

دوره آموزشی

تکنولوژی رنگ

مدرس:

عطا محمد بابا احمدی

مدیر عامل شرکت دریا رنگ اصفهان

اردیبهشت ماه ۱۳۷۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
اصول فرمولاسیون و ساخت رنگ	۶.....
اجزاء تشکیل دهنده رنگ	۹.....
خصوصیات اجزاء تشکیل دهنده رنگ	۹.....
رنگدانه ها و رنگدانه بارها	۹.....
فام رنگ و عمل تینت کردن رنگ	۱۱.....
رزین ها	۱۱.....
غلظت حجمی پیگمنت	۱۴.....
حلال ها	۱۴.....
مواد افزودنی در رنگ	۱۵.....
چگونگی اصلاح و تکمیل فرمول رنگ	۱۷.....
نقش رنگدانه ها در ساخت رنگ	۱۸.....
تعریف رنگ	۱۸.....
تعریف رنگدانه ها	۱۸.....
خصوصیات رنگدانه	۲۰.....
رنگ (فام)	۲۰.....

۲۲.....	قدرت پوشاندگی رنگدانه ها
۲۵.....	اندازه ذرات.....
۲۶.....	شکل ذرات رنگدانه
۲۶.....	وزن مخصوص رنگدانه
۲۷.....	جذب روغن رنگدانه ها.....
۲۷.....	پخش رنگدانه در رنگ
۲۷.....	مواد فعال کننده سطح.....
۲۸.....	تعریف فعال کننده سطح
۲۹.....	ویژگیهای اساسی پوشش
۳۱.....	بازدارنده های خوردگی
۳۴.....	حفاظت گالوانیکی توسط فلز روی.....
۳۵.....	سیستم های پوشش
۳۶.....	Primers.....
۳۶.....	خصوصیات لایه میانی
۳۷.....	خصوصیات لایه نهایی
۳۹.....	انتخاب پوشش
۳۹.....	مقدمه

- ۳۹..... رنگ مناسب را چگونه انتخاب کنیم ؟
- ۴۱..... موارد بررسی و ملاحظات در انتخاب پوشش
- ۴۲..... سطح زیر کار
- ۴۳..... شرایط محیطی
- ۴۶..... جنبه های اقتصادی
- ۴۶..... تجربه های قبلی
- ۴۶..... آماده سازی
- ۴۹..... انواع چسبندگی
- ۵۲..... اهداف آماده سازی سطح
- ۵۷..... تاریخچه تکنیک های آماده سازی سطح
- ۵۹..... انواع آلودگی سطح
- ۵۹..... Mill scale
- ۶۰..... آلودگی از نوع گریس و روغن

پیشگفتار :

سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران بعنوان شاخه تحقیق و تکنولوژی وزارت فرهنگ و آموزش عالی همواره سعی در شناسایی و حل مشکلات صنایع کشور داشته است بدین منظور غالباً "بازدیدهایی از طرف اعضاء هیات علمی و کارشناسان این سازمان از صنایع صورت میپذیرد ، پژوهشکده اصفهان نیز از زمان تاسیس خود در سال ۱۳۷۴ سعی بر این مهم داشته و ارتباط خوبی را با صنایع و مراکز تحقیقاتی دیگر شروع نموده است . در پی بازدیدهایی که در یکی دو سال گذشته از صنایع استان اصفهان بعمل آمده ،اکثر صنایع در کنترل کیفیت و استفاده از رنگ بعنوان یک پوشش ضد خوردگی با مشکل مواجه بودند از طرفی کارخانجات سازنده رنگ نیز در تست و کنترل محصول تولیدی خود یا ارائه محصول جدید با محدودیتهایی در روشهای آزمون و استانداردها مواجه بودند ، بر این اساس تصمیم به برگزاری یک دوره کلاس آموزش ، شیمی و تکنولوژی رنگ در اردیبهشت ماه ۱۳۷۷ گردید این کلاس در دو قسمت آزمونهای شیمیایی رنگ با استفاده از مراجع ASTM و تکنولوژی رنگ برنامه ریزی شد.

در آزمونهای شیمیایی رنگ سعی گردید نحوه جدا سازی ، اندازه گیری و شناسایی مهمترین اجزاء تشکیل دهنده رنگ شامل رزین ، رنگدانه ، حلال ، روغنهای خشک کننده ، و صورت پذیرد و روشهایی انتخاب شود که به تجهیزات محدودی نیاز داشته تا اکثر صنایع در آزمایشگاه خود قادر به انجام آن باشند ، در قسمت تکنولوژی رنگ نیز نحوه ساخت و فرمول نویسی رنگ ، ماشین آلات رنگسازی ، نحوه انتخاب پوشش و چگونگی رنگ آمیزی مورد بحث قرار گرفت.

به هر حال مجموعه حاضر در اردیبهشت ماه ۱۳۷۷ در کلاس شیمی و تکنولوژی رنگ با کمک آقای عطا محمد بابا احمدی مدیر عامل شرکت دریارنگ که زحمت قسمت تکنولوژی رنگ را متقبل شدند در پژوهشکده اصفهان ارائه گردید.

از آنجاییکه مجموعه حاضر اولین مجموعه در مورد شیمی و تکنولوژی رنگ میباشد، مطمئناً شامل نقصها و کم و کاستی هایی است که جهت رفع آنها در نسخه های بعدی نیاز به راهنمایی و پیشنهادات ارزنده شما خواننده گرامی دارد. لذا خواهشمند است ما را از راهنماییهای خود محروم نفرمایید.

در پایان لازم است از زحمات آقایان علی آقایی که در ترجمه متون و حسین حدیدی که در ثبت نام و برگزاری کلاس با اینجانب همکاری داشته اند قدردانی و سپاسگذاری نمایم.

محمد عابدی

عضو هیات علمی پژوهشکده اصفهان

اردیبهشت ماه ۱۳۷۷

اصول فرمولاسیون و ساخت رنگ :

خواص فیزیکی و عمر مفید یک پوشش رنگ، بر پایهٔ موارد ذیل استوار است.

(۱) فرمولاسیون: نوع و نسبت مواد خام استفاده شده در فرمول رنگ

(۲) تولید: روش‌های به کار رفته در تولید از مواد خام به محصول نهایی

(۳) کاربرد: اعمال یک پوشش با ضخامت مناسب روی سطح آماده‌سازی شده

(۴) خشک شدن و طول عمر: شرایطی که تحت آن، فیلم رنگ از طریق هوا خشک یا به

کمک کوره خشک می‌شود و شرایطی که قطعهٔ رنگ شده در آن قرار دارد.

از موارد فوق قسمت‌های اول و دوم تحت کنترل سازندگان رنگ قرار دارد. (یعنی

فرمولاسیون و ساخت رنگ) در مورد قسمت سوم سازندگان رنگ ممکن است نظارت

مختصری داشته باشند و لیکن در مورد قسمت سوم کاملاً خارج از کنترل سازندهٔ رنگ

قرار دارد. از آنجا که اشکالات مربوط به نحوهٔ مصرف و شرایط نامساعد خشک شدن

موجب بروز نقصان‌هایی در پوشش اعمال شده می‌نماید، در موقع رسیدگی به شکایات

مربوط به رنگ‌آمیزی باید به این قسمت توجه کامل داشت. متأسفانه بعد از مصرف رنگ

ممکن است که آثار این نقصان‌ها از بین رفته باشد، در چنین شرایطی معمولاً

مصرف‌کنندگان عیب را به گردن فرمول و ساخت رنگ می‌اندازند.

اطلاع‌رسانی به فرمول‌نویس رنگ در رابطه با رنگی که می‌خواهد بسازد از اهمیت

ویژه‌ای برخوردار است. به عنوان مثال ممکن است از رنگساز خواسته شود پوششی را

برای شرایط خاص تهیه کند و یا یک نمونه از رنگ مشابه را جهت شبیه‌سازی به او ارائه

دهند. رنگساز، رنگ مورد نظر را ساخته و به مشتری ارائه می‌دهد. این نمونه ممکن است

نیازهای اختصاصی را برآورده کند، اما یک فاکتور مهم را که اطلاعات مربوط به آن به

رنگساز داده نشده بود را در بر نداشته باشد.

برای اجتناب از این موارد، کاملاً واضح است که فرمول‌نویس رنگ باید تمام اطلاعات لازم را برای ساخت یک رنگ مطلوب در اختیار داشته باشد. از جمله این اطلاعات، شرایط مصرف، شرایط کاربرد، نحوه خشک شدن، قیمت و غیره هستند.

فرمول‌نویس مواد خام متنوعی را در اختیار دارد. او از این مواد برای ساخت رنگ استفاده می‌کند. رنگ‌های صنعتی که به صورت سفارشی ساخته می‌شوند، مواد خام متنوعی را طلب می‌کنند. به هر حال فرمول‌نویس باید این مطلب را در ذهن داشته باشد که هر ماده جدیدی را که می‌خواهد در فرمول خود مصرف کند، باید در انبار کارخانه داشته باشد. این مطلب در ارتباط مستقیم با افزایش سرمایه در گردش کارخانه قرار دارد که باعث بالا رفتن قیمت تمام شده رنگ می‌شود.

فروشنندگان مواد اولیه رنگ معمولاً فرمول‌های پیشنهادی را برای انواع مختلف رنگ ارائه می‌دهند. این فرمول‌ها برای شروع به کار مفیدند و اطلاعات ارزنده‌ای دربردارند. لیکن به دلیل استفاده از مواد خاص که سازندگان خاص نیز دارد، همیشه عیناً قابل استفاده نیستند. از طرف دیگر این فرمول‌ها در اختیار همگان قرار دارند. یک فرمول‌نویس با تجربه، می‌باید با تغییرات لازم در این فرمول‌ها، فرمولاسیونی اقتصادی و کارآمد به وجود آورد. مورد دیگر اینکه، فرمول‌های پیشنهادی، معمولاً در شرایط آزمایشگاهی به دست آمده‌اند و اجرای آن در تولید انبوه ممکن است نتایج متفاوتی را در برداشته باشد.

این مطلب را باید در نظر داشت که معمولاً تفاوت اساسی بین ساخت یک فرمول در آزمایشگاه و خط تولید انبوه وجود دارد. این تفاوت‌ها معمولاً در اختلاف بین زمان پخش رنگدانه در رنگپایه grinding، دمای حاصل از پروسه تولید، همچنین اثر جرم

Massacation حادث می‌شود. این فاکتورها در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محصول ساخته شده اثر می‌گذارند.

اجزاء تشکیل دهنده رنگ:

رنگهای آلی یا پوششهای الی عمدتاً به منظور حفاظت از سطوح و تزئین استفاده می‌شوند.

بیشتر رنگها از اجزاء زیر تشکیل می‌شوند:

- رنگدانه و رنگدانه یار

- رزین

- حلال

- مواد افزودنی

البته مواردی وجود دارد که تمام اقلام ذکر شده ممکن است در فرمولاسیون رنگ وجود نداشته باشند. مثلاً در مورد لاک‌ها، رنگدانه و رنگدانه یار در فرمولاسیون لاک به کار برده نمی‌شود یا پوششهای بدون حلال مانند رنگهای پودری که در فرمولاسیون آنها از حلال استفاده نشده است. پوششهای پودری، پس از مصرف تحت تأثیر حرارت، سیالیت لازم را به دست می‌آورند.

فرمول بندی رنگ در واقع تعیین میزان مواد تشکیل دهنده رنگ و چگونگی ساخت آن است.

خصوصیات اجزاء تشکیل دهنده رنگ

الف) رنگدانه‌ها و رنگدانه یارها

رنگدانه‌ها ذرات جامدی هستند که برای بوجود آوردن خصوصیات معینی در رنگ

پراکنده می‌شوند: رنگدانه‌ها به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

(۱) رنگدانه‌ها: رنگدانه‌ها به دو دسته معدنی و آلی تقسیم می‌شوند که از نظر خواص و کاربرد متفاوت و متمایز هستند.

(۲) رنگدانه یارها: رنگدانه یارها موادی هستند که در رنگپایه نامحلولند و عملاً هیچ نقشی در دادن رنگ و پوشاندگی به رنگپایه ندارند. این مواد تنها به منظور تعدیل و اصلاح خواص رنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این دسته از مواد تشکیل دهنده رنگ وظایفی از قبیل فام دادن، پوشش دادن، دوام، استحکام مکانیکی، محافظت سطوح فلز در مقابل خوردگی، جذب نور ماورا بنفش، وزن مخصوص و دیگر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مربوط به رنگ را به عهده دارند. فرمول‌نویس رنگ با شناخت خصوصیات هر پیگمنت، یک یا مخلوطی از پیگمنت‌های مختلف را برای رسیدن به مقصود موردنظر انتخاب می‌کند.

بطور کلی در مورد استفاده از پیگمنت‌ها در رنگ، فرمول‌نویس، نکات ذیل را باید در نظر داشته باشد.

۱- فام رنگ در رابطه با طول موج نور و درخشندگی آن

۲- قدرت پوشاندگی سطح زیرین که به آن «پوشش» نیز می‌گویند.

۳- قدرت مرطوب‌شوندگی در رنگپایه

۴- واکنش شیمیایی با رزین پایه

۵- مقاومت در برابر نور، حرارت و مواد شیمیایی با توجه به اینکه برای چه مقصودی به کار گرفته می‌شود.

۶- جذب روغن و تأثیر آن در گران‌روی رنگ ساخته شده و سایر خصوصیات فیلم

رنگ.

۷- اندازه ذرات رنگدانه به منظور تأثیرگذاری آن در قدرت پوشانندگی، گرانروی و

براقیت

۸- شکل هندسی رنگدانه به منظور کنترل در ته‌نشینی کف ظرف در هنگام انبارداری

و سایر خصوصیات که در فیلم رنگ به وجود می‌آورد.

۹- وزن مخصوص رنگدانه و رنگدانه‌یار به منظور کنترل وزن مخصوص رنگ و

تأثیر آن در قیمت تمام شده

فام رنگ و عمل تینت کردن رنگ

پوشش‌ها در فام‌های سفید و سیاه و طیف گسترده‌ای از رنگهای الوان ساخته

می‌شوند. در عمل تینت کردن، از پیگمنت‌های سفید و یک یا چند پیگمنت دیگر استفاده

می‌شود تا شید مورد نظر به دست آید.

ب) رزین‌ها (Resin) :

رزین یا بندر یا برگردان فارسی آن «رنگپایه» پایه اصلی پوشش رنگ را تشکیل

می‌دهد و مسئولیت زمان خشک شدن، چسبندگی به سطح، مقاومت در برابر آب و مواد

شیمیایی، سختی و دوام و استحکام پوشش را دارد.

یکی از وظایف اصلی رزین تشکیل فیلم روی سطح مورد نظر است که رزین بوسیله

این خاصیت قادر است سطح زیرین را از محیط اطراف جدا کند. معمولاً رزین بصورت

مایع روی سطح پهن شده و با انجام یک یا چند واکنش پلیمریزاسیون جامد می‌شود.

از وظایف دیگر رزین چسبندگی به سطح است. چسبندگی خوب پوشش به سطح

می‌تواند بسیاری از خواص سطح را حفظ کرده و بصورت یک محافظ دائمی عمل کند.

اصولاً سه نوع باند یا پیوند در چسبندگی دخالت دارند. (پیوندهای شیمیایی، پیوندهای قطبی و پیوندهای مکانیکی)، در بیشتر اوقات حداقل دو نوع پیوند در یک پوشش (رنگ) عمل می‌کنند و اتصال رنگ به سطح را به عهده می‌گیرند. بدیهی است که طبیعت انواع نیروهای پیوندی به خصوصیات سطح فلز و به نوع رنگ بستگی دارد.

رزین در رنگ به عنوان رنگپایه (Binder) نیز عمل می‌کند یعنی مواد دیگر رنگ، مثل رنگدانه، پرکنها و مواد مولکولی (کمکی) را در خود جای می‌دهد. در واقع رزین اطراف این مواد را احاطه کرده و آنها را در خود بصورت معلق درمی‌آورد.

از وظایف دیگر رزین در رنگها، مقاومت در مقابل عوامل خوردنده است. به این معنی که فیلم حاصل از رزین می‌تواند به عنوان سدی در مقابل نفوذ عوامل خوردنده عمل کند. اما از آنجایی که هیچ یک از مواد تشکیل دهنده فیلم نمی‌توانند در مقابل گازها و رطوبت مقاومت طولانی داشته باشند، لذا از رنگدانه‌ها جهت کاهش نفوذ عوامل خوانده استفاده می‌شود. بدیهی است استفاده از رنگدانه نقش مؤثری در کاهش نفوذ رطوبت و در نتیجه کاهش میزان خوردندگی ایفا می‌کند.

در تقسیم‌بندی انواع رزین‌ها دیدگاههای مختلفی را در نظر می‌گیرند. یکی از این ملاحظات، چگونگی خشک شدن رزین است. از این نظر رزین‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند.

۱- رزین‌های هوا خشک Air-dry Resin

۲- رزین‌های گرما خشک Baking Resin

۳- رزین‌های هوا - گرما خشک Air-dry or Baking Resin

یک تقسیم‌بندی دیگر رزینها براساس نحوهٔ پلیمر شدن آنهاست. از این دیدگاه،

رزین‌ها به دو دسته رزینهای قابل تبدیل و غیرقابل تبدیل تقسیم می‌شوند. انواع قابل تبدیل با مکانیسم‌های اکسیداسیون، پلیمریزاسیون کاتالیستی، یا پلیمریزاسیون حرارتی عمل می‌کنند. انواع غیرقابل تبدیل به سادگی با تبخیر حلال خشک می‌شوند و همچنان محلول در حلال باقی می‌مانند.

دانستن خصوصیات هر کدام از رزین‌های مورد استفاده در رنگ برای فرمول‌نویس رنگ از الزامات است. بنابراین فرمول‌نویس رنگ باید از شیمی مواد مورد استفاده اطلاع کافی داشته باشد. معمولاً این اطلاعات به طور عام در کتب منتشر شده برای تکنولوژی رنگ وجود دارد و بطور اختصاصی نیز در بروشور و کاتالوگ‌های سازندگان مواد اولیه یافت می‌شود.

از جمله خصوصیات کلی که در مورد رزین‌ها باید در نظر گرفته شوند عبارتند از: قدرت پذیرش پیگمنت توسط رزین، قدرت مرطوب‌کنندگی رزین، میزان مخلوط شدن رزین با سایر رزین‌ها، حلال‌های مناسب برای رزین و مکانیزم خشک شدن آنهاست. علاوه بر این موارد نکات بسیار زیادی وجود دارند که در مورد هر رنگی با پایه رزین‌های مختلف باید در نظر گرفته شوند.

فرمول‌نویس با تجربه، با داشتن اطلاعات داده شده در مورد رنگ سفارش داده شده و با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی از میان رزین‌های مختلفی که در پیرامون او وجود دارد چند نوع را برای مقصود خود انتخاب می‌کند و پس از انجام آزمایشات متعدد روی سایر قسمت‌ها و اجزاء رنگ، فرمول نهایی را می‌نویسد.

اکنون که با دو قسمت از اجزاء رنگ یعنی رنگپایه و رنگدانه آشنا شده‌ایم لازم است نکاتی در مورد میزان درصد هر کدام که در فرمول رنگ به کار می‌رود و رابطه‌ای که این

دو با هم دارند صحبت کنیم. این مبحث در تکنولوژی رنگ تحت عنوان غلظت حجمی رنگدانه یا Pigment Volume Concentration (P.V.C) بیان می‌شود.

غلظت حجمی پیگمنت (P.V.C.):

بنا به تعریف، نسبت حجمی رنگدانه و رنگدانه‌یار به کل حجم مواد غیرفرار موجود در رنگ را غلظت حجمی رنگدانه یا P.V.C می‌گویند.

اگر میزان P.V.C از حد معینی بیشتر شود، خصوصیات فیلم رنگ به نحو مشخصی تغییر پیدا می‌کند. این حد از مقدار P.V.C را غلظت حجمی بحرانی رنگدانه می‌گویند و با C.P.V.C نشان می‌دهند.

هرگاه فرمول‌نویسی رنگ بخواهد، رنگی با درصد مواد جامد بالا، فرمول‌بندی کند باید به این نکته توجه داشته باشد که فرمول‌بندی رنگ ساخته شده، از میزان C.P.V.C کمتر باشد. در غیر این صورت مشاهده می‌شود که بسیاری از خواص رنگ به ویژه خواص مربوط به خلل و فرج، نفوذپذیری، مقاومت در مقابل خوردگی و تاول‌زدگی، همچنین استحکام کششی و مقاومت در مقابل سایش، تغییرات ناگهانی از خود نشان می‌دهند.

معمولاً استفاده از P.V.C مشکل است، لذا به جای آن از نسبت رنگدانه به رنگپایه

غیرفرار استفاده می‌شود که به آن $\frac{P}{B}$ می‌گویند.

ج) حلال:

یکی دیگر از اجزاء رنگ حلال است. حلال جزء فرار تشکیل دهنده رنگ است که برای حل کردن رنگپایه یا رزین مربوط به رنگ افزوده می‌شوند. حلال گران‌روانی رنگ را کنترل می‌کند، در نتیجه تعیین کننده خصوصیات کاربردی رنگ می‌باشد بنابراین نه تنها

یک حلال باید رزین را حل کند بلکه بلافاصله به محلول گرانیوی بدهد که با نیاز کاربردی و نگهداری رنگ مربوط هماهنگ باشد در نتیجه این حلال باید چنان سرعت تبخیری داشته باشد که به رنگ اجازه رسوب و نشستن فیلمی با خواص مورد نیاز را بدهد.

مهمترین خواص حلال‌ها عبارتند از:

(۱) قدرت حلالی

(۲) میزان تبخیر

(۳) نقطه جوش و طیف تقطیر

(۴) نقطه اشتعال و قابلیت شعله‌وری

میزان مصرف حلال در پروسه تولید و چگونگی استفاده از آن بسیار مهم است. نسبت حلال و رنگپایه و رنگدانه در موقع ساخت مخلوط اولیه رنگ (ساخت خمیر) و در موقع پخش رنگدانه در رنگپایه (Grinding) برای تنظیم ویسکوزیته مواد در پروسه ساخت از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

به دست آوردن ترکیب مناسب از حلال‌های مختلف، در فرمولبندی رنگ، نقش عمده‌ای در موقع استفاده رنگ و تشکیل فیلم رنگ را دارد.

سرعت تبخیر حلال‌ها از فیلم رنگ یکی از عوامل مهم در خشک شدن، تشکیل فیلم و سیالیت رنگ است. سرعت تبخیر حلال اهمیت ویژه‌ای در فرمولبندی سیستم‌های غیرقابل تبدیل دارد.

د) مواد افزودنی در رنگ :

این دسته از اجزاء رنگ موادی هستند که به مقدار خیلی کم به رنگ اضافه می‌شوند. هر ماده افزودنی برای منظوری خاص به رنگ اضافه می‌شود.

یک فرمول کننده رنگ می‌تواند از مواد افزودنی برای بهبود پوششها استفاده کند. در صورت استفاده صحیح از مواد افزودنی، فرمول کننده رنگ می‌تواند بدون هیچگونه افزایش در قیمت و یا حتی با کاهش دادن آن بدون کاهش در کیفیت، رنگی با بالاترین کیفیت را تولید نماید.

بنابراین، مواد افزودنی، یک جزء لازم از پوششها را تشکیل می‌دهند. مواد افزودنی بسیار زیاد هستند و ذیلاً نام قسمتی از این مواد ذکر می‌شود.

۱- خشک‌کن‌ها که در رنگهای هواخشک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲- مواد پخش کننده پیگمنت

۳- مواد ضد ته نشین

۴- مواد کنترل کننده گرانروانی

۵- مواد ضدپوسته

۶- مواد تبدیل کننده کشش سطحی

۷- مواد ضد کپک یا باکتری

۸- مواد ضد خزه یا جلبک

۹- مواد ضد کف

۱۰- مواد ضد یخ

۱۱- مواد جاذب نور ماوراء بنفش

۱۲- مواد خوشبو کننده

۱۳- مات‌کننده‌ها

۱۴- موادی که باعث افزایش نقش چکشی در فیلم رنگ می‌شوند

۱۵- مواد نرم‌کننده

چگونگی اصلاح و تکمیل فرمول رنگ

اکنون که با اجزاء تشکیل دهنده رنگ آشنا شده‌ایم بحث فرمولبندی رنگ مطرح می‌شود. فرمولبندی رنگ عبارتست از تئوریها و فرآیندهای لازم برای اختلاط اجزاء متفاوت تولیدکننده رنگ.

در قسمت‌های قبل گفته شد که سازندگان مواد اولیه فرمول‌های پیشنهادی خود را به تولیدکنندگان ارائه می‌دهند. یک فرمول‌نویس رنگ برای شروع به کار می‌تواند از این فرمول‌ها استفاده کرده و یک رنگ اولیه را بسازد. سپس خواص رنگ ساخته شده را مورد بررسی قرار دهد. از آنجا که مواد در دسترس فرمول‌نویس ما با مواد موجود در فرمول پیشنهاد تفاوت‌هایی دارند، مسلماً خواص به دست آمده از رنگ ساخته شده ممکن است با نیازهای ما مغایرت‌هایی داشته باشند. بنابراین لازم است که تغییراتی در فرمول اولیه داده شود و اثرات آن مورد مطالعه قرار گیرد. از این به بعد ممکن است آزمایشات متعددی روی فرمول‌های تغییر داده شده انجام گیرد. این آزمایشات وقت گیر و پرتعداد هستند لیکن برای رسیدن به نتیجه مطلوب چاره دیگری وجود ندارد. به عنوان مثال زمان خشک شدن یک فیلم رنگ آلفیدی در دستور کار ما قرار دارد. لازم است ترکیب درصدی مختلفی از خشک‌کن‌ها را انتخاب و در دفعات متعدد ساخت، آزمایشهایی داشته باشیم یا اینکه براقیت فیلم رنگ مورد نظر باشد که در آن صورت عوامل مؤثر در

این ویژگی را مورد مطالعه قرار داده و سپس با تغییر پارامترهای موجود این ویژگی در فیلم رنگ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و همین‌طور ویژگی‌های دیگر رنگ مورد بررسی و آزمایش قرار می‌گیرند و پس از به دست آوردن همه نتایج و در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی فرمول رنگ نهایی نوشته می‌شود و در دستور کار تولید انبوه قرار می‌گیرد.

نقش رنگدانه‌ها در ساخت رنگ :

تعریف رنگ:

بنا به تعریف، رنگ عبارت است از مخلوط مایع رنگدانه‌دار که پس از اجرای آن به صورت فیلم نازک، تبدیل به سطح غیرشفافی می‌شود.

تعریف رنگدانه:

رنگدانه عبارت است از ذرات بسیار ریز که در ساخت رنگ به کار می‌رود و اساساً نامحلول در «حامل» هستند.

منظور از «حامل» به قسمت مایع رنگ گفته می‌شود که شامل رزین تشکیل دهنده رنگ، مواد فرار موجود در رنگ، و هر چیز دیگری که در قسمت مایع رنگ حل شده باشد. فام و پوشش رنگ به وسیله رنگدانه تأمین می‌شود، لیکن در تعریف رنگ گفته شده که رنگدانه لازم نیست فام داشته باشد.

این بدان جهت است که «ذرات بسیار ریز جامد» که به جای رنگدانه استفاده می‌شوند، اغلب بدون فام بوده و ترانسپارنت می‌باشند. این رنگدانه‌های ترانسپارنت را اکستندر (extender) یا رنگدانه‌یار می‌گویند. رنگدانه‌یارها را برای کاهش قیمت رنگ به کار می‌برند. این مطلب اضافه می‌شود که بسیاری از رنگدانه‌یارها را برای منظوره‌های خاصی

به رنگ اضافه می‌کنند تا ویژگی‌های مشخصی را در رنگ بوجود آورند.

رنگینه‌هایی وجود دارند که محلول در فاز مایع می‌باشند و تولید فام برای رنگ می‌نماید. این رنگینه‌ها طبق تعریف پیگمنت یا رنگدانه به حساب نمی‌آیند. رنگدانه‌ها را می‌توان برحسب منبع تولید آنها به دو دسته طبیعی و سنتزی دسته‌بندی کرد، و در هر کدام از این گروه‌ها رنگدانه‌های آلی یا معدنی وجود دارند.

بشر از دیرباز با رنگ سروکار داشته است. انسانهای اولیه با استفاده از رنگدانه‌های معدنی نقشهایی بر دیوار غارها باقی گذاشته‌اند. مصریان قدیم از رنگهای طبیعی استفاده می‌کرده‌اند. همچنین اولین رنگدانه سنتتیک را ساخته‌اند (Egyptian blue)، سومریها و بابلیها حدوداً سه هزار تا چهار هزار سال قبل از میلاد مسیح از ترکیبات بیتومن و قبری برای مصارف تزئینی و حفاظتی استفاده می‌کردند.

جدول شماره یک تاریخ استفاده از بعضی رنگدانه‌ها را نشان می‌دهد.

Table 2. Approximate Dates of First Use of Various Pigments and Dyes

<i>Prehistoric</i> —Natural earth pigments	1550—Cochineal
Red iron oxide	1704—Iron blue
Yellow iron oxide	1800—Chrome yellow
Chalk white	1828—Ultramarine blue
Carbon and bone black	1835—Zinc oxide
4000 B.C.—Malachite, green mineral	1850—Zinc yellow
Azurite, blue mineral	Cadmium yellow
Cinabar, red mineral	1856—Perkins mauve
2000 B.C.—Egyptian blue (first synthetic pigment)	1875—Para red
400 B.C.—Litharge, red lead, white lead	1895—Lithol red
Madder red (natural)	Indigo (synthetic)
Indigo blue (natural)	1905—Toluidine red
A.D. 900—Vermillion	1910—Lithopone
	1918—Titanium pigments
	1935—Phthalocyanine blue

جدول شماره ۱

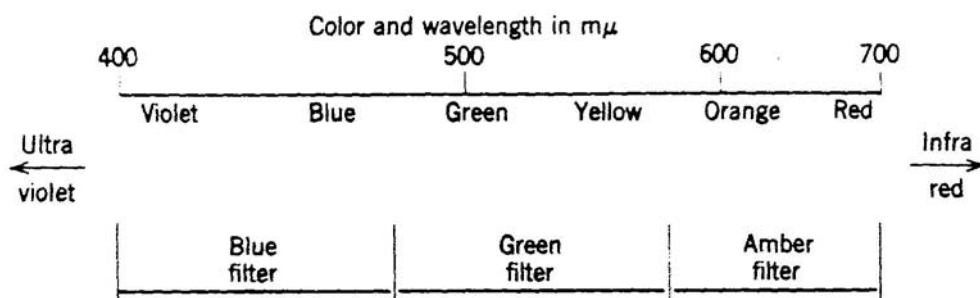
خصوصیات رنگدانه‌ها :

- ۱- فام
- ۲- قدرت پوشانندگی
- ۳- اندازه ذرات و شکل آنها
- ۴- سهولت مرطوب‌شوئندگی
- ۵- جذب روغن
- ۶- ارزش حجمی
- ۷- ممانعت از خوردگی
- ۸- مقاومت در برابر: نور، حرارت، آب، مواد شیمیایی، روآمدن.

رنگ (فام):

نور از جنس امواج الکترومغناطیسی است که طیف وسیعی را با طول موجهای بسیار متنوع تشکیل می‌دهد، اما فقط طیف نور سفید است که چشم قادر به دیدن آن می‌باشد. این طیف از امواجی با طول ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (nm) تشکیل شده است. شکل زیر ارتباط بین رنگهای مختلف و طول موج را نشان می‌دهد.

Fig. 2. Visible Spectrum: Color and Wavelength, in $m\mu$



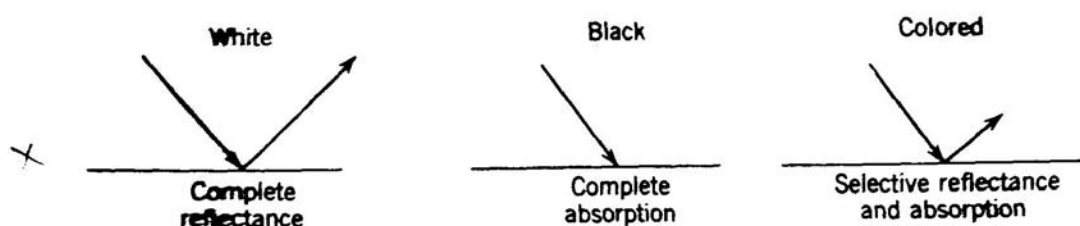
تفاوت اساسی بین سطوح الوان سیاه و سفید، مقدار و نوع نوری است که از آن سطح انعکاس می‌یابد. بنابراین هنگامی که نور سفید بر روی سطح می‌تابد حالات زیر به وجود می‌آید.

۱- تمام نور تابیده شده کاملاً از سطح منعکس یا پراکنده شود که در آن صورت سطح مورد نظر، به رنگ سفید دیده می‌شود.

۲- تمام نور تابیده شده جذب سطح مورد نظر شود که در آن صورت سطح، به رنگ سیاه دیده می‌شود.

۳- قسمتی از نور تابیده شده جذب سطح مورد نظر شود و قسمت دیگری از آن منعکس گردد که در آن صورت شیء مورد نظر به صورت الوان دیده می‌شود. این حالات در شکل زیر نمایش داده شده است.

Fig. 3.



تفاوت رنگ (فام) در ترکیبات مختلف مشاهده می‌شود. به عنوان مثال، کرومات سرب، زردرنگ است. اکسید سرب نارنجی رنگ است، و سولفید سرب سیاه‌رنگ است. یا اکسید روی سفیدرنگ می‌باشد، اکسید کروم سبزرنگ و اکسید آهن قرمز رنگ می‌باشد. در این ترکیبات رنگ (فام) مربوط به تفاوت فرکانس جنبش الکترونها در ساختمان مولکولی است. الکترونها در ترکیبات مختلف خصوصیات فرکانسی مشخصی دارند. وقتی نور سفید با طیف گسترده‌ای از طول موجها به این مواد تابیده می‌شود، فرکانسهای برابر با فرکانس جنبشی ساختمان الکترونی مواد، جذب می‌شوند و بقیه طول موجها انعکاس می‌یابند و مواد به رنگ طول موج نور منعکس شده دیده می‌شود.

تفاوت در اندازه ذرات نیز عامل دیگری برای فام ذرات رنگدانه می‌باشد. به عنوان مثال، طیف نوری از نارنجی تا آلبالویی را می‌توان برای اکسید آهن Fe_2O_3 با تغییر اندازه ذراتش به وجود آورد. به طور مشابه، ذرات کربن پلاک که اندازه ذراتشان در میدان 0.01 تا 0.09 میکرون باشد شید رنگی از سیاه مایل به آبی خاکستری تا سیاه مایل به قهوه‌ای میکرون باشد شید رنگی از سیاه مایل به آبی خاکستری تا سیاه مایل به قهوه‌ای می‌تواند داشته باشد. در هر صورت، برای به دست آوردن شید مشخص این رنگ می‌باید رنگدانه با اندازه واقعی ذراتش در فاز مایع کاملاً پخش شود در غیر این صورت فام موردنظر به دست نخواهد آمد.

قدرت پوشانندگی رنگدانه‌ها :

قدرت پوشانندگی رنگ (Hiding Power) عبارتست از قابلیت محو کردن رنگ سطح زیر کار بوسیله رنگ اعمال شده است. قدرت پوشانندگی یک رنگ معمولاً برحسب

مترمربع سطحی که یک لیتر رنگ می‌تواند طوری آن را بپوشاند که سطح زیرینش محو شود، بیان می‌شود. این مفهوم نباید با مقدار مصرف رنگ که با ضخامت لازم روی سطح اعمال می‌شود و به آن (Covering Power) گفته می‌شود اشتباه شود.

قدرت پوشانندگی یک رنگدانه به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- مقدار رنگدانه در رنگ

۲- میزان پخش رنگدانه

۳- اندازه ذرات رنگدانه

۴- اختلاف ضریب شکست نور بین رنگدانه و رنگپایه

۵- فام رنگدانه

در حالت مضطرب، یک دست رنگ‌آمیزی باید سطح زیرین را محو کند، لیکن عملاً چنین کاری میسر نمی‌شود زیرا به غیر از پارامتر پوشانندگی فاکتورهای دیگری در ساخت رنگ دخالت دارد از جمله ویژگی براقیت پوشش، که در ارتباط با نسبت رنگدانه به رنگپایه است. پوششهای با براقیت بالا را با نسبت پایینی از رنگدانه به رنگپایه فرموله می‌کنند.

به طوری که گفته شد قدرت پوشانندگی رنگ در ارتباط با اختلاف ضریب شکست نور برای رنگدانه و رنگپایه است. هر چقدر این اختلاف بیشتر باشد، قدرت پوشانندگی رنگ بیشتر خواهد شد. جدول زیر ضریب شکست بعضی از مواد رنگ را نشان می‌دهد.

Table 5. Refractive Index of Some Paint Materials

	R.I.	Non-opaque Pigments	R.I.	Opaque White Pigments	R.I.
Air	1.00	Whiting	1.58	White lead	2.09
Water	1.33	Silica	1.55	Zinc oxide	2.08
Oils	1.48	MgCO ₃	1.57	Zinc sulfide	2.37
Resins	1.55	Talc	1.49	Titanium dioxide	
				Anatase	2.55
				Rutile	2.72

هرگاه اختلاف R.I (ضریب شکست) بین رنگدانه و رنگپایه زیادتر باشد میزان پراکندگی نور درون پوشش بیشتر خواهد شد در نتیجه انعکاس نور از سطح زیرین پوشش انجام نمی‌شود، بنابراین، پوشش، غیرشفاف به نظر می‌رسد و در نتیجه سطح زیرین دیده نمی‌شود. هرگاه این اختلاف کم باشد میزان پراکندگی نور نیز کمتر خواهد شد در نتیجه فیلم رنگ، شفاف بوده و سطح زیرین نمایان می‌شود.

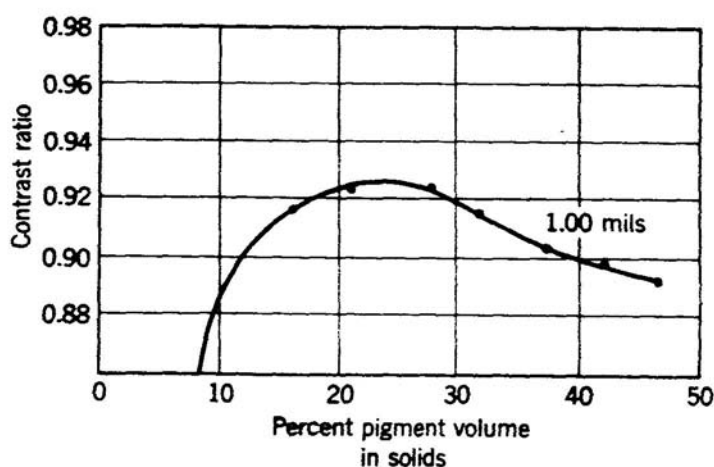
یک فاکتور مهم دیگر که در میزان پراکندگی نور اثر می‌گذارد اندازه ذرات است. تحقیقات به عمل آمده نشان داده است که هرگاه اندازه ذرات به یک حد معینی کاهش داده شوند میزان پراکندگی بیشتر خواهد شد، سپس کاهش بیشتر اندازه ذرات میزان پراکندگی نور را نیز کاهش می‌دهد. در همین راستا نشان داده شده است که حد معینی برای افزایش رنگدانه به منظور به دست آوردن ماکزیمم پراکندگی وجود دارد. شکل پیوست رابطه بین Contrast ratio و درصد حجم رنگدانه در فیلم جامد را نشان می‌دهد، به طوری که مشاهده می‌شود هرگاه مقدار درصد رنگدانه از حد معینی تجاوز کند درصد کنتراست پایین می‌آید.

نسبت کنتراست (Contrast ratio) عبارت است از نسبت انعکاس فیلم خشک رنگ

روی قسمت سیاه و سفید سطح زیرین که فیلم رنگ روی آن اعمال شده است. به عنوان مثال اگر انعکاس اندازه‌گیری شده برای یک رنگ سفید که روی سطح سفیدرنگ اعمال شده باشد هشتاد و دو درصد باشد و مقدار اندازه‌گیری شده برای همان فیلم رنگ که روی سطح سیاه رنگ اعمال شده باشد هشتاد و یک درصد باشد میزان Contrast (ratio) ۰/۹۹ خواهد بود. معلوم شده است که هرگاه Contrast ratio) ۰/۹۸ باشد پوشانندگی کامل خواهد بود.

میزان اپتیمم Contrast Ratio به درصد حجمی مواد جامد (P.V.C.) برای یک فیلم جامد به ضخامت ۲۵ میکرون.

Fig. 15. Shows optimum pigment volume concentration for maximum contrast ratio in films 1 mil thick.



G. N. Armstrong & W. H. Madson, *Ind. Eng. Chem* 39, 944 (1947).

اندازه ذرات :

اندازه ذرات یک رنگدانه به نوع رنگدانه بستگی دارد. جدول زیر یک میدان عمومی از اندازه ذرات رنگدانه را نشان می‌دهد.

Table 7. General Range of Pigment Size

Type Pigment	Average Diameter, in μ
Carbon blacks	0.01–0.025
Furnace blacks	0.03–0.090
Chemical pigments	0.10–1.000
Earth pigments	1.00–25.000

اندازه ذرات یک رنگدانه تأثیر زیادی در ویژگیهای رنگ مانند قدرت پوشش، جلوگیری از ته نشین شدن، درخشندگی و براقیت فیلم دارد.

شکل ذرات رنگدانه :

رنگدانه‌ها نه تنها در اندازه ذراتشان بلکه در شکل ذرات هم متفاوتند. این اشکال ممکن است مکعبی، کروی، گره گره، سوزنی یا ورقه‌ای باشد.

به عنوان مثال ذرات رنگدانه کربن کروی شکل هستند. رنگدانه آلومینیوم و میکا ورقه‌ای هستند. پاره‌ای از رنگدانه یارها شکل تیغه‌ای یا سوزنی دارند. استفاده از این رنگدانه‌یارها برای لایه‌های زیرین رنگ مفید است زیرا به قدرت چسبندگی لایه‌های بعدی کمک می‌کند.

وزن مخصوص رنگدانه :

دانستند ارزش حجمی رنگدانه مهم است وقتی یک رنگ را فرموله می‌کنیم از میان رنگدانه یارهایی که در اختیار داریم باید رنگدانه‌ای را انتخاب کنیم که وزن مخصوص کمتری دارد زیرا این رنگدانه حجم بیشتری را اشغال می‌کند و رنگ ساخته شده از نظر قیمت اقتصادی‌تر خواهد بود.

جذب روغن رنگدانه‌ها :

وقتی رنگدانه در رنگ پخش می‌شود، سطح آن بوسیله رزین آغشته می‌شود و فضای خالی بین ذرات از این رزین پر می‌شود. این حالت ایده‌آل پخش رنگدانه ممکن است درون رزین‌هایی که قدرت مرطوب‌کنندگی کمی داشته باشند به وقوع نپیوندد. در نتیجه برای انجام عمل مرطوب کردن به مقدار بیشتری از رزین احتیاج داشته باشیم. حداقل مقدار رزین لازم برای مرطوب کردن رنگدانه‌ها با یک وزن مشخصی از رنگدانه به نوع رزین، طبیعت رنگدانه و مقدار کاری که برای پخش رنگدانه به کار گرفته می‌شود بستگی دارد. جذب روغن یک رنگدانه عبارتست از وزن روغن بذرك تصفيه شده که برای تبدیل صد گرم از رنگدانه به یک خمیر یکنواخت لازم است.

فعالیت شیمیایی :

رنگدانه‌هایی مانند سرب سفید و اکسید روی با اسید آزاد موجود در رنگ واکنش می‌دهند و تشکیل صابونهای اسید مربوطه را می‌دهند. اکسید تیتانیوم و بسیاری دیگر از رنگدانه‌ی‌ارها چنین واکنشهایی را انجام نمی‌دهند.

صابونهای سرب و روی حلالیت ضعیفی در رنگپایه دارند و باعث افزایش گرانیروانی رنگ می‌شوند همچنین باعث ته‌نشین شدن رنگدانه‌ها در کف ظرف می‌شوند.

پخش رنگدانه در رنگ :

رنگدانه بوسیله مخلوط شدن یا قسمتی از رنگپایه و نرم شدن درون آسیاب یا دیگر ماشین‌آلات که برای این منظور ساخته شده‌اند، درون رنگ پخش می‌شود. در عمل نرم کردن، کاهش اندازه ذرات برای لخته‌ها صورت می‌گیرد و ذرات رنگدانه از اندازه واقعی

خود کوچکتر نمی‌شوند. انرژی قابل ملاحظه‌ای مصرف می‌شود تا ذرات بسیار نرم را از یکدیگر جدا کند. در همین راستا کار قابل ملاحظه‌ای نیز لازم است تا رنگپایه ذرات رنگدانه را مرطوب سازد.

تمایل جذب مایعات برای سطوح مختلف رنگدانه‌ها متفاوت است. بعضی از رنگدانه‌ها هیدروفیلیک یا آب‌دوست هستند و با آب راحت‌تر از مایعات آلی مرطوب می‌شوند. بعضی دیگر از رنگدانه‌ها هیدروفوبیک یا آب‌گریز هستند و با مایعات آلی راحت‌تر از آب مرطوب می‌شوند. به علاوه موادی چون رطوبت، هوا، یا سایر گازها قویاً به سطح جامدات جذب می‌شوند، این مواد می‌باید در مرحله پخش رنگدانه با رنگپایه جایگزین شوند.

مواد فعال کننده سطح :

در سیستمهایی که دو یا چند ترکیب دارند فعال‌کنندگان سطح مفید هستند، و عملشان وقتی مؤثر است که این ترکیبات پلاریته مخالفی داشته باشند. به عنوان مثال، وجود درصد کمی از یک ماده فعال کننده سطح در مخلوط آب و روغن این امکان را می‌دهد که ترکیبات به صورت امولسیون درآیند و به جای دو فاز مجزا از هم یک مخلوط باثبات داشته باشیم. در این حالت ماده فعال کننده سطح امولسی فایر نامیده می‌شود.

یک ماده فعال کننده سطح وقتی شرایط را برای مرطوب کردن سطح یک جامد به وسیله یک مایع فراهم می‌کند مرطوب‌کننده نامیده می‌شود. رنگدانه‌هایی که هیدروفوبیک هستند ممکن است با محلول آب که نوع مناسبی از ماده فعال کننده سطح داشته باشد مرطوب شوند. رنگدانه‌هایی که قویاً هیدروفیلیک هستند ممکن است با وجود مقدار کمی از ماده فعال کننده سطح در روغن مرطوب شوند. به علاوه، اگر رنگدانه طبیعت «خنثی» داشته باشد، یعنی اینکه نه قویاً پلار باشد و نه غیرپلار، افزودن مرطوب کننده کمکی به

عامل مرطوب‌شوندگی نخواهد کرد چه محلول آب باشد یا روغن.

نوع دیگری از ترکیبات فعال‌کننده سطح وجود دارد که به پخش‌رنگدانه در فاز «حامل» کمک می‌کند. به این مواد دیسپرسینگ ایجنت گفته می‌شود. این مواد سرعت پخش‌رنگدانه را افزایش داده و زمان میکس و آسیاب کردن را کاهش می‌دهند. همچنین انواع دیگر از مواد فعال‌کننده سطح وجود دارد که ذرات دیسپرس شده را پایه‌دار نگه می‌دارند. به این مواد، ضد لخته گفته می‌شود زیرا از لخته شدن رنگدانه‌ها جلوگیری بعمل می‌آورد.

در همین راستا مواد آنتی فلودینگ و آنتی فلوئینگ وجود دارند که از جدا شدن رنگدانه‌های مختلف با شیده‌های متفاوت جلوگیری می‌کنند. ضدکفها نیز از جمله مواد فعال‌کننده سطح هستند این مواد به آب یا رنگهای امولسیون‌ی اضافه می‌شوند تا کف حاصل از عملیات ساخت رنگ را از بین ببرند.

خاطرنشان می‌شود که چگونگی عمل فعال‌کنندگان سطح برای سیستمهای آبی شناخته شده‌اند و اطلاعات به دست آمده در خصوص مکانیزم عمل فعال‌کنندگان سطح بیشتر در مورد این سیستمهاست. اطلاعات به دست آمده برای سیستمهای آلی خیلی زیاد نیست. بنابراین به درستی روشن نیست که دقیقاً چه نوع از فعال‌کننده سطح برای یک رنگدانه مشخص در یک سیستم رنگ مشخص مناسب است بدین لحاظ آزمایشات کاربردی بسیار متعددی می‌باید برای این منظور تدارک دید.

تعریف فعال‌کننده سطح :

یک فعال‌کننده سطح ماده‌ای که در سطح مرزی حلال خود تمرکز می‌یابد، یا در مرز یک مایع و مایع مخلوط‌نشده دیگر یا ذرات جامد مخلوط با مایع قرار می‌گیرد. به طور

کلی مواد فعال کننده سطح حلالیت پائینی در مایع حل کننده دارند. آنها یک ساختمان قطبی - غیرقطبی متعادل دارند. بنابراین یک قسمت از مولکول در مایع قطبی و قسمت دیگر آن در مایع غیرقطبی محلول است. لایه‌ای که در سطح مایع تمرکز یافته است به گونه‌ای قرار دارد که قسمت محلول مولکول در مایع قرار می‌گیرد و قسمت نامحلول در هوا قرار دارد. در شکل پیوست به طور ساده نحوه استقرار مواد فعال کننده سطح در سطح مایع و مرز مایع - جامد نشان داده شده است. ماده انتخاب شده اولئیک اسید ($C_{16}H_{33}COOH$) و صابون سدیم آن ($C_{17}H_{33}COONa$) می‌باشد. دایره‌های کوچک نشان دهنده گروه کربوکسیل و سدیم صابون و میله‌ها نشان‌دهنده رادیکال اولئیت می‌باشند.

Fig. 16.

Orientation at Surface and Interface.

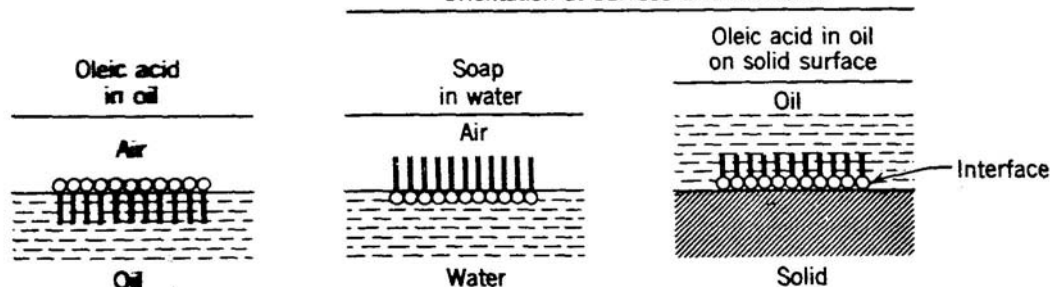
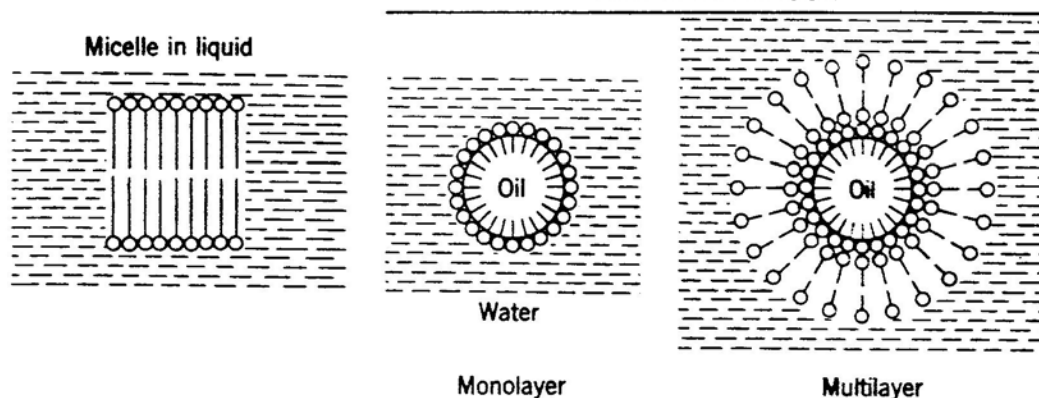


Fig. 17.

Oil in Water Emulsion.



ویژگی‌های اساسی پوشش :

پوشش‌ها برای مقاصد مختلفی به کار گرفته می‌شوند. بنابراین هر کدام دارای ویژگی‌های معینی هستند. یک رنگ دریایی باید در مقابل رشد خزه و موجودات دریائی مقاوم باشد. یک رنگ ضدآتش بایستی اساساً در مقابل سوختن مقاومت داشته باشد یا دست کم در سوختن، تأخیر ایجاد نماید. یک پوشش که روی سطح بتونی اعمال شده است بایستی در مقابل مواد قلیایی، مقاومت کافی داشته باشد. تمام پوشش‌های مقاوم در مقابل خوردگی به طور اساسی باید در مقابل خوردگی اتمسفری مقاومت کنند و سطح پوشش داده شده را در مقابل عوامل خورنده محافظت کنند. بنابراین به تعداد عوامل مختلف ایجاد خوردگی، پوشش‌های متنوعی می‌توانیم داشته باشیم.

طراحی یک پوشش ضدخوردگی کار ساده‌ای نیست و به دانش وسیعی از عوامل ایجاد خوردگی و همچنین شیمی مواد پوشش‌دهنده نیاز مبرم دارد. لذا بدون داشتن این اطلاعات ساختن پوشش‌های مقاوم در مقابل خوردگی غیرممکن خواهد بود.

یک پوشش قسمتی از یک سیستم است و به تنهایی نمی‌تواند متکی به خود باشد. همانطور که در یک ساختمان، استحکام بنا به پی‌ریزی آن بستگی دارد و برای بادوام بودن باید براساس یک معماری دقیق طراحی شده باشد، همچنین با استفاده از مصالح مرغوب ساخته شده باشد، یک پوشش نیز نیاز به زیرسازی صحیح، آستر کردن سطح (فونداسیون ساختمان) فرمولاسیون درست (معماری ساختمان) و اجرای مناسب دارد. یک ساختمان، از پی، بدنه و سقف تشکیل شده است که همگی به هم مربوطند، و هر کدام وظیفه‌ای دارند.

در یک پوشش نیز سه قسمت اصلی وجود دارد که شامل: آستر اولیه، لایه میانی و

لایه نهایی می‌شوند.

ساختمانی که پی و روبنای ضعیفی دارند طبعاً عمر طولانی‌ای ندارند. این مطلب در مورد پوشش‌هایی که فقط به منظور تزئین بر روی یک سطح اعمال می‌شود و به زیرسازی سطح و آستر کردن صحیح آن توجه نمی‌شود، صدق می‌کند. در چنین شرایطی این پوشش دوام چندان زیادی نخواهد داشت.

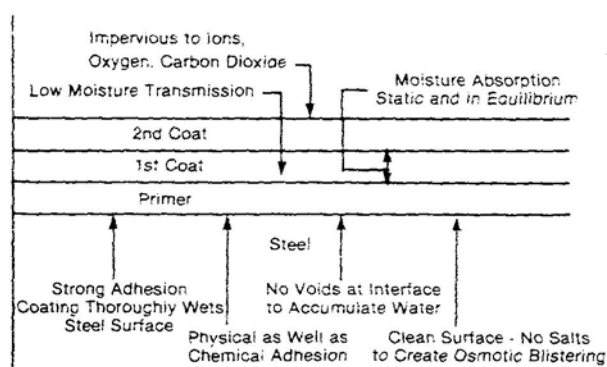


FIGURE 4.1 — An impervious coating serves as an inert barrier to protect the surface. (SOURCE: Munger, C. G., Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology. Coatings, Resistant, 3rd Ed., Vol. 6, John Wiley & Sons, New York, NY, pp. 456-7, 1979.)

TABLE 4.2 — Functional Summary of the Component of a Coating System

Coat	Main Function	Specific Requirement	General Requirements
Primer	Adhesion	Adhesion to substrate Bond to intermediate	Adhesion Cohesion Resistance Flexibility Internal bond
Intermediate	Thickness and structure	Bond to primer Bond to topcoat	Cohesion Intercoat bond Thickness Strength Resistance - Chemical - M.V.T - Electrical
Topcoat	Resistance to atmosphere	Atmosphere and/or environment resistance Bond to intermediate	Seal surface Strength Resistance Flexibility Appearance Toughness

همانطور که یک ساختمان محکم صنعتی استحکام، دوام و طول عمر زیادی را می‌طلبد یک رنگ صنعتی بادوام نیز احتیاج به آماده‌سازی سطح، اعمال یک آستری مناسب، لایه میانی تقویت شده، لایه نهائی مقاوم در مقابل خوردگی‌های اتمسفری و خوردگی‌های شیمیایی دارد.

باز هم برمی‌گردیم به مثال ساختمان همانطور که وضعیت زمین (صخره‌ای، شنی یا خاکی) تعیین کننده نوع فونداسیون است. نوع سطح به کار برده شده برای آستر کردن نیز تعیین کننده نوع آستر انتخاب شده می‌باشد این سطوح می‌توانند بتونی، فلزی یا چوبی باشند. این نکته متذکر می‌گردد که انتخاب صحیح نوع پرایمر ممکن است از سایر قسمت‌های تشکیل دهنده پوشش مهمتر باشد.

از جمله خصوصیات پوشش‌های ضدخوردگی، نفوذناپذیری آنهاست که پوشش‌ها

را در مقابل رطوبت و گازهایی مثل گازکربنیک، هوا و عبور یونها و الکترون‌ها غیرقابل نفوذ می‌کند. از جمله این پوشش‌ها می‌توان از کولتارها نام برد که برای روکش کردن لوله‌های زیرزمینی استفاده می‌شوند.

بازدارنده‌های خوردگی :

در ساخت پرایمرها معمولاً از پیگمنت‌های بازدارنده خوردگی استفاده می‌شود. این پیگمنت‌ها در رطوبت جذب شده توسط فیلم رنگ، حل شده و سپس با فلز سطح واکنش انجام می‌دهند و از خوردگی آن به این ترتیب جلوگیری می‌نمایند.

نکته بسیار مهمی که در استفاده از پوشش‌های ضدخوردگی باید مدنظر داشت، این است که آیا پوشش برای شرایط غوطه‌وری در نظر گرفته شده است یا اینکه در معرض هوای محیط قرار دارد؟ در صورت استفاده از پیگمنت‌های ضدخوردگی برای پوشش‌های غوطه‌ور شده در آب، پیگمنت، آب زیادی جذب می‌کند و پدیده blisters اتفاق می‌افتد.

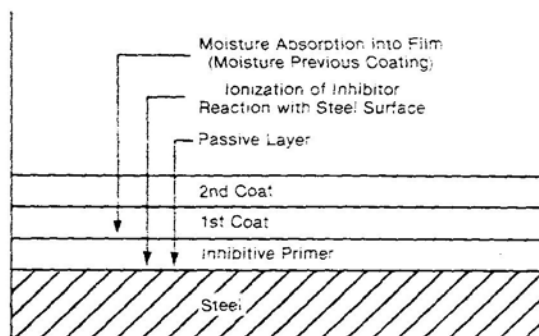


FIGURE 4.3 — In inhibitive coatings, moisture penetrates to the inhibitive primer where the reactive pigments are activated to passivate the metal substrate at the coating-metal interface. (SOURCE: Munger, C. G., Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology. Coatings, Resistant. 3rd Ed., Vol. 6, John Wiley & Sons, New York, NY, pp. 456-57, 1979.)

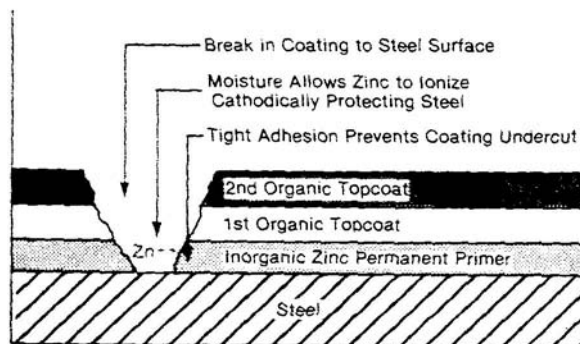


FIGURE 4.5 — An inorganic zinc primer reacts to protect the steel substrate at breaks in the alkali-resistant topcoat. (SOURCE: Munger, C. G., Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, Coatings, Resistant, 3rd Ed., Vol. 6, John Wiley & Sons, New York, NY, pp. 456-57, 1979.)

یکی از پوشش‌های بسیار مؤثر که در زمان جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار می‌گرفت پوشش‌های وینیلی بودند که به صورت واش پرایمر به کار برده می‌شدند. وجود کرومات روی و اسید فسفریک در ترکیب این پوشش باعث ایجاد واکنش با فلز سطح می‌گردد.

از جمله پیگمنت‌های ضدخوردگی، Red lead، فسفات روی و کرومات روی را می‌توان نام برد. پوشش‌های ضدخوردگی در اتمسفر دریائی روی سطح فولادی از زمانی که فولاد به کار گرفته شد مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

حفاظت گالوانیکی توسط فلز روی :

از جمله پیگمنت‌های حفاظت کننده کاتدی که در پوشش‌های زینک ریچ به کار می‌روند، پودر روی می‌باشد. این پوشش‌ها به ۲ دسته معدنی و آلی تقسیم می‌شوند. پوشش‌های زینک ریچ اپوکسی از نوع آلی و زینک اتیل سیلیکات از نوع معدنی می‌باشد.

سیستم‌های پوشش :

Primers – ۱

آستری‌ها اولین لایه‌هایی هستند که روی سطح کاملاً آماده شده اعمال می‌گردند. خصوصیات آستری‌ها به قرار ذیل می‌باشد.

(a) چسبندگی به سطح مورد نظر

(b) مقاومت در برابر عوامل خوردگی

(c) چسبندگی به لایه میانی

(d) انعطاف‌پذیری مناسب

آستری پایه و اساس سیستم رنگ است چرا که تمام لایه‌های بعدی رنگ روی آن قرار می‌گیرند - آستری‌ها باید چسبندگی لازم به سطح مورد نظر را داشته باشند و همچنین به کمک پیگمنت‌های ضدخوردگی که در ساختار خود دارند خوردگی فلز پایه را به تأخیر بیندازند یا آن را متوقف سازند، علاوه بر آن به دلیل تأخیر در اعمال لایه‌های بعدی رنگ بر روی آستری، می‌باید مقاومت کافی در مقابل عوامل بیرونی را نیز داشته باشد.

آستری‌هایی که برای پوشش دادن تانک‌ها به کار گرفته می‌شوند یا در شرایط غوطه‌وری قرار دارند می‌باید مقاومت در مقابل مواد شیمیایی محیط اطراف خود را نیز داشته باشد.

لایه میانی :

فرمولاسیون لایه میانی بسیار مهم است زیرا باعث افزایش ضخامت پوشش می‌شود. ضخامت فیزیکی باعث بهبود بسیاری از خواص ضروری مانند افزایش مقاومت شیمیایی،

کاهش سرعت انتقال تبخیر، افزایش خواص سایشی و مقاومت به ضربه می‌شود. لایه میانی باید چسبندگی خوب به پرایمر داشته باشد تا پایه خوبی برای لایه نهایی باشد. پوشش لایه میانی معمولاً دارای نسبت زیاد رنگدانه به رنگپایه می‌باشند بنابراین یک پوشش هموار با چسبندگی فیزیکی می‌باشد. در صورت عدم چسبندگی خوب به پرایمر و لایه نهایی توسط لایه میانی سبب از بین رفتن پوشش در زمان کوتاهی می‌شود.

نقش مهم دیگر پوشش لایه میانی در ایجاد یک سدّ بسیار مقاوم در برابر مواد شیمیایی در محیط یا در حین غوطه‌وری می‌باشد. لایه میانی از نظر خواص ظاهری دارای نواقصی هستند و بنابراین معمولاً به عنوان لایه نهایی بکار برده نمی‌شوند. آن‌ها ممکن است همچنین برای اضافه شدن مقاومت فیزیکی پوشش اضافه شوند. پوشش‌های میانی بیشتر در سیستم‌های پوششی نفوذناپذیر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

خصوصیات لایه میانی :

(۱) ایجاد ضخامت برای کل سیستم پوشش

(۲) مقاومت زیاد در مقابل مواد شیمیایی

(۳) مقاومت در مقابل ورود رطوبت و بخار

(۴) افزایش مقاومت الکتریکی پوشش

(۵) چسبندگی قوی به آستری و لایه نهایی

خصوصیات لایه نهایی :

لایه نهایی نیز چند عمل مهم انجام می‌دهد.

(۱) فراهم کردن یک لایه مقاومت برای سیستم رنگ

(۲) تشکیل حصار و سد اولیه در مقابل عوامل بیرونی

۳) فراهم کردن مقاومت سیستم در مقابل مواد شیمیایی، آب و هوا

۴) فراهم کردن یک سطح سخت و غیر قابل فرسایش

۵) فراهم کردن یک منظره زیبا برای شیئی رنگ آمیزی شده

لایه نهایی که روی لایه میانی اعمال می شود در داخل لایه میانی نفوذ می کند، در نتیجه سطح سیستم را غیرقابل نفوذ می نماید. لایه نهایی خط اول مبارزه در مقابل تهاجم های محیطی برای سیستم های رنگ است. در فرمول بندی رنگ های لایه نهایی نسبت $\frac{P}{B}$ کمتر از فرمول بندی لایه های میانی است در نتیجه این لایه ها غلیظ تر هستند (More dense). ضخامت لایه های نهایی کمتر از لایه میانی است زیرا نسبت P.V.C در این رنگ ها کمتر است.

البته مواردی نیز وجود دارد که در آن آستری و لایه میانی نقش محافظ را برای سیستم رنگ به عهده دارند و لایه نهایی برای مقاصد دیگری به کار گرفته می شود. به عنوان مثال لایه نهایی ممکن است برای غیرلغزنده کردن سطح رنگ به کار رود در حالی که لایه های میانی و آستری نقش محافظت در برابر عوامل بیرونی را داشته باشند. مثال دیگر در ارتباط با رنگ آمیزی های دریایی است که لایه نهایی برای ضدخزه بودن سیستم رنگ به کار گرفته می شود. در سایر موارد ممکن است که لایه نهایی فقط به منظور ظاهر سیستم رنگ به کار گرفته شود.

این نکته را باید متذکر شد که سیستم های رنگ آمیزی الزاماً از سه لایه ذکر شده ساخته نمی شوند. در بسیاری از موارد ممکن است از سیستم های تک پوششی نیز استفاده کرد. به عنوان مثال:

سیستم رنگ آمیزی تک لایه ای با استفاده از زینگ اتیل سیلیکات در رنگ آمیزی

مخازن نفت و حلال به طور موفقیت آمیزی به کار گرفته شده است. سیستم رنگ آمیزی با کولتار اپوکسی به صورت یک پوشش برای رنگ آمیزی سطح پایه های اسکله های دریایی یا مخازن نفت مورد استفاده قرار می گیرد. رنگ های کوره ای مثال دیگری از سیستم های تک پوششی هستند که در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند.

انتخاب پوشش :

مقدمه:

تصمیم گیری برای انتخاب یک پوشش مناسب جهت انواع سازه ها به دلیل وجود پارامترهای بسیار زیاد امر مشکلی است. در حقیقت این امر یکی از مهمترین مراحل تصمیم گیری در پروسه رنگ آمیزی است. این انتخاب بدین لحاظ اهمیت دارد که پوشش مورد نظر می باید نه تنها در برابر عوامل خورنده اتمسفری مقاوم باشد بلکه تعیین کننده چگونگی آماده سازی سطح و روش اعمال رنگ نیز باشد. در گستره وسیعی از شرایط متنوع اقلیمی از محیط های اتمسفری خارج از شهر تا محیط های آلوده صنعتی، از غوطه وری تا در معرض هوا بودن، از یک رنگ ساختمانی تا یک رنگ خاص معنی و سطوح مختلفی که آماده سازی های مخصوص به خود را طلب می کنند، علاوه بر این تولیدکنندگان رنگ محصولات متعددی را برای منظوره های خاص تهیه می کنند که مصرف کننده باید یکی را برای رفع مشکل خود انتخاب کند.

رنگ مناسب را چگونه انتخاب کنیم؟

یک راه مناسب برای مطالعه سیستماتیک این مهم آن است که ابتدا لیستی از نام

ژنریک تمام محصولات با ویژگی‌ها و محدودیت‌های هر کدام تهیه گردد، سپس از میان آنها ۲ یا ۳ نمونه را که با نیازهای پوشش موردنظر مطابقت دارند، انتخاب کنیم. در این میان دو مطلب مهم را باید در نظر داشت.

۱- هیچ رنگی وجود ندارد که همانند یک رنگ چندمنظوره، تمام نیازهای لازم را برطرف کند.

۲- در هنگام انتخاب رنگ فاکتورهای بسیار زیادی وجود دارند که باید در نظر گرفته شوند.

جدول (۱۲،۱) لیست کاملی از ملاحظات لازم برای انتخاب پوشش موردنظر را ارائه می‌دهد. در بدو امر باید هدف از اعمال رنگ را تعیین کرد. به عنوان مثال، آیا کاربرد این پوشش برای جلوگیری از خوردگی است؟ آیا استفاده از این رنگ جنبه تزئینی دارد؟ پوششی تعمیراتی است؟ یا این رنگ روی سازه‌های جدید اعمال می‌گردد. در صورتی که سطح مورد نظر نوساز باشد مانند تجهیزات یک کارخانه که قبلاً در شرایط خورنده قرار نداشته است وضع به مراتب ساده‌تر است. زیرا با انتخاب مناسب می‌توان تنها یک بار برای همیشه کارخانه یا اسکلت فلزی تازه تأسیس شده را رنگ‌آمیزی کامل و اقتصادی کرد.

در اینجا باید در نظر داشت که قبل از رنگ‌آمیزی کامل (اجرای آخرین مرحله رنگ‌آمیزی) اقدام به راه‌اندازی ننمود. زیرا ممکن است لایه‌های زیرین رنگ که هنوز لایه نهایی روی آن قرار نگرفته است مقاومت کافی در مقابل شرایط خورنده که به واسطه راه‌اندازی به وجود آمده‌اند را نداشته باشند. یا اینکه در موقع رنگ‌آمیزی لایه نهایی سطح زیرین آنقدر آلوده شده باشد که اجرای رنگ‌آمیزی لایه بعد را با مشکل اساسی مواجه

نماید.

هنگامی که رنگ آمیزی روی لایه رنگ شده قبلی انجام می گیرد شرایط کار به مراتب مشکل تر است زیرا تحت این شرایط سطح زیر کار، دیگر استیل یا بتن نیست. در این حالت سطح زیر کار، رنگ به کار رفته قبلی است. بیشتر اوقات رنگ به کار رفته ناشناخته است، تحت این شرایط انتخاب رنگ لایه بعدی بسیار مشکل خواهد بود. بدون داشتن اطلاعات در زمینه نوع رنگ قبلی معمولاً تعیین نوع آن بی اندازه دشوار خواهد بود.

موارد مورد بررسی و ملاحظات در انتخاب پوشش :

الف) ویژگی های پوشش

۱- مقاومت در برابر سایش

۲- انعطاف پذیری

۳- حفظ رنگ و برق فیلم

۴- میدان مقاومت حرارتی

۵- زمان خشک شدن

۶- مقاومت در برابر کپک زدگی

۷- وضعیت ظاهری

۸- مقاومت در برابر آب

۹- مقاومت در برابر رطوبت

ب) طبیعت سطح (چوب، سطوح ساختمانی، استیل، رنگ کهنه و غیره)

ج) هدف از رنگ آمیزی

۱- مقاومت در برابر خوردگی (خوردگی از نوع شیمیایی، خوردگی اتمسفری،

آتش‌سوزی و غیره)

۲- ضد آب کردن

۳- کنترل دما

۴- علامتگذاری

۵- وضعیت ظاهری (فام، پراقت و غیره)

و) دوره لازم برای رنگ‌آمیزی (رنگ موردنظر برای چند سال باید تجدید شود).

مهمترین مرحله در انتخاب یک پوشش مناسب، بررسی شرایطی است که تحت آن شرایط، پوشش به کار گرفته می‌شود. در این بررسی تمام عواملی که ممکن است تأثیرگذار باشد بایستی در نظر گرفته شوند.

سطح زیر کار :

بسته به اینکه یک رنگ‌آمیزی جدید انجام می‌گیرد یا رنگ‌آمیزی روی رنگ کهنه صورت می‌گیرد سطح زیر کار باید مدنظر قرار داده شود. در صورتی که رنگ زیر کار یک رنگ کهنه باشد، نباید آثار شکستگی در آن نمایان باشد همچنین از چسبندگی به سطح زیر کار و پیوستگی لازم نیز برخوردار باشد. در این صورت رنگ‌آمیزی تنها به جهت افزایش ضمانت لایه‌های رنگ انجام می‌گیرد. ولیکن چنین شرایطی معمولاً به ندرت وجود دارد و در اغلب موارد سطح زیر کار در معرض خوردگی قرار داشته و یا خورده شده است در این صورت رنگ تازه نه تنها باید با رنگ کهنه بلکه با سطح زیرکار که برهنه شده است نیز سازگاری داشته باشد.

سطوح زیر کار معمولاً از جنس آهن، سطوح گالوانیزه آلومینیوم و بتن هستند. خوردگی در هر کدام از این موارد به اشکال مختلف است و در تعمیر هر کدام باید به

روش خاص خود عمل کرد. متذکر می‌شود اگر سطح زیر کار نو باشد و رنگ نشده باشد باز هم روش خاص خود را در آماده‌سازی و رنگ‌آمیزی طلب می‌کند. ولی به طور کلی انتخاب صحیح رنگ، برای سطحی که تازه رنگ می‌شود به مراتب ساده‌تر از سطح رنگ شده کهنه می‌باشد.

شرایط محیطی :

نوع محیطی که رنگ در آنجا اعمال می‌گردد می‌تواند خشک یا مرطوب باشد، محیط صنعتی یا منطقه‌ای خارج از شهر باشد، داخل یا خارج ساختمان باشد. به عنوان مثال رنگی که در منطقه دریایی شمال ایران استعمال می‌گردد کارایی لازم را در منطقه جنوب به علت گرمای شدید منطقه و تابش نور خورشید که مناسبترین شرایط خوردگی را فراهم می‌کنند نداشته باشد و یا رنگی که در جنوب کشور مقاومت گچی شدن آن کم است در شرایط آب و هوایی دیگر، کارایی لازم را نداشته باشد. یک اتمسفر صنعتی علاوه بر شرایط معمولی اتمسفر، مواد شیمیایی مختلفی را نیز همراه دارد.

TABLE 12.1 — Evaluation of Coating Systems

Intermediate Chemical Resistance (Chiefly Splash & Spillage)	Outstanding Advantages	Chief Limitations	Typical Applications
Tar Epoxy	1. Water Resistance 2. Chemical Resistance 3. High Film Build	1. Bleeding 2. Ext. Color Retention 3. Ext. Gloss Retention 4. Two Package 5. Pot Life 6. Dark Colors	1. Crude Oil Tank Lining 2. Sewage Disposal Plants 3. Pipe Lining or Exterior Coating
Low Chemical Resistance (General Purpose Products)			
Oil, Linseed	1. Ease of Application 2. Minimum Surface Preparation 3. Flexibility 4. Excellent Adhesion	1. Slow Dry 2. Soft Film 3. Low Chemical Resistance 4. Poor Solvent Resistance 5. Water Resistance 6. Abrasion Resistance	1. Wooden Buildings (Exterior) 2. Metal Surfaces (Exterior)
Alkyd	1. Ease of Application 2. Surface Preparation 3. Low Cost 4. Good One Coat Hiding 5. Durability 6. Gloss Retention	1. Chemical Resistance 2. Water Resistance	1. Tank Exteriors 2. Structural Metal 3. Machinery 4. Plant Equipment 5. Interior or Exterior, Wood or Metal
Exterior Latex Products	1. Water Reducible 2. Nonflammable 3. Ease of Application 4. Blister Resistance	1. Freeze-Thaw Limitations 2. Heat Resistance	1. Exterior Wood 2. Exterior Concrete, Stucco & Masonry 3. Exterior Metal
Silicone (Masonry Water Repellent)	1. Colorless 2. Invisible 3. Effective for 10 Years 4. Prevents Staining	1. Not for Use on Limestone 2. Use Only on New Masonry	1. New Bricks, Mortar, Sandstone, & Poured Concrete
High-Temperature Coatings			
Silicones	1. Air-Dry Tack-Free (Some Formulations) 2. Service Temperature up to 1000 F 3. Interior or Exterior Service	1. High Cost 2. Low Film Build 3. Limited Solvent Resistance 4. Limited Chemical Resistance	1. High-Temperature Stacks 2. Boilers & Boiler Breeches 3. Exhaust Lines, Manifolds & Mufflers
Special Products			
Zinc-Rich Coatings (Organic)	1. Tolerant of Surface Preparation 2. High-Temp. Tolerance 3. High Film Build 4. Abrasion Resistance 5. Primer and Finish Coat	1. Solvent Resistance 2. High Cost 3. Poor Acid or Alkali Resistance	1. Rust Inhibitive Primer 2. Exterior Equipment in Petroleum and Chemical Plants 3. High-Temp. Stacks
Zinc-Rich Coatings (Inorganic)	1. Solvent Resistance 2. High-Temp. Tolerance 3. High Film Build 4. Abrasion Resistance 5. Primer and Finish Coat	1. Critical of Surface Preparation 2. High Coat 3. Poor Acid and Alkali Resistance	1. Solvent Tank Lining 2. Exterior Equipment in Petroleum and Chemical Plants 3. High-Temp. Stacks

(SOURCE: NACE, Course #5, Corrosion Prevention by Coatings, Houston, TX.)

TABLE 12.1 — Evaluation of Coating Systems

High Chemical Resistance (Immersion or Splash & Spillage)	Outstanding Advantages	Chief Limitations	Typical Applications
Converted Epoxy	1. Alkali Resistance 2. Abrasion Resistance 3. Recoatability 4. Surface Moisture Tolerance 5. Adhesion 6. Solvent Resistance 7. Water Resistance	1. Two Package 2. Pot Life 3. Yellowing 4. Exterior Chalking 5. Exterior Fading 6. Apply over 50 F	1. Chemical Plants 2. Oil Refineries 3. Tank Lining 4. Floor Finish 5. Marine Applications 6. Machinery 7. Paper Mills 8. Water & Sewage Plants
Epoxy Polyester	1. Abrasion Resistance 2. Stain Resistance 3. Acid Resistance 4. Ext. Gloss Retention 5. Water Resistance 6. High Film Build 7. Ext. Color Retention	1. Two Package 2. Pot Life 3. Alkali Resistance 4. Apply over 50 F 5. Limited Flexibility	1. Wall Finish 2. Machinery Finish 3. Kitchens & Bakeries
Moisture-Cured Polyurethane	1. Acid Resistance 2. Abrasion Resistance 3. Single-Package Converted Coating 4. Water Resistance	1. Package Stability after Opening 2. Yellowing 3. Exterior Chalking 4. Exterior Fading 5. Recoatability 6. Adhesion to Metal	1. Floor Finish 2. Tank Lining 3. Machinery 4. Textile Mills
Vinyl	1. Acid Resistance 2. Recoatability 3. Ext. Color Retention 4. Ext. Gloss Retention 5. Water Resistance	1. Spray Application Only 2. Low Solids 3. Low Flash Point 4. Careful Surface Preparation 5. Heat Resistance	1. Tank Linings 2. Chemical Plants 3. Oil Refineries 4. Marine Applications 5. Machinery 6. Potable Water Tanks
Intermediate Chemical Resistance (Chiefly Splash & Spillage)			
Chemical Resistance Latex	1. Chemical Resistance 2. Ext. Color Retention 3. Ext. Gloss Retention 4. Ease of Application 5. Water Clean-up 6. Nonflammable 7. Surface Preparation	1. Abrasion Resistance 2. Application Temperature 3. Heat Resistance	1. Storage Tanks 2. Chemical Plant Equipment 3. Oil Refineries 4. Marine Superstructure
Chlorinated Rubber	1. Chemical Resistance 2. Water Resistance (immersion) 3. Abrasion Resistance	1. Solvent Resistance 2. Heat Resistance	1. Chemical Plants 2. Water Immersion 3. Machinery 4. Floor Finish
Epoxy Ester	1. Chemical Resistance 2. Abrasion Resistance 3. Surface Preparation 4. Ease of Application 5. Water Resistance	1. Ext. Gloss Retention 2. Ext. Color Retention 3. Film Build	1. General Interior Plant Use 2. Floor Finish 3. Primers
Phenolics (Oil Modified)	1. Water Resistance 2. Acid Resistance 3. Abrasion Resistance 4. Hardness 5. Ease of Application	1. Yellowing 2. Recoatability (Intercoat Adhesion) 3. Exterior Fading 4. Exterior Chalking	1. Marine Applications 2. Floor Finishes 3. Water & Sewage Plants 4. Machinery

جنبه‌های اقتصادی :

هزینه تمام شده برای هر پوشش یکی از مهمترین فاکتورهای انتخاب پوشش است. متأسفانه در بعضی مواقع تنها فاکتور تعیین کننده است. با توجه به طول عمر رنگ، هزینه‌های تعمیراتی و توقف کار درست این است که قیمت رنگ در مقایسه با خصوصیات آن، در درجه دوم اهمیت قرار داده شود.

قیمت در واقع زمانی باید مطرح شود که بعد از انتخاب چند نوع رنگ که نیازهای فنی را برآورده می‌سازند یکی از آنها به عنوان یک رنگ مناسب از لحاظ قیمت انتخاب گردد. متأسفانه معمولاً افرادی که در قسمت‌های بازرگانی مشغول به کار هستند اطلاعات کافی در مورد اهمیت موضوع ندارند و غالباً چیزی را که ارزانتر است انتخاب می‌کنند.

تجربه‌های قبلی :

یکی از راه‌های صحیح انتخاب نوع پوشش، استفاده از تجربیات قبلی در این زمینه است. اگر پوششی طی مدت استفاده نتایج رضایت‌بخشی به همراه نداشته باشد، باید اطمینان داشته باشیم که همه شرایط به درستی رعایت نشده‌اند. مثلاً اگر آماده‌سازی سطح به درستی انجام نگرفته باشد و قطعه رنگ شده یا یک رنگ مشخص، دچار خوردگی شده باشد این عیب از رنگ نیست. در غیر این صورت باید رنگ انتخاب شده را از لیست مورد نظر حذف نمود.

آماده‌سازی سطح :

هدف از آماده‌سازی سطح ایجاد چسبندگی مطلوب یک پوشش بر روی سطح می‌باشد. چسبندگی راز موفقیت یک پوشش است و تعیین کننده این نکته است که پوشش

اعمال شده روی سطح، فقط یک لایه نازک روی سطح است یا جزء لاینفک از سطح زیر کار است.

در مناطق با شرایط خوردگی شدید، چسبندگی برای پوشش‌های به کار برده شده می‌تواند یک موضوع بحرانی باشد. بنابراین آماده‌سازی مناسب، شرط اساسی ایجاد یک عمر طولانی و مؤثر برای پوشش‌های به کار برده شده بر روی سطوح در معرض خوردگی است.

یکی از صنایعی که به موضوع چسبندگی پوشش اهمیت زیادی می‌دهد، صنعت اتومبیل‌سازی است. به ندرت پوشش اصلی اعمال شده روی بدنه اتومبیل مشکلاتی از قبیل پوسته شدن، تاول زدن، یا ورقه شدن را دربرداشته است.

در واقع هیچ قطعه گرانیقیمتی ظاهراً وجود ندارد که مانند بدنه اتومبیل در معرض شرایط نامساعد اقلیمی مانند باران، طوفان، برف و گرد و خاک محیط‌های آلوده صنعتی و غیره قرار داشته باشد.

قبل از رنگ‌آمیزی بدنه اتومبیل یک آماده‌سازی بسیار دقیق به منظور اطمینان از حفاظت کامل سطح الزامی است و روش کار بدین صورت است که قطعات مورد نظر توسط یک خط اتوماتیک از میان حوضچه‌های شستشوی سطح با مواد شستشو دهنده مختلف و محلول‌های فسفات عبور داده شده و سپس شستشوی نهایی صورت گرفته و پس از خشک شدن قطعه موردنظر کاملاً آماده رنگ‌آمیزی می‌شود.

تحقیقات به عمل آمده در خصوص خوردگی‌های بدنه اتومبیل، نشان می‌دهد که اکثر موارد خوردگی، در قسمت‌های درونی بوده است نه قسمت‌های خارجی که رنگ‌آمیزی شده‌اند.

موفقیت پوشش‌های بدنه اتومبیل در جلوگیری از خوردگی را می‌توان به آماده‌سازی‌های بسیار دقیق سطح نسبت داد که ماکزیمم چسبندگی سطوح رنگ شده را به دنبال داشته است. خسارات حاصله از رنگ‌آمیزی سطوح در ارتباط مستقیم با چسبندگی پوشش به کار برده شده می‌باشد. به عبارت دیگر موفقیت در رنگ‌آمیزی حاصل ایجاد پیوندهای قوی بین رنگ و سطح زیر کار است.

هدف از آماده‌سازی سطح ایجاد ماکزیمم پیوند قوی بین سطح تماس پوشش و سطح زیر کار است. سه نوع نقصان در چسبندگی وجود دارد.

۱) cohesion failures که عبارت است از وجود پیوندهای ضعیف درون مولکولی لایه پوشش آلی. در این موارد پوشش به کار برده شده ورقه می‌شود ولی هنوز قسمتی از آن بر روی سطح باقی می‌ماند. چنین نقصان‌هایی را می‌توان با پوشش‌های نرم مانند آسفالت، کولتار و مواد شبیه به آن در جایی که هیچ چسبندگی مؤثری درون پوشش وجود ندارد مشاهده نمود. (شکل ۹،۲)

۲) نوع دوم، adhesion failure می‌باشد که نقصان در سطح تماس بین رنگ و ماده زمینه است. در این موارد پوشش از ماده زمینه کاملاً جدا شده و هیچ پوششی روی سطح باقی نمی‌ماند. (شکل ۹،۱)

۳) نوع سوم، substrate failure می‌باشد. در اینجا سطح زیر کار سریعتر از پوشش اعمال شده فرسوده می‌شود. این مورد نقصان، در بتن‌ها بیشتر مشاهده می‌شود. در صورتی که از پوشش اپوکسی بر روی بتن استفاده شود. پوشش اپوکسی به کار برده شده چسبندگی و کشش بیشتری از ماده زمینه بتن دارد. (شکل ۹،۳)

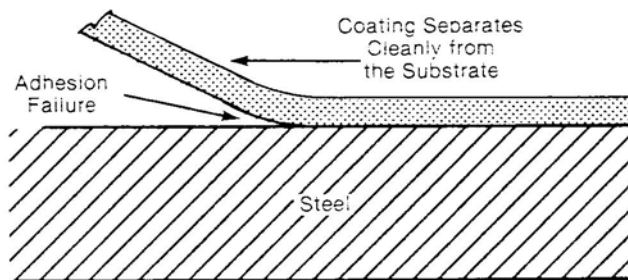


FIGURE 9.1 — Adhesive failure of a coating.

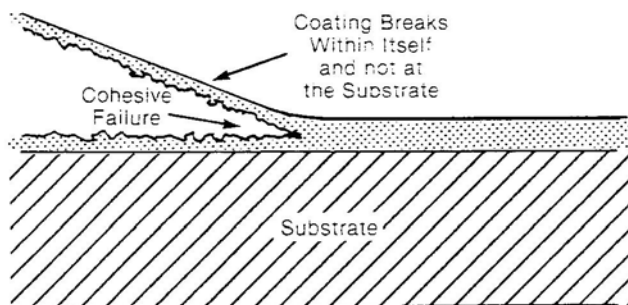


FIGURE 9.2 — Cohesive failure of a coating.

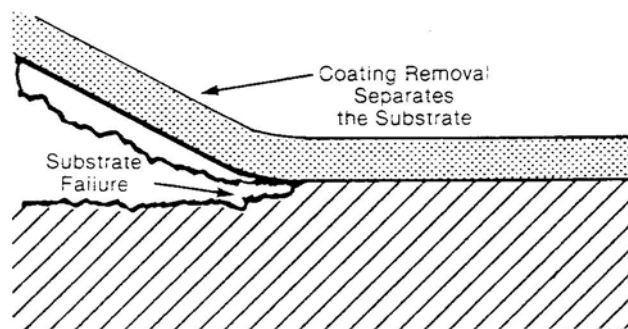


FIGURE 9.3 — Adhesion failure of the substrate.

انواع چسبندگی :

انواع چسبندگی به نوع ماده زمینه و پوشش اعمال شده بستگی دارد.

سه نوع پیوند وجود دارد: (۱) شیمیایی ؛ (۲) پلار ؛ (۳) مکانیکی

پیوند شیمیایی توسط واکنش شیمیایی بین پوشش و ماده زمینه ایجاد می‌شود که به طور قطع قوی‌ترین پیوند است و گروه‌های هیدروکسید موجود در اپوکسی با فلز سطح واکنش تراکمی انجام می‌دهند.

چسبندگی پلار یا پیوندی، در اثر جاذبه مولکول‌های رزین با سطح حاصل می‌شود.

در این نمونه عملکرد رزین مانند یک مغناطیسی ضعیف با دو سر N و S است که گروههای مخالف در سطح ماده زمینه را جذب می‌کند. گروههای پلار در پوشش اعمال شده دارای بار مثبت و منفی می‌باشند که مولکول‌های با بار مخالف روی فلز سطح زمینه را جذب می‌کنند.

چسبندگی از نوع پلار، مخصوصاً در مورد پوشش‌های آلی نوع معمول چسبندگی است. در وینیل کلرید استات پیوند پلاری وجود ندارد و پوشش وینیل به راحتی از سطح زمینه ورقه می‌شود ولی هنگامی که مالتیک اسید به عنوان بخشی از مولکول اضافه می‌شود گروه اسیدی آن یک مولکول پلار به وجود آورده و سر پلار مولکول قطب‌های مختلف را از سطح فلز جذب کرده و ایجاد چسبندگی می‌نماید. به عبارت ساده‌تر، چسبندگی هنگامی حاصل می‌شود که دو گروه مخالف از هر کدام از سطوح یکدیگر را جذب کنند.

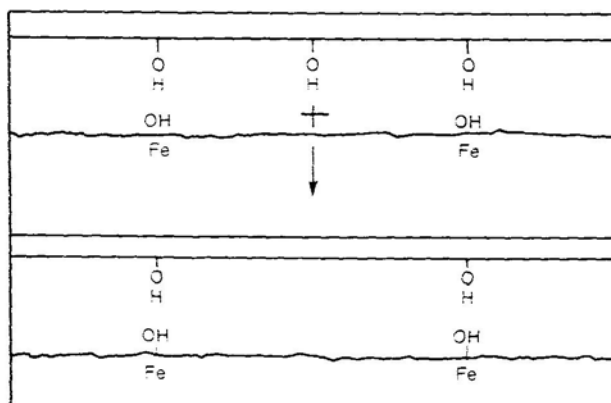


FIGURE 9.6 — Polar or secondary valence bonding of an hydroxylated coating to a metal substrate. (SOURCE: Corrosion and the Preparation of Metallic Surfaces for Painting, Unit 26, Federation Series on Paint Technology, Federation of Societies for Paint Technology, Philadelphia, PA, 1978.)

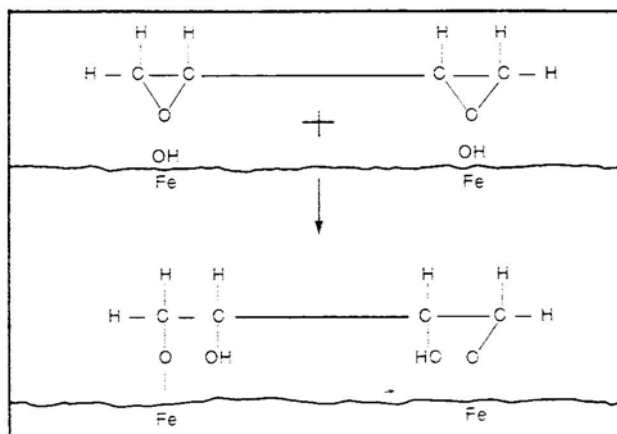


FIGURE 9.5 — Chemical adhesion of an epoxy coating to a metal substrate. (SOURCE: Corrosion and the Preparation of Metallic Surfaces for Painting, Unit 26, Federation Series on Paint Technology, Federation of Societies for Paint Technology, Philadelphia, PA, 1978.)

پیوندهای شیمیایی مکانیسمی است که در پوشش‌های تبدیل به کار برده می‌شود.

این نوع پوشش‌ها در بدنه اتومبیل‌ها به کار برده می‌شوند زیرا پیوندهای شیمیایی

چسبندگی عالی ایجاد می‌کنند.

واش پرایمرها نیز چنین عملکردی دارند. سطوح فلزی به وسیله پیوندهای نوع اول و

دوم به سطحی تبدیل می‌شوند که شامل پیوندهای معدنی و آلی می‌باشد. به نحوی که یک

پوشش آلی توسط پیوندهای نوع اول روی یک ماده زمینه معدنی پوششی را به وجود

می‌آورد که دارای گروه‌های قطبی می‌باشد و نهایتاً ایجاد چسبندگی قوی می‌کند.

چسبندگی از نوع مکانیکی در ارتباط با زبری سطح زیر کار است. anchor pattern

اصطلاح به کار رفته در مورد میزان ناصافی سطح می‌باشد و عبارت از چگونگی پستی و

بلندی‌هایی است که در سطح مورد نظر به وجود آمده است.

میزان ناصافی ایجاد شده روی سطح بسته به اینکه عمق قله‌ها و دره‌های ایجاد شده

چه قدر باشد گستره وسیعی دارد. نکته مورد نظر از دیدگاه پوشش تعداد این قله‌ها و

دره‌ها است که باعث افزایش سطح تماس شده و در نتیجه میزان چسبندگی را افزایش

می‌دهد.

بعضی از پوشش‌ها به دلیل چسبندگی ضعیفی که دارند و همچنین به دلیل ضخامت بالای پوشش نیاز به سطح تماس ناصاف و anchor pattern عمیق دارند تا به یک چسبندگی مطلوب دسترسی یابند.

اغلب پوشش‌ها چسبندگی مناسب را با anchor pattern ۱ تا ۲ میل به نحو مطلوبی حاصل می‌نمایند.

بتون چسبندگی مکانیکی متفاوتی دارد. در این نمونه سطح به طور نسبی متخلخل است و ذرات آب و حباب‌های هوا را نیز در بر دارد. علاوه بر ناصافی‌های طبیعی دیگری نیز وجود دارد که به طور قطع در چسبندگی پوشش مؤثرند.

پوشش‌های به کار برده شده برای این نوع سطوح ترجیحاً می‌باید نفوذپذیر باشند تا از این تخلخل و ناصافی موجود در سطح استفاده مطلوب را ببرند.

پوشش‌های معدنی غنی شده از روی به طور نسبی متخلخل هستند.

در نتیجه به لایه‌های بعدی این امکان را می‌دهند تا با درگیری مکانیکی و اتصال‌های پلار یا شیمیایی چسبندگی لازم را به دست آورند.

اهداف آماده‌سازی سطح :

چسبندگی قوی لازمه اجرای پوشش و طول عمر آن است. اگر پوشش ضعیف باشد تدریجاً توسط تاول زدن یا خوردگی زیر فیلم یا ورقه شدن از بین می‌رود ولی در صورت دارا بودن چسبندگی قوی پوشش به کار برده شده تحت شرایط محیطی مقاوم‌تر است. این شرایط شامل مقاومت سایشی، ضربه، خمش، شرایط نمکی و رطوبت، خوردگی شیمیایی، میکروارگانیسم‌ها و تمام شرایط محیطی دیگر است. پوششی با چسبندگی قوی

طول عمر طولانی‌تر مقاومت بیشتری در برابر خوردگی دارد تا پوششی با چسبندگی کمتر.

آماده‌سازی سطح به منظور فراهم کردن ماکزیمم چسبندگی سطح است. مکانیسم حقیقی آماده‌سازی سطح یک هدف دو جانبه را دنبال می‌کند. هدف اول: عبارت است از برطرف کردن اجزای اضافی آن. مثل جدا کردن مواد اضافی از سطح ماده یا زدودن موادی که با تشکیل پیوند شیمیایی به سطح چسبیده‌اند یا زنگ‌های روی فیلم و به طور کلی همه موادی که سطح مورد نیاز برای ایجاد چسبندگی بین پوشش و سطح زیر کار را پوشانده‌اند. زدودن چنین موادی از روی سطح باعث عریان شدن فلز یا سطح زیر کار می‌شود که نتیجه آن حصول حداکثر سطح تماس مؤثر می‌باشد.

دومین هدف: افزایش سطح، توسط افزایش پستی و بلندی یا anchor pattern می‌باشد. به این طریق سطح تماس بیشتری نسبت به واحد سطح حقیقی به وجود می‌آید. با افزایش سطح تماس موثر موقعیت‌های واکنش‌پذیر بیشتری می‌توانند با پرایمرها، تشکیل پیوند پلار یا شیمیایی بدهند که باعث افزایش چسبندگی می‌شود.

در هندسه یک خط مستقیم کوتاه‌ترین فاصله بین دو نقطه است. این اصل هندسی در افزایش سطح فلزها به طرق مختلف کاربرد دارد. به عنوان مثال یک ورقه استیل دارای سطحی صاف است ولی در صورتی که سند بلاست بشود این سطح صاف مبدل به سطحی با پستی و بلندی‌های زیادی می‌شود. بنابراین سطح بزرگتر می‌شود.

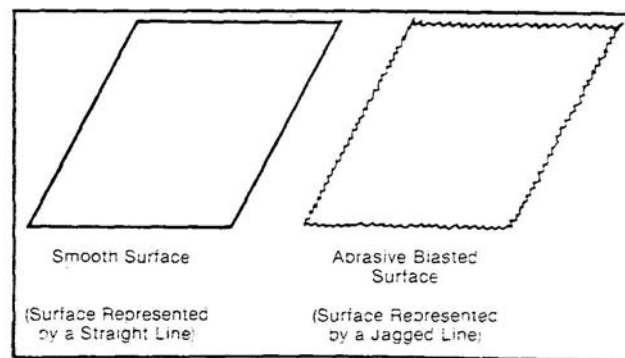


FIGURE 9.7 — An increase in surface area was achieved by increasing the roughness and anchor pattern of the surface.

سطح حقیقی با واحد اینچ مربع یا فوت مربع اندازه‌گیری می‌شود بنابراین با زیر کردن سطح می‌توان سطح مؤثر را دو برابر یا سه برابر کرد.

شکل زیر یک سطح آلوده و آماده نشده را نشان می‌دهد. آلودگی بین موقعیت‌های واکنش‌پذیر فلز و پوشش فاصله ایجاد می‌کند. بنابراین اثر پیوندهای شیمیایی یا پلار پنهان می‌ماند.

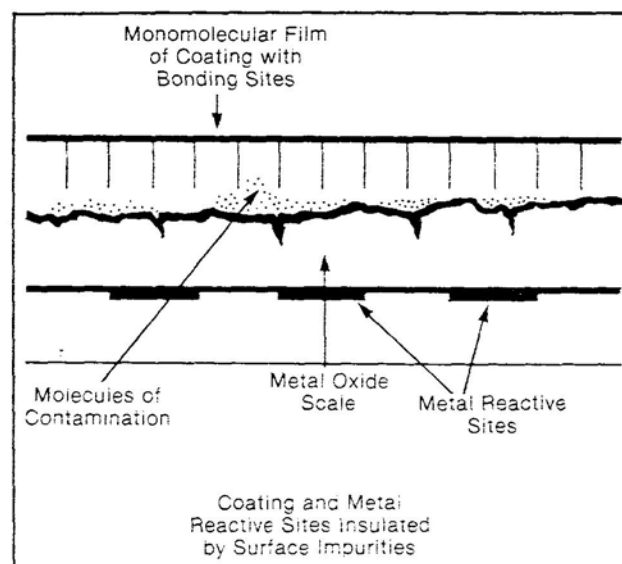


FIGURE 9.8 — An unprepared and lightly contaminated surface which prevents the full effect of either chemical or polar bonding. (SOURCE: Corrosion and the Preparation of Metallic Surfaces for Painting, Unit 26, Federation Series on Paint Technology, Federation of Societies for Paint Technology, Philadelphia, PA, 1978.)

پرایمرها مستقیماً بر روی سطح به کار برده می‌شوند. اگر این سطح شامل گرد و غبار و روغن و انواع آلودگی‌های دیگر باشد، پوشش محافظ بر روی آلودگی‌ها اعمال می‌گردد و از آن طرف نیز مواد آلوده با سطح حقیقی پیوند تشکیل می‌دهند. آلودگی‌ها حد فاصلی را بین پوشش و سطح حقیقی به وجود می‌آورند در حالی که پرایمرها برای چسبیدن به فلز و بتون و چوب فرموله شده‌اند، نه سطوح آلودگی.

در گذشته طریقه رنگ‌آمیزی به روش استفاده از قلم‌مو بود. استفاده از این روش قدرت نفوذپذیری حلال موجود در رنگ را افزایش می‌دهد. در نتیجه خاصیت مرطوب‌کنندگی رنگ افزایش می‌یابد. فشار قلم‌مو پرایمر را به داخل آلودگی‌های موجود در سطح نفوذ می‌دهد. از طرف دیگر هنگامی که وزن مولکولی رزین موجود در رنگ افزایش پیدا کند و طریقه مصرف از روش استفاده از قلم‌مو به استفاده از رنگ‌پاش تغییر داده شود. دیگر مولکول‌های بزرگ نمی‌توانند به داخل آلودگی‌های موجود در سطح نفوذ کنند. بنابراین آماده‌سازی محتاطانه و بتونه‌کاری‌های اولیه فاکتورهای مهمی برای ایجاد چسبندگی رنگ یا سطح زیر کار می‌شود.

شکل زیر نشان می‌دهد که چگونه قسمت‌های پلار سطح پوشش روی سطح فلز تمیز شده جذب می‌شود یا به عبارتی اتصال می‌یابند. در این حالت، سطح مورد نظر، به صورت یک سطح سند بلاست شده یا برجستگی‌ها و فرورفتگی‌های بزرگ نشان داده می‌شود که نه فقط باعث افزایش سطح شده‌اند بلکه نقاط تشکیل پیوند را افزایش داده‌اند.

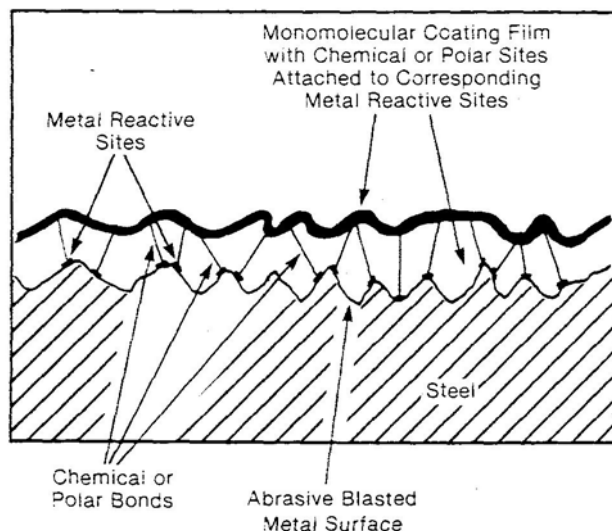


FIGURE 9.9 — An abrasive-blasted surface which shows how the polar areas on a coating molecule are attracted and become attached to corresponding reactive sites on the clean metal substrate. (SOURCE: Corrosion and the Preparation of Metallic Surfaces for Painting, Unit 26, Federation Series on Paint Technology, Federation of Societies for Paint Technology, Philadelphia, PA, 1978.)

به طور خلاصه جمع‌بندی این بحث چنین است که تمیز بودن سطح زیر کار معادل با اتصال محکمتر یا چسبندگی بهتر بین پوشش و سطح زیر کار می‌باشد، جمله منفی این مطلب را می‌توان چنین گفت چسبندگی کمتر بین پوشش و سطح تماس با میزان آلودگی موجود در سطح متناسب است و به طور خلاصه‌تر، تمیزی بیشتر، چسبندگی بیشتر و آلودگی بیشتر، چسبندگی کمتر.

نقاشان در تمام رده‌های خود از جمله صنعتی، دریایی، تجاری و ساختمانی، تماماً یک مورد را مشترکاً در ذهن دارند و آن فراموش کردن مهمترین قسمت کار است (آماده‌سازی سطح). وقت و هزینه‌ای که صرف این مرحله از کار می‌شود. گویا آزاردهنده است. عملیات رنگ‌آمیزی ظاهراً وجهه بیشتری دارد در حالی که سند بلاست کردن، سمباده زدن یا شستشو دادن سطح کار، امر پیش پا افتاده‌ای است. متأسفانه اگر این عملیات حذف گردند تمام برنامه رنگ‌آمیزی بیهوده و بی‌نتیجه باقی خواهد ماند و هر دو

عنصر زمان و هزینه از دست خواهند رفت. (شکل های ۹،۱۰ و ۹،۱۱)

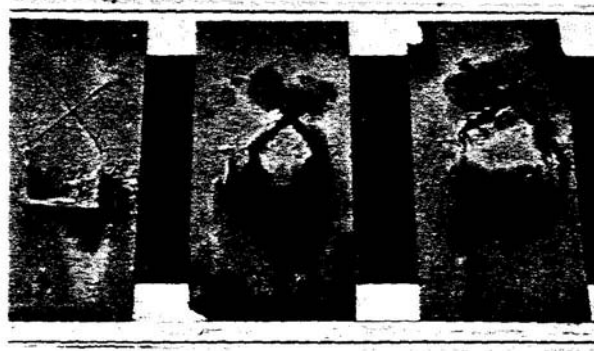


FIGURE 9.10 — Corrosion at scribes in the same coating (3-coat vinyl system) applied over sandblasted steel (left), rusted steel (middle), and intact mill scale (right), exposed for 9 years in a marine environment.

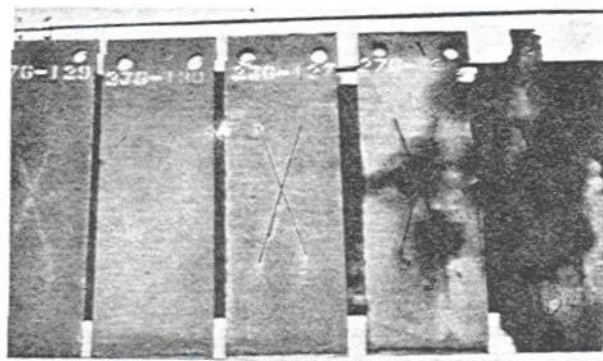


FIGURE 9.11 — Results of a test involving panels of, from left to right, galvanized steel, inorganic base coat, white sandblast, rust, and mill scale, exposed for 9 years in a marine environment with identical topcoats (3-coat vinyl system).

تاریخچه تکنیک‌های آماده‌سازی سطح :

روش آماده‌سازی سطح که امروزه متداول است خیلی قدیمی نیست.

به عنوان مثال، روش سند بلاست کردن تا سال ۱۹۳۰ میلادی تجربه نشده بود و تا جنگ جهانی دوم نیز جدی گرفته نشد لیکن وقتی معلوم شد که با سند بلاست کردن بدنه کشتی‌ها می‌توان مدت زمان بیشتری کشتی‌ها را در آب نگه داشت به اهمیت موضوع پی

بردند. تا قبل از آن آماده‌سازی سطح منحصرأً با روش‌های دستی مثل سمباده زدن با استفاده از ابزارهای دستی صورت می‌گرفت. این روش خسته کننده و وقت گیر بود، اما چنین روش‌هایی تا زمانی که رنگ‌های پایه روغنی متداول بودند کارایی لازم را داشت، چرا که رنگ‌های پایه روغنی اصولاً چسبندگی بهتری داشتند و تا حدودی آلودگی‌ها را تحمل می‌کردند. مطلب دیگر این که روش رنگ‌آمیزی استفاده از قلم‌مو بود. چنین روشی به چسبندگی بهتر کمک می‌کرد.

پیشرفت روش‌های آماده‌سازی سطح مصادف با توسعه پوشش‌های پیشرفته‌تر بود. اولین این پوشش‌ها رنگ‌های وینیلی بودند که برای به دست آوردن کارایی حداکثر نیاز به سطح زبر شده و تمیز را داشتند و این مطلب، هم برای سطوح فلزی و هم بتنی صدق می‌کرد. پوشش‌های آلی غنی شده از روی به اهمیت مطلب افزودند و به همان اندازه اضافه شدن اپوکسی‌ها و پلی اورتان‌ها و اپوکسی‌های سنگین اهمیت این مهم را به دنبال داشتند. جالب اینکه پس از کشف این حقیقت که آماده‌سازی سطح از این قبیل باعث طول عمر پوشش می‌شود، در خصوص رنگ‌های قدیمی نیز از جمله Red Lead و رنگ‌های پایه روغنی و کولتارها نیز پیشبرد کار با استفاده از این روش آماده‌سازی سطح به مراتب بهتر از گذشته بود.

شکل ۹،۱۰، نشان دهنده تأثیرگذاری روش‌های آماده‌سازی سطح می‌باشد. در این شکل مشاهده می‌شود که چگونه یک پوشش عمل شده از نوع وینیل روی سطح سند بلاست شده (شکل سمت چپ) و سطح زنگ زده (شکل وسط) و سطح همراه با Mill Scale (شکل سمت راست) در معرض خوردگی قرار گرفته است. این سطوح در شرایط آب و هوای دریایی به مدت ۹ سال قرار داده شده‌اند به طوری که مشاهده شده است

پوشش وینیل روی، سطح سند بلاست شده حفاظت بسیار عالی را اعمال نموده است در حالی که سطح زنگ زده خوردگی قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد و سطح همراه با Mill Scale حتی خوردگی بیشتر از آن را نشان می‌دهد.

در شکل شماره ۹،۱۱، پنج پانل دیگر نشان داده شده است. اولی از سمت چپ یک سطح گالوانیزه است. دومین پانل یک پوشش معدنی دارد. پانل سوم به روش آماده‌سازی سطح White blast آماده‌سازی شده است. چهارمین یک سطح زنگ زده است و آخرین پانل سطح پوشیده از Mill Scale است. این پانل‌ها در معرض آب و هوای دریایی به مدت ۹ سال قرار داشته‌اند. پوشش اعمال شده روی تمام پانل‌ها از نوع مرغوب وینیل بوده است. نتیجه همانند حالتی است که در شکل ۹،۱۰ مشاهده گردید و نشان دهنده این نکته است که آثار مطلوب آماده‌سازی سطح چه منفی را در بردارد.

انواع آلودگی‌های سطح :

۱- Mill Scale

در پروسه تولید ورق‌های آهن به روش hot Rolled سطح آهن از ذراتی پوشیده می‌شود که به آن Mill Scale می‌گویند و تا ضخامت ۲۵۰ میکرون روی سطح را می‌پوشانند. Mill Scale نوعی از اکسید آهن است که در پروسه گرم کردن به وسیله کوره باز ایجاد می‌شود و به شکل بسیار چسبنده‌ای به سطح فلز اتصال دارند. Mill Scale تشکیل شده در طول این پروسه شکل واحدی ندارد، لایه خارج از نوع Fe_2O_3 یا اکسید آهن است و حدوداً ۳۰٪ وزنی اکسیژن دارد. لایه بعدی از نوع Fe_3O_4 است که تقریباً ۲۸٪ وزنی اکسیژن دارد. پس از آن نزدیک به فلز اصلی نوع دیگری از اکسید آهن، FeO موجود است که دارای ۲۲٪ وزنی اکسیژن است. فراتر از لایه FeO لایه دیگری از

مخلوط $\text{FeO} + \text{Fe}$ (Scale binder) وجود دارد که هنوز درصد اکسیژن کمتری دارد.

Mill Scale لایه شکننده‌ای است و ضریب گرمایی کمتری نسبت به آهن دارد. بر اثر سرد و گرم شدن شکاف برمی‌دارد و از طریق این شکاف‌ها آب و اکسیژن هوا به قسمت‌های داخلی راه یافته و از آنجا که Mill Scale نسبت به سطح فلز شدیداً کاتدیک است شرایط برای تشکیل یک پیل خوردگی فراهم می‌شود. هنگامی که خوردگی با این روش آغاز شد محصولات حاصل از خوردگی حجم بیشتری پیدا می‌کنند و تاول‌های حجیم‌تری نسبت به سطح فلز مشاهده می‌شود. در حالتی که قطعه موردنظر در معرض هوا و شرایط خوردگی شدید قرار داشته باشد عملیات سریعتر رخ می‌دهد. این پدیده، زیر سطح پوشش نیز به وقوع می‌پیوندد. باید توجه داشت که وقتی یک پوشش روی Mill Scale اعمال شود، در واقع هیچ گونه چسبندگی به سطح فلز ندارد، بنابراین وقتی پدیده خوردگی رخ می‌دهد، مواد تشکیل شده هیچ گونه تماسی با سطح فلز نداشته و اجازه می‌دهند که یک فضای خالی بین سطح پوشش و سطح فلز به وجود آید. بخارات آب به داخل این حفره‌ها نفوذ کرده و در فضای خالی ایجاد شده به صورت قطرات جمع می‌شوند و شرایط را برای ایجاد خوردگی‌های شدیدتر فراهم می‌سازد.

۲- آلودگی از نوع گریس و روغن :

روغن و گریس نوع دیگری از آلودگی‌های سطح هستند که قبل از رنگ‌آمیزی می‌باید زدوده شوند.