‌تواند ایجاد عیوبی نظیر: تاول زدن، سوراخ شدن، حفره‌زایی، اسپری خشک و ترک خوردگی عمیق را به همراه داشته باشد. بنابراین تولیدکنندگان باید حداقل و حداکثر دمای سطح را برای استفاده از پوشش مشخص نمایند.



انواع دماسنج لمسی



دما سنج مادون قرمز

در استاندارد بازرسی رنگ (*ASTM D 3276*) اشاره شده است که به طور عمومی حداقل دمای سطح برای کاربرد پوشش، برای ۵ درجه سانتیگراد می باشد. البته ممکن است در فرآیند پخت سرد در سیستمهای یک یا دو جزئی، حرارت سطح به ۱۸- درجه سانتیگراد هم برسد و یا در سیستمهای دوجزئی متداول، این حداقل تا دمای ۱۰ درجه سانتیگراد افزایش یابد.

حداکثر دمای سطح هنگام اعمال رنگ را عموماً ۵۰ درجه سانتیگراد پیشنهاد می‌کنند مگر آن که تولیدکننده دمای دیگری را بر حسب نوع پوشش و مکانیزم خشک شدن آن، مشخص کرده باشد. سطحی که خیلی داغ باشد ممکن است موجب بخار شدن سریع حلال و ایجاد مشکل در اعمال رنگ و بروز عیوبی نظیر تاول زدگی و خلل و فرج گردد.



پدیده تاول زدن رنگ

رطوبت نسبی

میزان پخت و خشک شدن پوشش، مستقیماً تحت تأثیر رطوبت نسبی (RH) می‌باشد. رطوبت نسبی عبارتست از: میزان رطوبت موجود در هوا که به صورت درصدی از میزان اشباع شدگی در یک دمای معین، مشخص می‌گردد.



ابزار اندازه گیری رطوبت نسبی (RH)

هوای مملو از رطوبت نمی تواند به اندازه هوای خشک، حاوی حلال باشد. بنابراین، رطوبت نسبی بالا می تواند میزان تبخیر حلال را کند نماید. به همین دلیل، حداکثر میزان رطوبت نسبی که در آن، امکان استفاده و عمل پخت پوشش وجود دارد، ۸۵ درصد پیشنهاد می گردد. البته برخی از پوششها برای پخت و سخت شدن به رطوبت نیاز دارند لذا ضروری است که مشخصات هر پوشش برای انتخاب شرایط بهینه، بررسی شود.

دمای نقطه شبنم

دمایی که در آن، رطوبت شروع به شکل گیری و میعان بر روی سطح می کند. به عبارت دیگر، دمای که در آن یک حجم هوا باید سرد شده تا به مرحله اشباع برسد و این، نتیجه تأثیر متقابل دمای هوا و میزان رطوبت نسبی محیط می باشد.

اختلاف بین دمای نقطه شبنم و دمای سطح

در صورتی که این دو دما یکسان باشند، رطوبت و میعان آن بر روی سطح، شکل می گیرد. حتی در صورت نزدیکی این دو دما به یکدیگر هم، خطر شکل گیری رطوبت به طور غیرمنتظره وجود دارد. استانداردهایی نظیر *ASTM D 3276* و *ISO 8502-4* بر این مسئله تأکید دارند که دمای سطح باید در مراحل

مختلف پوشش دادن نظیر: آماده‌سازی، اعمال و پخت، حداقل ۳ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای نقطه شبنم باشد. این حداقل اختلاف باعث می‌شود تا همزمان با تبخیر حلالها و یا زمانی که از مواد سرد استفاده می‌شود، دمای سطح کاهش پیدا کند.

تجهیزات اندازه‌گیری

دمای هوا، دمای نقطه شبنم و میزان رطوبت نسبی را می‌توان با استفاده از یک *Humiditer* اندازه‌گیری نمود.



ترمومتر اندازه‌گیری دمای سطح از یک المنت حساس تشکیل شده است. ترمومتر را باید در یک مکان برای مدت کافی (۲ الی ۳ دقیقه) برای تثبیت دما، نگه داشت. از نور مستقیم خورشید، باد، گرما، مجاری تهویه و سایر موارد این چنینی باید در هنگام اندازه‌گیری دما، اجتناب نمود. برای اندازه‌گیری دمای سطح می‌توان از ترمومترهای دیجیتال مادون قرمز، بدون تماس با سطح استفاده کرد. در این حالت هر چه دستگاه دورتر از سطح نگه داشته شود، منطقه وسیعتری اندازه‌گیری شده و خطای بیشتری وجود خواهد داشت.

با توجه به آنکه شرایط محیطی و جوی دائماً در حال تغییر می‌باشد لذا باید اندازه‌گیری به طور مداوم انجام شود. بین منظور معمولاً یک دوره زمانی ۴ ساعته پیشنهاد می‌شود.

هنگام عملیات ساندبلاست و همچنین پس از اعمال رنگ در مرحله پخت، شرایط محیطی به نظارت بیشتری نیاز دارند. در این صورت اطمینان حاصل می‌شود که دمای فلز پایه بالاتر از نقطه شبنم می‌باشد.

استفاده از ابزارهای دیجیتال چندمنظوره در سالهای اخیر متداول شده است. این ابزارها فرآیند اندازه‌گیری و محاسبه تمامی پارامترهای محیطی را به سرعت و با دقت و سادگی بهتری انجام می‌دهند. همچنین این قابلیت را دارند که به صورت خودکار در بازه زمانی تعریف شده، اندازه‌گیری را انجام داده و آن را ثبت نمایند. کاربرد آسان و

حتی یک دستی آنها هنگام بالا رفتن از نردبان یا داربست و امکان سنجش مناطقی که دسترسی به آنها مشکل است، موجب شده که به عنوان یک ابزار مطلوب، در بازرسی رنگ و پوشش مورد استفاده قرار گیرند.

منبع:

Performance, No. 2, David Beamish, "Monitoring Environmental Conditions", Materials pp 28-31, Feb 2004

آماده‌سازی سطوح فلزی قبل از رنگ‌آمیزی

آماده‌سازی سطح کار، یکی از عوامل مؤثر در اجرای صحیح رنگ‌آمیزی، استفاده درست از رنگ و آستر و نیز بهره‌برداری از حداکثر عمر مفید رنگ است که در ضمن، پرهزینه‌ترین مرحله رنگ‌آمیزی می‌باشد. طول عمر پوششها به میزان درجه آماده‌سازی سطح بستگی فراوانی دارد. دو علت اصلی برای آماده‌سازی سطح وجود دارد:

- تمیز شدن سطح برای کاهش تخریب زودرس سیستمهای پوششی؛
- به دست آوردن سطحی با زمینه و زبری مناسب که به راحتی توسط رنگ، مرطوب شود تا چسبندگی رنگ به سطح را افزایش دهد. در چسبندگی بین پوششهای آلی و سطوح فولادی، اصولاً سه پیوند دخالت دارد که عبارتند از پیوندهای شیمیایی، پیوندهای قطبی و پیوندهای مکانیکی. با ایجاد پروفیل روی سطح، در واقع سطح مقطع واقعی و درهم‌رفتگی پوشش و فلز را بیشتر کرده‌ایم. از طرفی، هر چه سطح مقطع فلز بیشتر باشد، تعداد

نقاط فعال قطبی افزایش می‌یابد که خود، سبب افزایش نیروهای جاذبه گروه‌های قطبی خواهد شد و بایستی توجه داشت که پوشش مورد استفاده باید با شکل و عمق پروفیل تناسب داشته باشد.

آلودگی‌های سطح فولادی عموماً شامل زنگ‌زدگی و میل‌اسکیل می‌باشد که ترکیب اولی عمدتاً اکسید آهن قرمز رنگ (اکسید فریک Fe_2O_3) بوده و ترکیب دومی شامل اکسیدهای آهن از نوع مغناطیسی (Fe_3O_4) و غیرمغناطیسی (FeO , Fe_2O_3) می‌باشند که هنگام ساخت و نورد قطعه در دمای زیاد تشکیل می‌گردد و بخصوص در نواحی جوش قطعه ایجاد می‌شود.

درصد زنگ زدگی سطح

درصد زنگ سطح کمتر از ۲۰ درصد



درصد زنگ سطح بین ۲۰ تا ۵۰ درصد



درصد زنگ سطح بیشتر از ۵۰ درصد



روشهای آماده‌سازی و تمیزکاری سطوح فلزی

به طور کلی روشهای آماده‌سازی به شکل زیر طبقه‌بندی می‌گردند:

۱- روشهای مکانیکی

- آماده‌سازی با وسایل دستی؛
- آماده‌سازی با ابزارهای الکتریکی؛
- پاشیدن آب؛
- بلاستینگ؛

۲- روشهای شیمیایی

- چربی‌زدایی با حلال؛
- اسیدشویی؛
- آماده‌سازی با مواد قلیایی؛

▪ غوطه وری در الکتروولیت؛

▪ روشهای حرارتی و انرژیک

۳- استفاده از شعله؛

• استفاده از امواج ماوراء صوت؛

• استفاده از لامپ؛

• استفاده از اشعه لیزر؛

تمیزکاری با ابزار دستی (SP2) (Scraping Hand Tool Cleaning)

این روش برای آماده سازی سطوح قبل از اعمال رنگ و پوشش به کار می رود و سطوح می تواند نو یا قبلاً رنگ

شده باشد که احتیاج به تعمیرات دوره ای دارد. این روش بر روی سطوح با وسعت زیاد متداول نیست بلکه بیشتر

زمانی به کار می رود که درجه زنگ خیلی زیاد نبوده و معمولاً کمتر از ۱۶ درصد سطح باشد.

در این روش، با استفاده از کاردک، برس زبر، سمباده و وسایل اصطکاک دهنده، زنگ و آلودگی سطح را به طور

مکانیکی و دستی حتی الامکان پاک کرده ولی برای از بین بردن زنگهای چسبیده به سطح یا ناشی از جوش و خورد

فلز مؤثر نمی باشند. تأثیر این روش کمتر و زمان لازم بیشتر و دارای هزینه بالایی می باشد.

در استاندارد سوئدی (SS) دو درجه تمیزکاری برای این روش ذکر شده (St2) زدودن زنگهای سطحی و (St3) زدودن زنگهای سطحی، میل اسکیل ناپایدار و موقت و رنگهای پوسیده قبلی می باشد.

تمیزکاری با ابزار ضربه زننده برقی (SP3) (Impact Power Tool Cleaning)

با استفاده از برسهای سیمی برقی، وسایل ضربه زننده مانند آسیابهای برقی، ارتعاش دهنده ها و چکشهای مکانیکی و سنگزنهای برقی کلیه رنگهای کهنه و مواد زائد سطح را پاک کرده ولی سطح به طور کامل آماده زنگ زنی نمی گردد. استفاده زیاد از این وسایل ممکن است منجر به تخریب سطح قطعه گردد. مورد مشابهی که توسط SSPC انتشار یافته با شماره SP11 و مربوط به زمانی است که به یک سطح فلزی زبر، تمیز و عریان نیاز بوده ولی عملیات تمیزکاری پاششی، اقتصادی یا مجاز نیست و طبق این مشخصات از ابزار برقی یا بادی تمیزکاری استفاده می شود تا یک سطح فلزی سخت با پروفیل سطح (میزان زبری) بزرگتر از ۲۵ میکرون به دست آید. SP11 از این جهت با SP3 تفاوت دارد که در SP3 تنها نیاز به زدودن جرمهای سست بود و نیازی به تولید یک سطح زبر وجود نداشت.

دستورالعمل آماده سازی مکانیکی (دستی و الکتریکی)

قبل از آماده سازی با ابزار دستی الکتریکی یا غیرالکتریکی باید سطح از هرگونه آلودگی شامل روغن و گریس با ضخامت بالا به وسیله ابزاری مانند کاردک پاک شود و تا حد امکان آلودگیهای دیگر با کمک یکی از روشهای زیر از آن جدا شود.

الف) استفاده از برسهایی با الیاف سخت یا از نوع سیمی

ب) استفاده از برسهای ساینده (مانند برسهای خاص که براده ساینده در الیاف آنها قرار می گیرد)

ج) استفاده از حلالها یا محلولهای شوینده که بعد از کاربرد آن سطح باید با آب تمیز شستشو داده شود و این حلالها یا محلولها باید با برسهای سیمی یا برسهایی با الیاف سخت بکار رود.
آماده سازی با ابزار غیرالکتریکی

برای تمیزکاری با این ابزار باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

الف) ابزارهای ضربه ای جهت زنگهای ورقه شده و قسمتهای اکسید شده برای پاک کردن باقیمانده جوشهای نچسبیده و جوشهای پخش شده بکار رود.

ب) ابزارهای غیرضربه ای مانند برسهای سیمی، ساینده های دستی (سنباده) برای از بین بردن اکسیدهای سطحی و همه زنگها و رنگهای نچسبیده به سطح بکار می رود.
توجه:

ابزارهای ضربه ای انواع مختلف دارند که از جمله قلم، چکش لبه تیز، کاردک و غیره می باشد که برای زدودن جوشها، رنگهای ورقه شده و رنگهای کهنه و زنگهای سست شده بکار می رود
آماده سازی با ابزار الکتریکی

برای تمیزکاری با این ابزار موارد زیر باید در نظر گرفته شود و در صورت نیاز می توان از روش غیرالکتریکی قبل از آماده سازی با این روش استفاده نمود.

الف) ابزار ضربه ای یا چرخشی برای زدودن زنگهای ورقه شده یا زنگهای معمولی تا درجه آماده سازی دلخواه بکار می رود.

ب) ابزار ضربه ای یا چرخشی برای زدودن باقیمانده جوشها و جوشهای پراکنده تا درجه آماده سازی دلخواه بکار رود.

ج) برسهای سیمی چرخشی و ابزار ضربه ای می تواند اکسیدهای سطحی، رنگهای نچسبیده یا سست شده و رنگهای کنده شده را تا درجه آماده سازی دلخواه پاک کند.
توجه:

هنگام کار با این ابزار مواظب باشید سطح دچار سوختگی نشود.

آماده نمودن سطح تمیز شده به روش مکانیکی قبل از اعمال رنگ

- هرگونه براده و تکه های خرد شده تیز که در خلال آماده سازی پدید آمده اند باید زدوده شوند.

- سطح را کاملاً خشک نموده و هر باقیمانده ای از مواد نجسبیده به وسیله مکش، برس یا فشار هوا از روی سطح پاک شود.

تمیزکاری با مایع (Liquid Cleaning)

اسیدشویی (SP8)

در این روش توسط واکنش شیمیایی بین اسید و سطح فلز یا الکترولیز یا ترکیبی از هر دو، عمل زنگ زدایی سطح صورت می گیرد و در پایان سطح عاری از هر گونه مواد خارجی می باشد. اسیدشویی به روشهای ذیل انجام می گردد:

- شستشو با محلولهای داغ یا سرد اسیدسولفوریک، اسید کلریدریک، اسید فسفریک که مقدار کافی ممانعت کننده نیز به آن افزوده می گردد.
- شستشو با محلول ۵ تا ۱۰٪ وزنی اسیدسولفوریک همراه با ممانعت کننده در حداقل دمای ۶۰ درجه سانتیگراد که پس از آبکشی با آب تمیز، دوباره قطعه را به مدت چند دقیقه در محلول ۲٪ وزنی اسیدفسفریک و ۰.۵٪ وزنی نمک فسفات قرار می دهند.
- شستشوی الکترولیتی در یک حمام اسیدی یا قلیایی که با استفاده از جریان مستقیم یا غیرمستقیم برق قطعه را تمیز می کنند.
- زنگ زدایی با نمکهای هیدراته که در این روش قطعه را در حمام نمک مذاب (پایه اسیدی قوی) یا نمکهای اسیدی (ترکیب اسید و نمک آن) قرار می دهند.
- موارد مهم در اسیدشویی به شرح ذیل است:
- میزان آهن حل شده در اسیدسولفوریک از ۶٪ و در اسیدکلریدریک از ۱۰٪ وزنی بیشتر نگردد.
- از آب تمیز یا مقطر جهت آبکشی قطعه استفاده گردد (میزان نمک و کلر آب با دقت بررسی گردد).
- سطح تمیز شده با دقت بازرسی گشته و سپس خشک و لایه آستری اعمال گردد.

آماده سازی با استفاده از شوینده ها و قلیاهای آبی

این روش عمدتاً برای سطوح ساده بکار می رود و بعد از آماده سازی با این روش شستشو و خشک کردن قطعه ضروری است. کارایی این روش نسبت به روشهای قبلی برای زدودن آلودگیهایی مثل نمکها و صابونها بیشتر است. مواد مورد استفاده جهت آماده سازی عبارت از هیدروکسید سدیم، کربنات سدیم، متا سیلیکات سدیم، تری فسفات سدیم، پیرو فسفات سدیم، برات سدیم و ترکیبات پیچیده ای مانند اتیلن دی آمین تترا استیک اسید، گلوکوناتها، هپتوناتها، پلی فسفاتها و مواد فعال سطحی می باشد.

در روش غوطه وری از محلولهای ۳۰-۶۰ گرم در لیتر و در روش پاششی از محلولهای ۳۰-۵ گرم در لیتر استفاده می گردد. مقدار استفاده از مواد فعال سطحی ۱۰-۱ گرم در لیتر می باشد. درجه حرارت محلول معمولاً ۷۱-۹۳ درجه سلسیوس است. حتی الامکان از آبی که دارای سختی پایینی باشد استفاده شود.

شستشو با حلال (SPI) (Solvent Cleaning)

اولین مرحله برای آماده کردن سطح زدودن گل، گرد و خاک و هر گونه آلودگی موقت است و سپس با استفاده از حلالهای و مواد پاک شوینده، مواد چربی، گریس و رنگهای کهنه را از بین می برند و به طور کلی ترکیبات غیر آلی مانند کلرورها، سولفاتها، همچنین اضافات جوش را نمی توان به کمک حلالهای آلی از بین برد. حلالهای مورد استفاده در این روش عبارتند از:

- حلالهای نفتی، کولتار و الکلها که برای زدودن روغن و گریسها به کار می روند.
- تمیزکننده های قلیایی (تری سدیم فسفات) که برای زدودن چربی ها به کار می روند.
- تمیزکننده های امولسیون مانند صابونهای حل کننده روغن یا عوامل امولسیون کننده همراه با بنزین و الکل.
- بخار تمیزکننده که به صورت آب داغ یا بخار تحت فشار یا هر دو ممکن است به کار گرفته شود.

تمیزکاری به کمک شعله (SP4) (Flame Cleaning)

برای زیرسازی سطوح فولادی از این روش نیز می توان استفاده نمود. شعله می تواند رطوبت سطح، زنگ، لایه اکسیدی و حتی رنگ کهنه را از سطح فلز بزدايد. از آنجایی که سطوح فولادی رطوبت محیط را به خود جذب می

کند حرارت ناشی از شعله، رطوبت جذب شده را بخار می کند و سطح را آماده می نماید. هنگام انتخاب این روش

در نظر گرفتن موارد ذیل ضروری می باشد:

- قبل از آماده سازی هرگونه لایه ضخیم اکسیدها، اضافات جوشها به وسیله روش دستی پاک شود.
- این روش مانند آماده سازی پاششی سطح را تمیز نمی کند. رنگ و پوششهایی که روی سطح آماده سازی شده با این روش به کار می روند طول عمر کوتاه تری نسبت به رنگ و پوششهایی دارند که روی سطح آماده سازی شده با روش آماده سازی پاششی دارند.
- این روش بیشتر برای آماده سازی موضعی زمانی که با روش پاششی نتوان آماده سازی نمود استفاده می شود.
- این روش برای آماده سازی سطوح نو به کار نمی رود.
- بایستی مواظبت کرد که با دمای سطح خیلی بالا نرود. بالاترین حد دمای سطح برای سطوح فولادی ۲۰۰ درجه سلسیوس می باشد.
- سطوح بدون پوشش با ضخامت کمتر از پنج دهم میلیمتر با این روش نباید آماده سازی شوند.
- سطوح پوشش داده شده با لایه ضخیم بیتومن یا کولتار با این روش نباید آماده سازی شود.
- این روش برای سطوحی که حداکثر درجه زنگ آن ۲۰٪ می باشد می تواند به کار رود.
- برای سطوحی که بعداً روی آنها پوششهای اتیل سیلیکات روی، اپوکسی و پلی یورتان از نوع دوجزئی اعمال می شود، نباید به کار رود.
- اگر رنگ کهنه دارای ترکیباتی مثل سرب، کرم و دیگر ترکیبات سمی باشد دود حاصل از آن، باید کنترل شود.
- بعد از آماده سازی با این روش، سطح باید کمک برس سیمی تمیز شود.
- بلافاصله بعد از آماده سازی، یک لایه آستری در زمانی که دمای سطح حداکثر ۴۰ درجه سلسیوس است باید اعمال شود.
- توجه: برای آماده سازی سطوح داخلی مخازن به هیچ وجه از این روش نباید استفاده شود.

تمیزکاری به کمک سایش با شن (Sand Blasting)

در این روش ذرات ساییده، تحت فشار و با سرعت از دهانه نازل یا چرخهای گریز از مرکز بر روی سطح قطعه پرتاب گشته و آن را صیقل می‌دهند و نهایتاً سطح با درجات مختلف براقیت حاصل می‌گردد. این روش برای آماده سازی مکانیکی سطوح بکار می‌رود، به دلایل ذیل کاربرد وسیعی را به خود اختصاص داده است :

۱- سرعت کار بالا

۲- قابلیت نقل و انتقال

۳- مناسب بودن برای انواع مختلف سطوح فولادی

۴- قابلیت تمیز کاری و ایجاد همزمان زبر نمودن سطح

۵- قابلیت رسیدن به درجات مختلف آماده سازی

۶- امکان زدودن رنگهای کهنه و سست شده از روی سطح

این روش می‌تواند بر روی سطوح فولادی نو یا خورده شده و بر روی سطوح رنگ شده و یا رنگ نشده بکار رود. بسیاری از مواد جامد طبیعی یا مصنوعی و همچنین مایعات مختلف می‌توانند به عنوان مواد ساییده استفاده گردند. به عنوان مواد ساییده محدوده وسیعی از مواد جامد طبیعی یا مصنوعی و همچنین مایعات مختلفی به کار می‌روند.

از جمله عوامل مهم در آماده سازی پاششی انتخاب ذرات مناسب، انتخاب قطر نازل، انتخاب فشار هوای نازل و شرایط جوی هنگام پاشش می‌باشد.

در انتخاب ساییده ها باید موارد ذیل در نظر گرفته شود:



۱) ساییده ها باید کاملاً خشک باشند. (مگر در مواردی که پاشش آب به همراه ساییده باشد)

۲) ساینده ها باید عاری از ترکیبات خورنده و آلودگیهایی که باعث عدم چسبندگی لایه رنگ شود باشد.

۳) موقع انتخاب باید به مقدار ضخامت رنگ جهت اعمال و زبری سطح توجه کرد به طوریکه زبری سطح از ضخامت رنگ بیشتر نباشد.

۴) باید توجه شود که ساینده های فلزی زبری بیشتری نسبت به غیرفلزیها روی سطح ایجاد می کنند.

۵) مخلوطی از اندازه ذرات متفاوت ساینده ها ایده آل ترین درجه زبری و تمیزی را روی سطح ایجاد می کند. مواد مصرفی در بلاستینگ

• *Sand* ذرات ریز شن و ماسه؛

• *Shot* گلوله های کروی کوچک فلزی یا پلیمری؛

• *Grit* ذرات گوشه دار و جی شکل فلزی یا پلیمری (ساجمه شکسته یا براده های فلزات و مواد پلیمری)؛

انتخاب ذرات مناسب (نوع، اندازه، شکل، ترکیب شیمیایی، وزن مخصوص، قابلیت تهیه، رنگ و قیمت)؛

• وزن مخصوص مواد ساینده ؛

• سختی ذرات ساینده؛

• انتخاب قطر نازل؛

• انتخاب فشار هوای نازل؛

• شرایط جوی هنگام بلاستینگ؛

• زمان و مدت انجام بلاستینگ؛

عوامل مهم در انتخاب ذرات بلاستینگ

• طبیعت سطح فلز (سختی، درجه زنگ زدگی)؛

• هدف از تمیزکاری (تعمیر، محافظت، نگهداری و ...)؛

• پروفیل نهایی و درجه تمیزکاری سطح (حساسیت انجام کار)؛

• نوع سیستم بلاستینگ (استفاده از نازل، چرخ های گریز از مرکز / سانتریفوژ)؛

پروفیل سطح، میزان زبری سطح را مشخص می سازد. ارتفاع پروفیل به حداقل عمق تا قله پروفیل یک نقطه از

سطح گفته می شود. ارتفاع پروفیل به اندازه، نوع، سختی ذرات ساینده، سرعت و زاویه عمل ذرات، سختی سطح

و میزان برگشتی ذرات، بستگی دارد

به طور کلی هر چه ذرات کوچکتر باشند، تمیزکاری بهتر، سریعتر و اقتصادی تر خواهد بود. در انجام بلاستینگ، زاویه پاشش، فاصله نازل از سطح و قطر دهانه نازل، اهمیت بسزایی در کیفیت کار دارد.

به طور کلی هرچه میزان زنگ و میل اسکیل بیشتر باشد، فاصله نازل از سطح کمتر از ۳۰ سانتیمتر و زاویه پاشش آن نیز کمتر می‌گردد. * نقطه شبنم، دمایی است که رطوبت موجود در هوا مایع می‌گردد و نقطه شبنم از این نظر دارای اهمیت می‌باشد که رطوبت مایع شده روی سطحی که تازه بلاستینگ شده یا حتی رنگ شده، لایه نازکی آب ایجاد می‌نمایند و سبب چسبندگی رنگ به سطح زیر با تخریب زودرس آن می‌گردد.

رطوبت نسبی هوا نسبت فشار بخار هوای محیط به فشار بخار اشباع در آن دما می‌باشد. هر چه رطوبت نسبی بیشتر باشد، رطوبت موجود در هوا بیشتر خواهد بود لذا نقطه شبنم بالاتر و امکان زنگ‌زنی کاهش می‌یابد.

انواع روشهای پاششی

آماده سازی پاششی گریز از مرکز

ساینده از یک سو روی دیسکهای مخصوص ریخته شده و با سرعت زیاد به سمت سطح پرتاب می‌گردند.

این روش بیشتر برای کارهای پیوسته روی قطعاتی با سطوح تخت و میله شکل متداول است همچنین برای قطعاتی با درجه زنگهای مختلف کاربرد دارد. باتوجه به اینکه تجهیزات آن قابل حمل و نقل می‌باشد، بنابراین برای مخازن ذخیره سوخت و غیره نیز به کار می‌رود و می‌تواند سطوح فولادی را تا درجه آماده سازی $Sa.3$ برساند ولی معمولاً آلودگیهای شیمیایی یک سطح با پاشش گریز از مرکز از بین نمی‌رود.

آماده سازی پاششی با فشار هوا

در این روش مخلوط ساینده ها همراه با هوای فشرده شده با سرعت زیاد به طرف سطح پرتاب می‌شود.

این روش عمدتاً برای آماده سازی قطعاتی با ساختارهای بزرگ به کار می‌رود و برای قطعاتی که درجات زنگ متفاوت در آن وجود دارد نیز استفاده می‌شود.

وقتی که آماده سازی گریز از مرکز امکان پذیر نباشد می‌تواند به جای آن به کار رود. با این روش می‌توان به درجات مختلف آماده سازی تا درجه $Sa.3$ رسید. این روش معمولاً نمی‌تواند آلودگیهای شیمیایی یک سطح

فولادی را از بین ببرد، بنابراین قبل از استفاده، به دستورالعمل آماده سازیهای حلالی و با استفاده از مواد شیمیایی توجه شود.



تجهیزات آن شامل قسمتهای مختلف از جمله کمپرسور، مخزن هوا و ماده ساینده قسمت پاشش ساینده، نازل، جدا کننده روغن و رطوبت می باشد. نازلها انواع متفاوت دارند که از جنسهای سرامیکی و چدنی با طول عمر کم و نوع کاربیدی با طول عمر زیاد ساخته می شود.

توجه :

هوای مصرفی در این روش باید عاری از هرگونه رطوبت و روغن و بصورت کاملاً فیلتر شده باشد. فشار هوا و مقدار هوای مصرفی برحسب قطر نازل انتخاب می شود.

آماده سازی پاششی تحت مکش یا خلاء

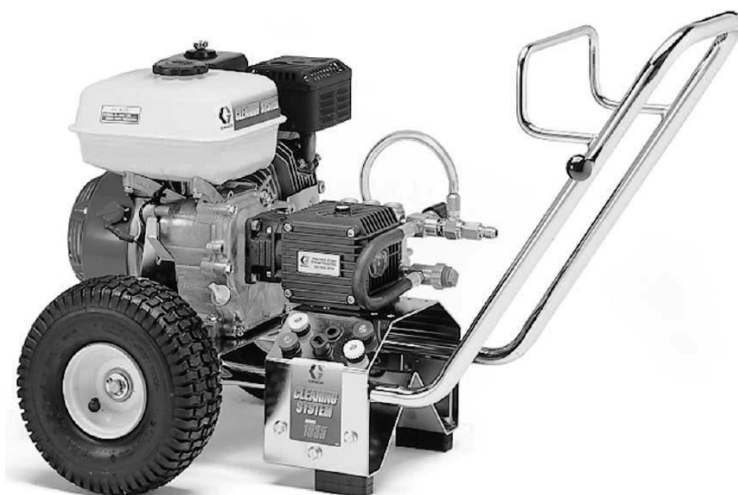
این روش مشابه آماده سازی پاششی با فشار هوا می باشد که با کاهش فشار در سر نازل ساینده به سمت سطح پاشیده می شوند .

این روش بیشتر برای آماده سازی موضعی و یا جاهایی که دیگر روشها آلودگی غیرقابل قبولی به وجود می آورد بکار می رود و تا درجه آماده سازی $Sa.2\frac{1}{2}$ می تواند برسد اما اگر زمان آماده سازی زیاد شود امکان دسترسی به درجه $Sa.3$ نیز وجود دارد.

در این روش چون زمان زیادی برای آماده سازی صرف می شود برای سطوح فولاد با خوردگی زیاد یعنی درجه زنگ D و همچنین سطوح بی قاعده بکار نمی رود. معمولاً آلودگیهای شیمیایی یک سطح با این روش از بین نمی رود و لازم است به دستورالعمل آماده سازی حلالی و مواد شیمیایی توجه شود.

آماده سازی پاششی با فشار آب

در مواقعی آب به تنهایی برای آماده سازی بکار می رود که سطح آلوده به روغن و تجمعات گریس باشد در این موارد آب با فشار متوسط ۷۰۰-۱۳۰ بار، بسته به نوع آلودگی روی سطح پاشیده می شود.



اما فشارهای بالاتر تا ۱۳۸۰ بار نیز برای تمیز کردن پوشش لوله ها قبل از تعمیر و یا بازرسی خط برای تعیین خوردگی بکار می رود. به همراه آب، استفاده از بازدارنده های ضد خوردگی ضروری می باشد و آب حتی الامکان باید بدون سختی باشد.

سرعت آماده سازی به فشار کم، حجم آب، شرایط سطح و نوع ساینده بستگی دارد.

توجه ۱ - در روش پاشش با آب به درجه $Sa.2$ می توان رسید. اما در روش آماده سازی پاششی با ساینده ها به درجات $Sa.2\frac{1}{2}$ و $Sa.3$ می توان رسید.

توجه ۲ - موقع استفاده از ساینده ها رعایت موارد ذیل ضروری می باشد:

الف - چربی یا گریس موجود روی ساینده یا سطح باید قبل از تمیزکاری پاک شوند.

ب - گرد و غبار و ساینده های خرد شده جدا شوند.

ج - در روش پاشش با فشار هوا یا گریز از مرکز در شرایط خشک نباید از ساینده های مرطوب استفاده شود.

دستورالعمل آماده سازی پاششی

مراحل ذیل قبل از شروع آماده سازی باید رعایت شود:

- ۱) آماده سازی با این روش نباید نزدیک سطوح تازه رنگ شده یا همزمان با عملیات رنگ آمیزی در مناطق مجاور صورت گیرد.
- ۲) آماده سازی با این روش نباید وقتی اختلاف دمای سطح و نقطه شبنم محیط کمتر از ۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی هوا بیشتر از ۸۰٪ باشد و یا موقعی که دمای محیط کمتر از ۳ درجه سلسیوس باشد انجام شود.
- ۳) آماده سازی باید در روشنی نور و ترجیحاً نور روز انجام شود.
- ۴) کاربر جهت آماده سازی با روش پاششی باید با دقت انتخاب شود.
- ۵) قبل از شروع عملیات آماده سازی، سطح کار بایستی بررسی شود و از هرگونه روغن، گریس، نمکهای محلول یا آلودگیهای مشابه باید با روش چربی گیری و شستشو، پاک گردد.
- ۶) قبل از تمیزکاری باید زنگهای چسبیده و ضخیم را با ابزار برقی یا غیرالکتریکی تمیزکاری اولیه نمود و باید جوشهای اضافی را از روی سطوح زدود.
- ۷) موقع استفاده از روش پاششی با فشار آب از یک مایع که به جدا شدن نمکها و چربیها کمک نماید می توان استفاده نمود.
- ۸) با توجه به درجه زنگ و نوع رنگ، درجه آماده سازی سطح بایستی مشخص شود.
- ۹) با توجه به مقدار زبری و درجه زنگ بایستی نوع ساینده انتخاب گردد.
- ۱۰) تا رسیدن به درجه مطلوب سطح، آماده سازی بایستی ادامه پیدا کند.
- ۱۱) قبل از رنگ آمیزی، از تماس دست یا راه رفتن روی قطعه تمیز شده باید جداً خودداری شود.

توجه ۱

زمانی که ورقه هایی با ضخامت کمتر از ۴ میلیمتر با این روش آماده سازی می شود ممکن است از شکل واقعی خارج شوند بنابراین رعایت موارد ذیل ضروری می باشد:

الف) از فشار هوای پایین و ساینده با اندازه کوچک و چگالی کم استفاده شود.

ب) زاویه پاشش و مدت زمان آن کمتر شود.

ج) در صورت وجود زنگهای ضخیم و چسبنده ابتدا باید از روشهای دیگر مانند آماده سازی دستی یا قراردادن در اسیدها استفاده نمود تا زنگها زدوده شود و سپس مراحل فوق رعایت شود.

توجه ۲

باید روی سطوحی که با این روش آماده سازی می شوند قبل از رنگ زدن حداقل یک لایه آستری اعمال گردد. زمان اعمال آستری بعد از آماده سازی در شرایط سخت کمتر از ۴ ساعت می باشد.

بعد از اتمام آماده سازی با روش پاششی باید به نکات ذیل توجه نمود:

تمام گرد و غبار و ذرات چسبنده ریز از روی سطح به وسیله مکش، برس و یا فشار هوای بدون روغن یا رطوبت تمیز شود.

اگر ناخالصیهای محلول روی سطح باقی مانده باشد بایستی با جریان آب تمیز یا حلال، آنها زدوده شده و سپس سطح خشک گردد.

- بعد از آماده سازی پاششی با ساینده خیس، باید همه سطح با آب تازه تمیز شود تا ساینده های نچسبیده پاک شود. در داخل آب می توان از بازدارنده زنگ نیز استفاده شود. بعد از شستشو بایستی با فشار هوای بدون روغن و رطوبت، سطح خشک گردد.

پارامترهای مؤثر در انتخاب روش آماده سازی پاششی

عوامل مؤثر عبارتند از شکل و اندازه قطعه، حجم کار، شرایط محیطی، وضعیت سطح و درجه تمیزی مورد نظر و مسائل اقتصادی.

الف - شکل و اندازه کار قطعه

روش گریز از مرکز برای بخشهای مسطح و ساده از نظر اقتصادی مناسب است و حتی برای قسمتهای از پیش ساخته شده خیلی بزرگ نیز به کار می رود. برای سیستمهای با اشکال مدور مانند لوله ها از روش پاشش با فشار یا خلاء استفاده می شود.

ب - حجم کار

روش گریز از مرکز برای کارهایی با حجم زیاد اقتصادی می باشد اما برای کارهایی با حجم کمتر ترجیحاً از پاشش هوا استفاده شود.

ج - شرایط محیطی

با وجود قیمت نسبتاً بالای آماده سازی به وسیله خلاء در مواقعی که آلودگی محیطی اهمیت زیادی داشته باشد بر دیگر روشها ترجیح داده می شود.

د - وضعیت سطح و درجه تمیزی مورد نظر

روش پاشش آب برای پاک کردن نمکها و تراشیدن لایه های سست شده اکسیدی سطوح بکار می رود و تا درجه $Sa.2$ قادر به تمیز کردن می باشد اما استفاده از مواد ساینده تقریباً برای تمام سطوح از جمله سطوح پوشیده شده با اپوکسیهای دو جزئی نیز بکار می رود و درجه آماده سازی تا حدود $Sa.3$ نیز حاصل می شود.

ه - ساینده

ساینده ها فلزی یا غیرفلزی و با دامنه زبریهای متفاوت در دسترس می باشند که ماکزیمم اندازه زبری معمولاً ۱/ میلیمتر مناسب می باشد.

و - مسائل اقتصادی

برای رسیدن به درجه آماده سازی بهتر، هزینه بیشتری صرف خواهد شد.

درجه زبری

معمولاً آماده سازی پاششی، زبری خاصی روی سطح ایجاد می کند. برحسب اندازه، زبری مشخص می گردد.

زبری سطح یا به عبارتی فاصله بین گودترین تا بلندترین نقطه روی سطح برای هر نوع درجه آماده سازی به نوع و درجه ساینده وابسته می باشد.

معمولاً دامنه زبری برای تجهیزات فولادی ۰.۰۳ تا ۰.۱ میلیمتر برای رنگ آمیزی از طرف شرکت سازنده در نظر گرفته می شود.

در صورتیکه فشار بالاتر رود ارتفاع زبری بیشتر خواهد شد. معمولاً از میکرومترهای خاص برای اندازه گیری درجه زبری سطح استفاده می شود.

نقطه شبنم در رطوبتهای نسبی مختلف

درجه حرارت هوا (°C)								درصد رطوبت نسبی
۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	
۲۱	۱۷	۱۲/۹	۸/۸	۴/۷	۰/۵	-۳/۶	-۷/۷	۲۰
۲۴/۷	۲۰/۵	۱۶/۳	۱۲/۱	۷/۹	۳/۶	-۰/۶	-۴/۸	۲۵
۲۷/۸	۲۳/۵	۱۹/۲	۱۴/۹	۱۰/۶	۶/۲	۱/۹	-۲/۴	۳۰
۳۰/۵	۲۶/۱	۲۱/۷	۱۷/۳	۱۳/۰	۸/۵	۴/۱	-۰/۳	۳۵
۳۲/۸	۲۸/۴	۲۳/۹	۱۹/۵	۱۵/۰	۱۰/۵	۶/۰	۱/۵	۴۰
۳۴/۹	۳۰/۴	۲۵/۹	۲۱/۴	۱۶/۸	۱۲/۳	۷/۷	۳/۲	۴۵
۳۶/۸	۳۲/۳	۲۷/۷	۲۳/۱	۱۸/۵	۱۳/۹	۹/۳	۴/۷	۵۰
۳۸/۶	۳۳/۹	۲۹/۳	۲۴/۷	۲۰/۰	۱۵/۳	۱۰/۷	۶/۱	۵۵
۴۰/۲	۳۵/۵	۳۰/۸	۲۶/۱	۲۱/۴	۱۶/۷	۱۲/۰	۷/۳	۶۰
۴۱/۷	۳۶/۹	۳۲/۴	۲۷/۵	۲۲/۸	۱۸/۰	۱۳/۲	۸/۵	۶۵
۴۳/۱	۳۸/۳	۳۳/۵	۲۸/۸	۲۴/۰	۱۹/۱	۱۴/۴	۹/۶	۷۰
۴۴/۴	۳۹/۶	۳۴/۸	۲۹/۹	۲۵/۱	۲۰/۳	۱۵/۴	۱۰/۶	۷۵
۴۵/۶	۴۰/۸	۳۵/۹	۳۱/۱	۲۶/۲	۲۱/۳	۱۶/۴	۱۱/۶	۸۰
۴۶/۸	۴۱/۹	۳۷/۰	۳۲/۱	۲۷/۲	۲۲/۳	۱۷/۴	۱۲/۵	۸۵
۴۷/۹	۴۳/۰	۳۸/۱	۳۳/۱	۲۸/۲	۲۳/۲	۱۸/۳	۱۳/۴	۹۰
۴۹/۰	۴۴/۰	۳۹/۱	۳۴/۱	۲۹/۱	۲۴/۱	۱۹/۲	۱۴/۲	۹۵
۵۰/۰	۴۵/۰	۴۰/۰	۳۵/۰	۳۰/۰	۲۵/۰	۲۰/۰	۱۵/۰	۱۰۰

درجات زنگ زدگی سطوح فلزی

درجه زنگ A

در این حالت در سطح فولاد لایه های اکسیدی حاصل از خوردگی مشاهده می شود ولی زنگ زدگی سطحی، بسیار کم است



درجه زنگ B

در این حالت زنگ زدگی در سطح فولاد آغاز گردیده و لایه اکسیدی حاصل از خوردگی، شروع به ور آمدن و ورقه ای شدن نموده است



درجه زنگ C

در این حالت، لایه اکسیدی حاصل از خوردگی از روی سطح فولاد به دلیل زنگ زدگی از بین رفته و یا قابل جدا کردن از سطح می باشد و حفره های کوچک حاصل از خوردگی بر روی سطح با چشم غیر مسلح هم قابل مشاهده است



درجه زنگ *D*

در این حالت، زنگ زدگی و حفره های ناشی از خوردگی به طور گسترده بر روی سطح با چشم غیر مسلح قابل مشاهده است.



درجات تمیزی سطح بعد از انجام بلاستینگ

در رابطه با سطوح آماده شده، چهار مؤسسه استاندارد شناخته شده به نامهای انجمن ملی مهندسين خوردگی (*NACE*)، انجمن پوششهای حفاظتی (*SSPC*)، استاندارد سوئدی (*SS*)، استاندارد بریتانیایی (*BS*)، تقسیم‌بندی واحدی از سطوح تمیز شده دارند. این تقسیم‌بندی بر روشهای مکانیکی استوار است. استاندارد سوئدی (*Sa*)

الف – بلاستینگ سبک یا برس زنی (*Sa1*) (*Brush off / Light Blast Cleaning*)

در این درجه، سطح فلز از زنگ و رنگهای کهنه پاک شده و همچنین عاری از روغن، گریس، آلودگی و گرد و غبار می‌شود و بلاستینگ سبک انجام می‌گیرد. در این مورد پوسته‌های اکسیدی چسبیده، زنگ و رنگهای چسبیده به سطح باقی می‌مانند.

ب – بلاستینگ تجارتي (Sa2) (Commercial Blast Cleaning)

در این درجه حدود ۶۰٪ زنگ و رنگهای کهنه پاک شده و نهایتاً سطح با فشار هوا یا ایجاد مکش، تمیز می‌گردد. رنگ سطح خاکستری تیره به نظر می‌رسد. این روش برای محیطهای معتدل و استفاده از پرایمرهای بازدارنده مناسب است.

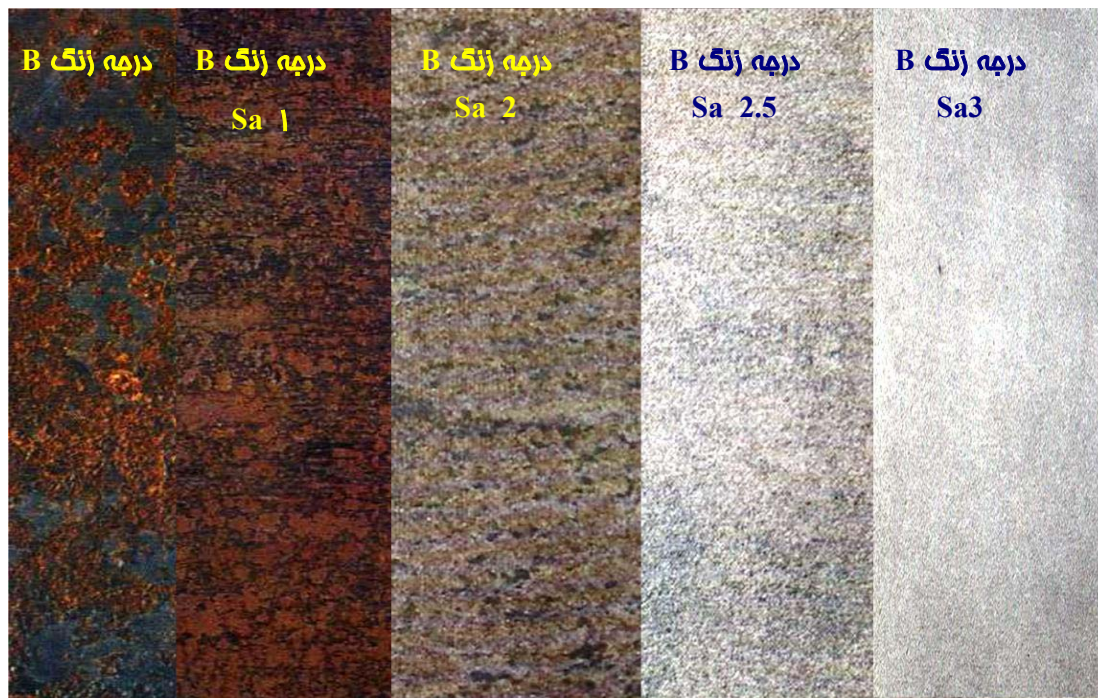
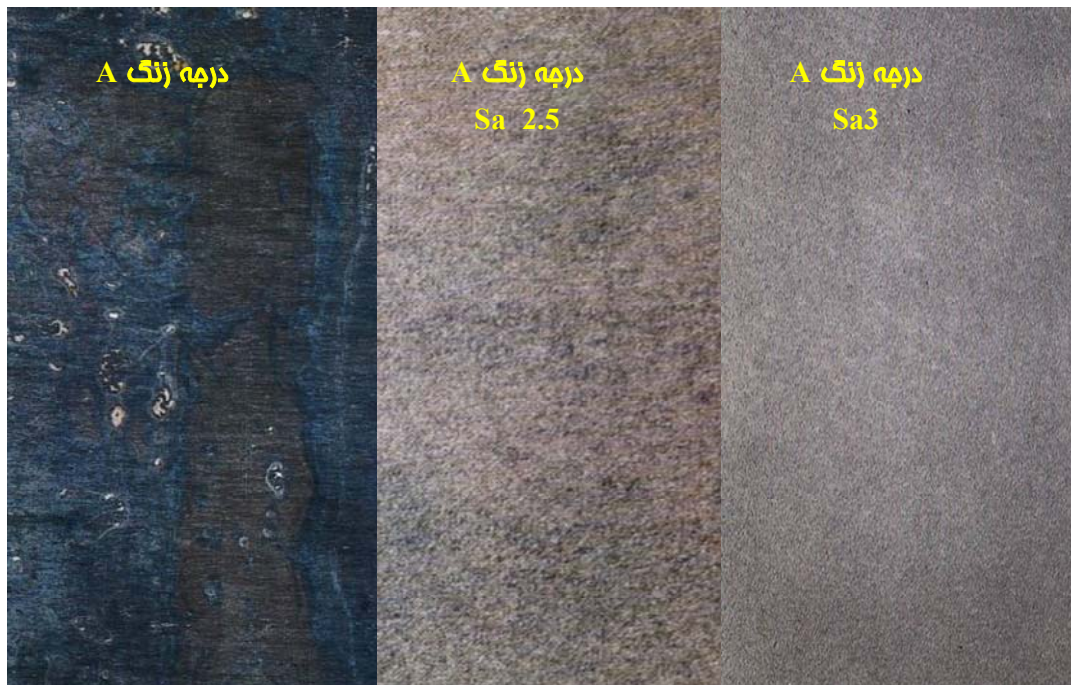
ج – بلاستینگ تا حد نزدیک فلز سفید (Sa2.5) (Near – White Metal Blast Cleaning)

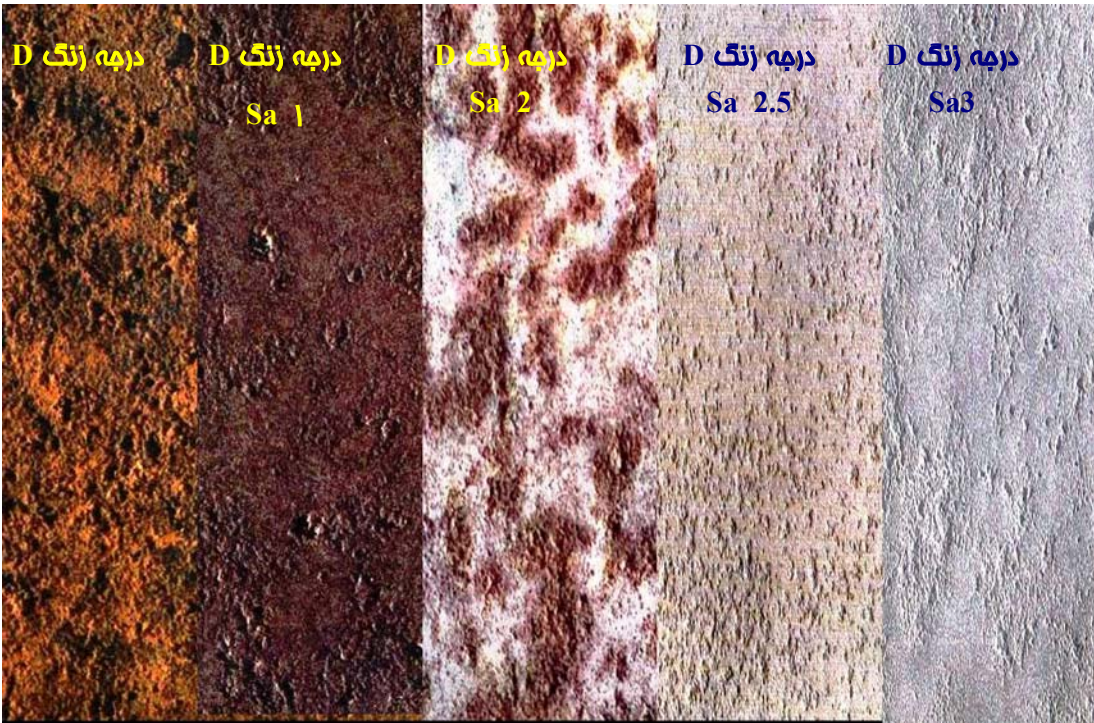
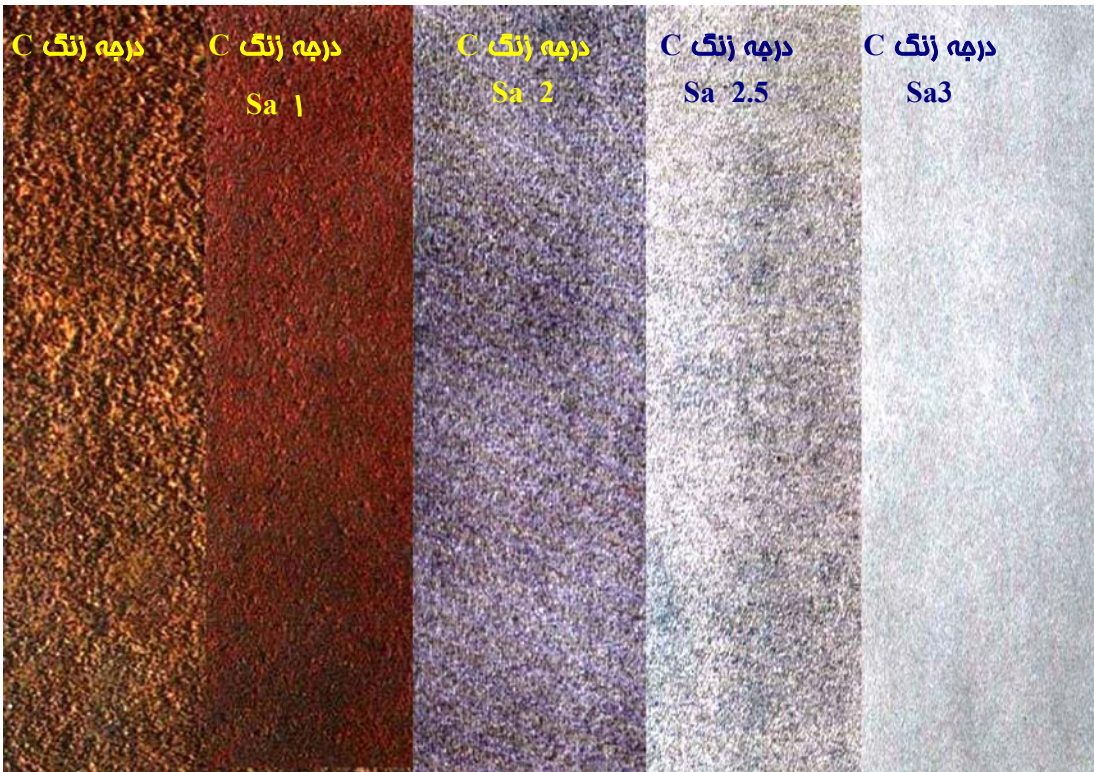
در این درجه از تمیزکاری سطح، حدود ۹۵٪ از زنگ و رنگ و زنگهای کهنه و مواد زاید، پاک گشته و بلاستینگ به طور کامل و دقیق صورت گرفته است، تنها سایه‌ای روشن روی سطح فلز دیده می‌شود و سطح خاکستری روشن به نظر می‌رسد. این حالت حداقل میزان قابل قبول آماده‌سازی سطح برای سرویسهای مغروق در آب است.

د – بلاستینگ تا حد فلز سفید (Sa3) (White Metal Cleaning)

تمام آلودگی‌ها (روغن، گریس) و مواد زائد و زنگ‌ها از روی سطح پاک و بلاستینگ صددرصد انجام شده است و سطح نمونه کمی زبر می‌باشد. رنگ سطح سفید براق به طور یکدست و خالص نمایان می‌گردد. نظر به اینکه هزینه انجام این روش زیاد می‌باشد فقط برای شرایط بسیار خورنده که هزینه زیاد توجیه دارد به کار می‌رود.

مقایسه درجات تمیزکاری به روش سوئدی بر روی سطوح زنگ زده مختلف





درجات تمیز کاری با ابزار دستی

St 2 بر روی درجه زنگ *B*



St 3 بر روی درجه زنگ *B*



St 2 بر روی درجه زنگ *C*



St3 بر روی درجه زنگ *C*



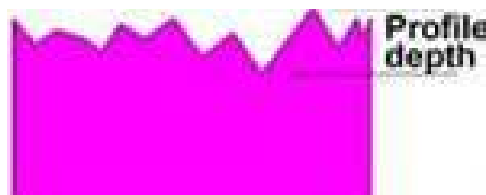
St2 بر روی درجه زنگ *D*



St3 بر روی درجه زنگ *D*



اندازه‌گیری عمق پروفیل و زبری سطح



زبری سطح، میانگین عمق و ارتفاع ناهمواری‌های سطحی در هنگام پرداخت و آماده‌سازی قطعه برای عملیاتهای پوشش‌دهی می‌باشد. زبری و پروفیل سطحی توسط ذرات ساینده (سند بلاست) و یا با استفاده از ابزارهای دستی و برقی پرداخت‌کاری ایجاد می‌گردد. اگر زبری سطح به اندازه کافی نباشد ممکن است چسبندگی پوشش به سطح، کافی نبوده و زبری سطحی بیش از اندازه می‌تواند موجب ناهمواری نهایی سطح پوشش یافته گردد. بنابراین به منظور اطمینان از ایجاد یک لایه پوشش مناسب، اندازه‌گیری پروفیل سطح ضروری می‌باشد. در ادامه به بررسی روش‌های اندازه‌گیری زبری سطح بر مبنای استاندارد *ASTM-D4417* پرداخته می‌شود.

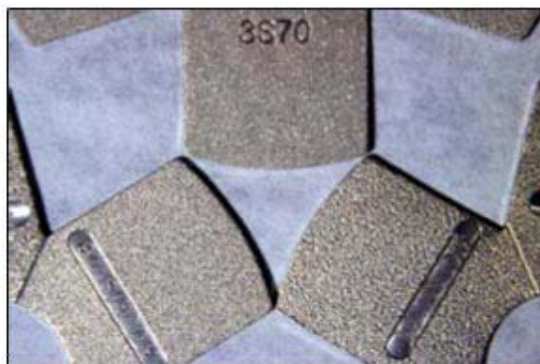
میزان پروفیل سطح بر اساس نیاز پوشش‌های مختلف تعیین می‌گردد و غالباً بین ۳۰ تا ۱۰۰ میکرون است. برای رنگهای ساختمانی زبری کمتری نیاز است و برای رنگهای صنعتی و مقاوم، پروفیل حداقل ۷۵ میکرون می‌باشد. انواع دانه‌های ساینده، پروفیل‌های مختلفی را تولید می‌کنند:

گلوله‌های فولادی (*Shot*) از ۷۴ تا ۱۱۷ میکرون، براده‌های فلزی از ۵۶ تا ۱۶۵ میکرون، شنهای سیلیسی حدود ۱۰۰ میکرون، سایر مواد معدنی مانند سرباره مسی و نیکلی از ۹۰ تا ۱۵۲ میکرون پروفیل ایجاد می‌نمایند.

اگر پروفیل سطح را با استفاده از یک میکروسکپ قوی نگاه کنیم، شبیه گودالهایی است که بر روی سطح ماده دیده می‌شود. این پستی و بلندی‌ها می‌توانند نوک تیز، زاویه‌دار و یا گرد باشند. با استفاده از روشهای آماده‌سازی سطحی نظیر سندبلاست بر روی سطح فلز، پستی و بلندی‌هایی ایجاد می‌گردد که باعث افزایش چسبندگی پوشش به زیرلایه فلزی می‌گردند.

پروفیل سطح با اندازه‌گیری عمق شیارها و نسبت آن به ارتفاع برجستگی‌ها تعیین می‌شود. گرچه عمق ناکافی پروفیل سطح، موجب می‌گردد که چسبندگی مناسب ایجاد نشود اما عمق بیش از حد پروفیل سطح نیز منجر به بیرون زدن برجستگی‌های سطحی از لایه پوششی می‌شود. این برجستگی‌های بیرون‌زده، اکسید شده و زنگ‌زدگی ریز و سوزنی شکل ایجاد می‌کنند و در ادامه، خوردگی را تسریع می‌کنند.

روشهای اندازه‌گیری زبری سطح



برای اندازه‌گیری بسیار دقیق عمق پروفیل سطحی، می‌توان سطح را توسط میکروسکپ تحت بررسی قرار داد ولی این شیوه در محل کار و کارگاه قابل اجرا نمی‌باشد. برای تعیین میزان پروفیل سطح پس از عملیات آماده‌سازی، سه روش اجرایی مطابق استاندارد *ASTM* وجود دارد که عبارتند از:

روش *A*: سنجش بصری پروفیل سطح.

روش *B*: ریزسنج ویژه اندازه‌گیری عمق پروفیل سطح.

روش *C*: نوار برگردان یا کپی.

ابزار سنجش بصری پروفیل سطح

در این شیوه، کاربرد با استفاده از ذره بین با بزرگنمایی ۵ برابر، سطح آماده شده را با یک صفحه مبنا از جنس نیکل مقایسه می‌کند.

مرحله اول: مطالب درج شده بر روی صفحه دیسکی شکل

هر دیسک سنجش دارای پنج پره می‌باشد که هر کدام دارای یک عمق پروفیل مشخص می‌باشند. نخستین عدد درج شده بر روی دیسک، نشان دهنده عمق پروفیل سطح بر حسب *Mils* (یک هزارم اینچ) است. دومین مشخصه درج شده، نوع ماده ساینده را مشخص می‌کند (*S*) برای ماسه، *SH* برای ساچمه و *G/S* برای شن و سرباره.



مرحله دوم: انتخاب دیسک سنجش مناسب

دیسک سنجش بر حسب نوع ماده سنجش به کار رفته در عملیات آماده‌سازی سطح، انتخاب می‌گردد. از دیسک (S) برای مقایسه سطوحی که با استفاده از ماسه سیلیسی آماده شده‌اند، استفاده می‌شود. در صورت استفاده از ساچمه‌های فلزی از دیسک (SH) و برای مقایسه سطوح آماده شده با ذرات ساینده نظیر سرباره، اکسید آلومینیم، ذرات ساینده فلزی و سایر مواد، از دیسک (G/S) استفاده می‌گردد.

مرحله سوم: نصب دیسک سنجش بر روی ذره بین

مرحله چهارم: آزمایش سطح آماده شده

چراغ میکروسکپ را روشن کرده و ذره بین و دیسک الحاقی به آن را بر روی سطح آماده شده قرار دهید. سوراخ وسط دیسک، سطح آماده شده را نشان می‌دهد. این سطح را با هر یک از پنج پره صفحه سنجش مقایسه کرده و جزیی را مشابه پروفیل سطحی می‌باشد، انتخاب نمایید. عمق پروفیل برابر عدد دیسک بر حسب *Mils* می‌باشد. برای تبدیل عمق پروفیل به میکرون، عدد حاصل را در ۲۵.۴ ضرب کنید. اگر سطح دارای پروفیلی مابین دو جزء باشد، به سادگی هر دو جزء را به صورت دامنه برای آن در نظر بگیرید. (به طور مثال ۲ تا ۳ *Mils*)

ریزنه ویژه اندازه‌گیری عمق پروفیل سطح

این روش با استفاده از یک میکرومتر ویژه، پروفیل سطح را اندازه‌گیری می‌نماید. در این حالت، عمق فرورفتگی‌های سطحی با استفاده از یک نوک فلزی مخروطی شکل اندازه می‌شود. عمق اندازه‌گیری شده، بر روی یک صفحه نمایش دیجیتالی و یا یک صفحه درجه‌بندی شده، دیده می‌شود

مرحله اول: کالیبراسیون دستگاه

قبل از استفاده از میکرومتر عمق سنج، عدد صفر آن را کنترل کنید. بدین منظور، میکرومتر را روی یک سطح مبنا نظیر شیشه قرار دهید. عقربه باید عدد صفر را نشان دهد در غیر این صورت آن را بر روی صفر تنظیم نمایید.



مرحله دوم: اندازه‌گیری پروفیل سطح

نوک دستگاه را بر روی سطح قطعه قرار دهید و به طرف پایین فشار دهید. دقت نمایید که نوک مغزی بر روی سطح نلغزد. به منظور حصول اطمینان، چند اندازه‌گیری را هم زمان از قسمتهای مختلف سطح انجام دهید.

مرحله سوم: کنترل مجدد دقت دستگاه

پس از استفاده از میکرومتر عمق سنج، با قرار دادن مجدد آن بر روی صفحه شیشه‌ای سطح، عدد صفر و کالیبره بودن آن را کنترل نمایید.

روش نوار برگردان یا نوار کپی

در این روش از یک نوار کپی به همراه میکرومتر فیزی به منظور اندازه‌گیری پروفیل سطح استفاده می‌شود. نقش و اثر پروفیل سطح بر روی نوار مخصوص، نقش بسته و توسط میکرومتر خوانده می‌شود. نوار کپی (*testex*) از دو لایه تشکیل شده است: لایه پلی استر غیرقابل فشردن که 2 mil ضخامت دارد و لایه فوم قابل فشردن که به زیرلایه پلی استر چسبیده است. ضخامت لایه فومی بسته به دامنه نوار کپی، متغیر می‌باشد. نقش پروفیل سطح بر روی لایه قومی، حک می‌شود.



مرحله اول: انتخاب نوار کپی مناسب

چهار نوع نوار کپی وجود دارد که به شرح زیر می‌باشند:

“Coarse” عمق پروفیل سطح را در محدوده $0.8 - 2\text{ mil}$ اندازه می‌گیرد.

“Paint Grade” عمق پروفیل سطح را در محدوده $1.3 - 3/3\text{ mil}$ اندازه می‌گیرد.

“X-Coarse” عمق پروفیل را در محدوده $1.5 - 4.5\text{ mils}$ اندازه می‌گیرد.

“X-Coarse Plus” عمق پروفیل را در محدوده $4 - 6.5\text{ mils}$ اندازه می‌گیرد.

مرحله دوم: آماده‌سازی سطح برای اندازه‌گیری

برخلاف دو شیوه دیگر اندازه‌گیری زبری سطح، در روش نوار کپی وجود هر گونه گرد و غبار و باقیمانده مواد ساینده می‌تواند اثر نامطلوبی بر اندازه‌گیری داشته باشد. لذا قبل از انجام آزمون باید سطح را با برس نرم و تمیز از هر گونه آلاینده‌ای، پاک نمود.

مرحله سوم: آماده‌سازی نوار کپی

قسمتی از نوار را از رول آن جدا کرده و کاغذ پشت آن را از طرف چسبنده جدا نمائید. نوار را با فشار به سطح مورد آزمون بچسبانید و یک گوشه آن را خم نمائید تا برای کشیدن آن در پایان کار به عنوان دسته عمل نماید.

مرحله چهارم: صیقل کاری نوار کپی

با استفاده از سر گرد میله همراه میکرومتر، دایره سفید رنگ در مرکز نوار را صیقل دهید تا به صورت یکنواخت به رنگ خاکستری تبدیل شود. سپس نوار کپی را از سطح جدا نمائید.

مرحله پنجم: تنظیم میکرومتر

میکرومتر را به گونه‌ای تنظیم کنید تا عقربه نشانگر عدد صفر را نشان دهد.



مرحله ششم: اندازه‌گیری نوار کپی و تعیین عمق پروفیل سطح

نوار کپی دارای اثر پروفیل سطح را د زیر سندال میکرومتر قرار داده و اهرم را آزاد نمائید. میکرومتر ضخامت لایه *2 mil* غیرقابل فشردن و پروفیل سطح را با هم نشان می‌دهد لذا با کسر عدد ۲ از آن، عمق پروفیل سطحی مشخص می‌شود.

برای حذف عملیات کسر کردن فوق می‌توانید در مرحله پنجم، عقربه میکرومتر را به جای عدد صفر بر روی عدد

هشت قرار دهید. در نتیجه میکرومتر بر روی *2mils* تنظیم می‌شود

منبع

1. *W.D. Corbett, "Measuring Surface Profile Depth", Materials Performance, PP 34-38, August 2003.*

کنترل آلودگی سطح

تست میدانی کنترل نمکهای فلزی محلول در آب (*ISO 8502-1*)

پس از زنگ زدایی سطح با مواد ساینده حتی تا درجه ۲.۵ Sa ، احتمال وجود نمکهای حاصل از فرآیند خوردگی بر روی سطح وجود دارد. اینگونه نمکها معمولا سولفات و کلراید آهن می باشند. این نمکها اغلب داخل حفره های حاصل از خوردگی می باشند و پس از زنگ زدایی با مواد ساینده نیز، بعلت بی رنگ بودن حتی با استفاده از ذره بین قابل شناسایی نمی باشند. البته با گذشت زمان، تغییر رنگ در مناطق مذکور به شکل دوباره زنگ زدن فلز مشاهده

می‌شود اما تشخیص این موضوع که آیا دوباره زنگ‌زدن بعلت وجود نمکهای آهن می‌باشد یا به دلیل وجود رطوبت زیاد، کار مشکلی است. هر چند سطوح آلوده به نمکها در رطوبت پائین تغییر رنگ می‌دهند، در صورت وجود رطوبت زیاد در سایت، کل سطح تغییر رنگ می‌دهد.

در صورتیکه سطح دارای نمکهای مذکور باشد موجب بروز خوردگی در زیر فیلم رنگ و نتیجتاً تخریب آن خواهد شد. هنگام انجام تست از دستکش پلاستیکی استفاده کنید تا سطح کار با نمک و آب دست آلوده نشود.

برای مشخص کردن وجود نمکهای محلول در آب، یک سطح با ابعاد ۲۵۰*۱۰۰ میلی‌متر را بوسیله پارچه کتان با مقدار مشخصی آب مقطر خیس کنید. آب موجود روی سطح را داخل یک ظرف شیشه‌ای ریخته و برای آنالیز بعدی نگهدارید. آب مذکور توسط نشانگرهایی مثل مرکوکوانت جهت مشخص کردن نمک آهن آنالیز می‌شود. تغییر رنگ نشانگر، مشخص‌کننده وجود نمک آهن بر روی سطح می‌باشد.



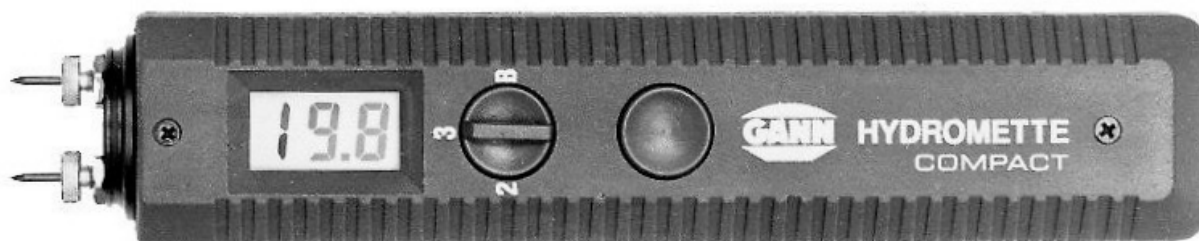
ارزیابی گرد و غبار روی سطح قبل از رنگ آمیزی (ISO 8502-3)

این روش جهت مشخص کردن گرد و غبار موجود بر روی سطوح با درجه زنگ *A*، *B* و *C* پس از عملیات زنگ‌زدائی و غبارزدائی به روش هوای فشرده یا خلا می‌باشد. با توجه به استفاده از چسب در این روش نمی‌توان بر روی سطوح با درجه زنگ *D* استفاده کرد، چرا که چسب به اندازه کافی الاستیک نمی‌باشد تا داخل حفره‌ها نفوذ کند. یک چسب به پهنای 25 میلی‌متر و طول ۱۵۰ میلی‌متر بر روی سطح چسبانده و با انگشت یا یک غلتک روی چسب مالش دهید تا به خوبی بر روی سطح بچسبد. سپس چسب را از روی سطح جدا کرده و بر روی یک برگه

کاغذ یا شیشه بچسبانید. مقدار و ابعاد ذرات چسبیده به چسب طبق استاندارد از ۰ تا ۵ ارزیابی می‌شوند. جهت مشاهده ذرات گرد و غبار می‌توان از بزرگنمایی تا ۱۰ برابر استفاده کرد.

ارزیابی میزان احتمالی رطوبت بر روی سطح (ISO 8502-4)

وجود رطوبت به صورت شبنم بر روی سطح قبل از رنگ‌آمیزی بسیار حائز اهمیت بوده و در صورت بروز این مساله موجب عدم چسبندگی رنگ اعمال شده و تولید محصولات خوردگی فلز، زیر فیلم رنگ خواهد شد. جهت جلوگیری از این مشکل، دما و رطوبت هوا بایستی اندازه‌گیری و با استفاده از جداول مربوطه دمای نقطه شبنم تعیین شود. دمای سطح هنگام رنگ‌آمیزی بایستی حداقل ۳ درجه سانتیگراد بالاتر از نقطه شبنم باشد. فاکتورهای تشریح‌شده در این بخش توسط ابزار الکترونیکی دیجیتالی نیز قابل اندازه‌گیری می‌باشند.





روشهای خشک‌شدن رزینها / رنگها

تشکیل فیلم، یعنی تغییر شکل یک ماده پوشش‌دهنده (رنگ) از حالت مایع به صورت یک لایه جامد، به دو گونه امکان‌پذیر است :

خشک‌شدن به روش فیزیکی

ماده فیلم‌ساز در خشک‌شدن به طریق فیزیکی، تغییر ساختار و ماهیت نمی‌دهد. در این حالت، رنگها سریعا با تبخیر حلال و رقیق‌کننده خشک‌شده و مواد غیرفرار آن روی سطح باقی می‌مانند. در این حالت با ریختن حلال بر روی سطح رنگ خشک شده، دوباره سطح رنگ نرم و حل می‌گردد و لذا اجرای رنگ مزبور به صورت چند دست به خصوص به کمک قلم‌مو بسیار مشکل است (این پروسه را برگشت‌پذیر می‌گویند) مانند: کلر و کائوچو. عمده مزایای این روش به شرح زیر است :

تشکیل سریع فیلم

زمان کوتاه اعمال لایه‌های مختلف بر روی هم

آسانی در تعمیرات و رنگ‌آمیزی مجدد.

خشک شدن به روش شیمیایی

روش خشک شدن این رنگها به واکنش شیمیایی رزین بستگی دارد و پس از خشک شدن قابل حل در حلالهای معمولی نیستند لذا پروسه خشک شدن، برگشتناپذیر بوده و اعمال لایه‌های مختلف رنگ به راحتی امکان پذیر می باشد.

انواع واکنشهای شیمیایی که در این روش صورت می گیرد، به شرح زیر است :

- خشک شدن به کمک سخت کننده
- خشک شدن به کمک کاتالیست
- خشک شدن به کمک رطوبت هوا
- خشک شدن به کمک حرارت
- خشک شدن به کمک تشعشع

حال به دلیل اهمیت روش خشک شدن به کمک سخت کننده، این مورد بررسی می شود.

در این روش رزین پس از اختلاط با یک ماده سخت کننده، بلافاصله بر روی سطح اعمال شده و طی مدت کوتاهی (چند ساعت)، لایه سختی ایجاد می کند. واکنش رزین و سخت کننده بسیار سریع بوده، پس از اختلاط دو جزء، غلظت رنگ افزایش می یابد و رنگ به اصطلاح سفت و سخت می گردد. این فاصله زمانی بین اختلاط دو جزء و زمان اجرای رنگ را طول عمر رنگهای دوجزی می گویند. رنگ سخت شده را در این حالت نمی توان مجددا رقیق نمود لذا واکنش رزین و سخت کننده، برگشتناپذیر می باشد. رنگهای دوجزی در دمای سخت و محیطهای سرد به طور کامل سخت نمی شوند زیرا واکنش رزین و سخت کننده در این شرایط به کندی صورت می گیرد. در دمای زیاد نیز واکنش رنگ و سخت کننده سریعتر اتفاق افتاده و لایه رنگ سریع سخت می گردد لذا دوام این رنگها به دمای محیط بستگی دارد.

مهمترین رزینهای این دسته عبارتند از : رزینهای اپوکسی و پلی یورتان.

حد بین خشک شدن فیزیکی و خشک شدن شیمیایی، خشک شدن اکسیداتیو می باشد که در آن اکسیژن به عنوان جزء شبکه کننده عمل می نماید. در خشک شدن به طریق اکسیداتیو، ابتدا حلالها تبخیر و از فیلم خارج می شود سپس اکسیژن هوا با مواد افزودنی موجود در رنگ، وارد واکنش شده و باعث خشک شدن رنگ می شود. فیلمهای تشکیل شده، به طریق اکسیداتیو برگشتناپذیر می باشند.

اثرات شرایط محیطی بر فرصت کاربری و نگهداری رنگ

با بررسی اطلاعات ارائه شده توسط تولید کنندگان رنگ، مشخص می‌گردد که برای هر پوشش، عموماً داده‌هایی مربوط به فرصت کاربری (*Pot Life*) و فرصت نگهداری (*Shelf Life*) پیشنهاد می‌گردد. در آمریکا، تولید کنندگان رنگ، زمان کاربری و نگهداری را به صورت یک عدد در واحد دقیقه و یا سرعت و در دماهای ۷۰، ۷۵ و ۷۷ درجه فارنهایت (معادل ۲۰، ۲۴ و ۲۵ درجه سانتیگراد) ارائه می‌کنند. در صورتی که تولید کنندگان خارج از آمریکا، این زمانها را بر حسب دقیقه و ساعت در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتیگراد پیشنهاد می‌نمایند. با این وجود، تنها تولید کنندگان محدودی، اثرات شرایط محیطی را بر روی این زمانها در نظر می‌گیرند. عدم درک صحیح از این زمانها می‌تواند موجب صدماتی نظیر: پخت نامناسب، چروک شدگی، ورقه‌ای شدن و کاهش براقیت در پوشش گردد. گرچه دما، مؤثرترین عامل در واکنش پخت پوششهای حفاظتی می‌باشد اما تنها فاکتور نمی‌باشد. هر محصولی خواص خاص خود را داشته و عواملی نظیر گرما، رطوبت، باد می‌توانند بر روی مکانیزم پخت تأثیر نمایند.

فرصت کاربری

فرصت کاربری معمولاً به صورت یک دوره زمانی پس از ترکیب کامل پوشش دو جزئی (نظیر اپوکسی دو جزئی) تعریف می‌شود که در طی آن می‌توان از پوشش، طبق توصیه تولید کننده، در دمای تعیین شده استفاده نمود. البته برخی از پوششهای تک جزئی هم، دارای محدودیتهای فرصت کاربری می‌باشند. (به عنوان مثال می‌توان به پوششهای پلی یورتان عمل آمده با رطوبت، اشاره نمود)

فرصت نگهداری

فرصت نگهداری به مدت زمانی پس از تولید یک محصول اطلاق می‌شود که در طی آن، محصول طبق توصیه‌های تولید کننده و در دمای تعیین شده، قابل استفاده و نگهداری می‌باشد. این تعریف، هم در مورد محصولات تک جزئی و هم تولیدات چند جزئی، صدق می‌کند.

اثرات دما

هر ۱۰ درجه سانتیگراد افزایش دما، موجب کاهش زمانهای تعیین شده (فرصت کاربری و نگهداری) به میزان ۵۰ درصد می‌گردد. و به صورت معکوس، هر ۱۰ درجه سانتیگراد کاهش دما، زمان تعیین شده را دو برابر می‌کند. به عنوان مثال، محصولی که فرصت کاربری ۴ ساعته‌ای در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد دارد در حرارت ۳۵ درجه سانتیگراد، بیش از ۲ ساعت زمان کاربری نخواهد داشت و بالعکس در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد، زمان کاربری آن به ۸ ساعت افزایش می‌یابد.

اثرات رطوبت

میزان رطوبت در تماس با پوشش، می‌تواند در مورد محصولات حساس به رطوبت، موجب تقلیل یا افزایش اثرات دما گردد. نمونه متداولی که می‌توان ذکر نمود، پلی یورتان عمل آمده با رطوبت می‌باشد.

محصول متداول دیگر، پوشش غیرآلی روی (*IZO*) پایه حلالی است که برای پخت به رطوبت محیطی بالای ۵۰ درصد نیاز دارد. در پوششهای اپوکسی مخصوص آستر مخازن نیز عمل پخت و پیوند عرضی حاصل نمی‌شود؛ مگر آن که رطوبت کافی با رزین آمین، واکنشی داده و آن را آزاد نماید.

پوشش غیرآلی روی پایه آبی نیز جهت پخت مناسب، هم به دما و هم حضور دی‌اکسید کربن موجود در محیط، نیاز دارد. این نوع پوشش در دمای پایین‌تر از ۱۰ درجه سانتیگراد پخت نمی‌شود. در مورد پوششهای دوجزیی پلی یورتان، اگر رطوبت بیش از حد، در ساعات اولیه پس از استفاده از آن، با پوشش در تماس باشد، ممکن است لایه حاصل، براقیت خود را از دست داده و یا چروک‌زدگی در آن مشاهده گردد. چنین عیوبی ممکن است به طور مشابه در مورد لعابهای آلکیدی و پایه روغنی هم رخ دهد و آن در صورتی است که ساختاری که لعاب بر روی آن قرار گیرد به نقطه شبنم رسیده باشد و رطوبت بر روی سطح، قبل از آن که عمل پخت و سخت شدن آلکید کامل شده باشد، قرار گیرد.

اثرات باد

برخی از محصولات دوجزیبی نظیر پلی استرها، جهت پخت مناسب، نیازمند واکنش یک کاتالیزور دارای استیرین می‌باشند. این محصولات عموماً از نظر حجمی به صورت ۱۰۰ درصد جامد در نظر گرفته می‌شوند. با این وجود هنگامی که در هوای گرم و توأم با وزش باد به کار برده شوند، کاهش ۳ الی ۱۵ درصدی در ضخامت لایه خیس در زمان خشک شدن، مشاهده می‌گردد. دلیل این امر، بخار شدن استیرین از سطح پوشش به دلیل اثرات توأم دما و وزش باد بر روی سطح پوشش می‌باشد. این عوامل منجر به کاهش ضخامت لایه حاصل می‌شوند.

منبع:

روشهای اجرای رنگ سطوح فلزی

جهت رنگ آمیزی سطوح از روشهای مختلفی استفاده می گردد که نهایتا هدف حصول سطح یکنواخت، مناسب و صاف رنگ با ضخامت یکسان بر روی سطح کار می باشد. استفاده از یک روش رنگ آمیزی برای تمام رنگها و تمام کارها، مطلوب نمی باشد.

سطح قبل از رنگ آمیزی برای رسیدن به شرایط مطلوب، باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- صاف، سخت و کمی زبر باشد.
- کاملا خشک باشد.
- آلوده به گرد و غبار و چربی و ... نباشد.
- زیاد نرم و انعطاف پذیر نباشد.
- از نظر شیمیایی کاملا خنثی باشد.
- ترک یا درز نداشته باشد. زیاد نفوذپذیر نباشد.

روشهای عمده رنگ آمیزی

رنگ آمیزی سطح توسط قلم مو یا برس.

رنگ آمیزی سطح توسط اسپری.

رنگ آمیزی سطح توسط غلطک یا رولر.

رنگ آمیزی سطح توسط غوطه وری.

در اینجا متداولترین روشهای رنگ آمیزی مورد بررسی قرار می گیرند.

الف) رنگ آمیزی توسط قلم مو :

یکی از قدیمی‌ترین روش‌های رنگ‌آمیزی استفاده از قلم‌مو می‌باشد. با وجود ابداع شیوه‌های گوناگون و پیشرفته این روش کماکان به دلیل سادگی در موارد بسیاری کاربرد دارد.

استفاده از قلم‌مو نیز مانند هر ابزار دیگر نیاز به مهارت خاص خود دارد. برای کار با قلم‌موهائی که نو هستند، باید قبل از استفاده آماده و یا اصطلاحاً پرداخت شوند. برای این منظور ابتدا بایستی قلم‌مو بدون آغشتن به رنگ به سطح خشک و تمیزی کشیده و تکان داده شود تا گرد و غبار و موهای جدا شده آن بریزد. بعد قلم‌مو را یک ساعت در روغن بزرک قرار داده تا خوب نرم شود، سپس با حلال شسته شود. قلم‌مو پس از خشک شدن برای رنگ‌آمیزی مناسب است. در ضمن چون حدود ۶۰ درصد قلم‌مو فضای خالی است پیش از شروع کار بایستی یک سوم ارتفاع آن چند نوبت در رنگ فرو برده شده سپس رنگ‌آمیزی به صورت متقاطع انجام شود. جنس موی قلم‌موها از الیاف مصنوعی یا الیاف طبیعی است.

الیاف مصنوعی معمولاً برای رنگهائی که دارای حلالهای قوی از جمله حلالهای کیتون‌دار می‌باشد به کار می‌رود. یکی از الیاف پرمصرف نایلون است که دارای مقاومت سایشی بالائی بوده و برای اغلب سطوح فولادی، گچی، سیمانی به کار می‌رود. قلم‌موهای با الیاف طبیعی نیز به آب و مواد شیمیائی و pH رنگ حساس هستند و برای رنگهائی پایه آبی و رنگهائی که حلالهای ضعیف تری دارند مصرف می‌شود.

ب) رنگ‌آمیزی توسط غلطک :

برای انجام سریعتر و همچنین یکنواختی بهتر از غلطک یا رولرهای مخصوص جهت رنگ‌آمیزی استفاده می‌شود. کار با غلطک نیز مستلزم تمرین و کسب مهارت است. برای سهولت کار با غلطک بهتر است سطل مستطیل سکلی که متناسب با اندازه غلطک مربوطه باشد تهیه و رنگ آماده شده در آن ریخته شود. ضمناً برای زدودن رنگ اضافی لازم است صفحه مشبک یا توری فلزی با سوراخهای درشت را به بدنه ظرف تکیه داده و غلطک آغشته به رنگ چندبار روی آن غلطانیده شود تا رنگهائی اضافی آن گرفته شود. سپس غلطک با فشار کافی دو الی سه مرتبه در جهت رفت و برگشت به سطح رنگ‌آمیزی شونده کشیده شود. برای برطرف ساختن حبابهای پدیدآمده، غلطک (بدون آغشتن به رنگ) برای مرتبه نهایی در جهت رفت و برگشت حرکت داده شود. یکی از شرایط مناسب برای رنگ‌آمیزی مطلوب، غلظت مناسب رنگ است. غلظت رنگی که با غلطک رنگ‌آمیزی می‌شود اندکی

بیشتر از رنگی است که توسط قلم‌مو رنگ‌آمیزی می‌شود. غلظت معمول این رنگها ۱۵۰-۱۰۰ ثانیه با فوردکاپ ۴ میلی‌متر است.

توجه: پس از رنگ‌آمیزی با غلطک لازم است گوشه و زوایای غیرقابل دسترسی با قلم‌مو رنگ شود.

ج) رنگ‌آمیزی با روش پاشش:

با توجه به متداول بودن این روش در اکثر کارگاهها و نیروگاههای بزرگ و کوچک، تنوع شیوه‌های مختلف این سیستم بیشتر از سایر روشهای رنگ‌آمیزی است. این روش معمولاً به صورتهای ذیل انجام می‌شود:

با کمک هوا (سرد)

بدون هوا (ایرلس)

الکترواستاتیک

از روش پاششی (با کمک پیستوله) برای رنگ‌آمیزی انواع مختلف رنگ‌های پایه آبی و پایه حلالی استفاده می‌شود. کار با پیستوله مستلزم کسب مهارت و تجربه کافی است و سهولت کار و سرعت عمل خوب موجب افزایش بازده کاری شده و رنگ‌آمیزی را مقرون به صرفه می‌نماید. در ادامه انواع روشهای پاششی مختصراً توضیح داده خواهد شد:

رنگ‌آمیزی با روش پاششی با کمک هوا:

برای انجام یک رنگ‌آمیزی تمیز و بدون نقص لازم است قبل از هر چیز پیستوله سالم و تمیزی در اختیار داشت. لذا کنترل و تنظیم پیستوله از لحاظ فشار هوا، مقدار هوا، مقدار رنگ جریان‌یافته و مقدار قدرت پخش‌کنندگی از ضروریات اصلی برای شروع رنگ‌آمیزی است. در این روش برای ایجاد هوای فشرده از کمپرسور هوای مناسب استفاده می‌گردد.

فاصله سر پیستوله تا سطح کار باید مناسب و ثابت باشد. فاصله کم باعث شره رنگ و فاصله زیاد باعث دانه‌دانه شدن یا زبرشدن سطح رنگ می‌شود. معمولاً این فاصله حدود ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. در ضمن پیستوله بایستی نسبت به سطح کار عمود قرار گیرد و حرکت دست نیز از بازو باشد چون حرکت توسط مچ دست، باعث نایکنواختی ضخامت فیلم رنگ می‌شود.

جهت حرکت دست هنگام رنگ آمیزی با پیستوله باید با سرعت یکنواخت و از چپ به راست (یا بالعکس) باشد. تنها در مورد رنگ کردن حاشیه یا لبه سطوح عمودی، حرکت از بالا به پایین (یا بالعکس) مجاز است. حرکت چرخشی و مدور دست نیز به هیچ عنوان مجاز نمی باشد.

برای پوشش یکنواخت و کامل لازم است در هر حرکت حدود ۵۰ درصد از قسمت رنگ شده با حرکت قبلی مجدداً تحت پوشش قرار گیرد و همپوشانی رعایت شود.

فشار وارده بر ماشه پیستوله باید پس از پایان حرکت قطع شود. برای حرکت بعدی مجدداً سرعت حرکت دست یا به عبارتی پیستوله باید یکنواخت باشد. این سرعت نه باید آنقدر تند باشد که فرصت کافی برای پوشاندن فراهم نشود و نه آنقدر آهسته که تراکم رنگ پاشیده بر روی سطح باعث شره کردن و یا چکه کردن رنگ شود.

رنگ آمیزی با روش پاششی بدون هوا (ایرلس):

مکانیزم این روش به این صورت است که رنگ در مخزن تحت فشار قرار می گیرد و انرژی در ذرات آن ذخیره می شود. این انرژی پس از عبور یا خروج رنگ از سوراخ پیستوله به انرژی جنبشی تبدیل شده و رنگ به صورت پودر به سطح مربوطه پاشیده می شود. فشار لازم در این پیستوله ها معمولاً حدود ۷۰ تا ۴۳۰ آتمسفر است.

مزایای این سیستم رنگ آمیزی عبارتند از :

به علت مخلوط نبودن هوا و رنگ، ذراتی که به سطح می نشینند، رنگ خالص است و در نتیجه حباب هوا در سطح رنگ آمیزی شده پدیدار نمی شود.



به هنگام رنگ آمیزی با پیستوله‌های معمولی قسمتی از رنگ خارج شده از پیستوله به صورت ابر رنگ متشکل از هوا و ذرات رنگ می‌باشد، در اطراف پیستوله پراکنده می‌شود. ولی در سیستم ایرلس ابر رنگ به صورت فوق بسیار اندک است و در نتیجه آلودگی محیط کار و اتلاف رنگ کاهش می‌یابد.

ضایعات این روش نسبت به روش معمولی ۳۰ درصد کمتر است و به علت غلیظ بودن رنگ مصرفی، لایه‌های رنگ ضخیم‌تر می‌شود و در نتیجه از تعداد دفعات رنگ آمیزی کاسته خواهد شد.

امکان مانور دست و کار در ارتفاع بسیار عالی است. درپوش یا کلاهک این پیستوله‌ها با پیستوله‌های معمولی کاملاً متفاوت است. بدین صورت که به جای سوراخ چند میلی‌متری در پیستوله‌های معمولی قطر سوراخ این پیستوله‌ها از چند صدم میلی‌متر تجاوز نمی‌کند. این قطر به نحو مناسب توسط کارخانه سازنده روی کلاهک حک شده و نشان داده می‌شود.

دامنه پاشش نیز بر اساس ، کاهش یا افزایش زاویه پاشش می‌باشد و با تعویض کلاهک قابل تغییر است. برای رنگ آمیزی سطوح باریک باید زاویه پاشش را کوچکتر (حدود ۲۰ درجه) انتخاب کرد و بالعکس برای رنگ کردن

سطوح پهن نظیر مخازن، باید زاویه پاشش بیشتر (حدود ۸۰ درجه) انتخاب شود. انتخاب زاویه مناسب در ایجاد سطح یکنواخت و همچنین سرعت کار و عدم اتلاف رنگ بسیار موثر است.



نکات قابل توجه هنگام کار با پیستوله ایرلس به شرح ذیل می باشد :

حرکت دست باید یکنواخت و از بازو باشد نه از مچ دست.

فشار وارده بر ماشه هنگام پاشیدن رنگ باید یکنواخت باشد. تغییرات این فشار به علت غلظت زیاد رنگ مصرفی

در این سیستم به مراتب مشهودتر از روش پاششی معمولی است.

فاصله سر پیستوله تا سطح کاررر به طور متوسط ۳۰ سانتی متر باشد.

رنگ آمیزی با روش پاششی الکترواستاتیک

یکی از جدیدترین روشهای رنگ آمیزی استفاده از تاثیر نیروی الکترواستاتیک است که در کارگاه ساخت قطعات

کاربرد دارد. در این روش برای باردار کردن ذرات و کلا ایجاد میدان مغناطیسی از یک مولد برق یکنواخت استفاده

می‌شود. قطعه رنگ‌شونده به قطب منفی و رنگ یا پیستوله رنگپاش به قطب مثبت متصل می‌گردد. با برقراری جریان الکتریسیته که همزمان با شروع کار گردونه رنگپاش صورت می‌گیرد، میدان مغناطیسی بین پیستوله و قطعه رنگ‌شونده ایجاد می‌شود که در آن ذرات به سمت قطعه به حرکت در آمده و تدریجاً آن را می‌پوشانند. نظر به استفاده از جریان الکتریسیته جهت باردار نمودن ذرات رنگ و همچنین ایجاد میدان مغناطیسی جهت هدایت این ذرات به طرف قطعه رنگ‌شونده، لازم است قطب منفی سیستم (قطعه) خاصیت هدایت الکتریسیته داشته باشد.

به علت وجود جریان الکتریسیته در این سیستم، غلظت حلال پراکنده در هوای موجود در کابین مخصوص رنگ آمیزی نباید از ۰.۸ درصد بیشتر باشد، در غیر اینصورت خطر آتش‌سوزی وجود دارد.

خصوصیات این روش عبارتند از :

- اتلاف رنگ کمتر از سایر روشها است.
- فیلم یکنواخت حاصل می‌شود.
- فقط بر روی فلزات هادی جریان الکتریسیته کاربرد دارد.
- تجهیزات مورد نیاز گران‌تر از سایر روشها است.
- پس از اعمال پوشش به این روش، امکان اعمال لایه مجدد با همین روش وجود ندارد، چون فیلم تشکیل‌شده هادی نیست.

رنگ آمیزی با روش غوطه‌وری

در این روش قطعه را پس از آماده‌سازی سطحی در داخل حوضچه‌های حاوی رنگ غوطه‌ور می‌سازند. پس از مدت زمان لازم که نسبت به ضخامت مطلوب رنگ و شکل اجسام متغیر است، آن را از حوضچه خارج کرده و بعد از چکیده‌شدن رنگهای اضافی در معرض هوا یا در کوره قرار می‌دهند. در روش غوطه‌وری بایستی موارد زیر رعایت گردد :

- حوضچه رنگ قبل از پرکردن کاملاً تمیز شود.

- برای جلوگیری از تبخیر بی‌مورد حلال موجود رنگ لازم است پس از اتمام کار حتماً روی آن درپوش گذاشته شود.
 - قلابهای مخصوص آویزان کردن اشیاء باید مقاومت لازم را متناسب با وزن اشیاء داشته باشند.
 - اشیاء باید حتی‌المقدور از گوشه آویزان شود تا رنگ اضافی از گوشه دیگر پائین ریخته شود.
 - برای جلوگیری از تشکیل حباب و کف کردن رنگ در حوضچه باید اشیاء به آرامی به حوضچه وارد و یا از آن خارج گردند.
 - به علت باز بودن حوضچه در طی رنگ‌آمیزی مقداری از حلال رنگ تبخیر شده و غلظت آن افزایش می‌یابد.
- لذا برای ثابت نگاه‌داشتن غلظت لازم است در فواصل زمانی معینی غلظت رنگ مصرفی کنترل و تنظیم شود. برای یکنواختی غلظت رنگ مصرفی در خلال کار باید رنگ حوضچه را به دفعات هم زد تا از ته‌نشینی رنگ نیز جلوگیری به عمل آید.

اهمیت تر کنندگی سطوح پایه توسط رنگ اعمالی

آیا می‌دانید تر کنندگی یا تر شوندگی به عنوان معادل لغت *Wetting*، دقیقاً به چه معناست؟

برخی، تر کنندگی را به صورت رابطه‌ای بین انرژی سطحی رنگ اعمالی و سطح پایه، تعریف کرده‌اند. بر این اساس، مشکل، هنگامی بروز می‌کند که انرژی سطحی زیرلایه، کمتر از انرژی سطحی پوشش باشد و در این حالت، پوشش، سطح زیرلایه را به خوبی خیس نمی‌کند. ما در اینجا زمان تر کنندگی را به عنوان حداکثر زمان مورد نیاز برای رسیدن پوشش اعمالی به آخرین نقاط سطح پایه، در نظر می‌گیریم.

در صورت استفاده از پوششی با درصد ترکیبات فرار (VOC) بالا، این امکان وجود دارد که پوشش به درون پوسته‌های نازک و اکسیدهای سطحی، نفوذ کرده و با رسیدن به فلز پایه، پیوندهای محکمی با آن ایجاد نماید. در این صورت، هر چه درصد فاز جامد (زرین)، کمتر و میزان حلال، بیشتر باشد، لایه پوششی دارای ضخامت کمتری بوده و به راحتی می‌تواند از میان ناخالصی‌ها، آلودگی‌های سطحی، روغنهای سبک و اکسیدهای نازک، نفوذ کند. زمان سخت شدن نیز از فاکتورهای موثر در قابلیت تر کنندگی پوشش می‌باشد.

زمان سخت شدن بیشتر، منجر به بهبود قابلیت تر کنندگی، می‌گردد. بنابراین مجموعه‌ای از درصد کم فاز جامد، درصد بالای حلال و زمان زیاد سخت شدن، موجب تر کنندگی مطلوب، چسبندگی بالا و مقاومت به ایجاد حفره در پوشش (Pin hole) می‌گردد.

این خواص همگی در صورت استفاده از پوشش‌هایی با درصد بالای ترکیبات فرار ارگانیکی (VOC)، میسر است ولی قوانین زیست محیطی و استانداردهای جدید، محدودیتهایی را برای میزان استفاده از این حلالها در پوشش، به وجود آورده‌اند که ملزم به رعایت آنها هستیم.

امروزه از پوشش‌هایی با حداقل مقدار ممکن حلال، استفاده می‌شود که در آنها، مقدار فاز جامد (زرین و رنگدانه)، زیاد بوده، مقدار حلال، بسیار کم می‌باشد و در نتیجه باعث کاهش تر کنندگی و در ادامه، عدم چسبندگی مطلوب بین پوشش و سطح پایه می‌گردد. بنابراین، در این حالت مجبور به افزایش هزینه، برای آماده‌سازی سطح هستیم. همچنین در صورت استفاده از رنگهایی با درصد بالای فاز جامد، معمولاً تعداد لایه‌های اعمالی، به دو لایه می‌رسد و هر دو لایه باید پس از خشک شدن، ضخامت بالاتری را نسبت به رنگهای قدیمی – که در چند لایه اعمال می‌شوند – داشته باشند. هنگامی که درصد فاز جامد در پوشش به ۵۰ تا ۹۰ درصد و حتی بیشتر می‌رسد، بر اهمیت خاصیت تر کنندگی سطح توسط پوشش، افزوده می‌شود. زیرا به طور معمول، با افزایش درصد فاز جامد، از زمان سخت شدن رزین کاسته می‌شود و بنابراین پوشش، فرصت کمتری برای خیس کردن سطح خواهد داشت.

خوشبختانه بخش صنعت توانسته است راه‌های مختلفی را به منظور برطرف کردن این مشکل ابداع کند. استفاده از آسترپیهای با درصد بالای فاز جامد و بدون رنگدانه از آن جمله هستند. همچنین ابداع و توسعه موادی که سرعت سخت شدن را در رنگهایی با درصد بالای فاز جامد، کاهش می‌دهند، به عنوان راه‌حل دیگری برای برطرف کردن این نقیصه، شناخته می‌شود.

یکی از مزایای استفاده از آسترهای بدون رنگدانه، این است که فیلم تشکیل شده بر روی سطح قطعه، بر اساس رزینی با سرعت سخت شدن پایین، ساخته می‌شود که باعث افزایش زمان و بهبود توانایی و قابلیت نفوذ رزین به داخل خلل و فرج سطح، آلودگی‌ها و پوسته‌های سطحی می‌شود. این پوشش‌های جدید، به نام *Surface Tolerant* خوانده می‌شوند. البته لزوماً این پوششها به خودی خود، دارای خواص حفاظتی بهتری نسبت به پوششهای مشابه نیستند. اغلب این آسترها، دارای زمان *Pot-Life* حدود ۴ ساعت یا بیشتر، در دمای 25°C می‌باشند. این رنگها دارای زمان سخت شدن، حدود ۵۰٪ بیشتر از پوششهای مشابه هستند و این باعث می‌گردد که زمان بیشتری برای تر کردن سطح، قبل از غیرفعال شدن این مکانیزم، بر اساس افزایش ویسکوزیته رزین، وجود داشته باشد.

به طور خلاصه، هنگامی که یک پوشش، امکان نفوذ به داخل لایه‌های زیرین نظیر: فلز، بتن، چوب، پلاستیک و یا پوشش قبلی را قبل از سخت شدن، نداشته باشد – که البته این مسئله ارتباطی به کیفیت و مرغوبیت پوشش ندارد – چسبندگی مناسبی بین سطح و پوشش ایجاد نمی‌شود. عمق نفوذ رنگ (تر کنندگی)، مستقیماً به میزان چسبندگی ارتباط داشته و بنابراین عمر لایه پوششی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

منبع:

1. L.D.Vincent, "The Importance of wetting a substrate", *Materials Performance*, PP 40-41, Feb 2001.

شناخت پیستوله

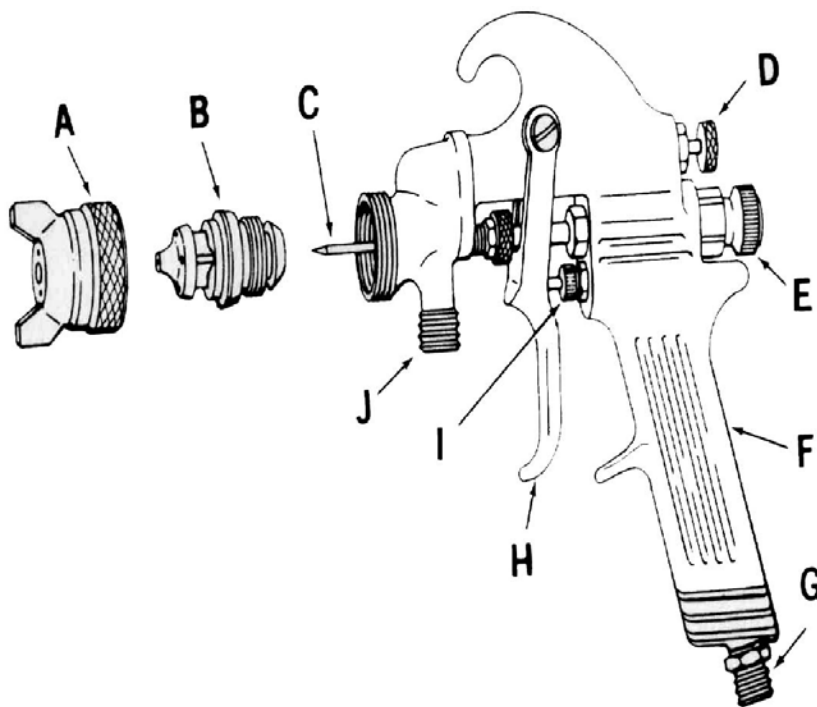
روشهای اولیه اسپری

اتمايز به معنای فرآیندی است که طی آن از هوای فشرده برای تجزیه مایع به قطره‌های ریز و سپس جهت‌دهی آنها، استفاده می‌شود. به منظور کنترل جریان هوای فشرده و مایع، پیستوله دارای دو شیر است که به سادگی با یک ماشه کنترل می‌شوند. مخلوط هوا و مایع، خارج از تفنگ و بین قطعات نازل هوا، تشکیل می‌شود. سه روش

اولیه برای اسپری وجود دارد. با ایجاد خلاء در سطح یک نازل می توان مواد را به سمت پیستوله، آورد. این خلاء مواد را جهت اتمایز از طریق یک لوله از ظرف مایع به نازل هوا می آورد. این روش را اسپری سیفونی (*Siphon Spraying*) می نامند. در مواقعی که به اسپری مایعات سنگین تر یا سرعت تولید بیشتر نیاز است، مواد تحت فشار جهت اتمایز به نازل هوا آورده می شوند. به این روش، اسپری تحت فشار (*Pressure Feed Spraying*) گفته می شود.

روش دیگر، آن است که مواد از ظرفی که در بالای تفنگ قرار گرفته به سمت نازل هوا حرکت کند. به این روش، تغذیه ثقلی (*Gravity Feed Spraying*)، گفته می شود. این روش در صافکاری و رنگ آمیزی خودرو بسیار رایج است.

شناخت قسمت های مختلف پیستوله: یک پیستوله دارای ۱۰ قطعه اصلی است.



نازل هوا (A)، قطعه اول است. نازل هوا، به باد برای اتمیزه کردن مایع، جهت داده و به ذرات مایع سرعت کافی می دهد که به سطح قطعه کار، برسند. نازل مایع (B) ابزاری جهت اندازه گیری میزان مایع خروجی است. در برخی از طراحی ها، یک تجزیه کننده به نازل مایع متصل شده تا به حرکت مستقیم جریان، کمک نماید. سوزن (C)، ابزاری برای شروع و توقف جریان مواد است. این کار با فشردن سوزن بر سطح ماشین کاری شده نازل، انجام

می‌شود. ورودی جانبی یا کنترل فن (D)، عرض و وسعت اسپری را با کنترل جریان هوا تا نازل، تنظیم می‌کند. یک مجموعه کنترل مایع تحت فشار (E)، فشار مکانیکی روی سوزن را به هنگام آزاد بودن ماشه، نگه می‌دارد. دسته و بدنه تفنگ (F)، تعادل دست و مرکز ثقل را جهت پوشش دادن بهینه، تامین می‌کند. مسیر هوا در داخل دسته تفنگ، کاملاً ماشینکاری شده است. اتصال ورودی هوا (G)، با یک اتصال $4/1$ اینچی، برای اکثر پیستوله‌ها، تامین می‌شود. معمولاً از اتصالات هوا $4/1$ اینچی با شیلنگ $8/5$ اینچی استفاده می‌شود. با فشردن ماشه (H)، کنترل هوا و جریان مواد به سمت نازل هوا و مایع، صورت می‌گیرد. شیر هوا (I)، مقدار هوایی که از میان تفنگ، جریان می‌یابد را کنترل می‌کند. ورودی مایع (J)، ابزار مناسبی برای اتصال ظرف سیفون یا شیلنگ مواد، فراهم می‌آورد که معمولاً یک اتصال $8/3$ اینچی است. دلیل تفاوت اتصال هوا و سیال، آنست که از آنها جابجا استفاده نشود.

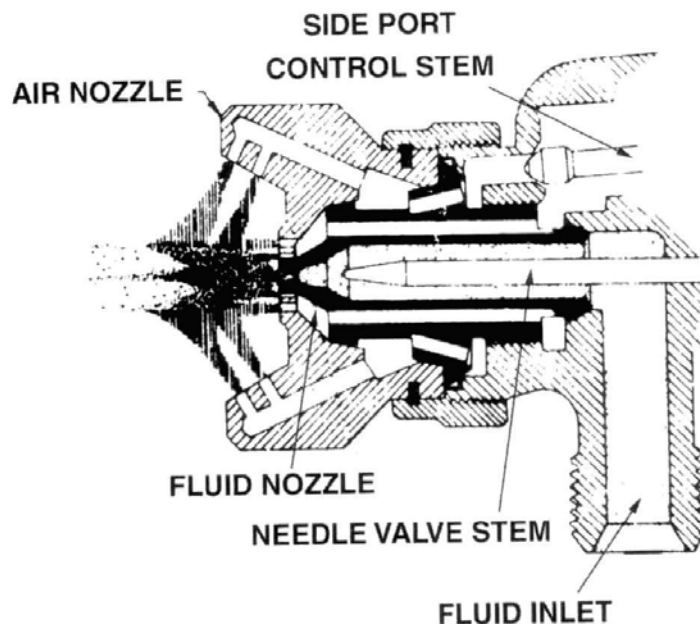
مشخصات سوزن و نازل مایع

عمل نازل مایع شکل (۲) عبارت است از اندازه‌گیری جریان، جهت‌دهی به مایع و ایجاد محلی برای قرارگیری سوزن، اندازه و راج نازل مایع، عموماً با متغیرهای زیر انتخاب می‌گردد:

- ویسکوزیته مواد
- نوع مواد مورد استفاده
- حداکثر سرعت جریان مایع

ویسکوزیته عبارتست از مقاومت مایع در برابر سیلان، موادی که ویسکوزیته بیشتری دارند، سنگین‌تر بوده و بنابراین آهسته‌تر جریان می‌یابند. در نتیجه اندازه سوراخ نازل مایع باید بزرگتر و فشار مایع بیشتر باشد تا مواد از داخل سوراخ به بیرون پاشیده شود. قاعده آن، مشابه قاعده الکتریسیته است. جریان مایع، حکم جریان الکتریکی و فشار مایع، حکم ولتاژ را دارد. سرعت اسپری یا جریان مایع، محدوده بسیار وسیعی داشته و به پروسه تولید بستگی دارد. در سرعت‌های تولید کم، به سرعت پایین در حدود $296 - 237$ میلی‌لیتر بر دقیقه، نیاز است. در عملیات رنگ کردن نقاله‌ها که با سرعت 30 تا 40 فوت بر دقیقه حرکت می‌کنند به سرعت جریان $532 - 473$ میلی‌لیتر بر دقیقه نیاز است. در خطوط رنگ‌آمیزی خودرو، سرعت اسپری به بیش از 946 میلی‌لیتر بر دقیقه می‌رسد.

سوزن مایع، کار انسداد جریان را انجام می‌دهند انتخاب آلیاژ مصرفی در سوزن، هنگام کار با مواد ساینده و یا سیال خورنده، اهمیت بسیاری دارد. معمولاً از فولاد زنگ نزن غیرمغناطیسی با سختی ۵۶ تا ۶۰ راکول استفاده می‌شود. برای مواد خیلی ساینده، از سوزن و نازل مایع با جنس کاربید تنگستن استفاده می‌گردد. هندسه نازل سیار برای کنترل جریان مایع مهم بوده و در برخی موارد به جریان مایع، حالت پیش‌اتمیزه می‌دهد.

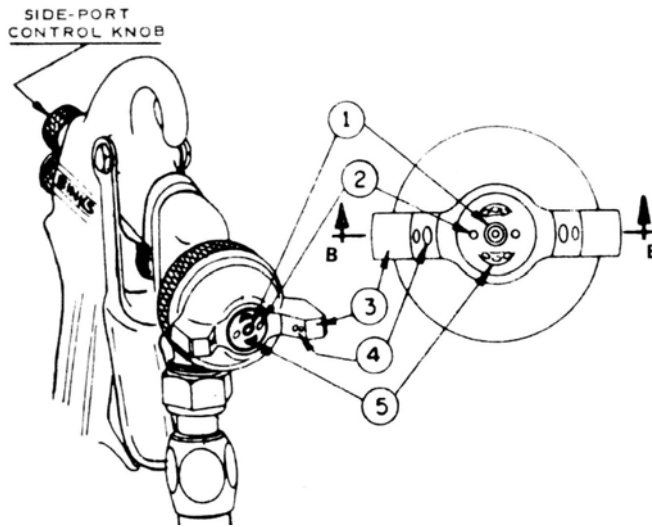


شکل (۲)

نازلهای هوا

نازل هوا، ابزار اولیه‌ای برای پیستوله‌های مخلوط خارجی، به حساب می‌آیند. اتمایز اولیه در فضای بین نازل مایع و سرپوش هوا، انجام می‌گیرد. ستون هوایی که این فضا می‌گذرد با جریان مایع بر همکنش نموده و جریان منقطعی از مایع به وجود می‌آورد. معمولاً به این مرحله، مرحله اول اتمایز گفته می‌شود. فشار هوا در این مرحله بر روی نازل از ۱۰ پوند بر اینچ مربع برای شرایط (HVLV) تا ۸۰-۲۰ پوند بر اینچ مربع برای حالت‌های عادی، متغیر است. شکل (۳) اجزاء اصلی نازل هوا را نشان می‌دهد.

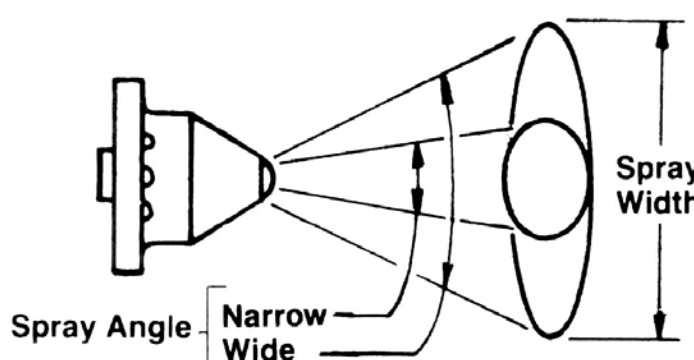
در شکل (۲) نحوه قرارگیری نازل‌های هوا و مایع دیده می‌شوند. سوراخ‌های نازل مایع با سوراخ‌های نازل هوا در یک امتداد می‌باشند. در برخی نازل‌های هوای تغذیه تحت فشار، یک سری سوراخ دیگری با زاویه قائمه نسبت به سوراخ‌های نازل مایع دیده می‌شود که به آنها سوراخ‌های همگرایی زاویه‌ای یا مرحله دوم اتمیزاسیون گفته می‌شود.



شکل (۳)

شکل دهی الگوی فن

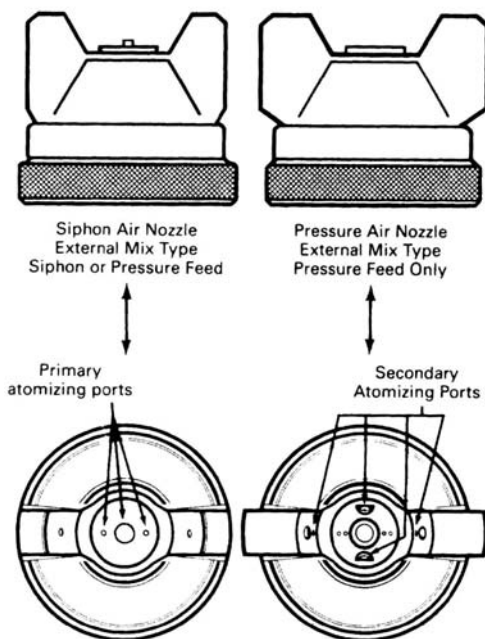
سوراخها، جریان بادی را به وجود می آورند که به تشکیل جریان اتمیزه، کمک می کند. بدون این جتهای جانبی هوا، جریان اتمیزه به جای آن که بیضوی باشد، دایره ای می شود که در شکل (۴) نشان داده شده است. با تنظیم میزان هوای واگرا به سوراخهای باد، می توان اندازه عرض اسپری را کنترل نمود. این تنظیم معمولاً با شیر کنترل ورودی جانبی که در بالای پیستوله نصب می شود، صورت می گیرد. اگر شیر کاملاً باز باشد، عرض اسپری، حداکثر خواهد بود و هنگامی که شیر بسته باشد، الگوی اسپری دایره ای شکل و در کوچکترین اندازه خود خواهد بود.



شکل (۴)

نازلهای هوای تحت فشار

نازلهای هوا مخلوط خارجی، به دو نوع تقسیم می‌شوند: یا سیفونی هستند و یا تغذیه تحت فشار، نازل تغذیه سیفونی را می‌توان از روی قرار گرفتن نازل مایع در پشت سطح نازل هوا، تشخیص داد. شکل (۵) این نازلها را نشان می‌دهد.



شکل (۵)

هوای اتمیزه کننده از نوک نازل مایع گذشته و یک خلاء نسبی در نوک آن به وجود می‌آورد که موجب مکش مایع از درون ظرف می‌گردد.

این سیستم، مشابه اتمایز در شیشه‌های عطریات عمل می‌کند. نازل تغذیه تحت فشار، تمایل به اعمال فشار، پشت محل نازل مایع دارد. بنابراین داشتن جریان دقیقی از مایع هنگام اسپری مشکل خواهد بود. نازلهای تغذیه تحت فشار را نمی‌توان برای اسپری‌های تغذیه سیفونی مورد استفاده قرار داد ولی از نازلهای سیفونی می‌توان در سیستم‌های اسپری تحت فشار استفاده نمود. زاویه‌ای که روزنه‌های جانبی، تحت آن سوراخ می‌شوند. در نازلهای سیفونی و تحت فشار با یکدیگر متفاوت است. شکل (۶) اثر تنظیم سوراخ جانبی برای رسیدن به الگوی بیضوی تر را نشان می‌دهد. با فرض ثابت ماندن فشار هوا و مایع در هر لحظه، مقدار مایع خروجی نیز در هر لحظه ثابت خواهد بود.



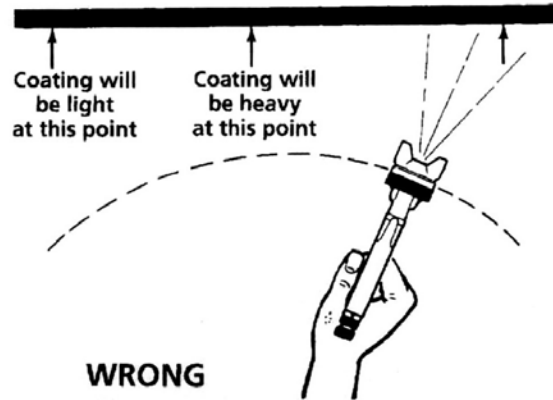
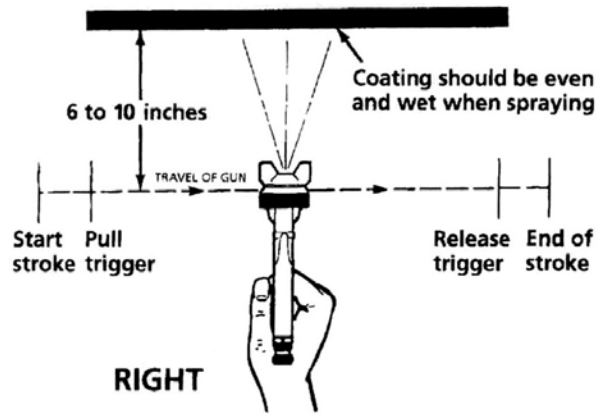
شکل (۶)

بنابراین اگر الگوی انتهای سمت چپ، ۸ اینچ مربع مساحت داشته و ضخامت آن ۴ میل (هر میل معادل ۰.۰۰۱ اینچ است) باشد، الگوی انتهای سمت راست با مساحت ۱۶ اینچ مربع، ۲ میل ضخامت خواهد داشت. از آنجایی که مایع مصرفی، تماماً بر روی سطح نمی‌نشیند، ضخامت واقعی فیلم رنگ را در همه موارد، باید با اندازه‌گیری مشخص نمود. همچنین ضخامت فیلم خشک از فیلم تر، کمتر بوده و چرا که حلال آن تبخیر و از فیلم خارج می‌شود.

استفاده بهینه از تفنگ اسپری

تفنگ اسپری از نظر فنی، دستگاه کاملی به شمار می‌رود ولی اگر کاربرد، طرز صحیح کا با آن را ندارند، عملکرد مناسبی نخواهد داشت. بکارگیری روشهای غلط، موجب افزایش هزینه‌های پوشش می‌گردد. به منظور بهینه‌سازی استفاده از اسپری، توجه به نکات زیر، ضروری است.

• تفنگ را به صورت عمود بر امتداد سطح کار قرار دهید.



- قوسی و زاویه‌دار بودن پیستوله، موجب ضخامت غیریکنواخت لایه رنگ می‌گردد.
- سرعت جابجایی و حرکت تفنگ را کنترل کرده تا ضخامت فیلم به صورت یکنواخت و مناسب ایجاد گردد.

- همپوشانی لایه‌ها از ۵۰٪ تجاوز ننماید.

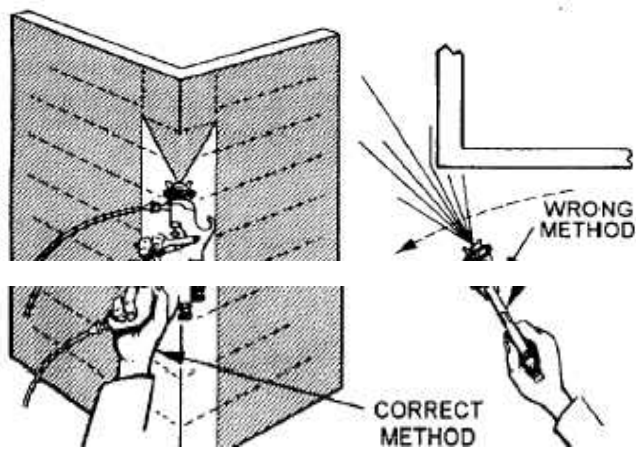
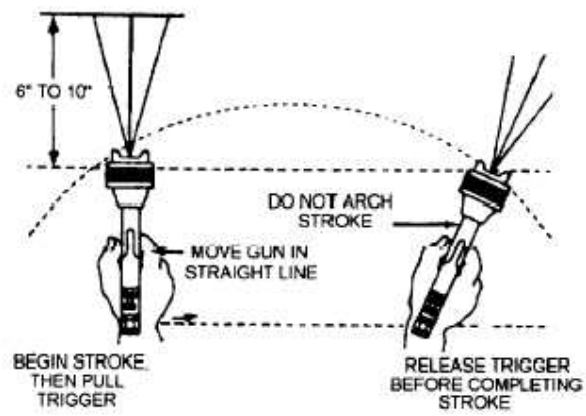
اسپری بیش از حد، موجب اتاف رنگ می‌گردد. هنگامی که تفنگ ثابت و ساکن است، ماشه نباید کشیده شود. فاصله تفنگ و سطح کار باید به منظور ایجاد الگوی مناسب پاشش، به طور دقیق انتخاب گردد. فاصله بهینه بین ۶ تا ۱۰ اینچ می‌باشد. زمان خشک شدن فیلم در یکنواختی لایه مؤثر است. اگر فشار اتمایز درست انتخاب نشود، سطح رنگ دارای بافت مناسبی نخواهد بود.

منبع:

1. Paul Micheli, "Understanding How a Spray Gun Atomizes Pain", *Metal Finishing*, No 10, PP 59-64, Oct 2003.

عیوب رنگ آمیزی با پیستوله

مشکلات رنگ پاشی با پیستوله تنظیم نادرست ابزار و به کارگیری تکنیکهای غلط، معایبی را در کار به وجود می آورند.



تکنیکهای نادرست

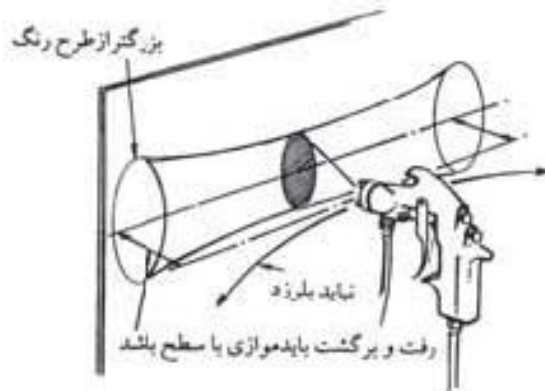
۱- قوس دادن تفنگ (پیستوله)

اگر در هنگام کار، دسته پیستوله را محکم و سفت در دست نگه دارید، مستقیماً رو به سطح فرار نمی‌گیرد، در

نتیجه :

- مسیر رنگ در هوا، منحرف می‌شود.
- مقدار کمی رنگ به کار می‌رسد و سطح، مات می‌شود.

- سطح بطور یکنواخت رنگپاشی نمی شود و در هر حرکت رفت و برگشت پیستوله، لبه ها، رنگ بیشتری می خورند.



۲- کج کردن تفنگ (پیستوله)

اگر بجای عمود نگاه داشتن پیستوله نسبت به سطح کار، آن را کج نگاه دارید

- طرح رنگ، ناهمگون خواهد شد
- رنگ، مات خواهد شد.
- رنگ، شره خواهد کرد.

۳- نزدیک کردن پیستوله به سطح کار

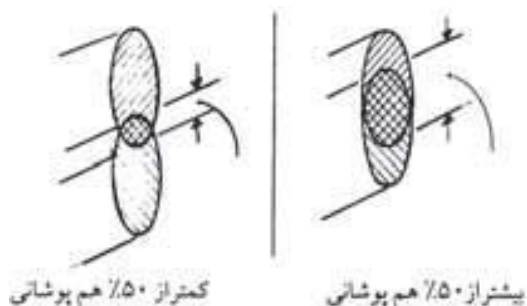
اگر فاصله پیستوله تا سطح کار، کمتر از ۶ الی ۸ اینچ باشد، رنگ روی یک نقطه، متمرکز می گردد و این امر موجب جاری شدن یا چروک خوردن رنگ می شود (مگر اینکه رفت و برگشت پیستوله خیلی سریع باشد).

۴- دور نگاه داشتن پیستوله از سطح کار

به هنگام پودری شدن رنگ، حلال، تبخیر می شود. از این رو، هر چه فاصله تفنگ و سطح کار، بیشتر باشد، حلال بیشتری تبخیر می شود و در نتیجه پوشش رنگ، زبر و خشک می گردد.

۵- هم پوشانی غلط

اگر فاصله مسیرهای حرکت و برگشت پیستوله، بیش از حد معمول باشد، هم پوشانی کمتر از ۵۰٪ شده و سطح کار، لکه لکه می شود. اگر این فاصله کمتر از حد معمول باشد، هم پوشانی بیش از ۵۰٪ می شود و سطح زیادی را می پوشاند .



۶- سرعت نامناسب پیستوله

اگر سرعت حرکت پیستوله، زیادتر از حد معمول باشد، سطح کار، خوب پوشیده نمی شود و اگر سرعت آن کمتر از حد معمول باشد، سطح کار با چند لایه، پوشیده خواهد شد.

۷- کشیدن دائم ماشه

در آغاز هر حرکت رفت و برگشت پیستوله، ماشه را بکشید و در انتها نیز آن را رها کنید. اگر ماشه، در تمام موارد، کشیده شده باشد، سطح کار، لکه لکه خواهد شد؛ زیرا در این حالت، لایه رنگ کناره های کار، ضخیم تر می شود و رنگ، جاری می گردد و سطح کار، چروک می خورد.

معایب ناشی از نقص تجهیزات

۱- شکافتگی طرح رنگ

اگر پیچ تنظیم هوا، بیش از اندازه باز باشد یا رنگ مصرفی تفنگ، خیلی رقیق باشد، طرح رنگ، شکافته می شود.

۲- لرزش رنگ

لرزش جریان رنگ به علل زیر به وجود می آید:

- کمبود رنگ در مخزن؛
- گرفتگی در جریان عبور مایع؛

- شکستگی یا قطع لوله عبور مایع؛
- فشار بخش انتهایی لوله مایع به ته مخزن؛
- شل بودن درپوش یا سوپاپ مایع؛
- شل بودن کوپلینگ؛
- گرفتگی دریچه هوا؛
- فرسودگی واشر دریچه هوا.

طرح رنگهای فاقد شکل طبیعی

۱- تراکم رنگ در راس یا انتهای طرح رنگ؛

علت: کثیف بودن روزنه درپوش هوا یا سوپاپ مایع؛

روش رفع عیب:

تمیز کردن درپوش هوا و سوپاپ مایع؛

۲- تراکم رنگ در سمت چپ یا راست طرح رنگ؛

علت: کثیف بودن درپوش هوا یا سوپاپ مایع، برای مشخص شدن اشکال، درپوش را ۱۸۰ درجه بگردانید و بعد

رنگ پاشی کنید. اگر طرح رنگ از یک طرف، متراکم شده است، درپوش را تمیز کنید. اگر باز هم مشکل حل نشد،

سوپاپ مایع را تمیز نمایید.

روش رفع عیب:

درپوش هوا یا سوپاپ مایع را تمیز کنید. پس از تمیز کردن، هوا باید از میان پیستوله بگذرد.

۳- تراکم رنگ در مرکز طرح؛

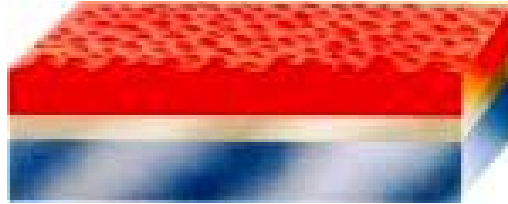
بیش از اندازه بودن رنگ در وسط طرح رنگ، ناشی از عوامل زیر است:

- دریچه تنظیم پخش رنگ، بسیار ضعیف عمل می کند.
- رنگ مصرفی، خیلی غلیظ است.
- فشار هوا، بسیار کم است.

- فشار مایع، بسیار زیاد است.
- اندازه سوپاپ و سوزن مایع، مناسب نیست.

۴- سطح پوست پرتقالی

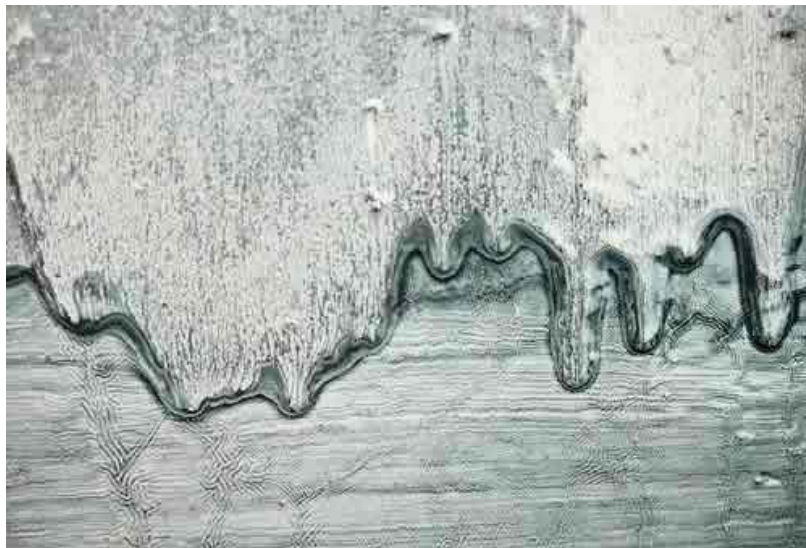
اگر ضخامت، خیلی زیاد باشد، رنگ بد اسپری می شود؛ از این رو قطرات رنگ روی سطح، رسوب می کنند.



۵- سینه کردن رنگ

اگر فشار هوا، خیلی زیاد باشد و از لعاب مصنوعی استفاده شود، به رنگ سطح فشار آمده و رنگ، سینه می کند.





۶-قطره ای شدن رنگ

اگر فشار هوا برای صحیح پودرشدن رنگ، کم باشد، قطرات رنگ روی سطح، دیده می شوند.



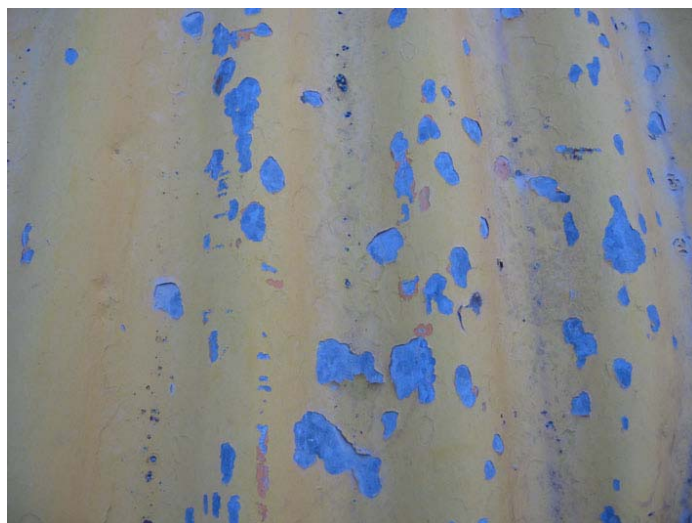
رنگ آمیزی فولاد گالوانیزه

قطعات فولادی گالوانیزه شده به روش غوطه‌وری گرم (*HDG*)، غالباً باید به منظور ایجاد لایه محافظ و افزایش

طول عمر سازه و همچنین در کاربریهای تزئینی، رنگ آمیزی گردند.

مقاومت به خوردگی این سیستم دوتایی (شامل لایه گالوانیزه به همراه رنگ) بالاتر از حالتی است که هر یک از لایه‌های فوق به تنهایی بر روی سازه فولادی اعمال گردند. به هنگام اعمال لایه رنگ بر روی سطح گالوانیزه شده، رعایت تکنیکها، و نکات خاصی به منظور افزایش چسبندگی لایه‌ها بر یکدیگر و افزایش میزان محافظت از خوردگی، الزامی می‌باشد. عدم چسبندگی، عموماً مربوط به آماده‌سازی و تمیزکاری نامناسب یا غیراصولی سطوح، قبل از عملیات رنگ‌آمیزی می‌باشد.

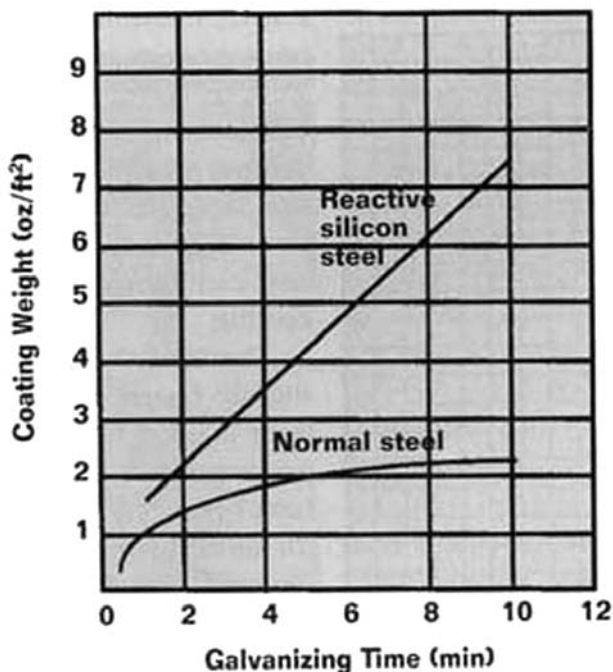
در صورتی که سازه فولادی گالوانیزه شده، به مدت حدود ۱ سال در معرض اتمسفر قرار می‌گیرد، چسبندگی لایه رنگ بر روی سطح گالوانیزه، مطلوب بوده که به دلیل رنگ‌پذیری مناسب لایه محافظ فشرده و پایدار، شامل محصولات خوردگی فلز روی، بر سطح است. حتی در رنگ‌آمیزی بر فولادی که ۲۴ الی ۴۸ ساعت از عملیات گالوانیزاسیون آن می‌گذرد نیز، مشکلی از جهت چسبندگی رنگ بر سطح گالوانیزه وجود ندارد.



پوششهای گالوانیزه

پوششهای گالوانیزه تهیه شده به روش غوطه‌وری گرم را - که از این پس، آنها را به اختصار (*HDG*) می‌نامیم - به دو روش می‌توان ایجاد نمود. در روش اول، قطعات فولادی به صورت پیوسته از داخل حمام مذاب روی، عبور داده می‌شوند. در این حالت، خواص لایه گالوانیزه کاملاً وابسته به سرعت حرکت قطعات از داخل حمام مذاب است. دو محصول عمده از قطعاتی که به این روش پوشش داده می‌شوند، ورقها و سیمهای فولادی می‌باشند. در این فرآیند، لایه‌ای از فلز روی به صورتی که هموار و نازک و با ترکیبی نزدیک به ترکیب حمام و با کمترین مقدار پیوندهای بین فلزی آهن - روی ایجاد می‌گردد. پوشش را می‌توان به صورت آلیاژی نیز تهیه نمود که در این صورت پیوندهای بین فلزی ایجادشده بر سطح، دارای قابلیت رنگ‌پذیری مطلوبی می‌باشند.

در فرآیند دوم (*HDG*) که غالباً به نام *Batch* خوانده می‌شود، قطعات فولادی برای یک مدت زمان مشخص، درون حمام مذاب قرار می‌گیرند. در این حالت، پوشش، با نفوذ متقابل روی و آهن تشکیل می‌شوند.



در روش *HDG* به طریقه *Batch*، متغیرهایی نظیر ترکیب شیمیایی فولاد در فرآیند، وجود دارند که بر ضخامت لایه روی، موثر می‌باشند. وجود عناصری مانند فسفر و سیلیسیم در فولاد، باعث تسریع در نفوذ متقابل آهن و روی در یکدیگر شده و نتیجتاً ضخامت لایه پوشش و درصد ترکیبات بین‌فلزی افزایش می‌یابد.

در منحنی مربوط به تغییر ضخامت لایه گالوانیزه نسبت به زمان بر سطح فولاد معمولی، نتیجه می‌گردد که واکنشهای گالوانیزاسیون پس از گذشت مدتی، کند شده و با افزایش ضخامت و وزن لایه، سرعت نفوذ روی و آهن در یکدیگر، به شدت کاهش می‌یابد.

اما زمانی که فولادهای فعال (حاوی P و Si) در حمام مذاب روی قرار می‌گیرند. واکنشهای گالوانیزاسیون تا هر زمان که عمل غوطه‌وری ادامه داشته باشد، صورت گرفته و ضخامت لایه، افزایش پیدا می‌کند. میزان فعالیت فولاد با توجه به مقدار فسفر و سیلیسیم تعیین می‌گردد و لایه گالوانیزه ایجاد شده در حضور این عناصر، شامل ترکیبات بین فلزی روی و آهن می‌باشد.

در این شرایط، سطح، شفاف و درخشان نبوده و فام آن متمایل به خاکستری کدر و سطح تا حدودی خشن می‌گردد. البته این سطح، محل مناسبی برای نگهداری رنگ بوده و دارای قابلیت رنگ‌پذیری مناسبی می‌باشد. مهمترین مسئله در مورد گالوانیزه گردن فولادهای فعال، ضخامت لایه پوشش است.

در صورتیکه پوشش خیلی ضخیم باشد ممکن است پوشش شکننده شده و حساسیت آن به تنشهای احتمالی افزایش پیدا کند، که نتیجه آن، جدا شدن لایه پوشش گالوانیزه از سطح فولاد است. بنابراین دانستن میزان سیلیسیم و فسفر در فولاد، از اهمیت به‌سزایی در تهیه و تولید فولادهای گالوانیزه با کیفیت مطلوب، برخوردار می‌باشد.

سطوح گالوانیزه

تولیدکنندگان فولادهای گالوانیزه، عموماً محصولات خود را تحت عملیات نهایی قرار می‌دهند تا از ایجاد لکه و تغییر رنگ ناشی از رطوبت، بر سطح قطعات تولیدی جلوگیری کنند. علاوه بر این، در اکثر اوقات، قطعات گالوانیزه شده جهت سرد شدن سریعتر، درون آب کوئنچ می‌شوند. در صورتیکه رنگ‌آمیزی قطعات، مورد نظر می‌باشد، باید از عملیاتهای فوق به دلیل تغییرات شیمیایی که در سطح پوشش می‌دهند، اجتناب شود.

از طرف دیگر در بعضی از عملیاتهای تکمیلی نظیر فسفات‌کاری، قابلیت سطح برای پذیرش رنگ، بهبود می‌یابد ولی کرومات‌کردن، خواص سطح را به نحوی تغییر می‌دهد که رنگ‌آمیزی آن مشکل می‌شود.

کوئنچ کردن قطعات گالوانیزه در آب، اساساً تاثیر منفی بر روی کیفیت و خواص شیمیایی سطح ندارد ولی در اکثر اوقات، حمام آب، حاوی مقادیر روغن، گریس و یا فلاکسهایی می‌باشد که در اثر تماس با سطح گالوانیزه،

چسبندگی رنگ به سطح را کاهش می‌دهند. پوشش گالوانیزه، با فراهم کردن یک مانع در برابر اتمسفر خورنده و به عنوان آند فداشونده، از فولاد در برابر خوردگی محافظت می‌کند.

مقاومت این لایه، ناشی از تراکم و غیرقابل حل بودن محصولات خورده شده روی، بر سطح پایه می‌باشد. قطعاتی که به تازگی گالوانیزه شده‌اند، دارای سطحی شفاف و هموار می‌باشند و بنابراین، در ۲۴ الی ۴۸ ساعت اولیه پس از گالوانیزه کردن، فقط به مقدار کمی خشن کاری سطح جهت آماده‌سازی آن، به منظور رنگ‌آمیزی احتیاج می‌باشد.

تبدیل Zn فلزی به اکسید روی (ZnO) در ۱۲ ماه اول قرارگیری قطعه گالوانیزه در محیط، رخ می‌دهد. تبدیل ZnO به هیدروکسید روی ($Zn(OH)_2$) به سرعت و پس از تشکیل ZnO انجام می‌شود و بستگی به میزان رطوبت موجود در هوا به صورت شب‌نم یا بخار، دارد. محصولات خوردگی مانند ZnO و $Zn(OH)_2$ در آب حل می‌شوند، بنابراین به مرور زمان و بر اثر بارندگی، شسته شده و از سطح جدا می‌شوند.

آخرین مرحله در چرخه خوردگی، تبدیل ZnO و $Zn(OH)_2$ به کربنات روی ($ZnCO_3$) می‌باشد. این مرحله در هنگام تماس مستقیم و آزادانه هوا با سطح رخ می‌دهد. دی‌اکسید کربن (CO_2) موجود در هوا با سطح گالوانیزه واکنش داده و منجر به تشکیل کربنات روی می‌گردد. این ترکیب در آب نامحلول بوده و یک لایه کاملاً فشرده و متراکم بر روی سطح ایجاد می‌کند و هر چند به مرور زمان فرسوده می‌شود ولی به صورت یک لایه محافظ عمل می‌نماید. نرخ خوردگی مجموعه در کل، وابسته به میزان سایش و حل شدن $ZnCO_3$ می‌باشد. خوردگی، به شدت در pH پایین، افزایش می‌یابد، زیرا محلولهای اسیدی به سرعت، $ZnCO_3$ را حل می‌کنند. pH در محدوده قلیایی هم می‌تواند، باعث کاهش طول عمر پوشش‌های گالوانیزه شود.

لایه $ZnCO_3$ فشرده و تا حدودی خشن می‌باشد و چسبندگی رنگ بر روی آن، حتی بدون آماده‌سازی سطح و یا با آماده‌سازی مختصر، مطلوب می‌باشد.



بنابراین، دو حالتی که قطعات گالوانیزه شده جهت رنگ آمیزی، احتیاج به آماده سازی سطح ندارند، عبارتند از :
قطعاتی که بین ۲۴ الی ۴۸ ساعت از مرحله گالوانیزه شده آنها می گذرد و قطعاتی که بیش از ۱ سال در تماس با
اتمسفر و هوای محیط قرار گرفته اند.

در حالت های دیگر، بر روی قطعه باید قبل از رنگ آمیزی، عملیات آماده سازی شامل زدودن ZnO و $Zn(OH)_2$
صورت گیرد.

آماده سازی سطح فولاد گالوانیزه

آماده سازی مناسب سطح، نکته ای کلیدی در رنگ آمیزی موفقیت آمیز ، همراه با چسبندگی مطلوب رنگ بر سطح
گالوانیزه و درک مزایای یک سیستم دوتایی می باشد.

در مواردی می توان پوسته شدن لایه رنگ را - که بر اثر آماده سازی نامناسب سطح به وجود آمده - در سطح
قطعات، مشاهده نمود. در این مواقع، پوشش گالوانیزه در هنگام رنگ آمیزی سطح، دارای ترکیبات ZnO و
 $Zn(OH)_2$ بوده و پس از گذشت ۲ تا ۳ سال سرویس دهی، ZnO از لایه زیرین (فلز روی) جدا شده و از آنجایی
که رنگ به لایه ZnO چسبیده است، در هنگام جدا شدن ZnO ، رنگ نیز از سطح قطعه، کنده می شود.

تمیز کاری سطح

هدف از تمیزکاری سطح گالوانیزه، قبل از رنگ آمیزی، زدودن آلودگیهای سطحی نظیر: گریس یا روغن می باشد. البته باید دقت نمود که در حین عملیات تمیزکاری، لایه گالوانیزه از سطح برداشته نشود. استفاده از مواد حلال قلیایی، بیشترین کاربرد را در زدودن آلایندهها از سطح گالوانیزه دارند.

از آنجایی که بعضی از مواد تمیزکننده، ممکن است با رنگهای مختلف، واکنشهای متفاوتی داشته باشند، بهتر است که قبلا با شرکت تولیدکننده رنگ نیز مشورت گردد.

روغن، گریس و دیگر آلایندههای چرب را می توان با استفاده از محلولهای قلیایی در محدوده pH برابر ۱۱ الی ۱۲، برطرف نمود. استفاده از pH بالای ۱۳ به سطح گالوانیزه، آسیب جدی می رساند. اکثر تمیزکنندههای قلیایی، شامل ۲ تا ۵ درصد ترکیبات سدیم به همراه مقدار کمی افزودنیها نظیر امولسیفایر می باشند. این محلول را می توان به صورت غوطه وری، اسپری کردن و یا برس زدن، مورد استفاده قرار داد. در صورت استفاده از برس، باید از نوع نرم و ترجیحا از جنس ترکیبات نایلون، بهره گرفت و استفاده از برسهای مسی یا فولادی، کاملا اشتباه می باشد. هنگام استفاده از روش غوطه وری یا اسپری، انتخاب محدوده دمایی ۸۵-۶۰ درجه سانتیگراد، بهترین نتیجه را می دهد. در مورد قطعاتی که به تازگی پوشش شده اند، می توان توسط یک امولسیفایر پایه آلی، سطح را از آلودگیها، پاک نموده و سپس سطح قطعات را با آب داغ، شسته و در هوا خشک نمود. هنگامی که یک قطعه فولادی از وان گالوانیزاسیون، خارج می شود، این احتمال وجود دارد که مقداری از اکسیدهای روی - که بر سطح وان، شناور بوده و به خاکستر روی معروف هستند - به سطح قطعه فولادی بچسبند.

برای زدودن این خاکستر، قبل از عملیات رنگ آمیزی، می توان از محلول ۱ تا ۲ درصد آمونیاک (NH_3) که توسط برس نرم بر سطح مالیده می شود، استفاده نمود و سپس مجموعه را در آب داغ، به صورت کامل شستشو داد.

خشن کاری سطح

برای ایجاد سطحی مناسب، جهت رنگ آمیزی و به منظور بهبود چسبندگی رنگ به زیر لایه، باید عملیات خشن کاری بر سطح انجام گیرد. عموما در هنگام خارج سازی قطعات از حمام مذاب روی، شاهد شره کردن روی اضافی باقیمانده، بر سطح قطعه، هستیم. روی تجمع کرده در گوشه های قطعات، به صورت ترک خورده یا شکافدار، دیده می شود که باید قبل از پوشش دهی توسط رنگ، این برآمدگیها و ترکها، زدوده شوند. معمولا از سمباده های دستی یا برقی، به منظور زدایش این معایب، استفاده می گردد. البته این عملیات باید با دقت انجام شود تا از کاهش ضخامت لایه گالوانیزه و آسیب رساندن به آن، اجتناب گردد.

برای عملیات خشن کاری سطح گالوانیزه، می توان از شن پاشی استفاده نمود. اندازه ذرات پاششی، باید بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ میکرون، انتخاب شوند. استفاده از مواد ساینده از جنس آلومینیم/سیلیکات منیزیم، نتایج مطلوبی را در پی داشته است. ترکیبات ارگانیک نظیر: چوب ذرت، پوست گردو و یا مینرالهایی با سختی کمتر از ۵، در مقیاس *Mhos* نیز، به این منظور، کاربرد دارند. دمای سطح قطعات گالوانیزه در حین عملیات شن پاشی، تاثیر عمده‌ای بر زبری و وضعیت سطح، دارد. دمای مناسب، در محدوده ۸۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. همچنین درصد رطوبت محیط باید کمتر از ۵۰ و دمای محیط، حداقل ۲۱ درجه سانتیگراد، باشد. از دیگر عوامل موثر در این عملیات، تجربه کاربر می‌باشد. در صورتیکه زاویه دمنده، تقریباً عمود بر سطح باشد، مواد ساینده، به سرعت می‌توانند لایه محافظ فلز روی را از بین ببرند.

آسترهای نفوذی

در مواردی، از آسترهای نفوذی شامل ترکیبات دوجزیی اپوکسی، برای ایجاد لایه‌ای به ضخامت ۵۰ میکرون، بر روی سطح گالوانیزه، استفاده می‌شود. این ترکیبات می‌توانند، نقش قابل توجهی در حفاظت سطوحی که ZnO و $ZnO(OH)_2$ آنها، در حین تمیزکاری، از سطح زدوده شده، داشته باشند. سپس، از یک لایه پوشش رویی، برای حفاظت از آسترهای نفوذی استفاده می‌گردد.

عملیات فسفات روی

فسفات روی، یک نوع پوشش تبدیلی است که با غیرفعال کردن سطح روی و جلوگیری از تشکیل اکسید روی، خوردگی را به تعویق می‌اندازد. این پوشش را می‌توان به روشهای غوطه‌وری، اسپری و یا توسط برس، اعمال نمود. فسفات اعمالی باید بین ۳ الی ۶ دقیقه با سطح گالوانیزه در تماس بوده و سپس قطعات باید توسط آب کاملاً تمیز شده و خشک گردند.

استفاده از واش پرایمر

در این عملیات، از یک حالت‌دهنده فلزی برای خنثی کردن اکسیدها و هیدروکسیدهای سطحی و در ادامه، اچ کردن سطح گالوانیزه، استفاده می‌شود. با استفاده از این آسترها، یک لایه محافظ، با ضخامت ۷ الی ۱۳ میکرون، بر روی سطح ایجاد می‌شود. در صورتیکه ضخامت این لایه از ۱۳ میکرون بیشتر باشد، تاثیر منفی در چسبندگی رنگ به سطح، ایجاد نموده بنابراین، وجود این ضخامت بحرانی، تولیدکننده را ملزم به اعمال این مرحله در شرایط

کارگاهی، می‌کند. انجام این فرآیند در شرایط غیرکنترل شده (نظیر شرایط اعمال، در هنگام نصب در محل مورد نظر)، باعث ایجاد لایه‌ای ضخیم و غیریکنواخت می‌شود.

غیرفعال کردن سطح توسط اکریلیکها

در این روش از یک محلول اسیدی اکریلیک، برای غیرفعال کردن سطح گالوانیزه و خشن‌سازی سطحی، استفاده می‌گردد. لایه ایجادشده باید حدود ۱ میکرون، ضخامت داشته باشد و بر سطح گالوانیزه کاملا تمیز شده، اعمال شود. این لایه، باید قبل از رنگ‌آمیزی نهایی، به طور کامل، خشک شود.

انتخاب رنگ

انتخاب رنگ مناسب، برای یک منظور فنی و صنعتی، نقطه ارتباط و اتصال مابین هنر، معماری و مهندسی می‌باشد. فاکتورهای مختلفی در انتخاب رنگ وجود دارند که بسته به شرایط کاربرد، هدف استفاده از سیستم دوتایی، روش کاربرد، محل رنگ‌آمیزی و ملاحظات محیطی، باید لحاظ گردند.

کارآیی سیستم دوتایی

هنگامی که یک قطعه فولادی پوشش داده شده به روش گالوانیزه گرم، رنگ‌آمیزی می‌گردد، مقاومت به خوردگی آن به نحو چشم‌گیری، افزایش می‌یابد.

پوشش گالوانیزه به طور همزمان به عنوان آند فداشونده و سد حفاظتی از خوردگی زیرلایه فولادی جلوگیری می‌کند. رنگ نیز به عنوان یک پوشش محافظ، برای لایه *HDG*، عمل کرده و نرخ خوردگی فلز روی را کاهش می‌دهد. به طور کلی این سیستم دوتایی (شامل گالوانیزه + رنگ)، طول عمر قطعات را بین ۱.۵ الی ۲.۳ برابر، افزایش می‌دهند. یک نمونه از فولاد گالوانیزه با ضخامت پوشش ۷۰ میکرون، دارای طول عمر حدود ۹ سال در اتمسفر صنعتی می‌باشد. در صورتیکه رنگی به تنهایی با ضخامت ۱۰۰ میکرون بر روی قطعه اعمال گردد، طول عمر آن، در شرایط اتمسفری فوق، حدود ۳ سال خواهد بود.

حال بر اساس محاسبات، طول عمر مجموعه این دو لایه باید حدود $9+3=12$ سال باشد، ولی در عمل، طول عمر این سیستم دوتایی به ۱۸ سال می‌رسد. این افزایش طول عمر قطعات، باعث مقبولیت و ذابیت استفاده از سیستم دوتایی (گالوانیزه/رنگ)، در ساخت سازه‌های فولادی در شرایط محیطی خورنده، گردیده است. در صورتیکه امکان رنگ‌آمیزی مجدد سازه فولادی، پس از نصب وجود داشته باشد، می‌توان طول عمر را به میزان نامحدودی افزایش داد.

منبع:

1. Thomas. J.Langili, "Painting Over Hot_Dip Galvanized Steel",
Materials Performance, PP 44-49, Dec 1999

تعیین ضخامت فیلم رنگ

اندازه گیری ضخامت فیلم رنگ و پوشش در دو حالت زیر صورت می پذیرد

۱ - فیلم تر

۲- فیلم خشک

اندازه گیری ضخامت فیلم تر

در اینجا دو روش جهت تعیین ضخامت فیلم رنگ ارائه می شود. کاربرد این روشها تخمین تقریبی ضخامت فیلم خشک رنگ با اندازه گیری ضخامت فیلم تر می باشد. این روش جهت ضخامت بر روی سطوح صلب قطعات مناسب است. برای اندازه گیری ضخامت فیلم تر رنگ معمولاً از دو نوع وسیله ضخامت سنج چرخشی و شانه ای استفاده می شود که در زیر شرح مختصری در مورد هر یک از این ابزار و نحوه کار با آنها ارائه می گردد.

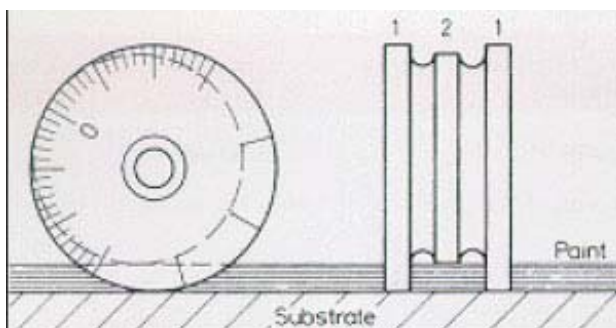
الف - شرح و نحوه کار با ضخامت سنج چرخشی

این ابزار از دو صفحه فلزی هم اندازه تشکیل شده است که در بین آنها صفحه سومی با اندازه کوچکتر قرار دارد و مرکز آن با مرکز دو صفحه دیگر متفاوت است.

محیط صفحه خارجی درجه بندی شده است. در نقطه صفر ابزار، تیغه هر سه صفحه با هم مماس می شود. نقطه مقابل صفر بر روی صفحه خارجی بیانگر اختلاف قطر بین صفحه مرکزی و صفحه های خارجی است که بزرگترین عدد حک شده بر روی صفحه خارجی نیز می باشد. در زیر شکل و نحوه کار با این دستگاه ارائه شده است.



- ابتدا ابزار را طوری بر روی سطح فیلم رنگ تر قرار دهید که بزرگترین عدد حک شده بر روی صفحه خارجی به سمت پایین باشد.
- ضخامت سنج را در سرتاسر فیلم بچرخانید (حداقل ۱۸۰ درجه در یک سمت در طول سطح و سپس در سمت دیگر)
- در نقطه ای که صفحه مرکزی ب رنگ آغشته شده است بر روی صفحه بزرگ ضخامت رنگ را بخوانید.
- عمل اندازه گیری را حداقل دو بار در دو نقطه مختلف تکرار کنید.



ب - شرح و نحوه کار با ضخامت سنج شانه ای

این ابزار از یک شانه از جنس فولاد ضدزنگ تشکیل شده است و معمولاً به دو شکل دایره ای و مستطیلی می باشد. دندانانهای خارجی ابزار، خط پایه (خط مبدأ) ابزار را تشکیل می دهند. دندانانهای داخلی کوتاهتر هستند و یک محدوده فاصله را بین دندانان و خط پایه تشکیل دهند که بزرگی هر فاصله از روی واحدی که بر روی ابزار ارائه شده است، مشخص می باشد.

- ضخامت سنج شانه ای را به طور عمودی روی سطح رنگ تر قرار دهید.

- دندانانهای که با فیلم رنگ تماس پیدا می کند ضخامت رنگ را مشخص می کند.



اندازه گیری ضخامت فیلم خشک

باتوجه به اینکه برای اعلام نتایج تعدادی از آزمایشات مخصوصاً شیمیایی ارائه ضخامت فیلم خشک ضروری است بنابراین به ارائه آن می پردازیم. برای اندازه گیری ضخامت فیلم خشک، روش غیرتخریبی توصیه شده است.





اندازه گیری ضخامت فیلم خشک بدون تخریب پوشش رنگ

در این روش ضخامت فیلم خشک رنگ اعمال شده بر روی سطوح فلزی، بدون تخریب پوشش سطح اندازه گیری می شود و بر پایه قوانین مغناطیسی یا الکتریکی استوار است.

- وسایل

دستگاه اندازه گیری - که براساس طبیعت سطح یا قانون فیزیکی، دستگاه عمل می کند.

تنظیم دستگاه

۱-دستگاه را در محدوده ای دور از میدانهای مغناطیسی، مانند خطوط نیرو، مولدها و دستگاههای جوشکاری تنظیم نمائید. در هنگام تنظیم کردن دستگاه هیچ ارتعاش مشخص نبایستی بر روی قطعه آزمایش وجود داشته باشد.

۲-جهت تنظیم دستگاه، ناحیه ای بدون رنگ و پوشش از سطح را انتخاب کنید (روش آماده سازی سطح در این ناحیه بایستی مشابه روش اعمال شده برای کل سطح باشد). در صورتیکه تمام سطح رنگ آمیزی شده

بود، بایستی سطحی از جنس سطوح مورد اندازه گیری که مشابه سطوح فوق، سطح آن آماده سازی شده است برای تنظیم دستگاه به کار رود.

۳- برای تنظیم از ورقه های نازک غیرمغناطیسی استفاده نمائید. اغلب این ورقه ها از ضخامت دقیق برخوردار نمی باشند. بنابراین ضخامت آنها بایستی با میکرومتر اندازه گیری شود.

۴- ضخامت ورقه های تنظیم براساس ضخامت تقریبی فیلم رنگ مورد بررسی بایستی انتخاب شود. بعنوان مثال اگر ضخامت فیلم رنگ ۷۵ میکرون باشد بایستی از ورقه های تنظیم با اندازه ۷۵ میکرون استفاده گردد. برای تعیین محدوده ای که ابزار در آن محدوده با دقت و صحت کافی عمل نماید بایستی از ورقه های تنظیم با ضخامت بیشتر و کمتر از ضخامت فیلم رنگ استفاده کرد.

۵- ورقه تنظیم را بر روی سطح فلزی بدون رنگ و پوشش قرار دهید و آهنربای دستگاه را در تماس مستقیم با سطح ورقه تنظیم قرار دهید. آهنربا را به آرامی از ورقه تنظیم جدا کنید. این عمل را با چرخاندن صفحه مدور مدرج در جهت عقربه ساعت برای دستگاهی که به فیزیکی از نوع هلیکا مجهز است و یا با بلند کردن کل دستگاهی که مجهز به فنر مدادی است، انجام دهید. در طی عمل بایستی ورقه را نگاه دارید تا در طی تنظیم از سطح آهنربا جدا نشود. ضخامت را از روی دستگاه در لحظه جدا شدن آهنربا از سطح بخوانید.

۶- اگر مقدار ضخامت خوانده شده با ضخامت ورقه همخوانی نداشت، دستگاه بایستی تنظیم شود. عمل تنظیم یا با کشیدن منحنی تنظیم یا تنظیم فیزیکی انجام می شود. در هنگام رسم منحنی تنظیم ضخامت خوانده شده با دستگاه بریک محور و مقدار ضخامت حقیقی بر محور دیگر درج می شود. برای تنظیم فیزیکی با سازنده دستگاه مشورت کنید.

۷- مقدار ضخامت فیلم رنگ را می توان مستقیماً از روی دستگاه خواند.

۸- در هنگام تنظیم دستگاه به دستورات کارخانه سازنده توجه کنید.

تذکر ۱- موارد ۵ و ۶ شامل دستگاههایی که ضخامت فیلم رنگ را بر روی سطوح غیرآهنی اندازه گیری می کنند نمی شود.

تذکر ۲- تنظیم بایستی در دوره اندازه گیری بطور متناوب کنترل شود.

روش کار استفاده از ضخامت سنج

- ۱- دستگاه را تنها بعد از تنظیم طبق روش فوق به کار برد.
- ۲- از خشک شدن فیلم رنگ قبل از آغاز اندازه گیریها اطمینان حاصل کنید.
- ۳- نوک (*Tip*) و سطح آهن ربا جهت اطمینان از پاک بودن بایستی بازبینی شود. وجود آلودگی صحت مقدار خوانده شده را تحت تأثیر قرار می دهد.
- ۴- منطقه یا سطحی که اندازه گیری انجام می شود باید فاقد ارتعاش الکتریکی یا میدانهای مغناطیسی باشد.
- ۵- اگر مقدار ضخامت خوانده شده خارج از محدوده تعیین شده بود روش کار تنظیم را در آن محدوده تکرار کنید. تنظیم دستگاه را در طی استفاده بطور مکرر کنترل کنید تا از اندازه گیری دقیق دستگاه بطور پیوسته اطمینان حاصل نمایند.
- ۶- تعداد نقاط اندازه گیری شده باید ۲ یا ۳ نقطه و در هر نقطه ۳ بار باشد و هیچیک از مقادیر اندازه گیری شده نبایستی کمتر از ۸۰ درصد ضخامت مطلوب باشد. میانگین ضخامت ها نبایستی کمتر از ضخامت مطلوب باشد.
- ۷- اطمینان حاصل کنید که اندازه گیرها در فاصله حداقل ۲۵ میلیمتر دور از لبه ها و گوشه های نمونه انجام شود.

نتیجه گزارش

موارد ذیل حائز اهمیت می باشد.

- ۱- نوع رنگ (نام شماره کد رنگ)
- ۲- روش آماده سازی سطح و جنس سطح
- ۳- نحوه اعمال رنگ بر روی سطح، تعیین تعداد لایه ها (یک لایه یا چند لایه بود)
- ۴- شرایط مدت زمان خشک شدن رنگ
- ۵- روش مورد استفاده جهت تعیین ضخامت
- ۶- نام دستگاه به کار رفته جهت تعیین ضخامت
- ۷- نتیجه آزمایش، به صورت مقادیر اندازه گیری شده بطور منفرد و مقدار متوسط
- ۸- تاریخ یا تاریخهای اندازه گیری ضخامت

محاسبات عددی ارتباط ضخامت فیلم خشک و تر رنگ و پوشش

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

$$\text{ضخامت فیلم خشک دلخواه} = \frac{\text{ضخامت فیلم تر}}{\text{درصد جامد حجمی رنگ}}$$

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

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

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

$$\text{میکرون } 256 = \frac{200}{0.78} = \text{ضخامت فیلم تر}$$

ممدوده ضخامت پوشش

فلسفه و نظریه هر چه بیشتر، بهتر، در مورد ضخامت پوششهای محافظ، می تواند تأثیرات مخرب و جبران ناپذیری بر کیفیت سیستم پوششی بگذارد.

انتخاب ضخامت صحیح و مناسب در هر لایه از پوشش، تأثیر مستقیمی بر طول عمر مجموعه پوشش داشته و بسیاری از معایب ایجاد شده در پوشش و رنگ، به دلیل همین انتخاب نادرست ضخامت می باشند.

ضخامت پوشش، همواره باید در محدوده توصیه شده از طرف تولید کننده و یا در محدوده تعیین شده در مشخصات فنی پروژه باشد.

در چند دهه اخیر، آسترهای غیرآلی روی، به عنوان پرمصرفترین نوع از پوششهای اولیه، مطرح شده‌اند. این پوششها، پس از خشک شدن، می‌بایست دارای ضخامت در حدود ۶۵ الی ۹۰ میکرون باشند. بر سطح این آسترها نیز، لایه‌ای از رزین اپوکسی با درصد بالای پلی‌آمید و در محدوده ضخامتی ۱۰۰ الی ۱۵۰ میکرون، اعمال می‌گردد. برای رسیدن به خواص ویژه (افزایش عمر لایه پوشش)، می‌بایست بر سطح لایه‌های قبلی، یک لایه اضافی از پلی‌یورتان اکریلیک با ضخامت ۴۰ میکرون نیز اضافه شود. آسترهای غیرآلی روی بر سطح فولاد، نسبت به دیگر آسترهای هوا خشک، در یک ضخامت برابر، معمولاً قابلیت حفاظتی بهتری را از خود نشان می‌دهند. لایه اپوکسی، با ایجاد نمودن خاصیت مقاومت شیمیایی، می‌تواند به عنوان لایه پوشش نهایی، مورد استفاده قرار گرفته و با ایجاد فامهای مختلف، موجب افزایش عمر لایه آستری از جنس روی گردد. این پوشش بیرونی، شرایط فداشوندگی روی را کاهش داده و آن را برای مصارف طولانی مدت (جلوگیری از ترک برداشتن و جدایش در لایه‌های زیرین) آماده می‌سازد. لایه اپوکسی، با قرار گرفتن در معرض نور آفتاب، به سرعت کدر شده و به اصطلاح، گچی می‌شود و این موضوع، تنها عیب این نوع سیستمهای دوتایی می‌باشد.

به منظور یکنواخت ماندن ضخامت لایه پوشش و مطلوب بودن شکل ظاهری قسمت خارجی، می‌بایست هر چند سال یکبار، سطح را مجدداً پوشش داد و البته این امر، بستگی به نوع پوشش و میزان تأثیر محیط بر پوشش اولیه خواهد داشت. معمولاً اعمال پوشش سوم از جنس پلی‌یورتان اکریلیک، این مشکل را حل می‌نماید. این ماده، با دارا بودن خواص قابل ملاحظه‌ای برای حفاظت ظاهر شیشه‌ای و فام پوشش و داشتن مقاومت بالایی در مقابل سایش و خوردگی در سطح و کاهش دادن نرخ گچی شدن، باعث افزایش عمر پوشش می‌گردد. به این ترتیب، این پوشش، بدون ایجاد تغییر در کیفیت آن می‌تواند ۱۰ الی ۱۵ سال، مورد استفاده قرار گیرد و بنابراین، هزینه کلی، به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد یافت.

در صورت ضخامت لایه آستری روی خیلی زیاد باشد، باعث جدا شدن لایه پوشش نهایی پس از خشک شدن و پخت، شده که دلیل آن، ایجاد تنشهای پسماند در این لایه ضخیم می‌باشد. در شرایط حادثه، در لایه پوشش، عمل ترک خوردن اتفاق می‌افتد. مجدداً به این نکته اشاره می‌شود که ضخامت لایه پوشش، باید تا حد امکان به مقادیر اشاره شده در برگه مشخصات فنی منتشره از سوی تولید کننده، نزدیک باشد. فرمول رنگ، معمولاً برای

ایجاد پوششی با ضخامت معین محاسبه شده است تا اینکه کیفیت در حد مطلوب باشد. ضخامت لایه پوشش نیز نباید قبل از هماهنگی و گرفتن دستورالعمل جدید از تولیدکننده، تغییر نماید.

أسفانه در بسیاری از موارد، اعداد و ارقام ارایه شده از سوی تولیدکننده، به صورت یک عدد مشخص بوده و هیچ محدوده‌ای برای تغییرات، در نظر گرفته نشده است.

از طرفی به دلیل یکنواخت نبودن سطح فولاد و نیز وجود خطاهای انسانی، نمی‌توان پوشش را دقیقاً مطابق با عدد اشاره شده (مثلاً ۵۰ یا ۱۰۰ میکرون) تهیه نمود. در صورتیکه رنگ، بر روی سطوح غیریکنواخت اعمال گردد، ضخامت رنگ را حتی توسط دستگاه‌های پیشرفته، به ندرت می‌توان با دقت محاسبه نمود. بنابراین ضخامت پوشش باید در محدوده‌های مثلاً با تخمین ۲۰٪ بالاتر یا پایین‌تر از عدد اشاره شده در کاتالوگها قرار گیرد. این نکته را هم به خاطر بسپارید که ضخامت بیشتر، ضرورتاً به معنی پوشش بهتر نمی‌باشد. کیفیت پوشش اعمالی نیز از عوامل تعیین کننده می‌باشد. یک پوشش فشرده و هموار با ضخامت ۵۰ میکرون، به مراتب کارایی بهتری نسبت به پوششی با ضخامت ۲۵۰ میکرون و با سوراخهای فراوان دارد. پوششهایی که بر پایه رزینهای دارای سیالیت و خیس‌کنندگی بالا تهیه می‌شوند و لایه‌های هموار ایجاد می‌نمایند، مطلوب می‌باشند. ضخامت زیادتر از حد مورد نیاز و توصیه شده، معمولاً باعث افت کیفیت پوشش و کاهش کارایی آن می‌شود. برای انجام یک پوشش مطلوب، بهتر است که قبل از شروع به ایجاد پوشش اصلی، در ابتدا یکبار سطح را پوشش داده و ضخامت لایه مرطوب را توسط دستگاه ویژه اندازه‌گیری نمود و بر اساس آن، تکنیک مورد نیاز را مشخص نمود. بای تنظیم دما و فشار اسپری کردن هم، باید از تینرهای توصیه شده استفاده نموده و مقدار مصرف، نباید بیشتر از مقدار توصیه شده باشد. تمامی پوششها پس از لحظه پاشیده شدن به سطح، می‌بایست کاملاً مرطوب باشند (به صورت خشک پاشیده نشوند). در بسیاری از موارد، شکل ظاهری پوشش در مقایسه با ضخامت لایه پوشش پس از خشک شدن، از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. یک داستان قدیمی وجود دارد که اکثر مشکلات پوشش دادن به آن برمی‌گردد. در آن داستان آمده است که اگر ما بخواهیم سطحی به ضخامت ۵۰ میکرون را پوشش دهیم، ضخامت پوشش باید ۷۵ میکرون باشد. این مسئله ممکن است از نظر ریاضی منطقی به نظر برسد اما در عمل نادرستی آن اثبات شده است. یک لایه آستری با فرمولاسیون صحیح و پوشش کاری مناسب، باعث ایجاد سطحی با پستی و بلندی زیاد شده که در نتیجه، ضرورت افزایش ضخامت آستری را کاهش می‌دهد. به عنوان مثال، با استفاده از

آستری مناسب که ضخامت لایه خشک آن، ۱۹ میکرون می‌باشد، قطعات مربوط به سازه‌های دریایی، حدود ۵ سال بدون استفاده از لایه پوشش بیرونی دوام آورده‌اند.

نکته آخر اینکه، در لبه‌ها و گوشه‌ها سازه، به خصوص لبه‌های تیز مانند سوراخها، معمولاً ضخامت پوشش نسبت نقاط دیگر، کمتر می‌باشد و بنابراین لازم است که قبل از انجام پوشش نهایی، یک لایه نازک بر سطح ایجاد گردد. این عمل را می‌توان از اسپری کردن رنگ، توسط برس یا قلم‌مو، انجام داد.

منبع:

1. J.Lichtenstein, "Coating Thickness: Some Things to Consider", Materials Performance, PP 34-35, june 2001.

دستورالعمل جهت تعیین زمان خشک شدن فیلم رنگ

این روش جهت تعیین زمان لازم برای خشک شدن رنگ و پوشش به کار می‌رود که با استفاده از این روش علاوه بر اینکه زمان مطلوب جهت خشک شدن فیلم رنگ و پوشش مشخص می‌شود اگر در مواد اولیه رنگ تغییراتی

حاصل شود روش خوبی جهت تائید رنگ و مطابقت آن با نمونه قبلی می باشد. که این نکته در رنگهایی که در ترکیب آنها خشک کن نمی باشد واضح تر است.

شرایط آزمایش و نوع سطح مناسب

- همه آزمایشات باید در مکانی با نور و تهویه مناسب که از هرگونه گرد و خاک و دوده به دور باشد انجام شود.
- تمام آزمایشات باید در دمای محیطی ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰٪ انجام شود.
- صفحات رنگ شده باید در حالت افقی جهت آزمایش قرار داده شود.
- گرانروی رنگ برای اعمال، باید بین فروشنده و خریدار موافقت شود.
- ضخامت فیلم اعمال شده روی صفحات باید متناسب با ضخامت واقعی رنگ جهت کاربرد باشد و آزمایش از ۱۵ میلیمتری کناره فیلم انجام می شود.
- روشنایی در خلال آزمایش می بایست که برابر ۲۷۰ لوکس (آزمایشگاه معمولی) باشد.
- نوع سطح مناسب برای اعمال رنگ در آزمایش تعیین زمان خشک شدن، توافقی می باشد اما طبق استاندارد، سطوح شیشه ای تخت جهت تعیین زمان خشک شدن به کار می رود.
- قبل از اعمال فیلم رنگ روی سطح شیشه، ابتدا سطح را کاملاً تمیز و خشک کرده و با فیلم کش یک لایه رنگ و پوشش با ضخامت ارائه شده در استاندارد یا ضخامت توافقی سازنده و مصرف کننده اعمال شود. در صورت عدم تمایل اعمال رنگ با فیلم کش می توان از روش پاششی، غوطه وری و دیگر روشها با نظر سازنده استفاده نمود.



الف - زمان مناسب جت لمس کردن فیلم رنگ (*Set to touch time*)

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

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

برای تشخیص این حالت چند تکه از الیاف پنبه بطول ۲۵ میلیمتر روی سطح فیلم قرار دهید. اگر به کمک دمیدن هوا ملایم از روی سطح، فیلم جدا شود این نوع خشک شدن اتفاق افتاده است که عمل فوق را می توان به کمک پودر کربنات کلسیم نیز انجام داد پس از دمیدن و با استفاده از برس نرم هیچگونه ذره ای از مواد پودری نباید روی سطح دیده شود.

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

یک تکه کاغذ با اندازه ۷۵ × ۵۰ میلیمتر روی سطح فیلم قرار داده و روی آن یک سیلندر با قطر ۵۰ میلیمتر و وزن ۲.۸۵ کیلوگرم قرار داده و به آن فشار ۱۳.۸ کیلو پاسکال وارد کرده و پس از چرخاندن سیلندر در مدت

۵ ثانیه، سیلندر را برداشته و فیلم رنگ را برگردانید. در عرض ۱۰ ثانیه کاغذ باید جدا شود. ضخامت کاغذ در حدود ۱۷ میکرون می باشد.

د - زمان لازم تا پس از لمس کردن، فیلم خشک باشد (*Dry to touch time*)

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

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

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

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

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

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

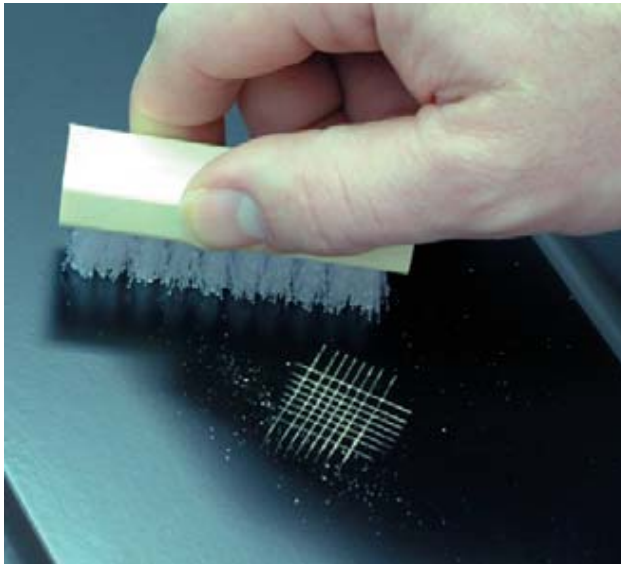
زمانی است که پوشش رویه یا لایه بعدی بتواند روی فیلم کشیده شده به کار رود بدون اینکه خواص چسبندگی آن کاهش یافته و یا اینکه بعد از خشک شدن از روی لایه اول جدا شود در صورتیکه چسبندگی لایه ای خوبی انتظار می رفت.

دقت کار قابل قبول

زمان آزمایش شده برای خشک نسبت به زمان ارائه شده از طرف سازنده در محدوده اختلاف ۱۰ درصد قابل قبول می باشد.

دستورالعمل اندازه گیری چسبندگی رنگ

این روش برای اندازه گیری چسبندگی فیلم رنگ و پوشش روی سطوح فلزی به کار می رود که پس از برش فیلم رنگ و پوشش با وسیله برش دهنده مخصوص و پس از مقایسه با شکل استاندارد برش، درجه چسبندگی مشخص می شود.



وسایل مورد استفاده

- وسیله برش - تیغ تیز و دستگاه برش عرضی

- چسب نیمه شفاف نواری – که پهنای آن ۲۵ میلیمتر و تغییرات
- خواص آن در طول ۱۲ ماه بیشتر از ۶/۵ درصد نباشد.
- خط کش
- ذره بین
- شکل استاندارد – که نمایش ظاهری از درجه چسبندگی می باشد.

روش آزمایش

با توجه به اینکه این دستورا عمل می تواند برای چسبندگی فیلم رنگ و پوشش روی تجهیزات یا در نمونه آزمایشگاهی به کار رود بنابراین دو روش برش فیلم رنگ مرسوم می باشد نوع اول به صورت برش X که بیشتر برای آزمایش چسبندگی روی تجهیزات به کار می رود و نوع دوم به صورت برش شطرنجی است که بیشتر برای آزمایش چسبندگی در نمونه آزمایشگاهی روی صفحات مخصوص فلزی به کار می رود.

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

این روش بیشتر روی تجهیزات رنگ آمیزی شده به کار می رود و حتی برای فیلمهای با ضخامت بالا نیز به کار می رود. برای انجام این آزمایش قسمتی از فیلم رنگ که هیچگونه آلودگی یا ایراد سطحی نداشته باشد را انتخاب کنید. به کمک خط کش و تیغ تیز دو برش متقاطع با طول تقریبی ۴۰ میلیمتر که زاویه کوچک بین آنها ۳۰ یا ۴۵ باشد ایجاد کنید و بطوری برش داده شود که بعد از بار اول اطمینان حاصل شود به سطح فلز رسیده است. سپس وسط یک تکه چسب را به طول ۷۵ میلیمتر در محل تقاطع قرار داده و دو طرف آن را به سمت زاویه کوچکتر تقاطع بچسبانید و با پاک کن انتهای مداد روی آن مالش داده تا کاملاً به سطح بچسبد. سپس بعد از گذشت ۹۰ ثانیه، چسب را سریع از روی سطح جدا کرده و مشاهدات خود را با مشخصات استاندارد مقایسه کنید.

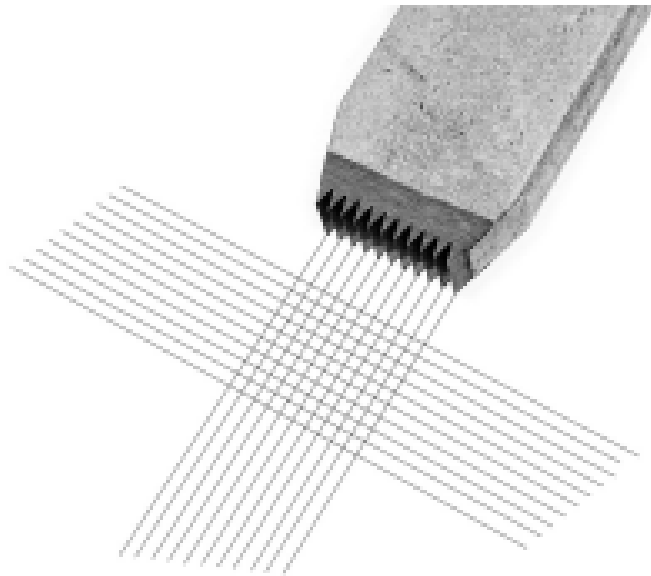
– توجه – آزمایش فوق را حداقل دو بار انجام دهید. و به همراه دفعات آزمایش شرایط محیط، زمان آزمایش، نوع رنگ و پوشش، نوع سطح، نوع پخت و شرایط پخت رنگ گزارش شود.

دقت :

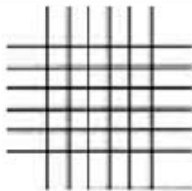
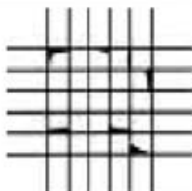
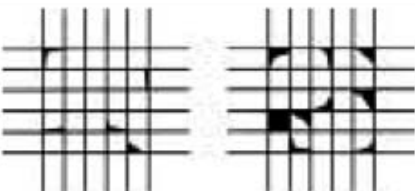
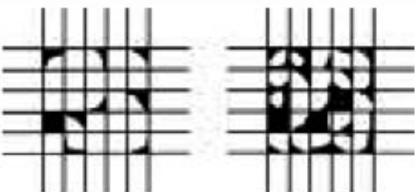
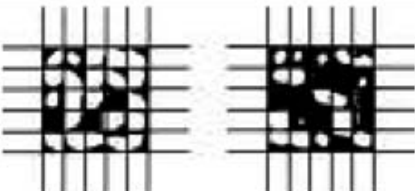
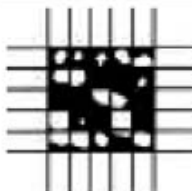
- اگر یک شخص، آزمایش را دوبار تکرار کند اختلاف کمتر از یک درجه باید باشد.
- اگر اشخاص متفاوت آزمایش را انجام دهند اختلاف تا یک درجه چسبندگی قابل قبول میباشد.

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

این روش بیشتر برای آزمایش چسبندگی در آزمایشگاه مرسوم می باشد. بعد از خشک شدن رنگ روی سطح بوسیله دستگاه برش متقاطع (کراس کات) دو حرکت بطور عمود روی قسمتی از سطح که آلودگی نداشته باشد ایجاد نمائید که نتیجه آن تشکیل یک شبکه روی سطح فیلم باشد. طول برش در هر حرکت حداقل ۲۰ میلیمتر قابل قبول می باشد.



سپس به کمک برس نرم روی شبکه تشکیل شده کشیده تا مواد اضافی از روی سطح حذف شود. بعد با یک تکه نوار چسب به طول تقریبی ۷۵ میلیمتر روی شبکه کشیده و با پاک کن ته مداد روی چسب را مالش دهید سپس بعد از زمان ۹۰ ثانیه بطور یک دفعه چسب را روی سطح جدا کنید.

<p>ISO Class: 0/ASTM Class: 5B The edges of the cuts are completely smooth; none of the squares of the lattice is detached.</p>	
<p>ISO Class: 1/ASTM Class: 4B Detachment of small flakes of the coating at the intersections of the cuts. A cross-cut area not significantly greater than 5% is affected.</p>	
<p>ISO Class: 2/ASTM Class: 3B The coating has flaked along the edges and/or at the intersections of the cuts. A cross-cut area significantly greater than 5%, but not significantly greater than 15%, is affected.</p>	
<p>ISO Class: 3/ASTM Class: 2B The coating has flaked along the edges of the cuts partly or wholly in large ribbons, and/or it has flaked partly or wholly on different parts of the squares. A cross-cut area significantly greater than 15%, but not significantly greater than 35%, is affected.</p>	
<p>ISO Class: 4/ASTM Class: 1B The coating has flaked along the edges of the cuts in large ribbons, and/or some squares have detached partly or wholly. A cross-cut area significantly greater than 35%, but not significantly greater than 65%, is affected.</p>	
<p>ISO Class: 5/ASTM Class: 0B Any degree of flaking that cannot even be classified by classification 4.</p>	

توجه ۱ - برای رنگ و پوششهایی با ضخامت فیلم خشک کمتر از ۵۰ میکرون از کراس کات با ۱۱ تیغه که فاصله هر تیغه ۱ میلی متر است باید استفاده شود. برای رنگ و پوششهایی با ضخامت فیلم خشک بیشتر از ۵۰ میکرون و کمتر از ۱۲۵ میکرون از کراس کات با ۶ تیغه که فاصله هر کدام ۲ میلیمتر است استفاده شود. برای ضخامتهای بیشتر از ۱۲۵ میکرون باید روش دو خط متقاطع استفاده شود.

توجه ۲ - بعد از کشیدن کراس کات روی سطح باید سطح فلز در شبکه کاملاً مشخص باشد در غیر اینصورت عمل برش را در قسمت دیگر صفحه رنگ شده انجام دهید.

آزمون پاشش نمکی (Salt Spray)

یکی از رایج‌ترین آزمایشات در برآورد عملکرد نمونه‌ها در برابر خوردگی، بخصوص در محیط‌های اتمسفری و دریایی، آزمون پاشش نمک می‌باشد که در سال ۱۹۳۹، ابداع و در کتابهای استاندارد *ASTM* با کد *B117* معرفی شده است. این آزمایش، با ایجاد یک محیط خورنده کنترل‌شده، در ابتدا برای بررسی کنترل کیفیت و پذیرش محصولات، به کار گرفته می‌شد اما امروزه از این آزمون بیشتر برای مقایسه مواد و یا پوشش‌های مختلف در برابر خوردگی، استفاده می‌شود.

به طور ساده می‌توان گفت که پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، باید آنها را در معرض پاشش محلول نمک قرار داد و سپس بعد از ساعت‌های مقرر، نمونه‌ها را برداشته و سطح آنها را بررسی کرد.

نحوه انجام آزمون (*ASTM B117*)

آماده‌سازی و چیدن نمونه‌ها

در این آزمون نیز مانند دیگر آزمایشات خوردگی، در ابتدا باید نمونه‌ها را با دقت کامل، تمیز کرد و آلودگی‌های سطحی و روغن‌ها را از سطح قطعات، پاک نمود. روش تمیزکردن، به طبیعت سطح و نوع آلودگی‌های آن بستگی دارد، البته باید بعد از تمیزکاری دقت کافی را در پاک نگهداشتن نمونه‌ها در هنگام جابجایی، به کار برد. در تمیزکردن پوشش‌های رنگی و غیرفلزی که حساس‌تر می‌باشند، باید این کار را با ظرافت و توجه بیشتری به انجام رساند. در بعضی اوقات اگر بخواهیم که پیشرفت خوردگی را در یک زیر لایه رنگ و یا پوشش غیرفلزی، بررسی کنیم باید با استفاده از یک وسیله نوک‌تیز مناسب، بر روی سطح، خراشی ایجاد کنیم تا زیر لایه آن در معرض محیط خورنده، قرار بگیرد. این خراش به منظور شبیه‌سازی خسارات مکانیکی واردآمده به پوشش، ایجاد می‌شود و همین خسارتهای مکانیکی، مسئول آغاز شکل‌گیری عیوب می‌باشند.

ابزارهای گوناگونی برای ایجاد خراش وجود دارند، نظیر کاتر و یا تیغه‌های دارای سری از جنس کاربیدتنگستن.



البته در انتخاب این ابزار باید دقت کرد زیرا ابزارهای کند، باعث تخریب بیش از حد پوشش و یا فرونشاندن پوشش، در زیر لایه شده و بنابراین فلز عریان، به صورت یکنواخت در معرض خوردگی قرار نمی‌گیرد. مرحله بعد از تمیز کردن نمونه‌ها، قراردادن آنها در محفظه دستگاه است. قطعات باید به گونه‌ای ثابت شوند که زاویه‌ای بین ۱۵ تا ۳۰ درجه نسبت به محور عمودی، داشته باشند. البته اگر موازی با محور اصلی سیلان، قرار گیرند، بسیار بهتر است. در حین آزمایش، نباید هیچگونه تماسی بین نمونه‌ها باشد و نحوه چیدن آنها نیز، باید به گونه‌ای باشد که بر روی دیگر نمونه‌ها، سایه نیندازند و علاوه بر این، قطرات چکیده شده از هر قطعه، بر روی نمونه دیگر سقوط نکند. در این بین، جنس آویز هم، بسیار مهم است. ماده مناسب برای آویزهای مورد استفاده، اغلب شیشه‌ای، لاستیکی، پلاستیکی و یا چوبهای پوشش داده شده می‌باشد.

محلول نمک

محلول نمک، از انحلال ۵ سهم کلرید سدیم در ۹۵ سهم آب، مشخص شده در استاندارد *D 3911* بدست می آید (این آب یا باید تقطیر شده باشد و یا حاوی کمتر از 200 ppm مواد جامد باشد). نمک مورد استفاده، باید عاری از نیکل و مس بوده، مقدار یدید سدیم آن از ۰.۱، کمتر و در کل، ناخالصی های آن از ۰.۳، فراتر نرود. بعضی نمکها شامل اضافه شونده هایی هستند که مانند ممانعت کننده، عمل می کنند. بنابراین در هنگام خرید باید حتما از صحت ترکیب نمک، مطمئن شوید و بهتر است آنالیز نمک را نیز انجام دهید. pH محلول نمک در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد بین ۶.۵ تا ۷.۲ باشد. pH در دمای اتاق باید کمتر از ۶.۵ درجه سانتیگراد تنظیم شود زیرا وقتی محلول در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد ذره پاشی می شود، با کاهش مقدار دی اکسید کربن موجود در آن، pH نهایی مجددا در محدوده مشخص شده قرار می گیرد.

شرایط محفظه

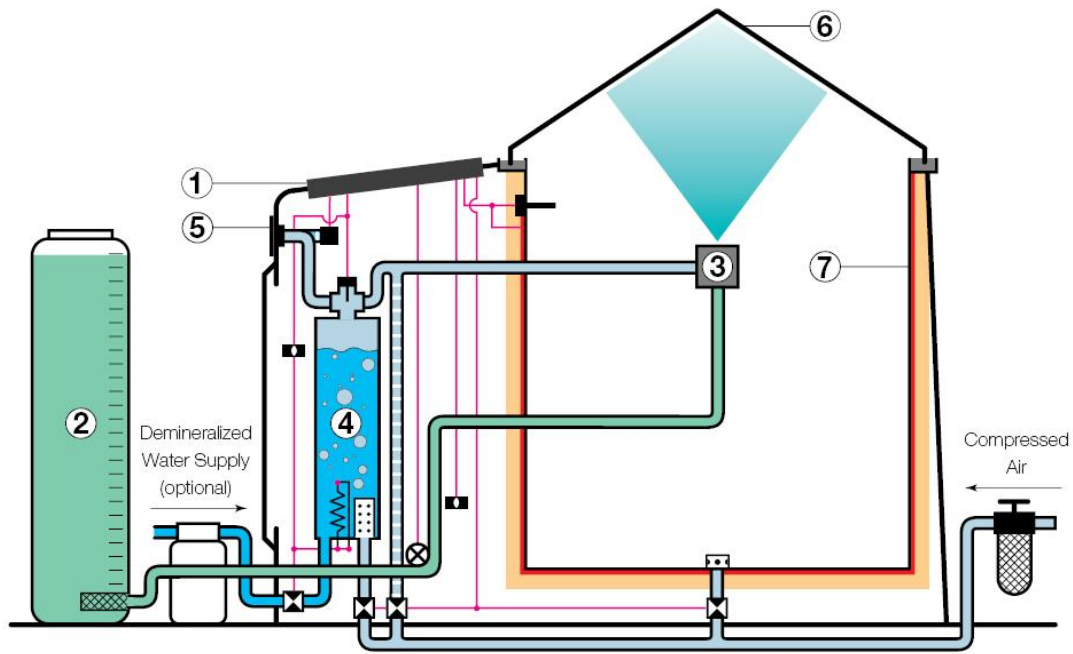
دمای محفظه باید بین ۳۴ تا ۳۶ درجه سانتیگراد باشد و هوای فشرده مورد استفاده نیز باید عاری از روغن و غبار باشد. برای تصفیه و تمیز کردن هوا می توان از عبور دادن آن از بین یک گازشوی آبی یا مواد پاک کننده دیگر نظیر پشم و یا آلومینای فعال شده، استفاده کرد. البته فیلترهای تجاری کارتریجی نیز کاربرد دارند. فشار ذره پاشش باید در محدوده $psi 25-10$ ثابت نگهداشته شوند. مشاهده شده که نوسان در فشار هوا می تواند باعث افزایش خوردگی افشانک شود. برای جمع کردن قطرات از نمونه ها و یا دیگر منابع نیز باید حداقل از دو جمع کننده، استفاده نمود.



جمع‌کننده‌ها باید در حوالی نمونه‌ها باشند و به گونه‌ای قرار گیرند که هر ۸۰ سانتیمتر مربع از سطح جمع‌کننده در هر ساعت، بین ۱-۲ میلی‌لیتر محلول را جمع کند.

پاشش

بعد از آماده‌کردن تمامی شرایط، مرحله پاشش محلول نمک فرا می‌رسد، نمونه‌ها باید در مدت زمان انجام تست به طور کامل در معرض محلول قرار گیرند (بجز در مواردی که در عملکردهای خاص مشخص شده است). فعالیت مداوم، نیاز به بسته بودن محفظه دارد و این پاشش تا فرارسدن زمان بررسی نمونه‌ها، ادامه می‌یابد. برای بررسی نمونه‌ها نیز باید دوباره آنها را تمیز نمود، برای این کار از سیلان آبی استفاده می‌شود. دمای این آب، نباید بیش از ۳۸ درجه سانتیگراد باشد. بعد از شسته شدن کامل نمکها از سطح، باید نمونه‌ها را به سرعت، خشک کرد.



- Control and adjustment circuits
- Insulating Material
- Heating Textile
- Compressed Air
- Compressed Air (optional - Cyclic DIN)
- Brine Solution
- Demineralized Water
- Temperature Probes
- Level Detectors
- Pressure Sensor (optional)
- Electro-valves
- Peristaltic Pump

نحوه نگارش و اعلام نتایج

بعد از اتمام آزمایش، باید یکسری اطلاعات را ثبت و کلاسه‌بندی کرد. این اطلاعات در ادامه آمده است :

نوع نمک و آب مورد استفاده در آماده‌سازی محلول،

تمامی دماهای خوانده شده با ثبت زمانهای خواندن،

اندازه‌گیری غلظت و pH محلول جمع‌آوری شده در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد،

نوع نمونه، اندازه آن، تعداد و توزیع کامل قطعه،

روش پاک کردن نمونه‌ها قبل و بعد از آزمایش،

روش قراردادن نمونه‌ها یا معلق کردن آنها در محفظه،

دوره‌های پاشش،

تمامی نتایج بازرسی‌ها.

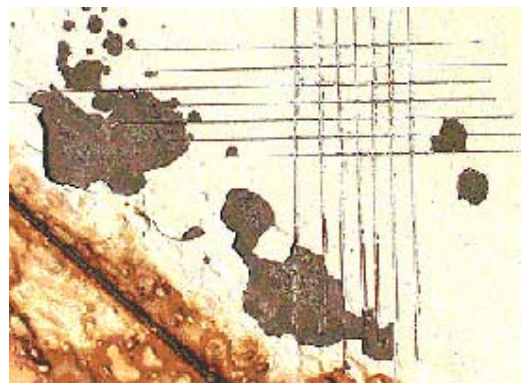
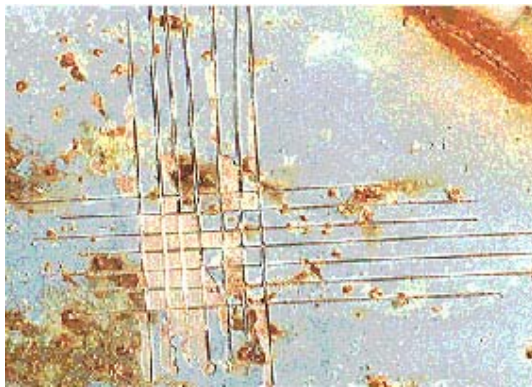
مهمتر از همه این موارد، نتیجه‌گیری و تفسیر نمونه‌ها بعد از انجام آزمون می‌باشد. معمولاً در آزمون پاشش

نمک، بر روی یک نمونه بعد از گذراندن ساعتی مشخص، سه عیب عمده مشاهده می‌گردد:

تاول زدن

زنگ‌زدن (*Blistering*)

زیربریدگی (*Rusting*)



الیته عیوب دیگری نیز مشاهده می‌شوند که از اهمیت کمتری برخوردارند نظیر تشکیل ترکچه‌های موئین سطحی

و ترک خوردگی. استاندارد *ASTM D 714*، یک روش ارزیابی را در مورد تاول‌زدن ارائه می‌دهد. به طور خلاصه،

اندازه‌گیری‌ها بر اساس اندازه و دانسیته سطحی تاولها (شمار تاولها در واحد سطح) می‌باشد. یک مقیاس عددی

از ۱۰ تا ۰ وجود دارد که ۱۰، نشان‌دهنده نبودن تاول‌زدگی و ۰، معرف عیب کلی فیلم است. دانسیته تاولها نیز بر

اساس درجات زیر، رده‌بندی می‌شود.

تراکم (*D*)، تراکم متوسط (*MD*)، متوسط (*M*) و کم (*F*).

به نظر می‌رسد که سیستم درجه‌بندی، آسان و صریح باشد ولی آزمایشها نشان می‌دهند که چنین نیست. اعداد نسبت داده‌شده، ارزش مطلق ندارند و عبارت دانسیته نیز نسبی هستند. اگر فقط تاولهای با یک اندازه بر روی صفحه وجود داشته باشد، درجه‌بندی آسان خواهد بود اما بیشتر صفحات، حاوی تاولهایی با اندازه متفاوت هستند و تاولها در هر اندازه نیز دارای دانسیته متغیری می‌باشند. بنابراین حتی با وجود استانداردهای تصویری، هنوز درجه‌بندی، ذهنی است، چشم یک متخصص آزموده، می‌تواند تا حدی دقیق‌تر باشد. استاندارد *ASTM D 610* روشی را برای برآورد مقاومت در برابر زنگ‌زدگی ارائه می‌دهد. برای درجه‌بندی زنگ‌زدگی، رنگ واقعی باید از لکه‌ها و رنگهایی که توسط زنگهای واقعی در نقاط دیگر صفحه ایجاد شده‌اند، تمیز داده شود. بر طبق این روش، درجه زنگ‌زدگی، عددی در مقیاس ۱۰ تا صفر می‌باشد. ۱۰ به معنی نبود زنگ‌زدگی و صفر به معنی عیب کامل است. در مورد نمونه‌های خراشیده شده، ارزیابی را می‌توان فقط در پایان آزمایش انجام داد، زیرا پوشش در مناطق خراش یافته، نخست باید تخریب شود. ارزیابی، با زدودن پوشش در قسمتهای تحت تاثیر قرارگرفته، با به کارگیری نیروی ملایمی در راستای خراش انجام می‌گیرد تا حدی که دیگر پوشش در اثر اعمال همان نیرو، زدوده نشود. سپس فاصله پوشش برکنده از خراش را به وسیله خط‌کش، اندازه‌گیری می‌کنند. این کار مطلقاً بر اساس حدسیات انجام نمی‌شود و عینی بودن آن نیز مشهود است.

امروزه برای تفسیر بهتر نمونه‌ها از روشهای همزمان شناسایی تجزیه‌ای نمونه‌های خورده شده، استفاده می‌شود. یکی از این روشها، دنبال کردن سطح نمونه‌ها به کمک *IR-Spectroscopy* می‌باشد.

مقایسه طیفهای نمونه‌هایی که تست شده‌اند و دانستن وابسته زمانی یا قانون زمانی سطوح، این امکان را می‌دهد که رفتار قطعه را بنابر مشاهدات انجام شده در زمانهای کم، برای مدت‌های طولانی‌تر، پیش‌بینی کرد. این روش بررسی، باعث کاهش در زمان و افزایش دقت در تفسیر نمونه‌ها می‌شود.



مقاومت پوششها در برابر نفوذ آب در محیطی با رطوبت نسبی ۱۰۰٪



نفوذ آب سبب خرابی پوششها می گردد بنابراین دانستن مقاومت پوشش در برابر نفوذ آب می تواند در پیشگویی زمان عمر پوشش به ما کمک کند. علت خراب شدن پوششها در رطوبت نسبی ۱۰۰٪ می تواند به دلیل نقص در خود پوشش، آلوده بودن زیرلایه و یا آماده سازی ناکافی سطح باشد. این آزمایش را می توان در مورد یک پوشش و یا سیستم پوششی به کار برد.

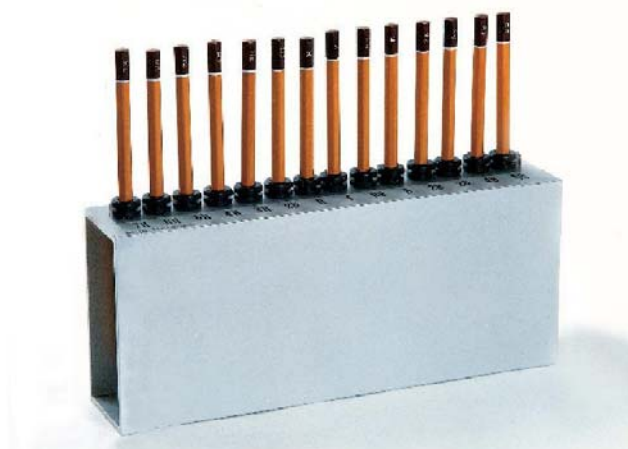
این آزمایش جهت سنجش مقاومت پوششها در برابر نفوذ آب به کار می رود بدین صورت که نمونه را در محیطی با رطوبت نسبی ۱۰۰٪ قرار می دهند و در این محیط میعان به راحتی روی سطح نمونه ها صورت می پذیرد. جهت انجام این آزمایش نمونه ها در داخل محفظه ای شامل گرم کن و مخلوط اشباع شده هوا و بخار آب قرار می گیرند. دمای محفظه را معمولاً ۳۸ درجه سانتیگراد ثابت نگه می دارند و نمونه ها را طوری در دستگاه قرار می دهند که با خط قائم زاویه ۱۵ درجه بسازد.

مدت زمانیکه نمونه ها در این محیط قرار می گیرند بستگی به زمان آزمایش دارد. همچنین میزان نفوذ آب به درون پوشش بستگی به نوع پوشش دارد و بر اثر نفوذ آب به درون پوشش نقایصی مثل تغییر رنگ، باد کردن، از دست دادن چسبندگی، نرم شدن و یا شکننده شدن مشاهده می گردد.

دستورالعمل اندازه گیری سفتی فیلم پوششهای رنگ

روش مدادهای سختی سنج:

برای اندازه گیری سختی فیلم رنگ، روشی ساده و مفیدی وجود دارد که در آن از مدادهایی که سختی آنها از *H6* به *B4* کاهش می یابد استفاده می شود.



روش کار چنین است که مدادها بطور جداگانه روی سطح فیلم کشیده می شود تا زمانیکه یکی از آنها بتواند خط سیاهی روی فیلم رنگ ایجاد کند. البته در این روش متغیرهای زیادی دخالت دارند اما برای شخص با تجربه روش بسیار مفیدی است.

اندازه گیری سختی فیلم پوششهای رنگ بوسیله سختی سنج آونگی این روش برای اندازه گیری سختی فیلم رنگ روی سطوح محکم مانند شیشه یا فلز به کار می رود که از دو نوع سختی سنج آونگی کونینگ (*Konig*) یا پرسوز (*Persoz*) استفاده می شود.

- وسایل مورد استفاده

- سختی سنج آونگی پرسوز یا کونینگ

- زمان سنج
- صفحه تنظیم کننده
- آونگ سختی سنج - که وزن آن برای کونینگ ۲۰۰ گرم با تکیه گاهی گلوله ای به قطر ۵ میلیمتر و سختی ۶۳ راکول و برای پرسوز وزن آن ۵۰۰ گرم با تکیه گاه گلوله ای به قطر ۸ میلیمتر و سختی ۵۹ راکول می باشد.



تنظیم دستگاه

- ابتدا صفحه شیشه ای را در جای مخصوص قرار داده و روی آن آونگ را قرار دهید تا آزادانه نوسان کند.
- صفحه شیشه ای و تکیه گاه آونگ (گلوله ها) را با پارچه نرم مخصوص آغشته به حلال تمیز کنید.
- در حالت سکون اشاره گر پاندول باید عدد صفر را نشان دهد. (سختی سنج کونینگ)
- در سختی سنج کونینگ آونگ را روی عدد ۶ منحرف کرده و رها می کنیم و زمان میرایی (دامنه نوسان کمتر از فاصله ۶ تا ۳ درجه باشد) باید ۲۵۰ ثانیه (تقریباً ۱۷۲ تا ۱۸۵ نوسان) باشد. و برای سختی سنج آونگی پرسوز روی عدد ۱۲ تنظیم کرده و رها می کنیم زمان میرایی (دامنه نوسان کمتر از فاصله ۱۲ تا ۴ درجه باشد) باید ۴۰۰ ثانیه (تقریباً ۴۰۰ نوسان) باشد. روش فوق را دوبار تکرار کنید.

روش آزمایش

رنگ را با ضخامت دلخواه روی صفحه محکم مانند شیشه یا فلز اعمال کرده و پس از خشک شدن عمقی فیلم را در دمای ۲۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ برای حداقل ۱۶ ساعت قرار دهید.

- فیلم رنگ را در جایگاه مخصوص روی سختی سنج قرار دهید و باتوجه به اینکه کدام نوع سختی سنج است مراحل ذیل انجام شود.

الف - سختی سنج کونینگ

آونگ را روی عدد ۶ درجه منحرف کرده و با درنظر گرفتن زمان رها کنید زمان لازم برای میرایی در محدوده ۶ تا ۳ درجه را یادداشت کنید.

آزمایش را حداقل دوبار تکرار نمایید.

ب - سختی سنج پرسوز

آونگ را روی عدد ۱۲ درجه منحرف کرده و با درنظرگرفتن زمان رها کنید زمان لازم برای میرایی در محدوده ۱۲ تا ۴ درجه را یادداشت کنید.

آزمایش را حداقل دوبار تکرار نمایید.

نتیجه گزارش

موارد ذیل حائز اهمیت می باشد.

- متوسط عددی سختی بر حسب ثانیه
- سازنده و مدل سختی سنج
- متوسط ضخامت فیلم رنگ خشک اعمال شده
- دما و رطوبت نسبی
- آماده سازی سطحی که رنگ روی آن اعمال شده است.

توجه ۱ - سختی سنج کونینگ برای فیلمهای رنگ و پوشش با سختی بالا به کار می رود و پرسوز بیشتر برای رنگ و پوششهایی که فیلم آنها تقریباً نرم می باشد کاربرد دارد. زیرا ضرایب اصطکاک آن روی سطح کمتر از نوع کونینگ می باشد.

توجه ۲ - زمان میرایی کونینگ تقریباً نصف پرسوز می باشد.

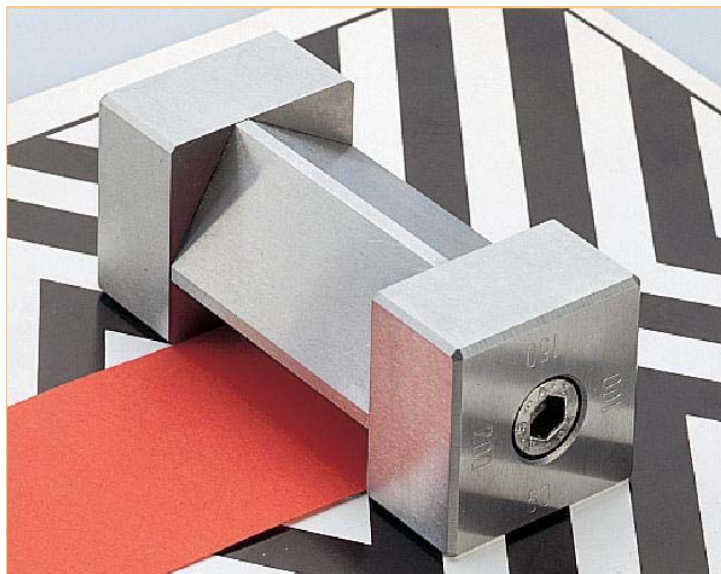
دستورالعمل برای تشخیص قدرت ممکنندگی فیلم رنگ

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

وسایل مورد استفاده

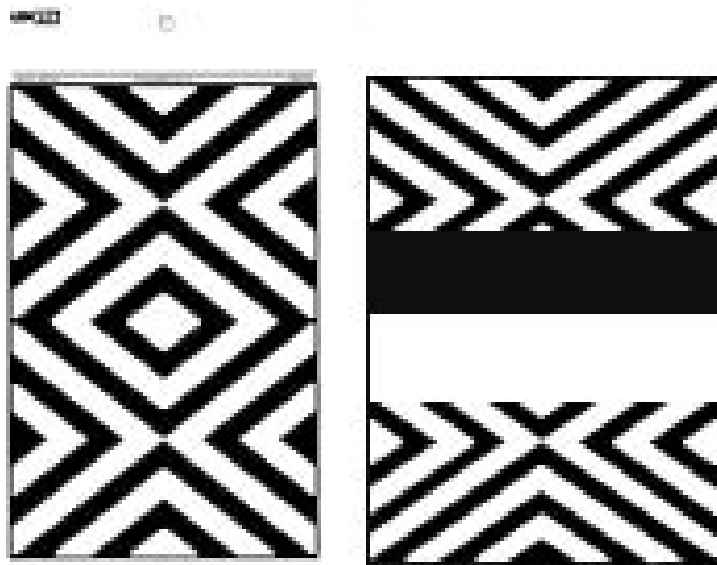
- صفحه مقوایی - که بصورت شطرنجی سیاه و سفید می باشد و سطح کاغذ آن معمولاً از قبل دارای پوشش ورنی می باشد.

- کریپتومر - جهت اندازه گیری کمی مقدار پوشش به کار می رود.



روش کار جهت تعیین پوشش از نظر کیفی و مقایسه ای (قدرت پوشش)

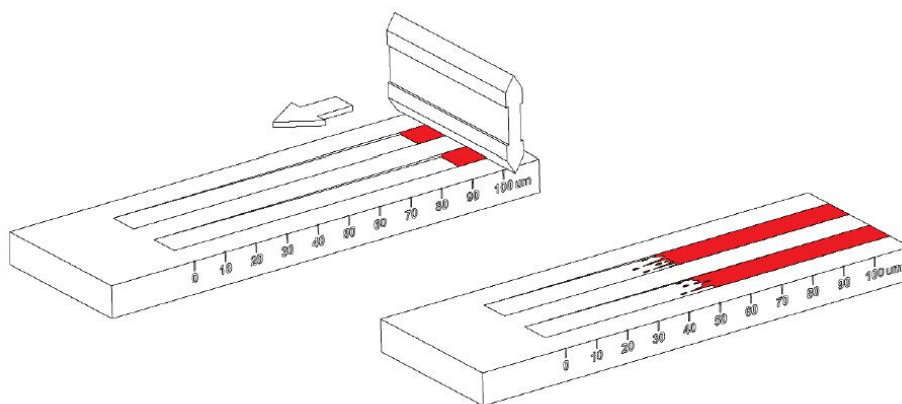
پس از بهم زدن کامل رنگ، حجم مشخصی از آن را روی کاغذ شطرنجی ریخته و در کنار آن روی کاغذ حجم مشخص از نمونه شاهد را بریزید سپس در شرایط مخصوص جهت خشک شدن کامل رنگ قرار داده و پس از خشک شدن در زیر نور روز مقایسه نمائید و یکی از سه حالت پوشش قویتر، برابر و ضعیف تر از شاهد گزارش گردد.



روش کار جهت تعیین پوشش به صورت کمی (تئوری گسترش رنگ)

با یکی از سه روش زیر می توان پوشش تئوری را به صورت کمی محاسبه نمود.

الف - برای استفاده از این روش از وسیله ای به نام کریپتومتر استفاده می شود که دارای شیار می باشد



رنگ را روی شیار ریخته و ابتدای شیشه های مخصوص با زاویه های مشخص (a) را روی صفر شیار گذاشته و به آرامی حرکت می دهیم تا جایی که صفر شیار محو شود در آن محل عدد را یادداشت نمائید. که این عدد فاصله از صفر شیار را می رساند. آزمایش فوق را سه بار تکرار کرده و میانگین را به عنوان عدد اصلی گزارش نمائید.

ب - لایه ای از رنگ و پوشش روی گریندوپک کشیده شود. در قسمتی که مرز بین سفیدی و سیاهی محو شود، عدد را یادداشت نمائید و با استفاده از رابطه زیر پوشش تئوری بدست می آید.

$$(TSR) = \frac{100}{\text{پوشش تئوری (متر مربع بر لیتر)}}$$

ضخامت فیلم تر (میکرون)

ج - باتوجه به آزمایش مربوط به درصد جامد حجمی و رابطه زیر پوشش تئوری نیز حاصل می شود.

$$(TSR) = \frac{10 \times \text{درصد جامد حجمی}}{\text{پوشش تئوری (متر مربع بر لیتر)}}$$

ضخامت فیلم تر (میکرون)

آزمونهای پوششهای مورد استفاده در محیط های سازگار با مواد غذایی

به منظور حفظ سلامت بهداشت محصولات غذایی، در به کارگیری پوششهای مورد استفاده در محیطهای تولید، بسته بندی و توزیع مواد غذایی، رعایت نکات بهداشتی و استانداردهایی خاص، ضروری می باشد. عموماً برای ارزیابی این نوع پوششها که در تماس مستقیم با مواد غذایی نیستند، از روش نقطه کنترل بحرانی آنالیز خطر (*Hazard Analysis Critical Control Point*) یا به اختصار (*HACCP*)، استفاده می گردد. در این روش، عوامل خطرزا در پوششها و دیگر مواد درگیر در محیطهای فرآیندی محصولات غذایی، به صورت زیر طبقه بندی می گردند:

عوامل فیزیکی (نظیر : حضور رطوبت حاصل از میعان یا رطوبت ناشی از شستشوی سطح) عوامل شیمیایی (نظیر : تبخیر حلال و محصولات واکنش، آزاد شدن بخارات سمی در درجه حرارت بالا و یا رها شدن فلزات سنگین طی عملیات شستشو) عوامل مکانیکی (نظیر : چسبندگی کم پوششها و تخریب آنها در اثر گذشت زمان)

قابلیت شسته شدن (*Washability*)

معمولا استانداردها و روشهای مختلفی برای ارزیابی این خاصیت (مقاومت در برابر مالش تر) وجود دارد که از آن جمله می توان به *ISO 11998*، *ASTM D-2486* و *UNI 10560* اشاره نمود. در پروتکل *VAA*، استاندارد *UNI* مورد استفاده قرار گرفته است. ابتدا نمونه هایی با ضخامت فیلم رنگ ۱۰۰ میکرون، آماده شده و در مدت ۲۴ ساعت توسط هوا، در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۰٪، خشک می شوند. مالش سطح، توسط برس آغشته به آب حاوی مواد جاذب سطحی نظیر : سدیم دو دسیل بنزن سولفانات، صورت می گیرد. مطابق استاندارد، تکرار عمل مالش تا ۹۰۰۰ بار، نباید خراشیدگی قابل توجهی در سطح به وجود آورد.

قابلیت تمیز شدن (*Cleanability*)

برای ارزیابی این خاصیت، بر سطح فیلم رنگ - که مطابق دستورالعمل بالا تهیه شده است - لایه ای از آلاینده ها پوشانده می شود، سپس نمونه ها بوسیله برس شسته می شوند. پس از انجام عمل شستشو، اختلاف رنگ بین فیلمهایی که به روش فوق تمیز شده اند و فیلمهای بدون آلاینده های سطحی، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، با یکدیگر مقایسه می گردند.

عواملی که انتظار می رود در قابلیت تمیز شدن نمونه ها، موثر باشند، عبارتند از :

درجه براقیت

رنگ براق $PVC/CPVC < 1$

رنگ کدر $PVC/CPVC > 1$

که در آن *PVC* غلظت حجمی رنگدانه ها و *CPVC* همین غلظت در شرایط حدی می باشد.

تفاوت در میزان حفره و سوراخهای فیلم رنگ.

نسبت رنگدانه به رزین

در اکثر موارد، مشاهده می‌گردد، نمونه‌هایی که درجه براقیت بالاتری دارند، بهتر تمیز می‌شوند. در پروتکل VAA ، حد استاندارد E (تغییر رنگ) برای پوششها، برابر ۵ انتخاب گردیده است و در صورت افزایش این مقدار، پوشش، قابلیت تمیز شدن مناسبی نخواهد داشت.

میزان رنگدانه‌ها و دیگر مواد

مطابق استاندارد، مواد سنگین فلزی نظیر: سرب، کرم، کادمیم، جیوه و آرسنیک، نباید در میان ترکیبات مورد استفاده در ساخت رنگها، وجود داشته باشند. غلظت این فلزات، توسط دستگاه جذب اتمی تعیین می‌گردد.

همچنین اجزاء رنگ نباید شامل مواد دارای فتالات نظیر: بوتیل هگزیل فتالات، اتیل هگزیل فتالات باشد و میزان فتالیک اسید موجود در نمونه‌ها، باید کمتر از 0.1 mg/kg باشد.

مواد خطرزا

مطابق این معیار، موادی که در رده سمی و سرطان‌زا قرار دارند، نباید به عنوان اجزاء مورد استفاده در پوششها به کار روند. وجود مواد فوق، باید بر روی برکه اطلاعات ایمنی، توسط کارخانه سازنده حک شده و بر روی کالای تولیدی، چسبانده شود.

میزان مواد فرار آلی (VOC) و هیدروکربنهای آروماتیک فرار (VAH)

میزان مواد فرار، با توجه نمودن به رعایت مسایل زیست‌محیطی تعیین می‌گردد. حداکثر میزان (VOC) برای پوششهایی با درجه براقیت بیش از ۴۵، برابر با 200 g/l و برای پوششی با درجه براقیت زیر ۴۵، برابر 30 g/l می‌باشد. حداکثر میزان (VHA) برای براقیت بالای ۴۵، برابر با $0.5 \text{ W/W} \%$ و برای براقیت زیر ۴۵، برابر با $0.2 \text{ W/W} \%$ می‌باشد. کارخانه‌های تولیدکننده رنگ، ملزم به اعلام مقادیر فوق می‌باشند.

رهایش بو ($Adour Release$)

یکی از مواد ناخوشایندی که اغلب باعث پایین آمدن ارزش محصولات غذایی و همچنین ضرر اقتصادی برای تولیدکنندگان می‌شود، تغییرات در طعم (بو و مزه) این محصولات می‌باشد. لذا، بعد از به کارگیری پوششهای مختلف، عدم حضور بوی اضافی در مواد غذایی الزامی است.

در پروتکل (VAA)، روشی که جهت مشخص شدن این پارامتر به کار گرفته شده بر این اساس است که دو نمونه زیر را انتخاب و همراه یک نمونه بتن پوشش داده شده، در یک محفظه بسته و در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد قرار داده می شود.

نمونه (۱) ۱۰۰ میلی لیتر آب خالص، نمونه (۲) یک قالب پنیر خامه ای با ابعاد ۷۵*۳۵*۵ میلی متر پس از ۴۸ ساعت، نمونه های فوق از محفظه خارج شده و به سرعت برای ارزیابی تغییر بو و مزه، توسط افراد منتخبی که تحت استاندارد خاصی آموزش دیده اند، قرار می گیرند. نتایج حاصله، به صورت زیر گزارش می شوند :

(۰) عدم وجود بو

(۱) بوی کم

(۲) بوی قابل درک

(۳) بوی قابل تشخیص

نتایج آزمایش بر روی رنگهای آکرلیکی نشان می دهد که نقش اساسی در رابطه با انتشار بو را منومرها، ناخالصی ها و افزودنی ها دارند نه حلالهای به کار رفته در ساخت رنگ، به طوریکه غلظت آستانه درک بو در مورد منومر اتیل اکریلات، خیلی پایین تر از آستانه مورد نظر در مورد حلال متیل اتیل کتون، می باشد.

مقاومت در برابر رشد میکروارگانیسمها

تحقیقات نشان می دهند که هوای اغلب محیط های فرآیندی مواد غذایی، حامل میکروارگانیسمها و قارچهای مختلف می باشد. این مواد پس از نشستن روی سطح پوششها و در صورت مناسب بودن شرایط محیطی، رشد کرده و باعث آلودگی محیط و در ادامه باعث آلودگی مواد غذایی می گردند که این امر، علاوه بر کاهش سود اقتصادی، برای سلامت انسانها نیز خطری جدی ایجاد می نماید. در نتیجه، انتخاب پوششی مناسب که توانایی کنترل این پدیده نامطلوب را داشته باشد نیز دارای اهمیت می باشد.

در پروتکل (VAA)، جهت ارزیابی مقاومت پوششها در برابر رشد میکروارگانیسمها، آزمایش مخصوصی به کار گرفته می شود. در این آزمایش، سه نوع مختلف از مواد میکروبی شامل (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Paecilomyces*) در شرایط مساعد بر سطح پوششها کشت گردیده و نتایج رشد آنها، با بازرسی چشمی

مطابق سیستم زیر، درجه بندی می گردد:

(۰) بدون مشاهده رشد میکروارگانیسم

(۱) سرعت رشد پائین

(۲) ۲۵٪ سطح نمونه توسط میکروارگانیزم پوشیده شد.

(۳) ۲۵-۵۰٪ سطح نمونه، توسط میکروارگانیزم پوشیده شد.

(۴) بیش از ۵۰٪ سطح نمونه، توسط میکروارگانیزم پوشیده شد.

منبع:

1.C.Pagella, D.Fumi, R.Galli, "A Test Protocol for Coatings in food-Compatible Environments", JPCL, PP 64-53, Feb 2003

آزمونهای ویژه پوششهای پودری

به طور کلی، پوششها با هدفهای حفاظت یا تزئین و زیباسازی روی سطوح اعمال می‌شوند. دستیابی به اهداف موردنظر، مستلزم کنترل کیفیت و بررسی دقیق خواص لایه نهایی حاصل از پوشش است. به عبارت دیگر، قبول یا رد کیفیت در یک پوشش منوط به یافتن عیوب احتمالی در آن است. انجام این مهم نیز فقط با به کارگیری آزمونهای خاص و تفسیرهای صحیح امکان پذیر است.

مقدمه

به دلیل کاربرد نسبتاً گسترده پوششهای پودری در سالهای اخیر، به نظر می‌رسد که معرفی برخی از آزمونهای ویژه پودرهای پوششی و پوششهای پودری برای افرادی که در این حوزه فعالیت می‌کنند، مفید باشد. بدیهی است که پوششهای پودری هم از لحاظ تولید و هم اعمال تفاوت‌های اساسی با پوششهای مایع دارند. به همین دلیل، بررسی رفتار و آزمون پودرهای پوششی از اولین مرحله تولید تا مرحله تشکیل لایه روی زیرآیند یعنی تا زمانی که ماده به حالت پودر است به روشهای خاصی نیاز دارد. اما، لایه سخت‌شده نهایی حاصل از پودر مانند لایه

سخت‌شده حاصل از پوشش‌های مایع، بسته به کاربرد آن تحت آزمایش قرار می‌گیرد. از دیدگاه عملی و به طور خلاصه می‌توان این آزمون‌ها را به سه دسته تقسیم کرد:

آزمون‌های ویژه پودر به شکل توده (قبل از پاشش).

آزمون‌های ویژه اعمال پودر (مرحله پاشش و تشکیل لایه).

آزمون‌های ویژه لایه پوششی پس از پخت.

در این مبحث به آزمون‌های ویژه و ویژگی‌های پودر قبل از اعمال آن پرداخته می‌شود.

خواص عمومی پودرهای پوششی

پودرهای پوششی از این لحاظ با سایر مواد پودری تفاوت دارند که تا قبل از مرحله سخت‌شدن، حالت پودری خود را حفظ می‌کنند. در مرحله سخت‌شدن، ابتدا حالت پودری خود را از دست می‌دهند و سیال می‌شوند و پس از آن، به جامد پیوسته تبدیل می‌شوند. این بدان معناست که چنین موادی از یک خاصیت واکنش‌پذیری بالقوه و در نتیجه پایداری محدود در حلت پودر برخوردارند.

نمونه‌برداری

برای انجام صحیح یک آزمون، باید آزمون‌ها حتماً نماینده کل بچ موردنظر باشد. در عمل رسیدن به این هدف مشکل است، زیرا معمولاً اختلاف بین مقادیر واقعی هر بچ و نمونه، بسیار زیاد است. مثلاً برای تعیین زمان ژل‌شدن یک محموله ۱۰ تنی، نمونه‌ای با وزن کمتر از یک گرم مورد نیاز است (یعنی نسبت ۱۰ میلیون به ۱). به همین دلیل، برای نمونه‌برداری باید روش بسیار دقیقی به کار گرفته شود. به طور کلی، فرآیند نمونه‌برداری به شرح زیر انجام می‌گیرد:

برای نمونه‌هایی که مقدار آنها کمتر از ۲ کیلوگرم نباشد می‌توان از بیلچه مخصوص نمونه‌برداری استفاده کرد. این وسیله به نحوی طراحی شده که می‌توان نمونه‌هایی را از تمام نقاط داخلی مخزن به دست آورد. اگر محموله در کارتنها و ظروف متعدد و جداگانه‌ای بسته‌بندی شده باشد، در این حالت نمونه‌برداری باید به طور

اتفاقی انجام گیرد. در مورد ظروف بزرگ باید دقت کرد که نمونه از عمقهای مختلف برداشته شود، زیرا احتمال جداسدن ذرات پودری با اندازه‌های مختلف وجود دارد.

نمونه‌هایی را که از بخشهای مختلف ظرف حاوی محصول پودری تهیه شده‌اند، باید با یکدیگر مخلوط کرد تا یک نمونه ترکیبی حاصل گردد. سپس با استفاده از یک *Chute Riffler* نمونه ترکیبی را به اجزای کوچک تقسیم می‌کنند. *Chute Riffler* شامل یک قیف تغذیه عمودی است که به دوازده شوت مساوی یا بیشتر تقسیم شده است. شوتها به طور یک در میان به دو دریافت‌کننده (برای جمع‌آوری پودرهای مجزا) متصل شده‌اند. پس از ریختن نمونه ترکیبی در قیف تغذیه و جداسازی شوتها، ذرات پودر در دو دریافت‌کننده جمع‌آوری می‌شوند. این فرآیند را در صورت نیاز می‌توان تکرار کرد تا به نمونه‌های کوچکتری دست یافت. برای کاهش بیشتر مقدار نمونه، یک تقسیم‌کننده چرخشی توصیه می‌شود.

یادآوری می‌شود که استفاده از وسایل و ظروف تمیز برای نمونه‌گیری الزامی است. برای نمونه‌گیری طی فرآیند تولید مداوم، باید در زمان حرکت پودر از آن نمونه‌برداری کرد و بهتر است که این کار در فواصل زمانی کوتاه از کل جریان پودر انجام شود.

اندازه ذرات و توزیع آن

اندازه ذرات پودرهای پوششی و توزیع اندازه آنها عوامل مهمی هستند که بر خواصی از قبیل ثبات طی انبارداری، پایداری در زمان حمل و نقل، تشکیل لایه، کیفیت اعمال به روشهای مختلف و قابلیت بازیابی پودر در زمان مصرف اثر می‌گذارند. باریک‌بودن توزیع اندازه ذرات امری ایده‌آل است که با بکارگیری روشهای جداسازی قابل دستیابی است. قاعدتا توزیع ذرات در مخلوط باید به گونه‌ای باشد که ذرات کوچکتر در فواصل بین ذرات درشت‌تر قرار گیرد یا به عبارتی نسبت ذرات ریز به درشت ۱:۱ باشد. در واقع ذرات دارای اشکال نامنظمند و فرض کروی بودن آنها که اساس بسیاری از روشهای اندازه‌گیری را تشکیل می‌دهد، کاملا نظری است. در عمل تعیین دقیق اندازه ذرات امکان‌پذیر نیست، ولی بر حسب سامانه اندازه‌گیری به کار رفته می‌توان یک قطر معادل تعریف کرد. بدین ترتیب قطر ذره کروی هم حجم با ذره واقعی اندازه‌گیری می‌شود. برای تعیین اندازه ذره روشهای مختلفی وجود دارد: تجزیه میکروسکوپی، استفاده از دستگاههای نوری بر اساس انتشار نور، پراش نور، روشهای رسوب‌دهی، کدرسنجی، الک‌کردن، سانتریفوژ و از این قبیل. در پودرهای پوششی

برخی از این روشها کاربرد دارند. مثلا روش رسوبدهی به دلیل احتمال تورم و شکست ناقص کلوخه‌ها برای تعیین اندازه ذره پودرهای پوششی چندان مناسب نیست، ولی استفاده از الک‌های مخصوص برای این منظور مجاز است. در این روش خطای ناشی از معادل‌سازی ذرات واقعی با کره‌های فرضی هم‌حجم با آنها چندان محسوس نیست. بنابراین، با وجود نامنظم‌بودن شکل ذرات، ذرات پودری در بیشتر موارد آن قدر ایزومتریک هستند که نمایش آنها با شکل کروی چندان دور از منطق نیست. بنابراین، روش غربال یا الک برای پودرهای پوششی به کار می‌رود. استفاده از الک جت هوا، که در استاندارد ۱-۸۱۳۰+ *ISO* شرح آن آمده، روش سریعی است. عبور هوا از الک از مسدودشدن سوراخهای آن جلوگیری کرده و امکان استفاده از آن در خط تولید پیوسته پودر و کنترل کیفیت را طی فرآیند تولید فراهم می‌آورد.

معمولا اندازه ذره پودرهای پوششی دارای محدوده بهینه‌ای است که به نوع پودر، روش اعمال و عوامل دیگری از این دست بستگی دارد. بدین معنا که اگر قطر ذرات بیش از حد بزرگ و ضخامت موردنظر در لایه نهایی سخت‌شده هم بیشتر باشد، ممکن است فرآیند ذوب و متعاقب آن سخت‌شدن لایه به تاخیر بیفتد. زیرا، جرم یک ذره درشت به راحتی جرم یک ذره کوچک گرما را دریافت نمی‌کند و به همین دلیل هم سیال‌شدن آن در هنگام تشکیل لایه با مشکل مواجه می‌شود و شکل ظاهری پوشش نهایی معیوب می‌گردد. از سوی دیگر در ذراتی که اندازه آنها از حد بهینه کوچکتر باشد، با زیاد شدن نسبت سطح به حجم، فعالیت سطحی افزایش می‌یابد که خود باعث تغییر خواص می‌گردد. مثلا در اثر کیک‌ی یا کلوخه‌شدن، سیالیت پودر به هنگام اعمال با مشکل مواجه می‌شود. از لحاظ ایمنی هم باید در نظر داشت که ذرات بسیار ریز در حالت جذب توسط دستگاه تنفس برای سلامتی شخص کاربر بسیار مہلک و خطرناک است. افزون بر این، احتمال آتش‌سوزی در اثر ایجاد الکتریسیته ساکن به وسیله ذرات بسیار ریز پخش‌شده در هوا نیز وجود دارد. فنون مرسوم برای اندازه‌گیری ذرات در پوششهای پودری عمدتاً روشهای میکروسکوپی (مانند *SEM*)، طیف‌سنجی (مانند *PSA*)، الک‌کردن و روشهای شمارشی (*counting procedure*) هستند.

برای تعیین اندازه ذرات تا زیر یک میکرون، عموماً از شمارنده کالتر (*Coulter counter*) استفاده می‌شود. با این روش در آزمایشگاههای صنعتی می‌توان در یک زمان مناسب به نتایج قابل قبولی دست یافت. ابتدا ذرات در یک الکترولیت مناسب پخش شده و سپس با عبور از یک نازل کوچک به طرف الکترود فرستاده می‌شوند. با عبور هر ذره متناسب با حجم آن، یک پالس ولتاژ ایجاد می‌شود. پالس‌ها تقویت شده، شمارش و درجه‌بندی می‌شوند تا

یک توزیع اندازه ذره از تعداد در برابر حجم ذره به دست آید. تهیه و آماده‌سازی نمونه در الکترولیت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از معایب این روش، می‌توان به زمان نسبتاً طولانی اندازه‌گیری (حدود ۳۰-۴۵ دقیقه برای هر آزمون) اشاره کرد. در سالهای اخیر روش پراش لیزر به عنوان روش جدیدتری که نیاز به آماده‌سازی نمونه ندارد، گسترش یافته که برای تعیین دقیق و سریع اندازه ذره کاربرد زیادی یافته است.

تجزیه‌گر اندازه ذره یکی از دستگاههایی است که بر اساس پراش لیزر کار می‌کند و کاربرد وسیعی در تعیین اندازه ذره متوسط و توزیع آن در پودرهای پوششی پیدا کرده است. در این دستگاه نمونه پودر پخش شده در هوا از میان یک پرتو نور تک‌فام لیزر عبور می‌کند. نور پراکنده شده از ذرات در زوایای مختلف دریافت اندازه‌گیری می‌شود و مقادیر عددی مربوط به نحوه انتشار برای تجزیه و تحلیل ثبت می‌گردد. با استفاده از یک مدل نوری و یک روش ریاضی مناسب، یک توزیع حجمی از اندازه ذرات به دست می‌آید. این روش در استاندارد ۱-۸۱۳۰ *ISO* شرح داده شده است.

مزایای تعیین اندازه ذره پودرهای پوششی بوسیله روش پراش لیزری عبارت است از :

مبنایی کاملاً علمی دارد و نیازی به درجه‌بندی ندارد.

برای مقادیر کم نمونه (حدود 20 g) اندازه‌گیری بطور کامل انجام می‌شود.

سرعت اندازه‌گیری بسیار زیاد است، بنابراین کنترل اندازه ذرات در فرآیند تولید امکان‌پذیر خواهد بود. قابلیت باز تولید (تکرارپذیری) نتایج بسیار زیاد است.

اندازه ذره در شرایطی معین می‌شود که پودر در اثر جریان هوا به حرکت درآمده و این شرایط مشابه با شرایط عملی اعمال پودر است. نتایج تعیین اندازه ذره را می‌توان به شکل جدول یا نمودار نشان داد. دستگاههای جدید معمولاً به کامپیوتر و چاپگر متصل هستند و نتایج را به شکل اندازه ذره در برابر جرم یا تعداد گزارش می‌کنند. پودرهای پوششی به ندرت توزیع نرمال دارند، به ویژه اگر در مرحله آسیاب از فرآیند جداسازی استفاده شده باشد. به همین دلیل برون‌یابی داده‌ها، توصیه نمی‌شود.

چگالی یا وزن مخصوص

در این راستا باید دو تعریف را به طور مجزا در نظر گرفت: یکی چگالی توده و دیگری وزن مخصوص ماده. چگالی توده عبارت است از: حجم اشغال‌شده بوسیله جرم معینی از پودر که هوا در بین ذرات آن قرار گرفته است.

دانستن چگالی توده به برآورد اندازه مخزن نگهدارنده پودر کمک می‌کند. ولی چگالی پودر در تعیین اقتصاد فرآیند مؤثر است.

برای اندازه‌گیری چگالی پودرهای پوششی می‌توان از روش‌های آزمایشگاهی معمول استفاده کرد. در استاندارد $ISO\ 8130$ روش کلاسیکی را مبنی بر جایگزینی یک مایع نشان می‌دهد. برای انجام این آزمون، از وسایل معمول آزمایشگاهی استفاده می‌شود که مزیت اصلی این روش است. روش دیگری که در این استاندارد شرح داده شده سریع‌تر و دقیق‌تر است. در این روش از اصل جایگزینی گاز استفاده شده است. بدین ترتیب که هنگام استفاده از جرم معینی از پودر ریخته شده در ظرف، حجم گاز جایگزین شده اندازه‌گیری می‌شود. این مسئله با یکسان‌سازی اختلاف فشار ناشی از جایگزینی گاز، عملی می‌شود.

نمونه مورد ارزیابی در یک ظرف دربار ریخته شده و در داخل یکی از سیلندرها قرار داده می‌شود. هر پیستون به یک اندازه به حرکت درآورده می‌شود تا بدین ترتیب اختلاف فشاری بین آنها مشاهده گردد. سپس، سیلندرها را حاوی نمونه به حرکت درآمده و فشار یکسان دوباره برقرار شود. در نتیجه تغییر حجم مشاهده شده برابر با حجم نمونه پودری خواهد بود. معمولاً گاز جایگزین شده هواست اما از گازهای دیگری مثل هلیم نیز می‌توان استفاده کرد. در این دستگاه حجم وزن معینی از پودر و سپس با استفاده از معادله $p=m/v$ چگالی آن نیز معین می‌گردد.

روش متداول دیگری که توسط انجمن پوشش‌های پودری توصیه شده و برای تعیین چگالی پودرهای پوششی، رنگدانه‌ها، رزینها، شبکه‌سازها و سایر اجزای جامد پوشش‌ها نیز به کار می‌رود، بدین قرار است: یک پیکنومتر معمولی به حجم $MI\ 50$ را برداشته و برای تخلیه هوای موجود بین ذرات پودر، از یک مایع استفاده می‌شود. در انتخاب نوع مایع مصرفی باید دقت زیادی کرد، زیرا در حالت انتخاب نامناسب ممکن است مایع یادشده باعث تورم پودر یا حتی شبکه‌ای شده آن گردد. برای این منظور معمولاً از حلالهای آلیفاتیک اشباع مانند نرمال هپتان یا هگزان استفاده می‌گردد.

با توزین مقداری از ماده که ظرفی (مانند استوانه) با حجم معین را اشغال کرده باشد، می‌توان به راحتی چگالی با توده را نیز اندازه گرفت از آنجا که چگالی توده به حالت پودر بستگی دارد، استانداردسازی به طور کامل به تهیه نمونه وابسته خواهد بود. برای انجام این آزمون دو حالت وجود دارد: وارد کردن ضربات متوالی به ظرف محتوی نمونه و دیگری بدون ضربه‌زدن به ظرف نمونه. ضربه‌زدن به ظرف محتوی نمونه پودر قبل از انجام آزمون باعث می‌شود که پودر تا حد ممکن نشست کرده و هوای بین ذرات پودر به حداقل ممکن برسد.

پودرهای پوششی گرماسخت طی زمان به تدریج تخریب می‌شوند. فرایند تخریب در شرایط شدید گرما و رطوبت، تسریع می‌شود. در استاندارد ایزو ۸-۸۱۳۰ روشی برای ارزیابی ثبات انبارداری ارائه شده است. در این روش، نمونه پودر در دماهای مختلف قرار داده می‌شود تا شرایط واقعی برای پودر شبیه‌سازی گردد. فرسایش پودرهای پوششی گرماسخت، به دو شکل تغییر حالت فیزیکی و تغییر واکنش‌پذیری شیمیایی پودر امکان‌پذیر است. در مورد اول ممکن است ذرات مجزای پودر به گونه‌ای فشرده شوند که تشکیل کلوخه دهند یا فشردگی به حالت درونی پودر بوده و منجر به تشکیل انبوهه‌ها گردد. در چنین مواردی که حالت فیزیکی پودر تغییر می‌کند، در برخی موارد، با استفاده از دستگاههای مکانیکی ساختار پودر قابل بازیابی خواهد بود. گاهی در زمان انبارداری واکنش‌های شیمیایی در پودر رخ می‌دهد که ممکن است بر ساختار فیزیکی پودر اثر نگذارد، اما اثر قابل توجهی بر توانایی تشکیل یک لایه صاف داشته باشد. در این حالت بر ویژگیهای مکانیکی پوشش مانند مقاومت در برابر ضربه اثر منفی خواهد گذاشت.

ترکیب پوشش پودری باید به گونه‌ای باشد که در مراحل حمل و نقل و انبارداری، پودر دارای خاصیت جریان‌پذیری آزاد باشد و اجزای آن در مراحل پیش از اعمال به ویژه در فصل گرما به شکل واکنش نداده باقی بمانند. معمولاً پوششهای پودری حفاظتی واکنش‌پذیرتر از سایر پوششهای پودری هستند، بنابراین باید در هنگام حمل و نقل و انبارداری محیط آنها را خشک و خنک نگاه داشت تا بدین ترتیب طول عمر و کارایی آنها به حداکثر و کیکی یا کلوخه‌شدن آنها به حداقل برسد. گاهی برای برخی از انواع پودرها، استفاده از یخچالهای صنعتی نیز توصیه می‌شود.

از طرف دیگر، سهولت تخلیه پودر از ظروف بسته‌بندی و تغذیه به سامانه اعمال‌کننده نیز به مقدار قابل توجهی به میزان پایداری آن بستگی دارد. پایداری و ثبات پودر از لحاظ اندازه، شکل و سختی ذرات پودری و همچنین واکنش‌پذیری (در ترکیبات گرماسخت) در زمان انبارداری به عوامل متعددی بستگی دارد. یکی از مهمترین این عوامل دمای انتقال شیشه‌ای ترکیب پوشش (T_g) است که کاربران در هنگام ترکیب کردن پودرها باید آن را مدنظر قرار دهند. این دما به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر پایداری فیزیکی و شیمیایی ترکیب پوشش در هنگام انبارداری، رفتار رئولوژیکی در زمان تولید، تشکیل لایه در مرحله سخت‌شدن و همچنین ایجاد و گسترش تنش

داخلی در لایه نهایی طی کارکرد پوشش اثر می‌گذارد. در حالتی که دمای انبار بالاتر از Tg پودر باشد، معمولاً پودر پس از مدتی کلوخه یا کیکی شکل می‌شود. این مشکل در جنوب کشور به دفعات گزارش شده است. با استفاده از برخی روشهای رئومتر یا تجزیه گرمایی، می‌توان علاوه بر یافتن اطلاعاتی درباره ذوب و رفتار سیالیت پودرها، داده‌هایی را نیز در مورد پایداری آنها به دست آورد. ارزیابی و بررسی پایداری پودر را به چند روش می‌توان انجام داد که در ادامه بررسی می‌شود.

بررسی توزیع اندازه ذره

حالت کلوخه‌ای شدن نسبی را می‌توان با رسم توزیع اندازه ذره به خوبی درک کرد. انتقال متوسط توزیع اندازه ذره به مقادیر بالاتر، احتمالاً نشان‌دهنده کلوخه‌شدن پودر خواهد بود. اما، برای اطمینان بیشتر می‌توان از روش شرح داده شده در آزمون $ASTM D 3451$ بهره گرفت. مطابق با این روش، مقدار معینی پودر (در حدود 50 g) در ظرف مخصوصی به حجم $MI 120$ ریخته و سپس درب ظرف با یک فویل آلومینیمی مسدود می‌گردد. برای شبیه‌سازی شرایط انبار ظرف بالا به مدت ۲۴ ساعت در دمای 50°C درجه سانتیگراد، یک هفته در دمای $45-50^\circ\text{C}$ درجه سانتیگراد و سه هفته در دمای 40°C درجه سانتیگراد قرار داده می‌شود. برای بررسی ثبات انبارداری، متوسط توزیع اندازه ذره یک پودر تازه تولید شده با پودری که در شرایط آزمون قرار داده شده است، مقایسه می‌گردد.

واکنش‌پذیری (زمان ژل شدن)

اندازه‌گیری زمان ژل شدن نیز می‌تواند پایداری پودر در زمان انبارداری را نشان دهد. زمان ژل شدن که واکنش‌پذیری نسبی یک ترکیب پوشش پودری را در دمای خاصی نشان می‌دهد، معمولاً بر اساس زمان لازم برای ژل شدن (بر حسب ثانیه) بیان می‌شود. زمان ژل شدن می‌تواند داده‌های مفیدی را در خصوص عمر نگهداری و قابلیت کارکرد یک پودر پوششی در اختیار قرار دهد، بنابراین برای ارزیابی ثبات انبارداری نیز می‌تواند به کار رود. با مقایسه زمان ژل شدن پودر اولیه با زمان ژل شدن پودر انبارشده، می‌توان تمایل به کلوخه شدن و در نتیجه ثبات انبارداری پودر را بررسی کرد. برای اندازه‌گیری زمان ژل شدن روشهای مختلفی ارائه شده است. کلیات استاندارد $DIN 55990$ مورد تأیید انجمن پوششهای پودری قرار گرفته است. تا قبل از سال ۱۹۹۰ این آزمون به شکل دستی انجام می‌شد. بدین ترتیب که نمونه کوچکی (2 g) از پودر روی ظرف مقعر پیش‌گرم شده‌ای ریخته و بلافاصله با ثبت زمان و هم‌زدن مداوم با یک سوزن مخصوص، زمان لازم برای ایجاد تغییر در سرعت حرکت سوزن اندازه‌گیری می‌گردید. به این زمان، زمان ژل شدن اطلاق می‌شد. امروزه، با پیشرفت فن‌آوری این فرآیند خودکار

شده و بوسیله رایانه کنترل می‌گردد. در روشهای جدید یک کاوه (*probe*) شیشه‌ای در داخل نمونه آزمایشی گرمادهی شده قرار می‌گیرد. وقتی نمونه شروع به ژل شدن می‌کند، حرکت کاوه در نمونه با محدودیت مواجه می‌شود. بدین ترتیب نمودار میزان نفوذ در برابر زمان به دست می‌آید کاهش زمان ژل شدن تا بیش از ۵۰٪ مقدار اصلی را می‌توان به ناپایداری پودر در انبار ربط داد.

جریان پذیری پودر

جریان پذیری پودر (*powder flow*) را می‌توان از دو جنبه بررسی کرد: جریان پذیری در مراحل قبل از اعمال و جریان پذیری ذرات پودر که در تماس با یکدیگر هستند. به عبارتی، جریان پذیری در مرحله تغذیه و عبور پودر از لوله‌ها و شیلنگ‌های پاشش با عنوان قابلیت ریزش و دیگری در مرحله اعمال و سیال شدن یا سیالیت است. همین مطلب اساس طراحی روش‌های آزمون سیالیت در مواد پودری را تشکیل می‌دهد.

قابلیت ریزش پودر

بررسی قابلیت ریزش (*pourability*) پودرهای انبارشده و مقایسه آن با نمونه‌های استاندارد نیز می‌توان ارزیابی مناسبی از ثبات انبارداری را نشان دهد.

پوششهای پودری باید از چنان سیالیتی برخوردار باشند که بتوان آنها را مانند مواد نقاشی مایع، به راحتی به داخل کانتینرها تخلیه کرد و از درون لوله‌ها و شیلنگها عبور داد و در نهایت پاشید. مشابه مواد نقاشی مایع، نیروی حداقلی مورد نیاز است تا پودر برای سیال شدن آماده شود. با به کارگیری روش‌های گرانروی سنجی می‌توان رفتار رئولوژیکی مواد مایع را به آسانی شناسایی کرد. ولی، برای آزمون سیالیت در پودرها فقط می‌توان از اصول یا گرانروی سنج‌های یادشده استفاده کرد. در عمل سیال شدن پودر از یک ظرف باید بدون تاخیر یا بدون کلوخه شدن باشد. روش کارهای بسیار ساده‌ای برای به تصویر کشیدن رفتار سیالیت ذرات پودر ارائه شده است. با اندازه‌گیری زاویه ریزش پودر امکان ارزیابی این خاصیت وجود دارد. هر چه این زاویه کوچکتر باشد، به عبارت دیگر ارتفاع مخروط تشکیل شده از پودر کمتر باشد، پودر از قابلیت ریزش بهتری برخوردار خواهد بود. این روش آزمایشگاهی به دلیل سادگی و کم‌هزینه بودن آن جالب توجه است.

سیالیت یا سیال شدن (*fluidisation*)

در مراحل مختلف فرایند اعمال، پودر به حالت سیال شده است. به همین دلیل هم انجام بررسی خاصیت سیالیت پودر با روشی مناسب ضروری است.

سیالیت با قابلیت ریزش تفاوتی اساسی دارد. قابلیت ریزش مشخصه سیالیت در پودرهای دارای همچسبی است. حال آنکه سیالیت خاصیت ویژه مخلوط پودر و هواست، یعنی مخلوطی که در آن ذرات پودر آن قدر از یکدیگر فاصله دارند که هیچ‌گونه نیروی جاذبه‌ای بین آنها وجود ندارد. برای پاسخ‌دادن به این پرسش که آیا نمونه پودر موجود برای اعمال با فرایند پاشش مناسب است یا خیر؟ می‌توان آزمونی را انجام داد. این دستگاه دارای یک مخزن استوانه‌ای مجهز به صفحه مشبک با قطر 100 mm است. مقدار معینی پودر (معمولاً 250 g) روی صفحه مشبک قرار داده می‌شود. سپس هوا با سرعت 500 L/h به صفحه دمیده می‌شود تا پودر روی صفحه به حالت سیال درآید. پس از ۱ تا ۲ دقیقه که حالت تعادل برقرار گردید، می‌توان ارتفاع h یعنی ارتفاع ستونی از ماده سیال شده را اندازه‌گیری کرد. سپس، با قطع جریان هوا و نشست پودرها روی صفحه ارتفاع h به عنوان دومین کمیت معین می‌گردد. پس از این اندازه‌گیری مقدماتی، یک بار دیگر پودر بوسیله هوا با همان شدت جریان قبلی، سیال می‌گردد. ولی، این بار دریچه روی جداره استوانه برای مدت ۳۰ ثانیه باز شده و مقدار معینی از پودر سیال شده از مخزن خارج می‌گردد. سپس، پودر خروجی در ظرف دیگری جمع‌آوری شده و وزن می‌گردد. برای افزایش دقت اندازه‌گیری بهتر است که این آزمون چندین بار تکرار شود.

سیالیت مذاب

میزان سیالیت طی مرحله سخت‌شدن نقش بسزایی در شکل ظاهری پوشش و قابلیت پوشاندگی لبه‌های تیز قطعه پوشش داده شده دارد. سیالیت پوشش‌های پودری پدیده بسیار پیچیده‌ای است که نمی‌توان با یک آزمون خاص آن را به طور کامل بررسی کرد. ولی، با انجام آزمون سیالیت روی سطح شیب‌دار که مورد تأیید انجمن پوشش‌های پودری نیز قرار گرفته، می‌توان شاخصی از میزان سیال شدن را در زمان پخت را ارائه کرد که اثر قابل توجهی بر جلوه سطح فیلم پخت‌شده دارد. در این آزمون ابتدا قرص فشرده‌ای از پودر پوششی تهیه شده و روی یک صفحه (معمولاً شیشه‌ای دارای پوشش $PTFE$) گرما داده شده به شکل افقی قرار می‌گیرد. یادآوری می‌شود که صفحه یادشده را بدون بازکردن درب آون، در موقعیت‌های افقی و شیب‌دار قرار داد. صفحه به مدت 30 s در موقعیت افقی نگاه داشته می‌شود تا قرص شروع به ذوب کند. سپس، بدون بازکردن درب آون، صفحه به مدت ۱۵ دقیقه در وضعیت ۶۵ درجه نسبت به خط افقی قرار داده می‌شود در نهایت، میزان سیالیت پودر بر حسب طول یا

مسافت طی شده بوسیله پودر مذاب (بر حسب mm) اندازه‌گیری می‌شود. از آنجا که طراحی آون، زاویه شیب و ویژگیهای قرص تهیه شده از پودر بر نتایج آزمون اثر می‌گذارد، قابلیت باز تولید نتایج مشکل است. به همین دلیل، دمای 177 درجه سانتیگراد برای گرمادهی، ضخامت $6\ mm$ برای قرص پودر وزن معادل نصف وزن مخصوص پودر موردنظر برای قرص پودر در زاویه شیب 65 و زمانهای $30\ s$ و $15\ min$ به ترتیب برای نگاهداری قرص پودر موقعیتهای افقی و شیب‌دار به عنوان استاندارد توصیه شده است.

به طور کلی مسافت $12\ mm$ برای پوششهای پودری ویژه میلگرد، $30-40\ mm$ برای پوششهای پودری ویژه سطح خارجی لوله‌ها، عدد تقریبی $40\ mm$ برای پوششهای پودری ویژه سطوح داخلی لوله‌ها و محدوده $30-80\ mm$ برای پوششهای پودری تزئینی قابل قبول است.

عیوب پوشش فسفات

بدنه و سطوح خارجی خودرو و انواع لوازم خانگی (یخچال، لباسشویی و ...) به دلیل شرایط خاص کاربری، بعضاً در معرض عوامل خوردنده محیطی نظیر رطوبت و آلاینده‌های اتمسفری و در نتیجه، خوردگی سطحی قرار دارند. استفاده از روشهای حفاظت از خوردگی بر روی این سطوح ضروری است. همواره به عنوان مهم‌ترین راهکار در این زمینه، استفاده از رنگ و پوشش پیشنهاد می‌گردد. عمر مفید قطعات فلزی رنگ شده اساساً به دوام پوشش آلی و چسبندگی آن به سطح فلز پایه بستگی دارد. وظیفه اصلی هر پوشش رنگی محافظ این است که از خوردگی فلز پایه در محیط کاری جلوگیری کند.

بدین منظور در آماده سازی فلز باید اکتیویته سطح آن کاهش یابد بطوریکه در سطح مشترک رنگ و فلز از خوردگی جلوگیری شود.



پوششهای فسفات که به عنوان پایه ای برای رنگ به کار می روند، چسبندگی رنگ را بهبود بخشیده، مقاومت فیلم رنگی را در مقابل رطوبت و آب افزایش داده و بطور قابل توجهی مانع از توسعه و رشد خوردگی احتمالی می شوند. چون این پوششها دی الکتریک بوده و مراکز آند و کاتد فعال سطحی را می پوشانند با ایزوله شدن این سطوح، خوردگی سطحی متوقف شده یا حداقل بطور قابل توجهی به تاخیر می افتد.

سطوح فسفات شده که قرار است رنگ زده شوند نباید با بدن یا دست تماس پیدا کنند. نمکهای بدن می توانند پوششهای فسفات را آلوده نمایند. در سطوح آلوده، پوشش رنگی کامل نبوده و چسبندگی خوبی نیز تامین نمی شود. علاوه بر این، مقاومت آن در مقابل رطوبت و خوردگی کاهش می یابد.



روش فسفات کردن معمولاً با توجه به شکل و اندازه قطعات تعیین می گردد. قطعات ریزی مثل پیچ و مهره، میخ و قطعات پرسی، در بشکه ای دوار و غوطه ور در محلول فسفات، پوشش داده می شوند. قطعات بزرگ نظیر بدنه یخچال، روی نوار نقاله از طریق اسپری کردن محلول، فسفات می گردند. قطعات بدنه اتومبیل به صورت اسپری یا غوطه وری فسفات می شوند. ورق تسمه های فولادی را می توان بطور اسپری یا از طریق عبور دادن مداوم آنها از میان محلول، فسفات نمود.



درجه محافظت از خوردگی که پوششهای فسفات‌تأمین می‌کنند به یکنواختی و ضخامت پوشش، دانسیته و اندازه کریستالها، بستگی دارد. برحسب روش آماده‌سازی و تمیزکاری قبل از عملیات، ترکیب محلول فسفات، درجه حرارت و زمان عملیات، می‌توان پوششهایی با دامنه ضخامتی وسیع ایجاد نمود.

از آنجاییکه در عملیات فسفات‌تأمین از جریان الکتریسیته استفاده نمی‌شود و تشکیل پوشش فسفات‌تأمین به تماس محلول فسفات با سطح فلز و درجه حرارت محلول بستگی دارد لذا لایه ایجاد شده بر روی انواع قطعات، عموماً یکنواخت می‌باشد.

عیوب متداول در پوشش فسفاته		
نوع عیب	علل وقوع	روش پیشگیری و رفع عیب
پوشیده شدن پوشش فسفاته با رسوب سفید رنگ	در طی فرآیند فسفاته، دمای محلول تا نقطه جوش افزایش یافته است.	پرهیز از حرارت دادن بیش از حد محلول
	افزودن محلول تازه به حمام در حین عملیات فسفاته کاری	اضافه کردن محلول در زمان عملیات باعث مخلوط شدن رسوبات حمام می شود لذا باید در هنگام اضافه کردن محلول تازه، فرصت ته نشینی شدن رسوبات را داد و سپس عملیات فسفاته کاری را انجام داد.
	لجن حمام شناور و غوطه ور است.	سیستم حرارت را تغییر داده و یا تغییر در روش غوطه ور کردن قطعات
	لجن سنگین به دلیل ضریب اسیدی نامناسب	قدرت اسیدی حمام را در مقدار مناسب ثابت نگهدارید و در صورت نیاز محلول را جایگزین نمایید.
	آب مرحله شستشو دارای ذرات جامد معلق می باشد.	تعویض آب شستشو و همچنین تمیز کردن رسوبات روی دیواره مخازن و در نهایت استفاده از آب با سختی کم
وجود لکه بر روی سطح پوشش فسفاته و مقاومت به خوردگی متغیر	عدم چربی زدایی مناسب سطح قطعه	خصوصیات محلول چربی زدا را بازرسی و آزمایش نمایید. در صورت ضعیف بودن، آن را تعویض و یا مدت عملیات چربی زدایی را افزایش دهید.
	زنگ زدایی یا پوسته زدایی نامناسب	شرایط عملیات اسیدشویی نظیر: دمای محلول، مدت غوطه وری و غلظت محلول را بررسی کرده و آنها را به حد مناسب برسانید. در صورت حضور آرسنیک در محلول اسیدشویی، آن را تعویض نمایید.
مقاومت کم به خوردگی	ضریب اسیدی نامناسب	بسته به نوع محلول، با اضافه کردن مواد لازم، قدرت اسیدی محلول را تنظیم کنید.
	مقدار کم اجزای اصلی در محلول	غلظت عوامل محلول را کنترل نمایید.
	دمای نامناسب حمام	اصلاح دما
	مقدار آهن زیاد در حمام	تعویض محلول فسفاته کاری
	زمان کوتاه عملیات فسفاته کاری	اصلاح مدت عملیات
	حضور آرسنیک در محلول	با اندازه گیری غلظت محلول، منبع آلوده کننده مشخص شود و در صورت نیاز محلول تعویض گردد.
	حضور یون کلرید در محلول	

اصول و مقررات ایمنی در صنایع رنگ و رزین

صنایع تولیدکننده رنگ و پوشش ساخت رزینهای مورد مصرف در رنگسازی و بخش‌های رنگ‌آمیزی قطعات فلزی و چوبی در سالهای اخیر در جهان پیشرفت قابل توجهی داشته‌اند و تنوع مواد اولیه و تعدد فرایندهای تولید و روشهای اجرایی رنگ‌آمیزی، باعث تولید فرآورده‌های متنوعی در این بخش از صنعت شده است. امروزه صنعتگرانی که در این رشته فعالیت دارند، اضافه بر جلب رضایت مشتری و ارتقاء کیفی محصولات خود، حفظ ایمنی و سلامتی و عدم آلوده‌سازی محیط زیست را نیز در برنامه کار خود قرار داده‌اند. به جرات می‌توان گفت که اکثر مواد اولیه تولید رنگ شامل رزینها، افزودنی‌ها و حلالها کم و بیش خطرناک هستند. این خطرات بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی است و ممکن است همراه با آتش‌سوزی و یا انفجار نیز باشد. در این مقاله به بررسی خطرات ناشی از مواد و محصولات صنایع رنگ و رزین پرداخته و ضمن مطالعه حدود و مقررات بین‌المللی، ضوابط بسته‌بندی، حمل و نقل و نصب برچسب روی ظروف حاوی این مواد، نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

خطرات

خطرات موجود در صنایع رنگ و رزین به دو گروه اصلی تقسیم می‌شود:

الف - خطرات شیمی فیزیکی مواد

ب - تاثیر مواد بر سلامتی

خطرات شیمی فیزیکی

خطرات شیمی فیزیکی ماده شامل قابلیت اشتعال، انفجار و اکسیدکنندگی این مواد است که می‌تواند باعث بروز صدمات و خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیر گردد. اثرات سوء مواد شیمیایی بر سلامتی انسان، در صورت تماس مستقیم، استنشاق و یا بلعیدن این مواد ایجاد می‌گردد و می‌تواند باعث مرگ، بروز سرطان، مسمومیت شدید، حساسیت و یا در طولانی مدت باعث ایجاد دغدغه در بدن گردد. یکی از راههای آشنائی افراد با خطرات مواد شیمیایی استفاده از برگه‌های اطلاعات ایمنی [*Safety Data Sheet (SDS)*] می‌باشد که در کلیه بخشهای ذخیره‌سازی و انبار، بخش تولید، آزمایشگاه و نیز در حین حمل و نقل باید در دسترس بوده و مورد توجه قرار گیرد.

قابلیت اشتعال مواد در صنایع رنگ و رزین

بسیاری از حلالها، رزینها و افزودنی‌ها و همچنین محصولات صنایع رنگ و رزین، چنانچه به طور صحیح حمل و یا ذخیره نشوند، امکان بروز آتش‌سوزی را به شدت افزایش می‌دهند.

از این گروه، حلالها نسبت به سایر مواد خطر بیشتری دارند. خطر اصلی حلالها قابلیت اشتعال آنهاست، اگرچه برخی از آنها سمی نیز هستند. اکثر حلالها و برخی از رزینها در زمره مواد با قابلیت اشتعال بالا دسته‌بندی می‌گردند که در اثر جرقه و یا هوای داغ باعث بروز آتش‌سوزی می‌گردند. قابلیت اشتعال حلالها با نقطه اشتعال (*Flash Point*) آنها مشخص می‌گردد. نقطه اشتعال حداقل دمائی است که در آن بخشی از حلال تبخیر شده و بر روی سطح مایع محیط اشتعال را ایجاد می‌کند.

حلالها بر اساس نقطه اشتعال دارای دو حد زیر هستند :

حد پایین اشتعال (*Lower Flammable Limit*)(LFL)

معادل با درصدی از حجم یک ماده است که با یک حجم هوا مخلوط شده و این مخلوط ضعیف‌تر از آن باشد که مشتعل شود.

حد بالای اشتعال (*Upper Flammable Limit*)(UFL)

درصدی از حجم یک ماده است که با یک حجم هوا مخلوط شده و مخلوط غنی‌تر از آن است که مشتعل شود. یکی دیگر از ویژگیهای حلالها، دمای خود اشتعالی یا اشتعال خودبه‌خود (*Autoignition Temp*) است و آن حداقل دمائی است که یک ماده تحت شرایط متفاوتی بصورت خودبه‌خود و بدون هیچ منبع حرارتی مشتعل می‌شود. باید توجه داشت که بین نقطه اشتعال ماده و دمای اشتعال خودبه‌خود آن هیچ ارتباطی وجود ندارد، به عنوان مثال استن دارای نقطه اشتعال پایین ولی دمای خوداشتعالی بسیار بالایی است و برعکس آن حلال وایت‌اسپریت است نقطه اشتعال بالاتر از استن داشته ولی حدود ۳۰۰ درجه سانتیگراد نقطه خوداشتعالی آن پایین‌تر است.

ویژگی دیگر حلالها که در تولید و حمل مشکل‌آفرین است، قابلیت تولید و هدایت الکتریسیته ساکن است.

تی حلالهایی مانند تولوئن و زایلن با قابلیت هدایت الکتریکی کم، در حین حمل الکتریسیته ذخیره می‌نمایند و این ذخیره در دستگاههای تولید مانند مخلوط‌کن، فیلتر، لوله‌ها و پمپ‌ها و دستگاه های پاشش تاثیر نامطلوب می‌گذارد.

برای جلوگیری از ذخیره الکتریسیته ساکن در حلالها، ساده‌ترین روش استفاده از سیم اتصال به زمین در مخازن و تانکرهای حمل و ذخیره‌سازی آنهاست.

به جز حلالها، برخی دیگر از مواد اولیه مصرفی در صنایع رنگ و رزین نیز آتشگیر هستند. به ویژه موادی که در ساخت رزینها مصرف می‌شوند.

لازم به ذکر است که مواد پودری نیز در حین حمل الکتریسیته ساکن ذخیره می‌کنند و لذا غبار برخی از آنها در مجاورت اکسیژن هوا قابلیت انفجار دارد.

قابلیت انفجار و اکسیدکنندگی مواد

همانگونه که گفته شد خطرات شیمیایی فیزیکی مواد شامل قابلیت اشتعال انفجار و اکسیدکنندگی آنهاست.

گروهی از مواد اولیه مصرفی در ساخت رزینها دارای خواص اکسیداسیون و انفجاری هستند، این مواد می‌توانند به صورت جامد، مایع یا خمیری شکل باشند و در واکنشی گرمازا تولید گاز کرده و این گاز در گرما منفجر شده و یا تولید شعله می‌نماید.

پراکسیدهای آلی، آغازگرها و مواد تولیدکننده رادیکال آزاد که در فرایند تولید رزین اکریلیک و رزین پلی استر غیراشباع مصرف می‌شود مانند دی بنزیل پراکسید و سیکلو هگزانون پراکسید از این گروه هستند که پتانسیل منفجر شدن دارند.

به همین دلیل، این مواد در زمان بسته‌بندی و عرضه با پلاستی‌سایزرها مخلوط شده تا احتمال خطر انفجار و آتش‌سوزی آن به شدت کاهش یابد.

تاثیر مواد بر سلامتی

اگرچه خطر آتش‌سوزی و انفجار، یک خطر جدی در محیط کارخانه است ولی اثرات سوء که مواد شیمیایی برای سلامتی افراد ایجاد می‌کنند را نباید نادیده گرفت. مواد شیمیایی را می‌توان از نظر تاثیر بر سلامتی انسان به سه گروه تقسیم نمود :

مواد بسیار سمی *Very Toxic*

مواد سمی *Toxic*

مواد مضر *Harmful*

واژه بسیار سمی به موادی اطلاق می‌گردد که موجب مرگ و یا آسیب مزمن در انسان می‌گردد و به همین ترتیب مواد مضر اثر کمتری نسبت به بسیار سمی دارند.

اثرات سوء مواد فوق بوسیله استنشاق، بلعیدن و تماس با پوست و چشم ایجاد می‌گردد. در صنایع رنگ، در طی عملیات ساخت رنگ، رنگ‌آمیزی و یا پخت رنگ، افراد در معرض بخارات، غبار، ذرات جامد پودر و الیاف موجود در فضای واحد قرار می‌گیرند که بر سلامتی آنها اثر مخرب دارد. این عبارات از طریق تنفس و جذب پوست و چشم وارد بدن شده و چنانچه از تراکم این مواد در محیط کار جلوگیری نشود در کوتاه‌مدت و یا بلندمدت باعث بیماری می‌گردد.

برای جلوگیری از آلودگی محیط کار در واحدهای رنگ و رزین ضروری است که با «حد آستانه» هریک از این مواد آشنا باشیم تا بتوانیم مقدار آن را در محیط کار در حد مناسب و غیرمضر کنترل کنیم. معیارهای حد آستانه مواد در این مورد راهنمای خوبی است.

معیارهای «حد آستانه»

معیارهای حد آستانه مقداری از مواد را نشان می‌دهد که وجود بیشتر آن در هوا و آب و در تماس با انسان خطرناک است. از معیارهای معتبر می‌توان انواع زیر را نام برد.

حد آستانه ترشولد : (*Threshold Limit Value*)

این معیار آمریکائی در اکثر کشورهای جهان معتبر است. در این استاندارد دو زیر گروه *A2, AI* سرطان‌زا بودن و مشکوک به سرطان‌زا بودن مواد را نشان می‌دهد.

حد آستانه ماک : (*MAK Limit Value*)

این معیار آلمانی شامل چندین زیر گروه است که مواد سرطانزا، تولیدکننده تومورهای مشکوک به سرطانزائی و ... را شامل می‌گردد.

حد آستانه *OELS* : (*Occupational Exposure Limits*)

این معیار انگلیسی شامل سه بخش استاندارد تماس شغلی (*OES*) و ماکزیمم حد تماس (*MEL*) و متوسط زمان (*TWA*) مواد خطرناک می‌باشد و حدمجاز تماس انسان با مواد شیمیایی را مشخص می‌کند.

این حد آستانه و یا حد تماس مواد با انسان، با دو معیار حجمی و وزنی اندازه‌گیری می‌شوند :

قسمت حجم ماده در میلیون قسمت حجم هوا : *ppm*

میلی گرم ماده در متر مکعب حجم هوا : *mg/m³*

به جز این دو حد آستانه ، برای ذرات الیاف در هوا معیار دیگری نیز هست و آن واحدی است که میزان الیاف در

میلی لیتر هوا را نشان می‌دهد : *Fibre/ml*

برگه اطلاعات ایمنی *Safety Data Sheet*

این برگه‌ها حاوی اطلاعاتی است که برای کارکردن با مواد خطرناک و حمل و نقل و ذخیره آنها مورد نیاز می‌باشد. در صنعت رنگ و رزین تهیه برگه ایمنی برای مواد اولیه، مواد حد واسط و محصول نهائی و نیز کمکهای اولیه مورد نیاز در زمان بروز حوادث ناشی از این مواد ضروری است. در برگه اطلاعات ایمنی مقادیر و حدآستانه مواد بر اساس قوانین ملی هر کشور تعیین می‌گردد و مطابق همین اطلاعات برچسب روی مواد و محصول باید تنظیم شود. بر اساس تقسیم‌بندی بین‌المللی مواد خطرناک به چند گروه اصلی تقسیم می‌گردند و برای نمایش هر گروه علامت خاصی نیز در نظر گرفته شده است.

عبارات ایمنی و هشداردهنده‌ای که در برگه‌های اطلاعات ایمنی ذکر می‌گردد همگی باید بر اساس معیارهای موجود بوده و مفهوم مشخصی داشته باشد.

یک برگه اطلاعات باید دارای مشخصات زیر در مورد هر ماده باشد :

نام محصول و شرکت تولیدکننده

نوع ترکیبات و اجزاء سازنده

معرفی خطرات و مسمومیتهای ناشی از آن

کمکهای اولیه مورد نیاز

اطفاء حریق ویژه ماده و راههای جلوگیری از حریق

معرفی حوادث اجتماعی مانند خطرات ناشی از جابجائی و نگهداری

خواص فیزیکی و شیمیایی مانند رنگ و بو، pH ، نقطه جوش و نقطه ذوب، نقطه اشتعال، دمای خوداشتعالی،

ابلیت انفجار و اکسیدکنندگی، فشار بخار، انحلال در آب و

مراقبتهای فردی در تماس با ماده

پایداری یا واکنش پذیری

اطلاعات سم شناسی، زیست محیطی

نحوه معدوم کردن آن

اطلاعات حمل و نقل

قوانین و مقررات ملی در مورد ماده

تمام برگه‌های ایمنی باید دارای تاریخ تدوین و زمان بازبینی باشند که فاصله این دو معمولاً یکسال می‌باشد.

برچسبهای ظروف حاوی مواد اولیه و محصول

نصب برچسب روی ظروف بسته‌بندی مواد شیمیایی ضروری است و در بسته‌بندی مواد خطرناک برچسب‌زنی

ز اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

اطلاعاتی که بر روی برچسب مواد شیمیایی باید درج گردد شامل نام و آدرس و تلفن تولیدکننده، نام تجاری

محصول، ترکیب خطرناک موجود در آن، نشانه خطر و عبارات هشدار دهنده خطر و حفظ ایمنی و سلامتی است.

این اطلاعات ویژه مصرف‌کننده است ولی برچسبهائی برای حمل مواد بوسیله وسایل نقلیه وجود دارد که عبارات

آن خاص حمل و نقل است.

در مجموع بر روی برچسب، عبارات استاندارد هشداردهنده، همراه با علائم مربوطه برای شناسائی مواد مضر،

سمی و خطرناک باید قید گردد.

عبارات خاص برچسب محصولات رنگ و رزین

بر اساس مقررات بین‌المللی این عبارات باید بر روی چسب محصولات رنگ و رزین قید گردد :

رنگ و پوشش حاوی سرب

روی برچسب این محصولات چنانچه حاوی بیش از ۱۵٪ درصد وزنی سرب در کل وزن رنگ باشد باید عبارات زیر قید گردد:

« حاوی سرب است. در محلی که احتمال تماس کودکان و حیوانات اهلی وجود دارد، مصرف نشود.»
اگر رنگ حاوی سرب در ظرف کوچک باشد (کمتر از ۱۲۵ میلی‌لیتر) ذکر عبارت «مراقب باشید، حاوی سرب است» کفایت می‌کند.

رنگها و رزین حاوی ایزوسیانات

بر روی برچسب بسته‌بندی رنگها و رزین حاوی ایزوسیانات (به صورت منومر، اولیگومر و پلیمر و یا مخلوط آنها) باید عبارات زیر قید گردد:

« محتوی ایزوسیانات است. به نکات ارائه شده بوسیله سازنده توجه گردد.»

رنگ و رزین حاوی اپوکسی

چنانچه رنگ و پوشش حاوی رزین اپوکسی با متوسط وزن ملکولی ۷۰۰ باشد، روی برچسب ظروف آن باید عبارات زیر ذکر شود.

« حاوی ترکیبات اپوکسی است. به نکات ارائه شده توسط سازنده توجه گردد.»

برچسب ویژه حمل و نقل مواد *Labelling For transport*

در حمل و نقل و جابجائی مواد شیمیایی در بین کشورها مقررات دقیق بین‌المللی وجود دارد و بر آن اساس برچسب‌های ویژه حمل و نقل نیز باید حاوی اطلاعات ایمنی دقیقی باشند.

قوانین و مقررات بین‌المللی در مورد حمل و نقل عبارتند از :

حمل و نقل جاده‌ای : قوانین انتقال مواد خطرناک در جاده : *ADR*

حمل و نقل ریلی(قطار) : قوانین انتقال مواد خطرناک بوسیله قطار : *RID*

حمل و نقل دریائی : قوانین انتقال مواد خطرناک در انتقال دریائی : *IMDG*

حمل و نقل هوائی : قوانین انتقال مواد خطرناک در انتقال هوائی : *IATA*

قوانین سازمان ملل در حمل و نقل خطرناک : *UN orange book*

به عنوان مثال بر اساس مقررات سازمان ملل (*UN*) باید طبقه‌بندی، شماره مربوطه به نوع خطر و گروه بسته‌بندی در برچسب حمل و نقل قید گردد و چنانچه مواد بوسیله تانکر و یا فله حمل می‌شود روی وسیله نقلیه برچسب حمل و نقل نصب گردد.

روی برچسب حمل و نقل، نوع خطرات تحت عنوان کد خطر (*Danger Code*) و نشانه‌ها تحت عنوان علامت خطر (*Danger sing*) نام‌گذاری می‌گردد.

در حمل و نقل دریائی چنانچه نشت مواد در آب باعث آلودگی و مرگ ماهیها خواهد شد اضافه بر، برچسب حمل و نقل برچسب «آلوده‌کننده دریا» هم اضافه گردد. به عبارت دیگر هر ماده‌ای که حاوی ۱۰٪ از مواد آلوده‌کننده دریاها (بر اساس فهرست بین‌المللی) و یا ۱٪ از مواد آلوده‌کننده شدید دریاها باشد باید در حمل آن برچسب «آلوده‌کننده دریا» نیز نصب گردد.

کنترل خطرات ناشی از مواد در واحدهای رنگ و رزین

کارفرما باید ابزار کنترل خطرات حاصل از مواد را در واحد پیش‌بینی نماید.

قوانین و مقررات ایمنی به زبان ساده و خلاصه در اختیار کارکنان قرار گیرد.

کارکنان باید از ضوابط و ابزار کنترل خطرات با دقت استفاده نمایند.

چهارچوبی برای جلوگیری از بروز حوادث تعیین گردد.

کارفرما باید از سلامت دستگاههای هشداردهنده خطر بوسیله آزمایش مستمر آن مطمئن باشد.

بخش کمکهای اولیه واحد مجهز گردد.

کارکنان برای مواقع اضطراری و بروز حادثه آموزش ببینند.

در انبار و محل ذخیره مواد و محصول برچسب‌های ویژه مواد سمی، مضر، خورنده، سوزش آور، قابل اشتعال و

نصب گردد.

بر روی ظروف حاوی مواد، برچسب نحوه مصرف با ذکر نکاتی در مورد کنترل خطرات در حین کار با مواد قید گردد. در مواقع لزوم کارکنان از دستکش، ماسک و عینک ایمنی و یا البسه محافظ استفاده نمایند.

چک لیست بازرسی در زمان رنگ آمیزی						
توضیحات	نامشخص	نامناسب	مناسب	مقداراندازه گیری شده	مقدار استاندارد	پارامتر
				max °c min °c	max °c min °c	درجه حرارت هوا
				max	max	رطوبت نسبی هوا
				°c	°c	نقطه شبنم
				°c	>=Dew Point + 3°c	درجه حرارت سطح
				km/h	km/h	سرعت وزش باد
				SP	SP	ارزیابی دزجه آماده سازی
					بدون هوا _ با هوا _	نوع فرایند اسپری
				cm	cm	فاصله پیستوله از سطح
						زاویه دست اعمالگر
						سرعت عملکرد دست اعمالگر
						قطر دهانه نازل متناسب با رنگ اعمالی
						فشار سیال و هوا متناسب با رنگ اعمالی
				%	%	همپوشانی اعمال لایه ها
				°c	°c	دمای ماده پوششی
				h	h	فاصله زمانی بین آماده سازی و اعمال اولین لایه رنگ
				max h min h	max h min h	فاصله زمانی بین مخلوط کردن سخت کننده با رنگ، قبل از اعمال

						میزان تبیر و حلال اضافه شده به رنگ
				<i>h</i>	<i>h</i>	زمان پوشش دهی مجدد بین اعمال لایه های رنگ
						نسبت اختلاط رنگهای دو جزئی
						تاریخ انبارداری رنگها
				<i>micron</i>	<i>micron</i>	ضخامت فیلم تر

روش های متداول کنترل کیفیت رنگها براساس استانداردهای ASTM

ردیف	عنوان	شماره استاندارد
۱	ته نشینی طی ۶ ماه انبارداری برای رنگهای ترافیک	<i>ASTM D-869</i>
۲	ته نشینی تسریع شده طی ۲ هفته انبارداری برای تست رنگهای ترافیک	<i>ASTM D-1309</i>
۳	دانه بندی	<i>ASTM D-1210</i>
۴	چگالی	<i>ASTM D-1475</i>
۵	گرانروی بارتوتینر و یسکومتر	<i>ASTM D-4287</i>
۶	گرانروی با فورد کاپ	<i>ASTM D-1200</i>
۷	آماده سازی سطح فولادی (پیکتوریال)	<i>ASTM D-2200</i>
۸	آماده سازی سطوح فولادی برای آزمایش های رنگ	<i>ASTM D-609</i>
۹	اندازه گیری پروفیل سطح شن پاشی شده فولادی	<i>ASTM D-4417</i>
۱۰	نحوه تهیه فیلم بر روی سطوح فولادی آزمایش به روشهای مختلف	<i>ASTM D-823</i>
۱۱	تعیین ضخامت رنگ تر اعمال شده	<i>ASTM D-4414</i>
۱۲	تعیین زمان خشک شدن رنگ	<i>ASTM D-1640</i>
۱۳	تعیین ضخامت فیلم خشک برای پوشش غیرهادی بر ورقه های فلزی غیر آهنی	<i>ASTM D-1400</i>
۱۴	تعیین ضخامت فیلم خشک برای پوشش های غیر مغناطیسی بر روی سطوح	<i>ASTM D-1186</i>

	آهنی	
<i>ASTM D-2247</i>	آزمایش نمونه های رنگ خورده در رطوبت اشباع	۱۵
<i>NACE-TM-01-74</i>	آزمایش غوطه وری	۱۶
<i>ASTM B-117</i>	آزمایش نمونه های رنگ خورده در محفظه مه نمکی	۱۷
<i>ASTM D-714</i>	آزمایش بررسی عارضه تاول پوشش (تاول زدگی)	۱۸
<i>ASTM D-610</i>	درجه زنگ زدگی سطوح رنگ شده	۱۹
<i>ASTM G-9,G-17</i>	نفوذ پذیری آب	۲۰
<i>ASTM D-1653</i>	قابلیت نفوذ پذیری بخار از فیلم پوشش آلی	۲۱
<i>ASTM D-870</i>	تست غوطه وری در آب، پوشش آلی روی فولاد	۲۲
<i>ASTM D-1644</i>	تعیین درصد وزنی مواد غیر فرار ورنیش ها	۲۳
<i>ASTM D-2369</i>	تعیین درصد وزنی مواد فرار پوشش ها	۲۴
<i>ASTM D-522</i>	تست خمش مخروطی	۳۲
<i>ASTM D-1734</i>	تست خمش استوانه ای	۳۳
<i>ASTM D-4366</i>	تعیین سختی با استفاده از دستگاه پاندولی	۳۴
<i>ASTM D-2794</i>	مقاومت پوشش در برابر تغییر شکل ناگهانی (ضربه پذیری)	۳۵
<i>ASTM D-523</i>	تعیین براقیت پوشش	۳۶
<i>ASTM D-2805</i>	تعیین قدرت اختفاء <i>hidding power</i>	۳۷