

Document Code: SP1/MNT/MON/005

برنامه آموزش خط لوله گاز ترش پنجم سراسری

تعمیرات

تعمیر پوشش و بازسازی آن

Coating Repair & Rehabilitation



تایید توسط کمیته T.T.F.	بازبینی	تهیه و تدوین
تاریخ: 1388/11/19	تاریخ: 1388/11/5	تاریخ: 1388/8/23

Rev. 003

فهرست:

صفحه	فصل اول
10	• مقدمه
10	• روشهای موجود به منظور جلوگیری از خوردگی خطوط لوله زیر زمینی
11	• عایقکاری
11	• حفاظت کاتدی
12	• پوششها
13	• انواع پوششهای رایج جهت حفاظت از خطوط لوله انتقال گاز
13	• پوشش بیتومن
14	• شرح پوشش سیستم بیتومن ها
15	• پوششهای جدید
15	• پوشش بیتوسیل
16	• ترکیبات سیستم
16	• مزایای استفاده از بیتوسیل
16	• پوششهای سه لایه پلی اتیلینی و پلی پروپیلنی
18	• مزایای پوششهای سه لایه
19	• جمع بندی

صفحه	فصل دوم
21	• انواع در معرض دهی
21	• اتمسفر
21	• غوطه وری
23	• زیر زمین
25	• مقدمه ای بر خوردگی
25	• تعریف خوردگی
26	• ایرادهایی که در پوششها دیده می شود
26	• خوردگی بیرون لوله
26	• انواع محیط خوردنده
27	• روشهای کنترل خوردگی
27	• مواد مقاوم در برابر خوردگی
28	• تغییر محیط
29	• موانع
29	• حفاظت کاتدی
29	• طراحی دست بالا
31	• جدول مقایسه روشهای کنترل خوردگی

33	• پیش گفتار
35	• آماده سازی سطوح آهنی
39	• سطوح آلومینیومی
39	• سطوح گالوانیزه
40	• سایر سطوح غیر آهنی
40	• سطوح بتونی و سایر مصالح ساختمانی

صفحه	فصل چهارم
43	• زمینه تاریخی پوششها
43	• تکنولوژی پیدایش پوشش
44	• پوششها
45	• انتخاب مواد مناسب
48	• طراحی مناسب
49	• پوششهای محافظ
50	• تمایز بین اصطلاحات
50	• تعاریف
52	• اقتصاد پوششها
52	• دیگر اصلاحات پوشش
53	• پیچیدگی ها و متغیر های پوشش
53	• توسعه پوششهای محافظ
54	• آینده پوششهای حفاظتی

صفحه	فصل پنجم
56	• خصوصیات قابل اندازه گیری پوشش
57	• مشخصات ضروری پوشش
58	• نقش پوشش
58	• ویژگی های اصلی پوشش
58	• مقاومت در برابر آب
60	• جذب آب
61	• آهنگ انتقال بخار رطوبت
62	• شیب حرارتی در عرض پوشش
63	• ویژگی اسمز
64	• الکترواند اسمز
65	• نیروی دی الکتریک
65	• مقاومت در برابر عبور یونی
66	• مقاومت شیمیایی
67	• چسبندگی مناسب

- 68 • زیر برش
- 68 • مقاومت به سایش
- 69 • توانایی انبساط و انقباض
- 69 • مقاومت در برابر شرایط جوی
- 70 • مقاومت در برابر باکتری ها و قارچ ها
- 71 • مقاومت در برابر گذشت زمان
- 71 • سادگی اعمال
- 71 • خواص اضافی پوششها
- 73 • جدول مقاومت دمایی برخی از انواع پوششهای معمول
- 73 • مقاومت به تنش خاک
- 74 • مقاومت در برابر جدایش کاتدی
- 74 • مقاومت در برابر اصطکاک

صفحه	فصل ششم
77	• تمیزکاری و آماده سازی سطح
79	• زنگ زدایی و رسوب زدایی
91	• ترکیبات مواد پرایمر سرد و گرم
92	• عایق کاری خطوط لوله توسط سیستم قیر ذغال سنگی
109	• عوامل مهم در انتخاب پوشش
109	• عواملی که باعث ضعیف شدن پوشش می گردند
110	• ضمیمه 1- دستورالعمل ها
111	• شرح کار فنی پوشش پلی یورتان
123	• دستورالعمل کار نواریچی لوله های زیر زمینی
129	• دستورالعمل تست منفذیابی هالیدی طبق استاندارد NACE RP 0188
	• دستورالعمل اعمال پوشش بر محل اتصالات و محل های آسیب دیده خطوط
130	• پوشش داده شده با پوشش Layer Polyethylene
137	• دستورالعمل اعمال پوشش در محل های آسیب دیده لوله های PE
140	• ضمیمه 2 - جدول مربوط به عیوب پوشش و راهکارهای رفع آن
144	• ضمیمه 3 - جدول مقایسه پوشش ها
146	• نتایج
147	• منابع

فصل اول

مقدمه

روشهای موجود به منظور جلوگیری از خوردگی خطوط لوله
انواع پوشش های رایج جهت حفاظت از خطوط لوله انتقال گاز
جمع بندی

مقدمه:

یکی از مهمترین و در عین حال موثرترین راه‌ها به منظور پیشگیری از خوردگی سطوح خارجی خطوط لوله انتقال گاز مدفون در خاک، استفاده از پوشش‌های مناسب می‌باشد. امروزه در سطح دنیا پدیده خوردگی تجهیزات و ادوات فرایندی به یکی از اساسی‌ترین مشکلات صنایع مختلف از جمله نفت و گاز تبدیل شده است. تجهیزاتی که در این صنایع بکار می‌روند عمدتاً در معرض محیط‌هایی قرار دارند که خود اصلی‌ترین عامل ایجاد خوردگی در این ادوات می‌باشد.

در صنعت گاز نیز خطوط لوله جزء اصلی‌ترین تجهیزاتی است که برای انتقال گاز از آن استفاده می‌گردد. در بسیاری از مناطق، این خطوط لوله از زیر زمین و حتی در برخی نواحی از مناطق باتلاقی عبور داده می‌شوند که تماس لوله‌ها با خاک و رطوبت زیاد این نواحی سبب تشدید خوردگی در خطوط لوله می‌گردد. برای جلوگیری از خوردگی این لوله‌ها، سطوح خارجی آنها را با مواد مختلفی پوشش می‌دهند تا از شدت و میزان خوردگی در آنها کاسته شود. به همین منظور تا کنون پوشش‌های گوناگونی تهیه و به بازار آمده‌اند.

از ابتدایی‌ترین پوشش‌ها، می‌توان به پوشش‌های پایه قیری و قیر ذغال سنگی اشاره نمود. این پوشش‌ها بسیاری از نیازهای صنعت گاز را برای پیشگیری از خوردگی برآورده ساختند ولی پس از مدت زمان کوتاهی عمر این پوشش‌ها از بین رفته و می‌بایست هزینه‌های زیادی را صرف تعمیر و تعویض این پوشش‌ها نمود. به دنبال این پوشش‌ها، پوشش‌های جدیدتری جهت برطرف کردن عیوب پوشش‌های قدیمی تهیه شدند که از مهمترین آنها می‌توان به پوشش‌های اپوکسی، پوشش‌های سه لایه پلی اتیلنی و بیتوسیل اشاره نمود.

روشهای موجود به منظور جلوگیری از خوردگی خطوط لوله زیر زمینی:

خوردگی لوله‌های گازرسانی سالیانه منجر به میلیون‌ها دلار خسارت می‌شود. با عملیات پیشگیرانه می‌توان تا حد زیادی جلوی این خسارت را گرفت. اجزاء اصلی یک برنامه پیشگیری از خوردگی عبارتند از:

- عایقکاری الکتریکی لوله در برابر سایر تاسیسات

- حفاظت کاتدی

- پوشش محافظ

اگر تدابیر حفاظتی لازم در موقع نصب اتخاذ گردد، مخارج آن درصد کوچکی از کل مخارج تمام شده عملیات نصب را تشکیل می دهد.

عایقکاری:

برای نگهداری اقتصادی قسمتی از لوله مدفون در زمین در مقابل خوردگی، می توان آن را نسبت به بقیه سیستم و سایر ساختارهای فلزی زیر زمینی عایق نمود. حضور جریانات شدید سرگردان ممکنست کاربرد این طریق را محدود سازد. در یک سیستم توزیع، کار گذاشتن فلنج ها یا اتصالات عایق کننده در نقاط مورد لزوم هم روی شاه لوله ها و انشعابات متصل به لوله های محافظت شده ضروریست. در عایقکاری لوله های اصلی، مواد عایق کننده را گاه می توان روی فلنج های شیرهای موجود، کار گذاشت. با این وجود، جفت کننده ها یا فلنج های فشاری عایق به کرات مورد استفاده قرار می گیرند. علاوه بر استفاده اینگونه اتصالات عایق در مجزا کردن بخش های حفاظت شده لوله های اصلی از بقیه، آنها را همچنین در تقسیم بخش های حفاظت شده بزرگ به قسمت های کوچکتر، نیز بکار می برند تا امر برطرف کردن اشکالات پیش آمده برای سیستم، حفاظت را آسان نماید. سیم های آزمایش که در سر تا سر عایق ها برای مدار کوتاه کردن آنها طی مدت بهره برداری عادی بهم متصلند، هنگام انجام آزمایش آنها را می توان در سطح زمین قطع نمود.

حفاظت کاتدی:

یک پوشش کامل می تواند بطور کلی خط لوله را از خوردگی باز دارد، اما چنین پوششی قابل حصول نیست. وجود برخی سوراخ های ریز و ترک خوردگی های کوچک در کلیه پوشش های خطوط لوله اجتناب ناپذیر است. وقتی یک قطعه لوله پوشش دار نو مستقیماً^{۱۰} به یک خط لوله لخت کهنه جوش داده شود، لوله تازه فقط از طریق شکستگیهای پوشش، با خاک در تماس است. در نتیجه، یک آند کوچک به یک کاتد بزرگ متصل می گردد. نفوذ خوردگی در لوله نو خیلی سریع تر از حالتی رخ می دهد که لوله اصلاً^{۱۱} پوششی نمی داشت، اگرچه کل فلز خورده شده کمتر است. همچنانکه قبلاً^{۱۲} گفته شد، این خوردگی را می توان با مجزا کردن الکتریکی قطعه نو بوسیله اتصالات عایق، جلوگیری نمود. برای حفاظت لوله پوشش دار در برابر پیل های خوردگی عایقکاری و پوشش را می بایستی با حفاظت کاتدی پشتیبانی کرد.

پوشش ها:

پوشش های لعاب قطران ذغال سنگ بطور گسترده ای در لوله کشی پخش بکار می روند، زیرا نسبتاً ارزان و با دوام هستند. این مواد در درجه حرارت محیط جامد هستند، ولی هنگام پوشش دادن روی لوله ها آنها را در ۳۲۵ تا ۵۰۰ درجه فارنهایت ذوب می کنند. آنها را معمولاً همراه با لفاف های دور لوله بکار می برند. همانطور که میله های فلزی در آرماتوربندی ها برای تقویت سیمان بکار برده می شوند، از لفاف های الیاف شیشه نیز جهت استحکام بخشیدن به قطران استفاده می گردد. لفاف پنبه نسوز برای پوشاندن قطران و حفاظت آن از صدمات مکانیکی و از شکل افتادگی ناشی از فشارهای منتقله از خاک اطراف، بکار برده می شود.

لفاف کاغذی روئی، نور خورشید را منعکس می کند تا نرم و روان شدن پوشش را طی مدت انبار بودن به حداقل برساند.

سایر پوشش هایی که بصورت گرم روی لوله های توزیع گاز اعمال می گردد، مبنای قیری یا موم نفتی دارند. این مواد نیز به همراه یک یا چند لفاف مورد استفاده قرار می گیرند.

یک شرکت با موفقیت از پوشش سیمانی جهت جلوگیری از خوردگی لوله فولادی توزیع که به لوله های اصلی متصلند، استفاده کرده است. این پوشش عایق نیست ولی محیطی را در اطراف فولاد بوجود می آورد که باعث کاتدی شدن بیشتر پتانسیل الکتروود - محلول آن و نزدیکی آن به چدن می گردد.

جدید ترین ماده بکار رفته در پوشش لوله ها، پلاستیک های مصنوعی هستند. با دستگاه های اکستروژن یک نوع پوشش پلی اتیلن - بوتین را با حداقل ضخامت ۲۵ میل روی لوله ای که قبلاً با چسب پوشانده شده، اعمال می کنند. پلی کلرو وینیل و پوشش های اپوکسی با ضخامت ۱۰ تا ۱۵ میل روی لوله های گرم شده با عبور از بستر پودر مواد پوششی اعمال می گردند. ذرات جامد مواد پوششی در تماس با جداره داغ لوله، ذوب شده و روان می گردند تا تشکیل یک پوشش نرم و یکنواخت را داده و بالاخره حالت لایه ای سخت و از نظر شیمیایی فاقد میل ترکیبی را بخود بگیرد. هر سه نوع این پوشش های پلاستیکی آسیب پذیری کمتری نسبت به پوشش های قدیمی دارند.

لوله ها ای که با این مواد پوشش شده اند، چه هنگامیکه مانند لوله های لخت جابجا می شوند و چه موقعیکه به زور از درون زمین و زیر خیابان آسفالته عبور داده می شوند، با آن شدت آسیب پذیر نیستند.

انواع پوشش‌های رایج جهت حفاظت از خطوط لوله انتقال گاز مدفون در خاک:

پوشش‌های قدیمی:

این پوشش‌ها شامل قیر پایه ذغال سنگی، قیر پایه نفتی یا انامل بیتومن می‌شود. انامل‌های قیر ذغال سنگی و قیر نفتی در درجه‌های گوناگون قابل دسترسی می‌باشند. انامل‌ها پوشش‌های خوردگی هستند که برای ایجاد استحکام مکانیکی با پشم شیشه ترکیب شده‌اند. پوشش‌های انامل، پوشش‌های ارزان قیمتی هستند که قدرت محافظت‌کنندگی آنها بستگی به ضخامت فیلم دارد. این پوشش‌ها برای خطوط مستقر در روی زمین مناسب نمی‌باشند و تنها برای خطوط لوله زیرزمینی و زیر دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اخیراً استفاده از قیر ذغال سنگی برای لوله‌هایی که در زیر زمین قرار می‌گیرند به دلایل زیر حذف شده است:

کاهش تعداد تامین‌کنندگان / فروشندگان_

قوانین مربوط به خطرات سلامتی و زیست محیطی_

افزایش پذیرش پوشش‌های دیگر از قبیل پلی اتیلن خارجی و اپوکسی

پوشش بیتومن:

بیتومن یک مایع بسیار ویسکوز و جامدی است که حاوی هیدروکربن‌ها و مشتقاتی از آنهاست که در دی سولفید کربن یا تری کلرواتیلن محلول است. این ماده ذاتاً غیر فرار است و وقتی حرارت داده می‌شود به تدریج نرم می‌گردد. بیتومن به رنگ مشکی یا قهوه‌ای و دارای خصوصیات ضد آب بوده و ایجاد چسبندگی می‌کند. این ترکیب دارای پودرهای معدنی خنثی که نارسانای الکتریکی نیز می‌باشد، بوده و قبل از اعمال باید حرارت داده شوند. مواد پوششی بیتومن به شکل زیر طبقه بندی می‌شوند:

نوع ۱: مواد پوششی پرنشده

نوع ۲: مواد پوششی با فیلترهای غیر لیفی خنثی

نوع ۳: مواد پوششی با فیلترهای لیفی خنثی

شرح سیستم پوشش بیتومن ها:

یک پوشش پرایمر سرد که برای متصل شدن به مواد پوششی مشتق شده از قیر نفتی و قیر ذغال سنگی انتخاب میگردد که این پوشش ها با یکدیگر سازگار خواهند بود.

یک یا چند پوشش از انامل قیر ذغال سنگی یا قیر نفتی با ضخامت مورد نیاز برای انواع حفاظت ها.

یک یا چند تقویت کننده از مواد فیبر شیشه ای بعنوان نوار داخلی.

یک لایه حفاظتی از قیر نفتی یا قیر ذغال سنگی اشباع شده با فیبر شیشه ای که بعنوان نوار خارجی است

جدول (۴) مقایسه ای بین پایداری سیستم های قیر نفتی و قیر ذغال سنگی را نمایش می دهد.

جدول ۱: ویژگی های مواد پوششی نوع (۱)

نوع c	نوع b	نوع a	خصوصیات
حداقل ۴۰	۱۰۰-۱۲۰	۸۰-۱۰۰	نقطه نرم شدن (°C)
۱/۶۰	۱/۶۰	۱/۶۰	دانسیته در ۲۵ °C
حداکثر ۸۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	نفوذ در ۲۵ °C (mm) 10^{-1} (%)
۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	انحلال در دی سولفید کربن یا تری کلرو اتیلن (حداقل % وزنی)

جدول ۲: ویژگی های مواد پوششی نوع (۲)

نوع c	نوع b	نوع a	خصوصیات
۱۲۰-۱۵۰	۱۱۵-۱۳۰	۱۰۰-۱۲۰	نقطه نرم شدن (°C)
۱/۴-۱/۶۵	۱/۲-۱/۴	۱/۲-۱/۴	دانسیته در ۲۵ °C
۵-۱۵	۵-۱۷	۱۰-۲۰	نفوذ در ۲۵ °C (mm) 10^{-1} (%)
۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	نقطه اشتعال (°C)
۴۵-۵۵	۲۵-۳۵	۲۵-۳۵	محتوی فیبر (% وزنی)

جدول ۳: ویژگی های مواد پوششی نوع (۳)

نوع b	نوع a	خصوصیات
۱/۴-۱/۶۵	۱/۱۵-۱/۴	دانسیته در ۲۵ °C
۵-۲۰	۵-۲۰	نفوذ در ۲۵ °C (mm) 10^{-1} (%)
۲۵۰	۲۵۰	نقطه اشتعال (°C)
۴۰-۶۰	۲۰-۴۰	محتوی فیبر (% وزنی)

پوشش های جدید:

این پوشش ها شامل موارد زیر می شود:

- 1- نوار های PVC و پلی اتیلن که بصورت سرد بکار رفته شده
- 2- نوارها و غلاف های پلی اتیلنی که با حرارت قابل جمع شدن هستند
- 3- اپوکسی
- 4- پوشش های مایع اپوکسی و پلی یورتان
- 5- بیتوسیل

جدول ۴: مقایسه پایداری سیستم قیر نفتی و قیر ذغال سنگی

استفاده از پوششهای پایدار	انامل قیر ذغال سنگی	انامل قیر نفتی
Bacteria & Fungus Resistant	good	poor
Abrasion Resistant	fair	fair
Chemical Resistant	good	good
Soil Resistant	excellent	excellent
Hardness Resistant	Fair	poor
Acid Oxidizing Resistant	fair	poor
Water Resistant	excellent	good
Non Oxidizing Resistant	good	good
Organic Resistant	Non resistant	Non resistant
Alkalid Resistant	good	good
Salt, Oxidizing Resistant	Non resistant	Non resistant
Aromatic Resistant	Non resistant	Non resistant
Oxygenated Resistant	Non resistant	Non resistant

پوشش بیتوسیل:

سیستم پوششی بیتوسیل اولین بار توسط دو شرکت پشتیبانان لوله فونیکس و نفت بین المللی شل توسعه یافت. این محصول بعنوان یکی از بهترین و جدید ترین پوشش های موجود جهت جلوگیری از خوردگی خطوط لوله می باشد. این پوشش یک قیر اصلاح شده پلیمری است که به راحتی توسط فرایند پوشش دهی گرم و با درجه حفاظت از خوردگی بالا، بر روی لوله اعمال می شود.

ترکیبات سیستم:

پرایمر بیتوسیل : پرایمر بیتوسیل به نحوی فرموله شده است که چسبندگی به سطح فولادی لوله را بشدت بالا می برد

لعاب بیتوسیل : لعاب یا انامل بیتوسیل بر پایه یک قیر اصلاح شده پلیمری است که در جهت استحکام بالای پوشش در شرایط محیطی سخت طراحی شده است
پوشش خارجی بیتوسیل : پوشش خارجی بیتوسیل متشکل از یک فیبر تقویت شده شیشه ای با پلی استر است که برای افزایش راندمان بیتوسیل بکار می رود.

مزایای استفاده از بیتوسیل:

مزایای استفاده از پوشش های بیتوسیل نسبت به سایر پوشش های پیشرفته امروزی عبارت است از:
_ دمای عملیاتی لوله تا ۹۰ درجه سانتیگراد
_ مقاومت فوق العاده در برابر گسیختگی کاتدی
_ مقاومت عالی در مقابل تنش های خاک_
_ تعمیر آن بسیار ساده و آسان می باشد_
_ سیستم های کاربردی بسیار ساده تر و قویتری دارد_
_ افزایش فوق العاده انعطاف پذیری حتی تا ۲۰ درجه سانتیگراد_
_ کاهش صدمات وارد به پوشش در حمل و نقل و انبار داری
_ تطابق پذیری با سیستم های ترکیبی مختلف_
_ نتایج بهتر در تست های ضربه، خمش و گسیختگی کاتدی نسبت به پوشش های دیگر

پوشش های سه لایه پلی اتیلنی و پلی پروپیلنی:

لوله های فلزی و فولادی هنوز در بسیاری از کاربرد ها حرف نخست را می زنند و لوله های پلی اتیلنی امکان جایگزینی آنها را ندارند. اما لوله های فولادی این عیب را دارند که دچار زنگ زدگی و خوردگی می شوند و این امر هزینه های زیادی برای جایگزینی لوله، تعمیر و نگهداری آن به بار می آورد. برای حل این مشکل طی سالیان گذشته چندین روش پوشش دهی پیشنهاد و اجرا شده است تا بتوان طول عمر خط لوله را به حداقل ۳۰ سال رساند. اولین پوشش ها، پوشش های قیری و آسفالتی و موادی از این دست بودند که از سال ۱۸۵۰ میلادی به این سو رواج داشته اند. پس از آن

اولین سری از پوشش های جدید، از مواد اپوکسی بودند و پس از آن پوشش های پلی اتیلن کم چگال به همراه یک لایه چسب استفاده شدند تا جلوی نفوذ آب و اکسیژن گرفته شود. اما پوشش های اپوکسی بعلت استحکام فیزیکی و مکانیکی کم، به هنگام جابجایی و نصب لوله های سنگین زود وا می دهند.

از طرفی پوشش پلی اتیلنی کم چگال نیز چسبندگی ضعیفی به لوله دارد. از سویی هزینه پوشش دهی در کل ۱ تا ۲٪ کل هزینه ساخت و نصب یک لوله است. از این رو جستجو برای دستیابی و اعمال بهترین پوشش روی لوله به جهت کاهش هزینه های بعدی تعمیرات منطقی بود. پس از طی این راه ها فکر استفاده از پوشش های سه لایه شامل اپوکسی، لایه چسب و یک پوشش رویی از جنس پلی اتیلن پر چگال که می تواند بسته به کارکرد متفاوت باشد، پدید آمد.

لایه چسباننده نیز معمولاً "یا پلی اتیلن پیوند خورده یا انیدرید مالتیک است و یا پلی اتیلن پیوند خورده با اکریلیک اسید. این فناوری از اوائل دهه ۱۹۸۰ ابتدا در اروپا و سپس در سایر نقاط جهان رواج یافت. البته برای خوب چسبیدن لایه ها بهم، بویژه لایه اپوکسی به لایه چسب لازم است تا هنگامیکه پخت اپوکسی کامل نشده است، لایه چسب اعمال گردد. لایه چسب را هم می توان بوسیله پاشش پودر و هم بصورت مذاب به کمک اکسترودر اعمال کرد. لایه اپوکسی نیز بصورت پودری روی سطح فلز آماده شده، پاشیده می شود. لایه پلی اتیلن فقط بصورت مذاب و به کمک اکسترودر بر روی چسب مذاب اعمال می شود. اگر قطر لوله کوچک باشد، پلی اتیلن بصورت لوله ای اکسترودر می شود، اما برای لوله های بزرگ از دای های تخت و فرایند اکستروژن پیچشی جانبی استفاده می شود.

بصورت معمول ترجیح داده می شود از اکسترودرهای تک مارپیچ به قطر ۹۰ تا ۱۵۰ میلیمتر و نسبت طول به قطر ۲۵ تا ۳۰ برای پوشش پلی اتیلن نهایی استفاده شود. اما گاهی اوقات نیز از اکسترودرهای دو مارپیچ نیز بهره برده اند. در عوامل مهم فرآورشی فرایند پوشاندن لوله بشرح جدول است.

جدول ۱: عوامل مهم فرآورشی در فرایند پوشاندن لوله

آمایش مکانیکی	زبره پاششی با SA ۲ ^{۱۲} (DIN ۵۵۹۲۸, part ۴) میزان ناهمواری بین ۴۰ تا ۱۰۰ میکرون
آمایش شیمیایی	آمایش کرومات/فسفات (وزن پوشش $4-6 \frac{g}{m^2}$)
گرمایش	به کمک کوره گاز یا به کمک کویل های گرمایشی (دمای لوله $150-220^{\circ}C$)
پودر اپوکسی	ضخامت پوشش ۱۵۰-۶۰ mm، وزن پوشش $90-150 \frac{g}{m^2}$
چسب	ضخامت پوشش ۱۸۰-۳۵۰ μm ، وزن پوشش $180-350 \frac{g}{m^2}$ ، دمای مذاب $150-220^{\circ}C$
پوشش نهایی (PE)	ضخامت پوشش ۱۸۰-۳۰۷ mm، وزن پوشش $180-307 \frac{Kg}{m^2}$ ، دمای مذاب $180-260^{\circ}C$ سرمایش با آب

ترکیبات سیستم:

پرایمر اپوکسی : پرایمر اپوکسی در واقع یک پوشش اپوکسی پودری است که بصورت اسپری الکترواستاتیکی بر روی سطح لوله فولادی بلاست شده اعمال می گردد. پودر اپوکسی سبب بوجود آمدن یک چسبندگی عالی در سطح لوله شده و بصورت شیمیایی با لایه میانی مرتبط می شود. ضخامت این لایه بسته به نیاز مشتری می تواند متغیر باشد.

لایه میانی چسبنده : لایه میانی یک چسب پیوند زننده انیدرید است که چسبندگی زیادی را بین پودر اپوکسی و پلی اتیلن بوجود می آورد. این لایه میانی بصورت اکسترود بر روی لوله پیچانده می شود. یک غلظت نیز با فشار برای راندن هوا بکار می رود تا یک چسبندگی کامل بر روی سطح بوجود آید. ضخامت لایه ای ۱۸۰-۳۵۰ میکرون است ولی بسته به نیاز مشتری می تواند تغییر نماید. لایه پلی اتیلن با دانسیته بالا : لایه نهایی پلی اتیلن با دانسیته بالاست که بصورت مولکولی در جهت فراهم آوردن یک سیستم پوششی کامل با لایه چسبی مرتبط می شود. این لایه نیز بصورت اکسترود بر روی لایه چسبی اعمال گشته و در ضمن یک غلظت نیز همانند قسمت قبل جهت خارج سازی هرگونه هوای محبوس بین لایه چسبی و لایه پلی اتیلنی بکار گرفته می شود. لایه پلی اتیلنی یک مقاومت و حفاظت بالای مکانیکی را جهت حمل و نقل لوله ها، خواباندن آنها و نیز انبار کردنشان بوجود می آورد. این لایه نیز بسته به نیاز می تواند ضخامتی بین ۲ تا ۳،۵ میلیمتر داشته باشد.

مزایای پوشش های سه لایه:

مزایای استفاده از سیستم های سه لایه شرح داده شده نسبت به دیگر سیستم های مشابه بشرح زیر می باشد:

- _ دانسیته بالا
- _ نقطه نرم شدن بال
- _ نقطه ذوب بال
- _ سطح بالای ضد اکسید شدن
- _ افزایش سختی
- _ لایه رویه بسیار نازک
- _ وزن مولکولی مناسب
- _ کاهش فوق العاده نفوذ رطوبت

- _ دمای عملیاتی بالای خطوط لوله
- _ بهبود سرعت تولید
- _ مقاومت بالای گرمایی
- _ UV مقاومت خوب در برابر
- _ مقاومت عالی در برابر ضربه و فرورفتگی
- _ کاهش هزینه مواد اولیه
- _ مقاومت ویژه در برابر ترکهای محیطی

جمع بندی:

به منظور پیشگیری از خوردگی سطوح خارجی لوله های انتقال گاز مدفون در خاک یا زیر زمینی، یکی از بهترین راه ها استفاده از پوشش های محافظ می باشد. از ابتدایی ترین پوشش هایی که از آنها به عنوان پوشش های ضد خوردگی استفاده می شده و هم اکنون نیز به وفور از آنها استفاده می گردد، پوشش های پایه قیری و پایه ذغال سنگی می باشد. این پوشش ها دارای خصوصیات چسبندگی و ضد رطوبت آب بالایی هستند ولی امروزه به دلایل مختلف روز به روز استفاده از این پوشش ها کاهش یافته و شرکت های داخلی به سمت استفاده از پوشش های جدیدتر نظیر پلی اتیلن سه لایه و بیتوسیل رفته اند. این پوشش های جدید نیز دارای خواص منحصر بفردی می باشند که از آن جمله می توان به مقاومت فوق العاده در برابر گسیختگی کاتدی، مقاومت عالی در مقابل تنش های خاک، دانسیته بالا و نقطه نرم شدن بالا اشاره نمود. به هر حال شاید بتوان با انجام تست های مختلف بر اساس استانداردهای موجود در این زمینه به انتخاب بهترین پوشش براساس شرایط مختلف دست یافت.

فصل دوم

خورر دگگی

انواع در معرض دهی:

سه نوع اصلی در معرض دهی وجود دارد، که پوشش‌ها و آسترهای مقاوم به خوردگی در معرض آنها قرار دارند: در معرض دهی اتمسفری، غوطه‌وری، و زیرزمینی. هر کدام از اینها دارای برتری خاصی از دیدگاه خواص پوششی می‌باشند.

(۱) اتمسفری:

تفاوت بزرگ مشهود، بین در معرض دهی‌های اتمسفری، غوطه‌وری و زیرزمینی، مقاومت به شرایط جوئی است. پوشش‌هایی که غوطه‌ور و یا برای استفاده زیرزمین طراحی شده‌عمولاً در معرض شرایط جوئی قرار ندارد. از طرف دیگر مقاومت به شرایط جوئی، از دیدگاه در معرض دهی اتمسفری، برجسته‌ترین حالت است. پوششی که در معرض اتمسفر قرار دارد، باید در شرایط متعددی از قبیل تشعشع رادیواکتیو، سرد و گرم شدن، بیشترین تماس با اکسیدکننده‌ها، ذرات شیمیایی موجود در هوا، و تر و خشک شدن مکرر مقاومت کند. به علاوه، نیاز اساسی‌تری به چسبندگی قوی، سرعت انتقال بخار رطوبت کم، نیاز به برخی خواص بازدارندگی برای کاهش در خوردگی و زیربرش نواحی آسیب دیده، مقاومت به مواد شیمیایی عمومی و ظاهر خوب دارد.

معمولاً پوشش‌های اتمسفری، فیلهلی نسبتاً نازکی بوده که خواص فوق را حفظ می‌کند. شرایط در معرض دهی برای یک پوشش اتمسفری بسیار وسیع است؛ از پوشش‌هایی که در اتمسفرهای بسیار گرم و خشک استفاده می‌شود تا آنهایی که در شرایط سردسیری به کار می‌رود، گسترده است.

پوشش‌ها به علت کاربرد در چنین محدوده‌ی وسیعی نیازمند پیشرفت، فرمول بندی، و نیز اعمال دقیق هستند، تا مقاومت خوردگی مورد نیاز، بدست آید. پوشش‌های اتومبیل که بدون شک، مهندسی‌ترین پوشش‌ها در حال حاضر بشمار می‌آید، از مثالهای خوب در این مورد است. این پوشش‌ها، نیاز به حفظ ظاهر و جلوگیری از خوردگی سطح زیری، در مقابل تمام شرایط اتمسفری، دماها، رطوبت، و مواد شیمیایی و سالها سرویس دارد. در اعمال آنها نسبت به تقریباً تمام پوشش‌های دیگر، کنترل بیشتری صورت می‌گیرد. سطح، کاملاً آماده می‌شود و آنچنان پیش عملیاتی می‌یابد که بیشترین درجه‌ی چسبندگی، با کمترین زیربرش حاصل می‌گردد. بدون شک، این پوشش‌ها، بهترین پوشش‌های ساخته شده برای استفاده تحت وسیع‌ترین شرایط اتمسفری ممکن، می‌باشد.

پوشش‌های دیگری وجود دارد، که در شرایط خاص اتمسفری، از قبیل اتمسفرهای صنعتی و دریایی (مانند عرشه‌ی کشتی‌ها و قایق‌ها)، که در معرض بخارات و دودهای شیمیایی و پاشش قرار دارد، بطور موثرتری عمل می‌کند.

(۲) غوطه‌وری (Immersion):

پوشش‌های غوطه‌وری، در مقایسه با پوشش‌های اتمسفری، عمدتاً تحت محلولهای آبی، از آبهای بسیار خالص تا آبهای حاوی غلظتهای زیاد مواد شیمیایی مختلف، قرار دارد. محدوده‌ی نمونه‌ها نیز، از آب برف تا آب یون زدایی شده،

که در صنایع مختلف استفاده می‌شود و تا آب دریا و آب های با غلظت بالا از مواد مختلف، اسیدها، بازها، نمکها، یا محلولهای آلی از جمله شکرها و گلیکولها، گسترده است. البته موقعیتهای غوطه‌وری ویژه‌ای هم وجود دارد، از قبیل آستر مخازن نفت و حلالها، که محلولهای آبی در آنجا وجود ندارد. با این حال، آب فاکتور کلیدی در اغلب شرایط غوطه‌وری است، زیرا اثر آب روی غالب مواد، بسیار شدید است.

ملزومات عمده پوشش‌ها برای غوطه‌وری، عبارتست از: چسبندگی و مقاومت به انتقال بخار رطوبت، نفوذ یونی، اسمز، مواد شیمیایی، جدایش کاتدی دماهای متغیر. پوشش‌های غوطه‌وری، برای بسیاری از قسمت‌ها، نیاز به هیچ مقاومت خاصی در برابر شرایط جوی ندارد زیرا در زیر سطح یک مایع یا آب، تابش خورشید، اکسایش هوا، و شرایط مشابه وجود ندارد. با این همه، این پوشش‌ها تحت تماس پیوسته با آب و یا مواد شیمیایی مختلف، به تنهایی یا حل شده در آب، قرار دارند. این مطلب بدین معنی است که جذب آب، جذب یونهای مختلف، و عبور رطوبت از میان پوشش، همگی در حداکثر مقدار است و پوشش باید طوری طراحی شود که در مقابل چنین نیروهایی ایستادگی کند.

آب برف، آب مقطر یا آب یون زدایی شده محدود می‌باشند اما نفوذپذیرترین موادی هستند که پوشش در آنها غوطه‌ور است. از طرف دیگر، با افزایش محتوای نمک آب، محلول خورنده‌تر خواهد شد، زیرا، رسانایی، بیشتر شده و خوردگی با سرعت زیادی اتفاق خواهد افتاد. آب تازه‌ی آلوده، از آب تازه‌ی خالص، خورنده‌تر است و نسبت به آب دریا، خرابی بیشتری روی برخی پوشش‌ها ایجاد می‌کند.

پوشش‌های اپوکسی قطران زغال سنگ، در بسیاری از شرایط آبی از قبیل آب آلوده، بسیار موثر است. از طرف دیگر، برای آب نوشیدنی مناسب نیست زیرا امکان آلودگی بو و مزه آب وجود دارد. پوشش‌های روی معدنی می‌تواند برای تماس پیوسته با نفت تصفیه شده و حلالهای مختلف استفاده شود، در حالی که این پوشش‌ها بویژه برای غوطه‌وری در آب یا آب دریا، بدون اعمال روپوش رضایت بخش نیست. پوشش‌های وینیل سالهاست که به عنوان پوشش مخازن ذخیره‌ی آب استفاده شده است. این پوشش‌ها آلوده کننده نیست و می‌تواند برای آب قابل شرب، استفاده گردد. طرفی برای جایی که ممکن است آب، آلوده به حلالهای آلی باشد یا برای غوطه‌وری در بسیاری از حلالها مناسب نیست پوشش‌های اپوکسی دارای مقاومت خوبی به بسیاری از مواد شیمیایی آلی است، اما برای بسیاری از محلولهای اسیدی رقیق مطلوب نیست.

بنابراین هر جا که پوشش تحت شرایط غوطه‌وری استفاده می‌شود، قبل از انتخاب هر پوششی، دقیقاً شرایط را تعیین کرد. بسیاری محلولهای رقیق آنچنان کمیابند که غیر مهم پنداشته می‌شود و موجب بسیاری از واماندگی‌های پوشش، در شرایط غوطه‌وری می‌شوند. یک نمونه‌ی خوب مقادیر بسیار کم اسید نفتنیک (**Naphthenic Acid**) در سوخت دیزل می‌باشد (با اندیس اسیدی بیش از ۰/۵). پوشش‌های روی معدنی که در معرض این چنین شرایطی قرار می‌گیرد، به سرعت با اسید نفتنیک واکنش می‌دهد و نفتنات روی (**Zinc Naphthenate**) تشکیل می‌دهد که سوخت دیزل را آلوده می‌کند.

۳) زیر زمین (Under Ground):

ضرورت‌های پوشش برای شرایط زیرزمین، همان ضرورت‌های غوطه‌وری است:

چسبندگی، انتقال بخار رطوبت، مقاومت به عبور یونی، و مقاومت به اسمز. شرایط زیرزمین از بسیاری جهات شبیه شرایط غوطه‌وری است، در جایی که یک لوله در زیر آب یا زیر جدول‌های پرآب قرار دارد، در واقع همان شرایط غوطه‌وری را دارد. آب درون زمین، یک عنصر کلیدی است که در شرایط زیرزمینی در نظر گرفته می‌شود. پوشش‌ها برای موثر بودن، باید دارای مقاومت به آب و انتقال بخار رطوبت بسیار بالایی باشد. از طرف دیگر، فاکتورهای دیگری از قبیل تنش‌های حرارتی نیز موجود است و می‌تواند به شدت مخرب باشد خطر بیولوژیکی نیز در نتیجه‌ی فعالیت باکتری‌های کاهنده‌ی سولفات یا قارچ‌های مختلف، ممکن است موجود باشد.

به هر حال ضخامت پوشش، احتمالاً برای زیرزمین مهمتر از غوطه‌وری و اتمسفر است. لوله‌ها و سازه‌های زیرزمینی تحت شرایط پشت بندهای مختلف، تغییر حرکت خاک و انبساط و انقباض در نتیجه‌ی کمتر و بیشتر بودن رطوبت در خاک، قرار دارند. نیروهای درون خاک می‌تواند به اندازه‌ی کافی قوی باشد که پوشش را از سطح فلز بکشد، و سپس پوشش ترک خورده و عوامل خارجی دیگر ممکن است که با فلز واکنش دهد. جدایش کاتدی و الکتروانداسمز، هر دو فاکتورهایی هستند که در شکست پوشش زیرزمینی شرکت دارند. مقاومت بالای دی‌الکتریک نیز ضرورت دارد. ضخامت به این علت مهم است که نقاط سنگ خورده و خراب در طی پر کردن کانال، بسیار معمول است. ضخامت همچنین به نفوذپذیری در مقابل رطوبت و سایر مواد شیمیایی موجود در خاک کمک می‌کند.

عموماً بسیاری از پوشش‌هایی که روی لوله‌ها و سازه‌های زیرزمینی به کار می‌رود، دارای ضخامت بیشتری نسبت به پوشش‌ها یا آسترهای اتمسفری است. بسیاری از لوله‌ها دارای پوشش پلاستیک روزه رانی شده (Extruded) است، که ممکن است ضخامتشان از ۵۰ تا ۲۵۰ میل تغییر کند. نوارهای لوله که از پوشش‌های ذوبی استفاده می‌کنند، برای ساخت پوشش لایه‌ای تقویت شده بر روی سطوح لوله استفاده می‌شود. پوشش‌های نازک روی لوله‌ی زیرزمینی، نسبت به پوشش‌های سنگین تر یا آنهایی که روزه رانی شده است، معمولاً کم دوام‌تر و نامطلوب تر است. فاکتورهای بسیاری باید در نظر گرفته شود.

در انتخاب پوشش برای اتمسفر، غوطه‌وری، یا زیرزمین، باید تمام شرایط، در نظر گرفته شود، زیرا هیچ دو پوششی حتی اگر به نظر برسد که شرایط یکی است، مانند هم عمل نمی‌کنند.

جدول مقایسه خصوصیات پوششی مورد نیاز برای شرایط اتمسفری، غوطه‌وری و زیرزمینی:

در زیرزمین	در معرض غوطه‌وری	در معرض اتمسفر	خاصیت پوشش
--	--	۱	مقاومت به شرایط جوی
۲	۲	۵	مقاومت به سرعت انتقال بخار رطوبت
--	--	--	مقاومت به جذب
--	۳	--	مقاومت به اسمز
۳	۴	۶	مقاومت به عبور یونی
۴	۳	--	مقاومت به الکتروانداسمز
۱	۱	۲	چسبندگی
--	--	۴	زیربرش
--	--	۳	بازدارندگی
--	۸	--	مقاومت به دما
--	--	۷	مقاومت به سیکل دمایی
۹	۶	۹	مقاومت به مواد شیمیایی
۵	۵	--	مقاومت دی الکتریک
۶	۷	--	جدایش کاتدی
۸	--	--	زوال بیولوژیکی
۱۰	۹	--	ضخامت
۷	--	--	مقاومت به تنش خاک
--	--	۸	ظاهر
--	۱۰	۱۰	مقاومت زمانی
--	--	--	سادگی کاربرد

توجه: "۱" نشان می‌دهد که بهترین مقاومت مورد نیاز است.

"۱۰" نشان می‌دهد که کمترین مقاومت مورد نیاز است.

خواص بدون شماره، ممکن است در شرایط خاص، مهم باشد.

مقدمه‌ای بر خوردگی :

دیرزمانی نیست که علم خوردگی (**corrosion**) در حوزه‌های مختلف بسط یافته‌است، در حالیکه خوردگی پدیده نوینی نیست. زیرا از زمانی که انسان روش‌های استخراج فلزها از کانی‌ها را کشف کرد، با آن مواجه بوده‌است و قبل از نیم قرن اخیر، پدیده خوردگی مانند مرگ و مالیات، اجتناب ناپذیر تلقی می‌شد. در این زمان بسیاری از مدیران کارخانه‌ها، زیر بار خوردگی نمی‌رفتند، با افزایش دانش و آگاهی از زیان اقتصادی ناشی از خوردگی، چنین برداشتی تعدیل و در نتیجه، نیاز به وجود متخصصین کنترل خوردگی به عنوان "مهندسین خوردگی" احساس گردید.

در عصر جدید (پس از جنگ جهانی دوم) مقوله پوشش (**coating**) یا رنگ (**paint**)، به عنوان یک صنعت، شناخته شده‌است در حالیکه کشف و گسترش مواد مربوطه به آن ریشه در گذشته دارد. بررسی انجام شده بر روی خرابی‌های این مواد، گسترش پوشش‌های حفاظتی ویژه‌ای را سبب شد.

تعریف خوردگی: خوردگی را به چند بیان می‌توان تعریف کرد:

- ۱) از بین رفتن یا پوسیدن یک ماده در اثر واکنش با محیط اطرافش
 - ۲) از بین رفتن مواد در اثر عواملی که صد در صد مکانیکی نیستند
- ولی یک تعریف جامع برای خوردگی به شرح زیر است:

"انهدام و فساد یا تغییر و دگرگونی در خواص و مشخصات مواد (عموماً فلزات به علت وکنش آنها با محیط اطراف" البته انهدام‌های ناشی از عوامل صرفاً فیزیکی یا مکانیکی، خوردگی نامیده نمی‌شوند مانند سائیدگی، خستگش، خراشیدگی لیکن در برخی حالات ممکن است فرایند‌های خوردگی همراه با این قبیل تخریب‌ها باشد که در این صورت با عناوینی نظیر خوردگی سائیدگی، خوردگی خراشیدگی، خوردگی تنشی و ... تشریح می‌شوند.

در گذشته تصور می‌شد هر گاه بتوانیم لوله را با پوششهایی مجهز کنیم که تماس آن را با محیط قطع کند در آن صورت از خوردگی جلوگیری خواهد شد البته این تصور منطقی می‌باشد ولی مسئله این است که این نوع حفاظت وقتی کامل خواهد بود که :

۱) در هنگام نصب محلی بدون پوشش در لوله باقی نماند

۲) در هنگام پوشش دادن پارگی و خراشی روی پوشش اعمال شده ایجاد نشود و پوشش با گذشت زمان مقاوم و پا بر جا باشد

۳) پوشش مصرفی عایق الکتریکی خوبی باشد

واقعیت این است که با هزینه‌های معقول نمی‌توان پوشش کاملی روی لوله با خواص مطلوب اعمال کرد.

ایرادهایی که در پوشش ها دیده می شود به طور خلاصه به شرح زیر است :

- ۱) در رفتن قسمتی از لوله از زیر ماشین پوشش دهنده
- ۲) ترک خوردن پوشش ناشی از نشت های حرارتی یا مکانیکی بیش از حد تحمل
- ۳) خراش ناشی از حمل و نقل لوله پوشش داده شده
- ۴) نفوذ سنگ های ریز در هنگام پر کردن کانال
- ۵) نشت های ناشی از انبساط و انقباض بعضی از خاک ها
- ۶) نفوذ ریشه های گیاهی موجود در خاک اطراف لوله
- ۷) تاثیر حلال های موجود در اطراف لوله که معمولاً از نشتی ها بوجود می آیند
- ۸) تاثیر برخی باکتری های موجود در خاک
- ۹) تخریب ناشی از عملیات ساختمانی در مجاورت لوله

خوردگی بیرون لوله :

این نوع خوردگی بستگی به عوامل طبیعی و شرایط محیطی اطراف لوله دارد. این عوامل را باید در طی مراحل ساخت خطوط لوله در نظر گرفت، این عوامل را به طور کامل نمی توان از بین برد ولی باید آنها را به حد اقل رساند. از جمله این عوامل خاکی که لوله در آن مدفون شده است، آبرفتها، مردابها و زمین های سنگلاخی که لوله از میان آنها می گذرد.

انواع محیط خوردنده :

- ۱) آب: شامل آبهای با املاح سنگین، محیط های اسیدی و قلیایی
 - ۲) اتمسفر: رطوبت اتمسفر، تغییرات فصلی حرارت، هوای آلوده ی ناشی از گازهای سمی در مجاورت تاسیسات صنعتی
 - ۳) خاک ها: باکتری های هوازی و غیر هوازی که به صورت موجودات ذره بینی هستند و در مناطق باتلاقی و لجن زار باعث خوردگی می شوند.
 - ۴) بخارات و گازها: از جمله تولیدات پتروشیمی و پالایشگاهها
- وجود دی اکسید کربن در اتمسفر اثر خوردگی مضر ندارد و گاهی اوقات مفید هم می باشد، مقادیر کم سولفور هیدروژن سطح نقره و مس را تیره می کند ولی وقتی لایه های سلفوری تشکیل شدند با وجود آنکه رنگ خوشایندی ندارند، حفاظت کننده هستند.
- مهمترین گاز آلوده کننده اتمسفری دی اکسید گوگرد است این گاز در نواحی جنوبی به طور موثری باعث خوردگی لوله های نفتی می گردد، مقدار دی اکسید گوگرد در زمستان ۲ تا ۳ برابر بیشتر از تابستان است و به همین دلیل مقدار آلودگی در زمستان بسیار بیشتر است.

۵) تغییرات زیاد فشار و حرارت: خستگی های ناشی از تنش کششی، سائیدگی و اکسید شدن

روش های کنترل خوردگی (Methods of corrosion control):

فرایند خوردگی از تمایل ذاتی مواد و بویژه فلزها به تبدیل از حالت فلزی به حالت پایدارتر اکسید فلز ناشی می شود، در این شرایط، فلز برای مدت بیشتری قابل استفاده نیست و اگر استفاده از یک فلز اصلی ادامه یابد، منجر به شکست سازه خواهد شد. از این نوع زوال باید جلوگیری کرد. روش های چندی برای اطمینان از تداوم و قابل استفاده بودن سازه های مختلف، با کمترین هزینه، مدنظر قرار می گیرد:

۱- انتخاب و کاربرد مواد ساختمانی مقاوم به خوردگی

۲- تغییر یا اصلاح محیط

۳- استفاده از مانع بین مواد و محیط

۴- بکار بردن حفاظت کاتدی

۵- استفاده از قانون خوردگی مجاز (**Corrosion allowance**) یا ضخامت بیش از حد برای خوردگی

مزیتها و محدودیتهایی در استفاده از هر یک از این روشها وجود دارد. یک مخزن دریایی، سازه ساحلی، کارخانه صنعتی و خط لوله زیرزمینی، همگی دارای نواحی مختلف و مخصوص و مستعد به خوردگی می باشند. برای مثال، بسیاری از مکانهای صنعتی از قبیل کارخانهها، پالایشگاهها از ترکیب اتمسفرهای کوچک تشکیل شده اند، که هر یک ممکن است مشکل خوردگی منحصر به فردی را نشان دهد. چکه کردن زیر یک پمپ مشکل متفاوتی از مخزن حاوی مایع پمپ شده را نشان می دهد.

بنابراین هیچ روشی به تنهایی نمی تواند برای بهبود مشکلات خوردگی بکار رود. هر مشکل یا موقعیتی باید به طور منحصر به فرد مورد مطالعه قرار گیرد، ملزومات مخصوص آن موقعیت در نظر گرفته شود، به علاوه فاکتورهای زیادی از قبیل زمان موجود، دمای کارکرد، ظاهر، زمان کارکرد و پتانسیل عمر ناحیه باید قبل از هر تصمیمی در نظر گرفته شود تا بهترین روش حفاظتی انتخاب شود. اگر سازه جدید به کار رفته باشد روش استفاده شده با مواد انتخاب شده اغلب توسط مهندس طراحی تعیین می گردد مهندس طراح باید هر گاه و هر جا که ممکن باشد برای اطمینان از عملی ترین و اقتصادی ترین روش های فوق با مهندس خوردگی مشورت کند.

مواد مقاوم در برابر خوردگی:

اغلب اوقات استفاده از مواد مقاوم به خوردگی در طراحی اولیه یک سازه یا قطعه مورد توجه قرار می گیرد. معمولاً این مواد برای منظورهای خیلی خاص مثلاً استقامت در یک شرایط خوردگی ویژه یا برای جلوگیری از آلودگی مایع درون ظرف انتخاب می شوند. در یک محلول اسیدی اکسیدکننده که حاوی مواد رادیو اکتیو است، برای دماهای بالا

ممکن است از مواد بخصوصی علاوه بر گریدهای معمول فولاد یا بتن، استفاده شود. برای مثال یک دودکش ممکن است با آجر یا ملاط مقاوم در برابر خوردگی یا اسید ساخته شود تا از شکست شدید بتن ساختمانی توسط دوده‌ها و چگالش، پرهیز شود.

اغلب اوقات شرایط خوردگی شدید منجر به انتخاب مواد خاص می‌گردد. در این حالت‌ها، حصول عمر اضافی مواد، توجیه کننده هزینه‌های اضافی می‌باشد. نمونه‌هایی از استفاده از این مواد مخصوص در جامعه نوین امروزی، از دیگ، کتری، ماهی تابه‌های فولاد زنگ نزن آشپزخانه و کارخانه‌های فرآورده‌های غذایی تا آلیاژهای خاصی که در چگالنده‌های آب دریا یا موادی از قبیل هاستلوی یا سرب که در شرایط اسیدی قوی استفاده می‌شود، گسترده است. تصمیم در مورد استفاده از این نوع حفاظت در مقایسه با دیگر روش‌های کنترل، به محیط و هزینه‌ی نهایی تعویض، بستگی دارد.

بسیاری از مواد دیگری وجود دارد که ممکن است علاوه بر فلزها و آلیاژهای فلزی انتخاب شود. مواد پلاستیکی می‌تواند در بسیاری از شرایط خوردگی از قبیل خوردگی حفره‌ای در محل‌های خورنده استفاده شود. همچنین می‌توان از آنها به عنوان مجاری دوده‌های خورنده (مانند کارخانه‌های ابریشم مصنوعی) و به عنوان توری‌های مقاوم به خوردگی استفاده کرد. آنها را می‌توان با الیاف مصنوعی یا شیشه تقویت کرد، تا خواص ساختمانی مناسبی علاوه بر مقاومت به خوردگی ارائه دهد. چنین تقویت کننده‌هایی در مخازن و دستگاه‌های تصفیه گاز، در نواحی پر دود استفاده می‌شود.

ملاط‌های غیرآلی و آلی به همراه آجر و سفال مقاوم به اسید، برای نواحی مقاوم به خوردگی مخصوصی استفاده می‌شود. مثلاً ممکن است این مواد را در مناطقی برای مخازن اسیدشویی در کارخانه‌های شیمیایی یا غذایی بکار برد. بنابراین مواد مقاوم به خوردگی طیف وسیعی دارد و هر کارخانه‌ی صنعتی از برخی از آنها استفاده می‌کند.

تغییر محیط (Changing the environment):

تغییر دادن یک محیط می‌تواند شامل تعویض یک قطعه به منظور اجتناب از پاشش یا اسپری بخارات ماده خورنده‌ای که در تماس با وسیله یا سازه قرار می‌گیرد، باشد. همچنین می‌تواند در بردارنده تغییر رطوبت، بوسیله جریان هوا یا افزایش دما باشد. همچنین، ممکن است که استفاده از مجرای برای خروج دود خورنده یا لوله گذاری برای مایعات خورنده باشد.

بکارگیری بازدارنده‌ها (Inhibitors) نیز روش دیگری برای تغییر محیط است. این روش اغلب در خطوط بخار و چگال، خطوط آب نمک، خطوط انتقال نفت، مبدل‌های حرارتی و برج‌های خنک کننده، استفاده می‌شود. بازدارنده‌ها، اغلب در سیستم‌های بسته استفاده می‌شود، اگر چه آب سردکن، که در برج‌های خنک کننده استفاده می‌شود یک استثنای مهم است. بازدارنده‌ها باید بدقت مورد استفاده قرار گیرند زیرا ممکن است سمی باشند. انتخاب و نگهداری نامناسب

یک سیستم بازدارنده ممکن است خوردگی را نه تنها کم نکند بلکه شتاب بخشد باین وجود اگر در نواحی اثرگذار استفاده شوهی تواند پ اسخی ساده و نسبتاً کم هزینه به کنترل خوردگی باشد.

موانع (Barriers):

بکار بردن مانع، معمول ترین روش جلوگیری از خوردگی است. در این روش از مواد مقاوم به خوردگی، برای جدا کردن بتن، فولاد یا دیگر سازه‌ها از محیط خورنده استفاده می‌شود. تنوع موانع موجود شامل؛ ساختمان آجری و سفالی ضداسید روی قسمت درونی مخازن؛ استفاده از ورقه‌ی پلاستیکی که یا روی سازه‌های چسبید، یا درون واحدی که ممکن است روی قسمت داخلی مخزن قرار گیرد، تعبیه می‌شود؛ سیمانهای پلاستیکی ماله کشی شده یا اسپری شده؛ و پوشش‌های محافظ می باشد. چون هر یک از این روش‌های ممانعتی، مزایای خاصی دارد، آنالیز دقیق، به منظور انتخاب موثرترین و اقتصادی ترین روش، ضروری است.

حفاظت کاتدی (Cathodic protection):

ضرورتاً «حفاظت کاتدی» (فرآیند معکوس خوردگی که به موجب آن، تعداد کافی الکترون، روی سطح فلزی نگه داشته می‌شود تا از حل شدن فلز جلوگیری کند) فقط برای شرایط غوطه‌وری و زیرزمین، قابل استفاده است. جریان کاتدی یا توسط یک جریان اعمالی خارجی و یا فلزهای فداشونده (**Sacrificial metals**) به عنوان آند، اعمال می‌گردد. هر جا که شرایط مناسب و عملی برای استفاده حفاظت کاتدی وجود داشته باشد، این روش می تواند یک راه موثر کنترل خوردگی باشد.

طراحی دست بالا:

ضخامت طراحی دست بالا نسبت به سایر روش‌های جلوگیری از خوردگی که عملی‌تر و کم هزینه‌ترند، کمتر موسوم است. ضخامت این عمل در یک سازه، به واسطه به کارگیری اجزای ساختمانی سنگین‌تر یا ورقه‌های ضخیم‌تر، مشکل خوردگی را برطرف نمی‌کند. این روش وزن قابل توجهی را اضافه می کند و انتظار خوردگی نیز وجود دارد، اما پیش بینی شرایط ویژه دشوار است. در سازه‌ی حفاظت نشده‌ای که از این روش استفاده می‌شود، ممکن است سریعتر از میزان مورد انتظار خورده شود یا ممکن است در نواحی معینی سریعتر خورده شود، بنابراین عمر سازه را به مخاطره می‌اندازد.

استفاده از این روش در صنعت کشتی سازی در ساخت پوسته و دیوارهای کشتی متداول است. به هر حال بکار بردن مواد بیشتر، نیازمند انرژی اضافی در هنگام حرکت است. بنابراین به جای این روش، از پوشش‌های حفاظتی بادوام که برای خوردگی درون مخازن و خارج کشتی مناسب است، استفاده می‌شود.

این پنج روش کنترل خوردگی در جدول خلاصه شده است.

هر یک از این روش‌ها دارای مزایای مخصوص به خود است، اگر چه در بسیاری مواقع، ترکیبی از این روش‌ها، ممکن است موثرتر باشد. برای مثال سطح برخی فولادهای زنگ نزن توسط یون کلرید حفره دار می‌شود. بنابراین، استفاده از فولاد زنگ نزن، به همراه پوشش مقاوم در برابر کلرید، بسیار موثرتر از فولاد زنگ نزن تنها می‌باشد. همچنین، حفاظت کاتدی با پوشش‌های حفاظتی مختلف بکار گرفته می‌شود، تا هزینه‌ی جریان اعمالی یا تعداد آندهای فدا شونده را کاهش دهد. در حالت‌هایی ممکن است سطح، تر و خشک شود، ترکیبی از حفاظت کاتدی و پوشش، موثرتر استیک محیط شدیداً خورنده ممکن است بطور مشابه، با ترکیب تهویه‌ی اضافی و پوشش‌های حفاظتی، عوض شود.

به گفته فرانک لاک (Frank Laque) :

دانستن واکنشهایی که در خوردگی فولاد واقع شود، به همراه دانستن اینکه چگونه یک سیستم رنگ از این واکنشها جلوگیری می‌کند می‌تواند به عنوان یک راهنمای موثر در استفاده موثرتر از رنگ برای حفاظت فولاد به کار رود. بنابراین به علت اینکه روشی، به تنهایی، در همه شرایط موثر نیست، باید عوامل بسیاری، قبل از انتخاب مناسب یک روش کنترل خوردگی، در نظر گرفته شود.

جدول مقایسه‌ی روش‌های کنترل خوردگی:

محدودیتها	مزیت‌های عمده	مثال	روش
ممکن است کاملاً مشکل را برطرف نکند، بازدارنده به شرایط غوطه‌وری محدود می‌شود.	معمولاً سادگی، تعویض، عمدتاً هزینه کمتر	تغییر فرآیند، رطوبت، یا دما، استفاده از بازدارنده‌ها	تغییر محیط
هزینه‌ی اولیه زیاد، کارپذیری	عمر طولانی، معین، قابل کاربرد برای موقعیت‌های معین	مس، نیکل، کرم، مولیبدن آلیاژ شده با آهن یا فولاد. ترموپلاستیک‌ها (PVC یا پلی اتیلن)	مواد مقاوم به خوردگی
محدودیت استفاده در نواحی مرطوب یا خشک، نیاز به غوطه‌وری	سادگی موثرتر بودن در حضور الکترولیت خوب	پوسته کشتی‌ها، زیرآب، زیرزمین، خطوط لوله	حفاظت کاتدی
ضرورت آنالیز دقیق مشکل، ضرورت آماده سازی و کاربرد مناسب	موثرترین و متنوع ترین هزینه‌ی معقول	آسترهای آجری پوشش‌های حفاظتی. ورقه‌های پلاستیکی	موانع
نه تنها طول عمر دقیق، بلکه هزینه‌ی جایگذاری باید پیش بینی شود هزینه‌ی اولیه زیادتر. غیرموثر بودن وزن اضافه شده	----	اجزاء ساختمانی سنگین تر یا صفحات ضخیم تر مورد نیاز	طراحی دست بالا

فصل سوم

آماده سازی سطح

پیش گفتار

با توجه به خسارت های سنگین ناشی از خوردگی فلزات و اهمیت حفاظت کامل از آنها در طراحی های صنعتی توجه ویژه ای به حفاظت از فلزات در برابر خوردگی می شود.

یکی از مهمترین روش های حفاظت سطوح فلزی در برابر خوردگی اجرای پوشش های حفاظتی با اعمال یک یا چند لایه رنگ بر روی آنها است. با توجه به عوامل خوردنده محیط و شرایط خاص موجود در کارخانجات و تأسیسات و مجتمع های صنعتی مانند حرارت، تماس با مواد مختلف شیمیایی و گازها و قرار گرفتن در معرض اتمسفر صنعتی و اشعه های گوناگون لایه اجرا شده بایستی بتواند برای یک دوره طولانی حفاظت از سطوح رنگ آمیزی شده را به خوبی انجام دهد. بدین جهت در مجتمع های عظیم صنعتی همچنین در فرآیند تولید صنایع استفاده از رنگ های مختلف به عنوان پوشش حفاظتی برای سطوح فلزی اهمیت روز افزون یافته است.

با اجرای صحیح عملیات رنگ آمیزی علاوه بر حفاظت از تأسیسات و سرمایه های عظیم ملی در برابر خوردگی دو هدف مهم دیگر نیز مورد توجه قرار می گیرد.

هدف دوم از اجرای رنگ آمیزی جنبه تزئینی (Decorative) داشته و هماهنگی با محیط و زیبایی مجتمع های صنعتی را تأمین می نماید و هدف سوم علامت گذاری شناسایی و تفکیک قطعات، خطوط و قسمت های مختلف با استفاده از فام های متفاوت می باشد.

با توجه به ابعاد گوناگون اهمیت رنگ و رنگ آمیزی و صرف هزینه های سنگین برای اجرای عملیات رنگ آمیزی، لزوم توجه دقیق به طراحی صحیح سیستم های پوششی و مراحل گوناگون اجرای عملیات رنگ آمیزی برای حصول اطمینان و دستیابی به نتایج بهتر و پیشگیری از تکرار عملیات و صرف هزینه های اضافی احساس گردیده و همزمان با پیشرفت فنون و تکنولوژی در زمینه های گوناگون و مصرف روز افزون رنگ و پوشش های حفاظتی، استانداردهای مورد نیاز جهت رنگ آمیزی تدوین و در مراحل اجرا به کار گرفته شده اند.

در استانداردهای بین المللی، عملیات اجرایی پوشش های حفاظتی به بخش های مختلف تقسیم شده که هر بخش توسط گروه های فنی اجرا میشود و پس از اطمینان از اجرای صحیح و کامل هر مرحله طی مدت زمان معین مرحله بعدی اجرا می گردد.

مراحل مختلف رنگ آمیزی و اجرای یک سیستم پوششی به شرح زیر است :

۱- انتخاب سیستم پوششی مناسب

۲- آماده سازی سطوح قبل از رنگ آمیزی

۳- اجرای عملیات رنگ آمیزی

۴- بازرسی فنی عملیات اجرایی

هر یک از مراحل فوق در فصل جداگانه ای شرح داده شده است.

همچنین در برآورد هزینه اجرا و کاربرد رنگ ، تعیین میزان مصرف رنگ اهمیت ویژه ای دارد . فصل دیگری نیز برای تعیین قدرت پوشش و تبدیل قدرت پوشش نظری (Theoretical Coverage) به قدرت پوشش عملی (Practical Coverage) تنظیم گردیده است.

فصل پایانی کتاب به نکات بهداشتی و ایمنی در کاربرد و نگهداری رنگ اختصاص داده شده است که از نظر حفظ سلامت کارکنان گروه اجرایی و حفاظت محیط زیست حائز اهمیت بسیار می باشد.

در این کتاب به منظور طبقه بندی ساده تر مطالب ، در حد امکان از ذکر جزئیات فنی و مبانی تئوری پرهیز شده است تا خوانندگان محترم به سادگی به بخش های مورد نظر دسترسی داشته باشند و رنگ و پوشش مناسب را انتخاب و با کاربرد روش های صحیح و مناسب اجرایی و اعمال کنترل لازم رنگ آمیزی را با کیفیت مطلوب انجام دهند.

آماده سازی صحیح و کامل سطح قبل از اجرای رنگ آمیزی یکی از مراحل مهم و ضروری در عملیات اجرای پوشش های حفاظتی است. به طور خلاصه می توان گفت اجرای صحیح و کامل عملیات آماده سازی سطح برای حصول کیفیت مطلوب در اجرای هر سیستم پوششی بسیار ضروری است. از بین بردن و تمیز کردن چربی و روغن، باقیمانده پوشش های قدیمی و سایر آلودگی های موجود روی سطح از قبیل اکسیدهای آهن و عوارض نورد گرم از روی سطوح آهنی، همین طور باقیمانده مصالح و گرد و غبار روی سطوح بتونی، نمک های موجود روی سطوح گالوانیزه و سطوح آلومینیوم ... قبل از عملیات رنگ آمیزی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این بخش روش های آماده سازی هر یک از سطوح یاد شده به طور خلاصه شرح داده می شود.

آماده سازی سطوح آهنی

آهن و انواع فولاد به مقدار بسیار زیادی در ساخت تجهیزات و سازه های مختلف صنعتی کاربرد دارد و از زمان تولید شمش و ورق و پروفیل های فولادی در کارخانجات نورد و ذوب آهن تا زمانی که به صورت مناسبی پوشش داده شده و در برابر خوردگی حفاظت شوند، در معرض اکسیداسیون و خوردگی قرار دارند و عوارض ناشی از خوردگی و اکسیداسیون به صورت یک لایه تمام سطح فلز را می پوشانند. برای اجرای صحیح عملیات رنگ آمیزی ابتدا باید تمام عوارض ناشی از خوردگی و اکسیداسیون از سطح فلز زدوده شود.

روش های آماده سازی سطوح فلزات آهنی و مراحل مختلف آن به طور خلاصه در این بخش توضیح داده شده است. برای دسترسی به جزئیات و توصیه های کامل تر به منابع زیر مراجعه نمایید.

1. Steel Structures Painting Council (S.S.P.C) Pittsburg Pa.U.S.A.
2. British Standards Code Of Practice Bs.5493 For Protective Coating Of Iron And Steel Structures Against Corrosion.
3. Swedish Standard S.I.S 5900 (1967.Pictorial Surface Preparation Standard For Painting Steel Surfaces)
4. Shipbuilding Research Association Of Japan – Standard For The Perparation Of Steel Surfaces Prior To Painting (Spss Standard)

الف: چربی زدایی : Degreasing

اولین مرحله از عملیات آماده سازی سطح چربی زدایی و شستشوی سطح مورد رنگ آمیزی است.

قبل از عملیات آماده سازی سطح لازم است هر نوع گرد و غبار، چربی، روغن مواد باقیمانده در مراحل برش و سوراخ کاری و ماشین کاری از روش سطح فلز زدوده شود.

غالب روش های چربی زدایی بر پایه شستشو با حلال های آلی (Organic Solvents)

می باشند.

در عملیات چربی زدایی با استفاده از حلال های آلی به طور معمول شستشو حداقل در ۲ مرحله انجام می شود و سپس از شستشوی نهایی بهتر است با کشیدن پارچه، سطح فلز را خشک کرده و از باقیماندن حلال شستشو و خشک شدن تدریجی آن بر سطح فلز جلوگیری نمود.
با این روش از پخش شدن چربی و سایر آلودگی ها در همه سطح فلز و ایجاد یک لایه چرب یکنواخت بر روی سطح آماده رنگ آمیزی جلوگیری خواهد شد.
روش دیگر چربی زدایی استفاده از محلول های پاک کننده (Detergent) همراه با سایش ملایم توسط یک فرچه مناسب است.

محلول های صنعتی مخصوص که بر پایه مواد قلیایی ملایم می باشند نیز به طور وسیع مورد استفاده قرار می گیرند. در استفاده از محلول های پاک کننده و مواد قلیایی باید با اضافه کردن یک مرحله شستشوی کامل قطعه با آب از امکان باقی ماندن مواد پاک کننده بر سطح فلز جلوگیری نمود.
روش متداول دیگری که برای از بین بردن چربی ها در آماده سازی سطح به کار گرفته می شود شستشوی سطح با آب جوش و بخار آب می باشد.
در این روش نیز با استفاده از دما و فشار قسمت عمده چربی و آلودگی های روی سطح با جریان آب جوش و بخار از سطح جدا گردیده سطح فلز برای مراحل بعدی آماده سازی، مهیا می شود.
روش های چربی زدایی در SSPS - SPI توضیح داده شده است.

ب: زنگ زدایی

پس از عملیات چربی زدایی با اجرای عملیات مختلف مکانیکی باید کلیه آلودگی های سطح مانند زنگ، عوارض نورد گرم، باقیمانده پوشش های قدیمی و هر گونه آلودگی و عوارض موجود و ذرات چسبیده به سطح را از بین برده امکان چسبندگی کامل فیلم رنگ به سطح فلز را فراهم نماییم. برای انجام این کار روش های مختلفی وجود دارد که در زیر به تعدادی از این روش ها اشاره شده است.

۱- زنگ زدایی سطح با ابزار ساده دستی Hand Tools Cleaning

پس از چربی زدایی، ذرات و آلودگی های چسبیده به سطح، زنگ و باقیمانده پوشش های قدیمی را می توان با فرچه سیمی، سمباده، کاردک و ابزار مشابه دیگر از روی سطح فلز برداشت.
استفاده از روش زنگ زدایی با ابزار ساده دستی کاملاً مؤثر نیست و ممکن است مقداری از آلودگی های چسبیده به سطح بر روی فلز باقی بماند. روش های آماده سازی سطح با استفاده از وسایل ساده دستی در SSPC - SP2 و همین طور Swedish Standard ST. 2 توضیح داده شده اند.

۲- زنگ زدایی سطح با ابزار ماشینی Power Tools Cleaning

در این روش از فرچه سیمی برقی، ابزارهای ضربه ای الکتریکی و پنوماتیک و سمباده برقی استفاده می شود، در استفاده از ابزارهای فوق به ویژه فرچه سیمی برقی (Wire Brush) باید دقت کرد که سطح فلز در معرض سایش بیش از اندازه قرار نگیرد زیرا به دلیل حرکت یکنواخت فرچه سیمی ممکن است سطح فلز بیش از اندازه سیقلی شده و قابلیت رنگ پذیری آن کاهش یابد. به طور کلی استفاده از ابزار ماشینی برای

آماده سازی سطح دارای تأثیر بیشتر و صرف وقت و نیروی کار کمتری می باشد ولی باز هم این مکان وجود دارد که آلودگی های سطح به طور کامل از بین نروند. توضیحات بیشتر در مورد استفاده از این روش در Swedish Standard ST.3 و SSPC - SP3 داده شده است.

۳- زنگ زدایی سطح با شعله Flame Cleaning

روش استفاده از شعله برای آماده سازی سطح از روش های شرح داده شده قبلی دارای تأثیر بیشتری می باشد و با استفاده از مشعل های مخصوص سطح فلز گرم شده سپس به کمک ابزارهای ساده دستی مثل فرچه سیمی و کاردک های دسته دار آلودگی های موجود روی سطح فلز به سادگی از بین خواهد رفت. علیرغم سهولت کاربرد این روش دارای خطرات و عوارضی از جمله خطر آتش سوزی و انفجار و احتمال تغییر فرم در ورق های فولادی با ضخامت کم و پروفیل های فلزی سبک می باشد. مزیت عمده این روش گرمای باقیمانده در فلز است که به خشک شدن و Curing رنگ کمک خواهد کرد.

در این روش همچنین احتمال دارد در سطوح زنگ زده در اثر حرارت زیاد ترکیبات مختلف اکسید آهن ایجاد شود و باقی ماندن این ترکیبات روی سطح در چسبندگی رنگ به سطح فلز اختلال ایجاد نماید.

۴- زنگ زدایی سطح بامواد ساینده و جریان هوا Dry Blast Cleaning

مؤثر ترین روش آماده سازی سطوح و بر طرف کردن زنگ و زوائد چسبیده به سطح و باقیمانده پوشش های قدیمی، استفاده از روشی است که با پرتاب مواد ساینده مانند ماسه، سنگ ریزه، ماسه های زبر و ساجمه های ریز فلزی به وسیله ابزار و لوازم مناسب که بانروی هوای فشرده انجام می شود مواد ساینده به سطح مورد نظر برخورد کرده و کلیه زوائد و آلودگی های سطح از بین رفته و تخلخل و زبری مناسبی نیز روی سطح ایجاد می شود.

۴ درجه متداول برای آماده سازی سطح با استفاده از روش سایش با توجه به استانداردهای بین المللی به شرح زیر می باشند.

جدول مقایسه استانداردهای مختلف جهانی برای آماده سازی سطح

	CODE	White Metal	Near White Metal	Commercial Blast	Brush off Blast
American Standards	S.S.P.C.	S.S.P.C. SP.5	S.S.P.C SP.10	S.S.P.C.SP.6	S.S.P.C SP.7
	N.A.C.E.	N.A.C. # 1	N.A.C.E # 2	N.A.C.E. # 3	N.A.C.E. # 4
Canadian Standards	C.G.S.B	31 GP 404 Type 1	—	31 GP 404 Type 2	31 GP 404 Type 3
British Standards	BS-5493	First Quality	Secomd Quality	Third Quality	—
Swedish Standards	SIS-5900	Sa.3	Sa.s ½	Sa.2	Sa.1
Japanes Standards	S.P.S.S.	Jasd 3, oR Jasd 3	Jash 2, oR Jasd	Jash 1, oR Jasd 1	—

درجه سایش سطح برای هر پوشش به عوامل مختلف بستگی دارد. یکی از مهمترین عوامل نوع سیستم پوششی انتخابی می باشد. قبل از شروع عملیات سایش باید سطح مورد نظر چربی زدایی شده و کلیه زائود جوشکاری و گل جوش (Weld Spatter) از روی سطح برداشته شود. در صورتی که چربی و روغن باقیمانده روی سطح با عملیات چربی زدایی از میان نرفته و تا مرحله عملیات سایشی روی سطح باقی بماند، در این مرحله قسمت عمده چربی و روغن از میان خواهد رفت ولی ممکن است یک لایه نازک از چربی همچنان روی سطح باقی مانده و چسبندگی سیستم پوششی را به سطح مورد رنگ آمیزی تضعیف نماید. لبه های تیز و گوشه های اسکلت فلزی و سطوح مورد رنگ آمیزی در حد امکان باید به صورت گرد طراحی و ساخته شود یا در زمان رنگ آمیزی به طرف پایین قرار گیرد. چون در مرحله رنگ آمیزی امکان فرار رنگ تر از لبه های تیز و گوشه های تند اسکلت ها وجود دارد و ممکن است ضخامت رنگ در این نقاط کمتر از حد لازم شده و خوردگی از این نقاط شروع شود.

گل جوش (Weld Spatter) نیز نباید زیر رنگ باقی بماند چون گل جوش در واقع روی سطح جوش قرار گرفته و به سطح چسبیده است و در صورتی که تا زمان رنگ آمیزی روی سطح باقی بماند پس از مدت کوتاهی در اثر عوامل مختلف از سطح جدا شده و فیلم رنگ در محل جوشکاری آسیب خواهد دید و خوردگی از این نقاط به سرعت پیشرفت خواهد کرد.

فرم تخلخل سطح (Profile of Roughness) که در اثر اجرای عملیات سایش ایجاد می شود نیز حائز اهمیت ویژه می باشد و به مواد ساینده مورد استفاده و فشار جریان هوا و روش اجرای عملیات سایشی بستگی دارد.

تخلخل مناسب سطح موجب افزایش چسبندگی مکانیکی فیلم رنگ به سطح می گردد. به همین جهت تخلخل با عمق کم امکان چسبندگی مکانیکی را به خوبی فراهم نمی کند. همین طور تخلخل بیش از اندازه نیز به یکنواختی فیلم رنگ آسیب وارد کرده موجب عوارض دیگری خواهد شد. مخصوصاً در مورد سیستم های پوششی با ضخامت کم ممکن است طول عمر سیستم پوششی را کاهش دهد.

جدول زیر زبری سطح و ارتباط آن با دانه بندی و نوع مواد ساینده را نشان می دهد

مواد ساینده	دانه بندی مواد ساینده	حداکثر زبری سطح
ماسه خیلی نرم	80 MESH	35 - 40 Microns
ماسه زبر	12 MESH	70 Microns
ساچمه ریز فولادی	80 MESH	90 Microns
ساچمه ریز فولادی	12 MESH	200 Microns

۵- زنگ زدایی سطح بامواد ساینده و جریان آب Wet Blast Cleaning

در این روش مواد ساینده با فشار آب به سطح مورد نظر برخورد کرده و همانند روش شرح داده شده در شماره ۴، عملیات سایش سطح انجام می‌گیرد. از مزایای این روش کاهش خطرات و عوارض ناشی از گرد و غبار با توجه به مقررات ایمنی و سلامت کارکنان می‌باشد.

مزایای دیگر این روش شستشوی سطح واز میان رفتن بسیاری از آلودگی‌ها و ترکیبات ناشی از زنگ و اکسید آهن است و در عمل نتیجه بهتری از عملیات همزمان سایش و شستشوی سطح به دست خواهد آمد.

از عوارض منفی استفاده از این روش می‌توان به این نکته اشاره نمود که سطح سائیده شده و تمیز در مجاورت رطوبت موجود ممکن است مجدداً به سرعت اکسید شده و زنگ بزند. به همین دلیل در این روش خشک کردن سطح آماده سازی شده و رعایت زمان مناسب برای رنگ آمیزی اهمیت بیشتری دارد. همچنین برای ایجاد فرصت مناسب رنگ آمیزی، مواد خاص جلوگیری از اکسیداسیون (Inhibitors) در آب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به طور کلی استفاده از مواد خاص جهت جلوگیری از اکسیداسیون سطح به مقدار بسیار کم، عوارض مهمی ایجاد نمی‌نماید ولی استفاده از این مواد حتماً باید با بررسی دقیق صورت گیرد تا باقیمانده مواد بر روی سطح ایجاد عوارض منفی در چسبندگی سیستم پوششی ننماید.

با استفاده از یک لایه پرایمر سازگار با رطوبت که بر روی سطوح مرطوب قابل استفاده می‌باشند نیز می‌توان این مشکل را رفع کرده و بدین وسیله از مصرف مواد کند کننده اکسیداسیون (Inhibitors) خودداری نمود. در صورتی که سطوحی که با این روش آماده سازی شده اند دچار زنگ زدگی شوند باید با روش های مکانیکی تمیز شوند یا ترجیحاً با روش سایش ملایم (Sweep Blasting) لایه نازک زنگ قبل از رنگ آمیزی از روی سطح برداشته شود.

سطوح آلومینیوم

سطح آلومینیوم قبل از رنگ آمیزی باید کاملاً تمیز و خشک شود و هر گونه چربی با روش های ذکر شده در قسمت چربی زدایی و همین طور گرد و غبار و نمک های احتمالی موجود در سطح با سایش ملایم و شستشوی سطح از بین رفته و خشک گردد.

استفاده از یک لایه نازک به ضخامت ۵-۲ میکرون Ronass Etch Primer به شماره کد RTB-1186 قبل از اجرای سیستم پوششی موجب چسبندگی کامل سیستم پوششی به سطح خواهد شد.

سطوح گالوانیزه

سطح گالوانیزه نیز قبل از رنگ آمیزی باید چربی زدایی شده و کاملاً تمیز و خشک گردد. همین طور قبل از رنگ آمیزی اکسید روی و نمک های احتمالی موجود روی سطح با سایش ملایم یا شستشوی با جریان و فشار آب از روی سطح زدوده شود. پس از شستشو و خشک کردن سطح گالوانیزه و اطمینان از تمیز

بودن کامل سطح اجرای یک لایه Ronass Etch Primer به شماره کد RTB - 1186 به ضخامت ۵ - ۲ میکرون موجب حفاظت سطح آماده سازی شده تا زمان اجرای رنگ آمیز و همین طور چسبندگی کامل سیستم پوششی به سطح می گردد.

باید توجه داشت بعضی از سطوح گالوانیزه پس از عملیات گالوانیزه با مواد خاصی از جمله سیلیکات برای حفاظت کوتاه مدت پوشانده می شوند. این لایه نازک بایستی قبل از رنگ آمیزی از میان برداشته و سطح گالوانیزه برای رنگ آمیزی آماده شود.

سایر سطوح فلزی غیر آهنی

این سطوح نیز باید چربی زدایی شده قبل از رنگ آمیزی کاملاً تمیز و خشک شوند و در صورت لزوم عوارض موجود روی سطح که ناشی از خوردگی و اکسیداسیون می باشد با عملیات سایش ملایم و یا شستشو از بین برده شود.

اجرای عملیات سایش سطوح فلزی غیر آهنی باید با مواد سایشی غیر فلزی و فشار ملایم هوا یا آب انجام پذیرد. استفاده از یک لایه Ronass Etch Primer به منظور حفاظت از سطح تا زمان رنگ آمیزی و افزایش چسبندگی سیستم پوششی به سطح توصیه می گردد. برای سطوح سربی پس از اجرای عملیات آماده سازی استفاده از Etch Primer ضروری نمی باشد.

سطوح بتونی و سایر مصالح ساختمانی

۱- کف های بتونی :

آماده سازی کف های بتونی با روش های مختلف از جمله عملیات سایشی، تراش، سباب و عملیات آماده سازی با ابزار ساده دستی انجام می گیرد انتخاب هر یک از روش های فوق به وضعیت سطح، وسعت سطح و امکان دسترسی به لوازم و ماشین های یاد شده همچنین به سیستم پوششی که باید روی سطح بتون اجرا گردد، بستگی دارد. در زیر به طور خلاصه هر یک از روش های یاد شده و لوازم مورد استفاده توضیح داده می شود.

۱-۱ روش آماده سازی کف های بتونی با استفاده از مواد ساینده

در این روش از دستگاه های سایش با جریان هوای فشرده استفاده می شود. مصالح سایشی مورد استفاده در این روش ماسه زبر می باشد و بهتر است برای جلوگیری از پخش گرد و غبار از سیستم هایی که حفاظ مناسب دارند (Covered Blasting Unit) استفاده شود.

۱-۲ روش آماده سازی کف های بتونی با استفاده از دستگاه تراش

دستگاه تراش (Scarifier Machine) دارای صفحه های دوار موازی و نزدیک به هم با سرعت بالا می باشد که باقیمانده پوشش های قدیمی و باقیمانده مصالح موجود روی بتون را از بین برده سطح بتون را برای ایجاد چسبندگی بیشتر سیستم پوششی آماده می نماید.

دستگاه های تراش متداول به نسبت کوچک هستند و به طور معمول برای سطوح کمتر از ۲۵۰ متر مربع به کار برده می شوند. برای سطوح بزرگتر بهتر است از روش اجرای عملیات سایش با جریان هوای فشرده استفاده نمود.

۳-۱- روش آماده سازی کف های بتونی با استفاده از دستگاه ساب

در این روش با استفاده از دستگاه ساب (Mechanical Grinding Machin) سطح بتون برای رنگ آمیزی آماده شده و کلیه آلودگی سطح از بین برده می شود. دستگاه ساب دارای چند قطعه سنگ سمباده می باشد که با حرکت افقی - دورانی حول محور عمودی دستگاه کلیه و زائد چسبیده به سطح را برداشته و ناهمواری های کف را از بین خواهد برد.

برای جلوگیری از پراکنده شدن گرد و غبار و کنترل دمای ناشی از اصطکاک عملیات ساب و تراش را به کمک آب انجام می دهند.

۴-۱- روش آماده سازی کف های بتونی با استفاده از ابزار ساده دستی

فرچه سیمی و کاردک همین طور ابزار ساده برقی در این روش به کار گرفته شده و تمامی آلودگی های سطح و باقیمانده پوشش های قدیمی از سطح برداشته شده و آن را آماده رنگ آمیزی می نماید. آخرین مرحله آماده سازی در کلیه روش های فوق جارو کردن و استفاده از دستگاههای مکنده قوی همراه با برس و فرچه برای بیرون کشیدن کلیه گرد و غبار و ذرات آزاد روی سطح ناشی از عملیات آماده سازی و خشک کردن سطح می باشد.

در مشخصات فنی و روش استفاده سیستم های پوششی مخصوص کف با توجه به نوع رنگ معمولاً یکی از روش های فوق برای آماده سازی سطح توصیه شده است.

۲- سطوح نمای داخلی و خارجی با سیمان و سایر مصالح

این سطوح نیز باید تمیز و خشک و از هر گونه چربی و آلودگی که ممکن است موجب کاهش چسبندگی رنگ به سطح نمای ساختمان گردد، عاری شوند. رطوبت سطوح بتونی و سایر سطوح ساختمانی در زمان رنگ آمیزی باید کمتر از ۵ درصد باشد.

رنگ آمیزی روی سطح ساختمانی با رطوبت بیش از ۵ درصد ممکن است عوارضی از قبیل تاول زدن و حتی طبله شدن رنگ را ایجاد نماید. چون رطوبت موجود در سطح علاوه بر جلوگیری از چسبندگی کامل رنگ به سطح، به تدریج از مصالح خارج شده و با فشار نسبتاً زیاد موجب جدا شدن رنگ از سطح مورد رنگ آمیزی می شود. گرد و غبار و باقیمانده ذرات مصالح نیز باید به خوبی از سطح زدوده شوند.

در زمان رنگ آمیزی وضعیت قلیایی سطح نیز باید مورد توجه قرار گیرد. همین طور وضعیت خلل و فرج سطح باید به دقت بررسی و از نبودن آلودگی در خلل و فرج سطح اطمینان حاصل نمود. بهترین روش آماده سازی برای سطوح بتونی سایش ملایم همراه با تمیز کردن و فرچه کشیدن است که باید با دقت تمام انجام شود. همچنین شستشو با مواد مخصوص اسیدی که بلافاصله با شستشوی با آب ادامه داده شده و سپس به خوبی خشک شود نیز برای اصلاح وضعیت قلیایی سطوح بتونی توصیه شده است.

تمامی ترک های موجود در سطح را نیز باید به دقت یافت و پس از تمیز کردن با جریان هوای فشرده، با بتونه مناسب پر نمود.

فصل چهارم

دوستان

زمینه تاریخی پوشش‌ها :

هزاران سال قبل از کشف ویژگی حفاظتی پوشش، از آنها برای تزئین و زیبایی و دیگر مقاصد ظاهری و احتمالاً بدون استفاده از رنگپایه (**binder**) و منحصرأ با مالش (**rubbing**) اکسید آهن درون سطح داخلی غار استفاده می‌شده است. هائی که اخیراً در غارهای فرانسه و اسپانیا کشف شده اند، حکایت از این مطلب دارند. این نوع رنگ، اساس گسترش رنگهای بعدی شده است.

تکنولوژی پیدایش پوشش‌ها :

در اواخر قرن ۱۸، صنعت رنگ و روغن جلا ظهور آرامی داشت. اگر چه در این زمان یک کارخانه واقعی رنگ در انگلستان تأسیس شد، اما هنوز به صورت منحصر به فرد در حجم های کوچک و برای استفاده های شخصی، مطابق با روشی خاص تولید می‌شد. بسیاری از آنچه ساخته می‌شد به علت جاذبه رنگ دانه به سطح، حالت چسبیده داشت و بسیاری از آنها با انگشت خیس روی سطح اعمال می‌شد.

اوایل قرن نوزدهم، برخی از وسایل برقی برای ساخت رنگ استفاده شد. به هر حال این کارخانه‌ها، فقط برای ساخت اجزاء رنگ استفاده می‌شد و رنگکار باید این اجزاء را به حالت قابل استفاده با فرمول خاص ترکیب می‌کرد. این روش در نیمه قرن بعدی که اولین رنگهای تهیه شده به بازار عرضه شد، مسکوت ماند. فرآیند جدید ساخت با استفاده از آسیابهای سنگی ساده که به ماشینهای جهانی برای تولدی رنگ دانه‌ها تبدیل شد، انجام می‌شد. برخی از این آسیابها تا جنگ جهانی دوم هم استفاده می‌شد، که نشان دهنده این مطلب است که تکنولوژی و تجارت رنگ هنوز تا قرن بیستم هم در همان مراحل ابتدائی بود.

در قرن گذشته راه آهن سهم بزرگی در گسترش پوشش‌های محافظ داشت. پلها که در یک سیستم ریل گذاری بخش اساسی تلقی می‌شوند، اغلب با فولادهای پرچ شده، ساخته شده‌اند که بیشترین حفاظت را نیاز دارند. یکی از اثرگذارترین سیستمها شامل یک آستر روغن بزرگ سرنج است که در یک یا دو لایه اعمال و سپس با یک روپوش گرافیک - روغن بزرگ به صورت دو لایه یا بیشتر پوشیده می‌شود، و از اولین پوشش‌های حفاظتی واقعی شناخته شده است، که با تولید رنگ خاکستری تیره که از مشخصات پلهای فولادی است حفاظت طولانی از خوردگی را ایفا می‌کند، مگر اینکه در محیط دریائی یا شرایط صنعتی بسیار خورنده قرار گیرد. پوشش به وسیله قلم مو اعمال می‌شود و کاملاً سطح فولاد را خیس می‌کند. آستر سرنج به صورت بازدارنده خوردگی است و پوشش گرافیتی روئی، مقاومت در برابر آب را افزایش می‌دهد و ساختمان ورقه‌ای آن، محمل را از هوا محافظت می‌کند. این نوع پوشش به عنوان استاندارد امروزی برای سازه‌های فولادی استفاده می‌شود.

پیشرفت صنعت رنگ مادامی که ساخت آن به عنوان یک هنر به جای علم در نظر گرفته می‌شد، کند بود، اما با تأکید فزاینده بر روی مقوله ی علم، بویژه شیمی، عصر جدیدی در صنعت پوشش بوجود آمد.

امروزه روغن بزرگ و روغن جلای تانگ (**Tung**) به طور عمده، به عنوان روغن جلا استفاده می‌شوند. اگر چه بسیاری

از سازنده‌های روغن جلا از ظهور شیمی‌دانهای تازه بدوران رسیده نگرانند، اما چاره‌ای جز تولید روغن های جلای جدید نیست. این روغن‌ها که سریعتر خشک می‌شود و در آب مقاوم ترند، با ترکیب با روغن تانگ و صمغ استر (Ester Gum) با حرارت دادن رزین کلونان (rosin)، (رزین طبیعی گرفته از تقطیر ترپانتین خام است که از شیره درخت کاج بدست می‌آید، صمغ کاج) و گلیسرول تولید می‌شود.

۱. ولین رزین کاملاً سنتزی از فنول - فرم آلدئید ساخته شد، اما این پیشرفت بسیار اندک بود، و تا حدود یک دهه که پیشرفتهای بزرگی در تولید رزین های فنولیک ۱۰٪ محلول در روغن ایجاد شد، ادامه داشت. روغن های جلا با انعطاف پذیری بیشتر، کاهش زمان خشک شدن و با دوام زیاد در مقابل شرایط جوئی به سرعت گسترش یافت. نیترو سلولز که یک رزین کاملاً سنتزی است در جنگ جهانی اول، با واکنش سلولز با اسیدهای سولفوریک و نیتریک ساخته شد و به عنوان ماده‌ی منفجره با کیفیت بسیار بالا در طی جنگ به کار رفت. اما با پایان جنگ مقدار بسیار زیادی نیترو سلولز که ماده خطرناکی است باقی ماند. شیمی‌دانهای دیوپونت (Dupont) دریافتند که اگر این ماده در محلول قرار گیرد تشکیل یک فیلم شفاف و پیوسته‌ای را می‌دهد. این کشف سرآغاز صنعت لاک (Lacquer) بود که تحولی عمده در صنعت اتومبیل بوجود آورد. پیش از دهه‌ی ۱۹۲۰ پوشش سطح اتومبیل‌ها از یک نوع جلائی بود که نیاز به پوشش‌های چند لایه با زمان خشک شدن طولانی داشت. با این حال، نیترو سلولز به محض تبخیر حلال، خشک شده و فیلم شفافی که بسادگی رنگدانه‌ای می‌شود را بر جای می‌گذارد. به علاوه نیترو سلولز به حالت محلول، خطر انفجار ندارد.

پوشش‌ها:

به طور کلی پوشش‌ها موادی هستند که جهت ایجاد مانع بین محیط‌های خورنده و جسم مورد نظر بکار برده می‌شوند. پوشش‌ها با توجه به مکانیسم‌هایی که دارا می‌باشند ۴ وظیفه اساسی را بعهده دارند:

۱. جلوگیری از تماس بین محیط و جسم مورد نظر، مانند آب نیکل کاری
۲. محدودیت تماس بین محیط و جسم مورد نظر، مانند پوشش‌های آلی
۳. انتشار مواد و ایجاد شرایط حفاظتی یا کندکنندگی حملات بر روی جسم مورد نظر، مانند آسترهای کرومات
۴. تولید جریان الکتریکی حفاظت کننده، مانند گالوانیزه کردن

به این ترتیب پوشش‌ها با توجه به جنس آنها به ۳ دسته تقسیم می‌شوند:

۱. پوشش‌های فلزی

۲. پوشش‌های آلی

۳. پوشش‌های معدنی

پوشش‌های فلزی خود به دو دسته تقسیم می‌شوند (پوشش‌های نجیب یا کاتدی و پوشش‌های از بین رونده یا آندی) پوشش‌های آلی نیز انواع زیادی دارند (نظیر رنگها، لاکها، لعابها، لاستیک‌ها، پلاستیک‌ها، مواد قیری و غیره)

پوشش‌های معدنی که مهمترین آنها «پوشش‌های شیشه‌ای»، «پوشش‌های سیمانی» و «پوشش‌های تبدیل شیمیائی» می‌باشند.

خاطر نشان می‌سازد که در اجرای عملیات مربوط به پوشش دادن بویژه در مورد مواد سنتتیک آمادگی سطحی عامل بسیار مهم و موثری است.

انتخاب مواد مناسب:

به علت پیشرفت سریع صنایع و گسترش آن در زمینه‌های گوناگون بویژه در یک قرن اخیر استفاده از مواد و مصالح صنعتی مختلف دامنه بسیار وسیع پیدا کرده است، به طوری که امروزه به منظور ساخت قطعات و وسائل و دستگاههای مورد نیاز در صنایع اتومبیل سازی، خطوط لوله، پل سازی، نیروگاهها، واحدهای عملیاتی (بخصوص صنایع شیمیائی)، عملیات دریائی، معادن، سفینه‌های فضائی و غیره از فلزات و آلیاژهای گوناگون، مواد طبیعی، چوب، بتن‌ها و سرامیکها، مواد مصنوعی و سنتتیک (لاستیک‌ها و پلاستیک‌ها) و . . . استفاده می‌گردد. انتخاب هر کدام از آنها با توجه به خواص و مشخصات مربوطه در برابر عوامل محیطی صورت می‌پذیرد. به طور کلی هر ماده‌ای ممکن است فقط در کاربردهای معین و مشخصی نسبت به دیگر مواد مناسب‌تر باشد.

بطور کلی از عناصر شناخته شده در حدود ۸۰ مورد آنها را فلزات تشکیل می‌دهند که هر کدام خواص مکانیکی، شیمیائی و فیزیکی خاصی داشته و نیز میزان و سرعت و رفتار خوردگی آنها در محیطها و شرایط معینی با دیگری متفاوت می‌باشد. در تهیه و ساخت آلیاژها که تقریباً نیمی از این عناصر فلزی شرکت دارند پیشرفتهای بسیار سریعی انجام گرفته به طوری که تا کنون بیش از ۴۰۰۰۰ نوع آلیاژ ساخته شده و با گذشت زمان تعداد زیادی نیز به این رقم اضافه خواهد شد. در عمل عوامل مختلفی در کاربرد مواد مد نظر قرار می‌گیرند، مثلاً اگر قیمتها و قابل دسترس بودن به عنوان عامل موثر محسوب نمی‌شد، می‌توانستیم بهترین و مقاومترین مواد در برابر خوردگی را انتخاب کنیم.

به هر حال عوامل مهم مداخله‌گر در این مورد عبارتند از:

- ۱- قیمت
- ۲- رفتار خوردگی
- ۳- قابلیت جوشکاری و لحیم‌کاری
- ۴- خاصیت شکل‌پذیری
- ۵- خواص و مشخصات مکانیکی مناسب (مقاومت کششی، مقاومت در برابر ضربه، خستگی و غیره)
- ۶- مقاومت در برابر درجه حرارت‌های پائین و بالا، انعطاف یا شکل‌پذیری و قابلیت در برابر کشش
- ۷- موجود بودن یا قابل دسترس بودن (به حالت مورد نظر)
- ۸- سازگاری با دیگر مواد موجود در سیستم

۹- خواص و رفتار حرارتی و الکتریکی

۱۰- صفات متمیزه نظیر چگالی، خاصیت مغناطیسی و مقررات هسته ای

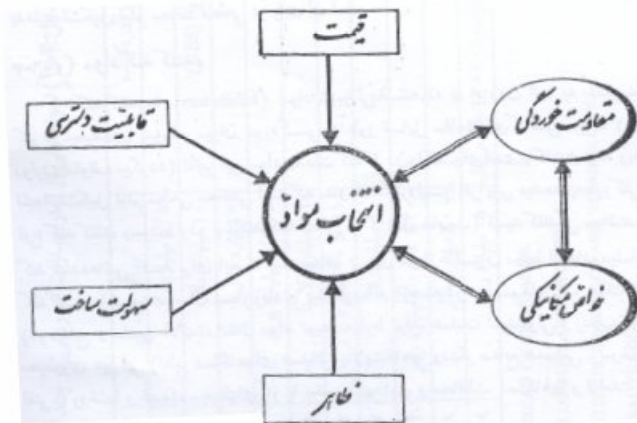
و به طور کلی می توان گفت که عوامل اصلی عبارتند از «قیمت» و «رفتار خوردگی».

با این حال دانستن اینکه چه ماده ای انتخاب شود، بهتر است، موضوع ساده ای نیست. مثلاً در مواردی چوب از همه مناسب تر است، در حالاتی ممکن است لازم باشد تا برای لوله‌های مخازن پوشش خاصی در نظر گرفته شود (از جمله لوله‌های با پوشش سرامیک) و یا در برخی از موارد باید از آلیاژهای بسیار مرغوب استفاده گردد. با توجه به تعداد بسیار زیاد آلیاژها و مواد دیگر که امروزه در صنایع مورد مصرف قرار گرفته اند تصور اینکه کسی بتواند خواص و مشخصات و کاربردهای آنها را در ذهن حفظ نماید بسیار مشکل و بلکه بعید است ولی باید یاد بگیریم و آموزش دهیم که کجا به دنبال کدام مطلب بگردیم.

امروزه خوردگی و خسارات و زیانهای ناشی از آن به عنوان یک واقعیت اجتناب ناپذیر زندگی خودنمایی می کند لذا مناسب ترین راه حل برای هر مسئله خوردگی، اقتصادی ترین آنهاست (البته مشروط بر اینکه نکات ایمنی رعایت شده باشد) بدیهی است که این راه حل نمی تواند در برگیرنده کلیه محسنات باشد، و به طور کلی می توان گفت که وجود خوردگی را زمانی پذیرا می شویم که اقدامات و عملیات و روش انتخاب شده کمترین هزینه را در بر داشته باشد. هدف اصلی مهندسی خوردگی کاهش هر چه بیشتر هزینه های خوردگی و رساندن آن به حداقل مقدار ممکن است که در آن تمام عناصر هزینه، اعم از مستقیم و غیرمستقیم در نظر گرفته شده باشد. در مورد انتخاب یک ماده مورد نظر جهت استفاده در یک وضعیت معین خوردگی با توجه به بررسیهای دقیق اقتصادی، لازم است که قیمت آن ماده و مخارج مربوط به اقدامات و عملیات و اعمال روش‌های پیشگیری مدنظر قرار گرفته باشد.

بررسی صحیح و منطقی نشان می دهد که مقاومت خوردگی نسبی مواد و هزینه اعمال روش‌های حفاظتی تکمیلی از محیطی به محیطی دیگر تفاوت می کند، مثلاً فولادهای **Weathering steel** در محیطهای غیرآلوده نسبت به فولادهای کربنی و ساده (**Carbon Steel**) مقاومت خوردگی بهتری دارند ولی در محیطهای حاوی یون کلر (**Cl**) دیگر این مزیت را نخواهند داشت.

عوامل موثر در انتخاب مواد در شکل نشان داده شده است. به طوری که مشاهده می شود عواملی که در انتخاب مواد دخالت مستقیم دارند از عواملی که دارای اثرات متقابلی بوده و به طور پیچیده تری بر روی هم تأثیر می گذارند جداگانه مشخص شده اند.



شکل - عوامل موثر در انتخاب مواد: □ اثرات مستقیم، ○ اثرات متقابل

در این روابط به طور مثال تأثیر عامل «سهولت ساخت» بر روی انتخاب مواد، بستگی به قابلیت جوشکاری، قابلیت استفاده (کاربرد) و غیره داشته و مشخص می کند که آیا جهت کاربرد معینی مناسب است یا نه، ولی تأثیر «خواص مکانیکی» در مورد کلیه محیطها یکسان نمی باشد. مثلاً کاربرد مواد در درجه حرارت‌های خیلی پایین که مسئله شکنندگی (میستکلای) اسی وجدی خواهد بود و یا حد تحمل (Endurance Limit) که در مورد خوردگی خستگی یک ماده از محیطی به محیطی دیگر به طور قابل ملاحظه ای تفاوت می کند. نحوه تأثیر عوامل موثر در «مقاومت خوردگی» حتی پیچیده تر می باشد که این روابط در شکل ۲ نشان داده شده است.

بطور مثال تنوع اثرات متقابل بین «عوامل متالورژیکی» و «مقاومت خوردگی» روشن است ولی تأثیر عامل «کاربرد» مهم نمی باشد.



شکل - عوامل موثر در مقاومت خوردگی مواد: □ اثرات مستقیم، ○ اثرات متقابل

مثلاً در سیستم آبهای آشامیدنی یا محصولات دارویی که مسئله آلودگی در آنها خیلی مهم و بسیار محدود است لزوم

استفاده از مواد مقاوم تر صرفنظر از توجیحات اقتصادی ضروری می باشد. همچنین اقدامات و یا اجرای «عملیات محافظتی» که بمنظور افزایش طول عمر و زمان استفاده از ماده مشخصی اعمال می شود مسلماً هزینه‌ها و مخارج اضافی را در بر خواهد داشت.

طراحی مناسب :

انتخاب صحیح یا مناسب مواد جهت استفاده در محیط خورنده معین همراه با طراحی دستگاهها اهمیت بسیار زیادی در کنترل و جلوگیری از خوردگی دارد. معایب حاصله از خوردگی اغلب ناشی از انجام تخلفاتی از یک یا چند اصل از اصول حاکم بر پدیده خوردگی می باشد و مشخصات مواد بایستی در طراحی دست تگاهها الزاماً مد نظر قرار گیرند. نکات مهمی که در این باره باید مورد توجه واقع شوند عبارتند از :

- ۱- اختصاص ضخامت معینی به عنوان «سهم خوردگی» در طراحی ظروف.
- ۲- استفاده از جوشکاری بجای پرچ (و در مواردی بجای اتصال پیچی و یا رول).
- ۳- تعبیه امکانات تخلیه در دستگاهها و ظروف.
- ۴- قابلیت تعویض آسان قطعات.
- ۵- اجتناب از تمرکز تنش بویژه در مورد آلیاژهای حساس به ترک خوردگی تنش.
- ۶- اجتناب از ایجاد تماس بین قطعاتی از جنس فلزاتی با اختلاف پتانسیل زیاد.
- لاخذاً زوایای خیلی تند مخصوصاً در شرایطی که سرعت حرکت سیال زیاد است.
- ۸- اجتناب از توزیع غیریکنواخت حرارت در کوره‌ها و مبدل‌های حرارتی.
- ۹- ممانعت از امکان ورود اکسیژن یا مواد مضر دیگر به سیستم عملیاتی.
- ۱۰- حذف گوه‌ها و زوایا و فرورفتگیها جهت اجتناب از ایجاد حالت سکون در مایعات و تجمع مواد جامد در این نقاط.

- ۱۱- اجتناب از کاربرد مواد متخلخل نظیر چوب، آزیست و غیره به علت خاصیت جذب مایعات در آنها.
 - ۱۲- اجتناب از سرعتهای زیاد در حرکت سیالات و در نظر گرفتن سرعتهای بحرانی.
 - ۱۳- تعبیه امکانات بازرسی از نقاط مختلف دستگاههای عملیاتی.
- در اینجا این سوال مطرح است که دلایل شکست و انهدام مواد چیست ؟
- بر اساس مطالعات و بررسیهایی که در این زمینه بعمل آمده علل شکست‌ها و معایب حاصله در دستگاهها، مصالح صنعتی و سرویسهای عملیاتی را می توان به صورت زیر خلاصه نمود :

- ۱- انتخاب نامناسب مواد.
- ۲- روش تهیه نامناسب مواد و یا اجرای غیراصولی عملیات بعدی.

۳- اجرای ناقص یا غیر اصولی عملیات کنترل خوردگی .

۴- طراحی نامناسب قطعات یا دستگاهها .

به طور کلی معایب حاصله در مواد و مصالح صنعتی معمولاً یا به علت بار مکانیکی اضافی یا خوردگی و یا هر دو علت می باشد ، که جهت حل مسائل ناشی از خوردگی سه راه کلی و اساسی وجود دارد :

۱- تغییر در جنس (یا تعویض جنس) .

۲- تغییر در عملیات .

۳- جداسازی مواد و محیط .

پوشش‌های محافظ (Protective Coating) :

اگر جنگ جهانی اول شروع صنعت جدید رنگ بود، جنگ جهانی دوم محرکی برای گسترش صنعت پوشش‌های محافظ شد. نیاز به حفظ کارگران برای افزایش زمان توقف کشتی در دریا بدون بازگشت به خشکی ، حفاظت از کارخانه‌ها و سازه‌ها در مقابل خوردگی که بخصوص با گسترش سریع صنایع شیمیایی و کود شیمیایی الزامی شده بود، همگی به گسترش صنعت پوشش و پلیمرهای مقاوم‌تر و مواد تشکیل دهنده فیلم کمک کرد.

اندکی پس از جنگ دوم جهانی ، گسترش نوع دیگری از مواد بنام رزینهای اپوکسی (Epoxy resin)، تحولی در

حوزه‌ی پوشش حفاظتی ایجاد کرد. این مواد با واکنش در تشکیل پوشش حفاظتی و کاربرد ساده تر، و با

چسبندگی (adhesion)، مقاومت در قبال خوردگی قابل قبولی را ارائه دادند. اپوکسی‌ها معمولاً از آمینهای بعمل آمده

بود (Amine Cured). آنگاه پوشش‌های اپوکسی پلی آمید (Polyamid) گسترش یافت که چسبندگی بهتر، انعطاف پذیری

بیشتر و در قبال آب و سفیدک زدن، مقاومت بهتری نسبت به محصولات قبلی داشت. پوشش‌های

پلی اورتان (Polyurethane) نیز در این دوره بسط یافتند، اما نسبت به اپوکسی نامرغوب بود، زیرا مقاومت کمتری به آب

داشت و با گذشت زمان تمایل به زردی، از خود نشان می داد. یک پیشرفت غیر منتظره در زمینه ترکیبات معدنی روی

(Zn) با گسترش پوشش‌های روی معدنی خودپخت (self - curing) ایجاد شد. این مواد مشکل بکارگیری عامل پخت

نسبت به محصولات از قبل پخته شده را برطرف کرد و با سرعت عملکرد بالا، بسیاری از مشکلات اعمال پوشش در

معرض هوا را برطرف کرد.

اولین پوشش‌های معدنی روی (Zn) خودپخت بر پایه آب بنا شده بود. گسترش بعدی پوشش‌های روی معدنی پایه

سیلیکات اتیل، تحول عظیمی در پوشش‌ها ایجاد کرد.

اغلب محصولات پوشش که در طی جنگ جهانی دوم گسترش یافت تا امروز نیز باقی مانده است . در حالی که بهبود

و گسترش پوشش‌های آلی و معدنی ادامه می یافت ، پیشرفت قابل ملاحظه ای در تکنولوژی پوشش تا زمان تولید

پوشش‌های معدنی روی (Zn) و اپوکسی بوجود نیامد .

تمایز بین اصطلاحات:

تا کنون واژه رنگ (paint) و پوشش‌های محافظ (protective coatings) به صورت نادرست استفاده شده است. بحث زیادی پیرامون استفاده از این دو اصطلاح شده است و شک نیست که بیشتر واژگان و بسیاری از کاربردها، مواد پایه و حتی فرآیندهای تولیدی برای دو کلمه‌ی رنگ و پوشش‌های محافظ مشابه می‌باشد، اما بسیاری از تهیه‌کننده‌های پوشش‌های محافظ جدیدتر با تمایز بین این دو موافقند زیرا این دو نه تنها در ترکیب که در نوع استفاده تفاوتی دارند. این چشم انداز با جمله‌ای از "دایره‌المعارف شیمی (encyclopedia of chemistry)" واضح‌تر می‌شود:

"... فیلم‌های تهیه شده از روغن‌ها، برای پوشش‌های حفاظتی کاملاً ناکافی است و ترکیباتی از رزینهای طبیعی و مشتقات رزین، تأمین‌کننده‌ی نیازهای رشد صنعت برای پوشش‌های حفاظتی با مقاومت مناسب در برابر اسیدها و بازها و فرسایش هوا و بقا در مقابل تنشها و گذشت زمان نیست. برای پاسخ به این نیاز، دانش شیمی پلیمر در طی ۳۰ سال گذشته برای گسترش رزینهای سنتزی مناسب در مورد پوشش سطح گسترش یافته است."

بهرحال، منابع دیگر تفاوت کمی بین کلمات رنگ و پوشش قائلند. در حقیقت آنها این دو را به جای یکدیگر به کار می‌برند، به عبارت دیگر تمام رنگها، پوشش و تمام پوشش‌ها، رنگ هستند. برای مثال تعریف پوشش از "فرهنگ اصطلاحات (glossary of terms)" در پوشش‌های کارخانه‌های هسته‌ای آب سبک"، بدین صورت است: «پوشش‌ها (رنگها) مواد پلیمری هستند که در حالت سیال به کار می‌روند و به صورت فیلم پیوسته در می‌آیند».

البته این تعریف می‌تواند تعریف عمومی برای یک رنگ یا یک پوشش باشد، زیرا بسیار گسترده و جمله‌ای ساده است. وقتی پوشش‌ها در مورد خوردگی در نظر گرفته می‌شود باید تعریف مشخص‌تری از این دو اصطلاح ارائه شود.

تعاریف:

"رنگ" ممکن است به صورت زیر تعریف شود:

رنگ مایعی است که منحصراً حاوی روغنهای خشک شونده، یا در ترکیب با رزینهای طبیعی و رنگدانه‌هایی باشد که وقتی با یک سطح زیرین مناسب بکار رود، با اکسیژن هوا ترکیب شده تا فیلم جامد و پیوسته‌ای را روی سطح زیرین تشکیل دهد، بنابراین سطح تزئینی مقاوم در برابر هوا را تولید می‌کند. رنگ در طول عمر خود اکسید می‌شود و به تدریج در برابر اکسیژن، آب و یونهای که ممکن است روی سطح بنشینند حالت تخریب بخود می‌گیرد. بنابراین نسبت به پوشش‌های محافظ، حفاظت دائمی در برابر خوردگی ندارد.

پوشش محافظ، ذاتاً از لحاظ شیمیایی ماده‌ای متفاوت است. تفاوت آن با رنگ در چسبندگی، چقرمگی (toughness) و مقاومت در مقابل مواد شیمیایی، هوا، رطوبت و آب است. پوشش محافظ در واقع عبارت است از: هر ماده‌ای که ترکیبی از رزینهای سنتزی یا پلیمرهای سیلیکات معدنی بوده و وقتی با سطح زیرین مناسب بکار می‌رود، پوشش پیوسته‌ای تولید می‌کند که در محیطهای دریایی یا صنعتی، مقاوم است و از شکست سازه‌ی اصلی در اثر سایش، ترکها (holidays)، یا عیوب

موجود در پوشش جلوگیری می کند.

همچنین پوشش های محافظ به منظور حفاظت از خوردگی باید:

۱- در مقابل انتقال یا نفوذ یونها از نمکهایی که ممکن است در تماس با پوشش باشد، مقاومت کند.

۲- در مقابل خاصیت اسمزی مقاومت کند.

۳- با سطح زیرین پوشش از نظر انقباض و انبساط مطابقت کند.

ظاهر خوبی حتی در شرایط نامناسب جوی داشته باشد.

افزون بر آن باید این ویژگی ها را برای مدت زمان کافی حفظ کند تا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد.

با توجه به مفاد این تعریف، پوشش های محافظ ممکن است منحصر اً به طریق زیر تشکیل شود:

۱- با تبخیر حلال و باقی گذاردن یک فیلم رزینی (لاکی) (lacquer)

۲- بوسیله چگالش یا واکنش شیمیایی درونی (اپوکسی)،

۳- بوسیله واکنش با محتویات موجود در هوا (پوشش های آلکیدی، پلی اورتان، یا پوشش های روی معدنی).

۴- بوسیله آمیزش (امولسیونها، پلاستیسولها) (plastisols)، یا پراکنشها (dispersions)

۵- با به کارگیری یک ماده پوششی ورقه ای روی سرتاسر سازه (برای مثال ورقه وینیلی)

۶- بوسیله حرارت و ذوب کردن (قیر یا آسفالت)، همچون پودری که روی سطح ذوب می شود (اپوکسی).

طبیعتاً برای این تعاریف استثنائاتی وجود دارد از جمله: برخی آلکیدها، لاستیک های کلردار و اپوکسی آسترها که

ترکیبی از روغن ها و رزین های سنتزی است. این پوشش ها برخی از خواص رنگها و پوشش ها را با هم ترکیب کرده و

برای برخی مقاصد مفید است. از طرف دیگر چون آنها حاوی روغنهای خشک شونده اند، خواصشان به علت طبیعت

شیمیایی روغن ها محدود می شود و در محیطهای با شدت کمتر نسبت به پوشش های محافظ محدود می گردد.

برای وضوح بیشتر، تعریف پوشش محافظ بر اساس استفاده به دو قسمت تقسیم می شود. "دایره المعارف تکنولوژی

شیمی (encyclopedia of chemical technology)" آنها را به شرح زیر از هم جدا می کند:

"پوشش مقاوم" (resistant coating) عبارت است از: فیلمی که روی سطح بیرونی سازه ی فولادی، مخزن، تسمه ی

نقاله، خط لوله، وسائل فرآیند یا هر سطحی که تحت شرایط جوی شدید، چگالش، دود، گرد و غبار، پاشش یا اسپری، قرار

دارد اما لزوماً تحت غوطه وری در مایع یا مواد شیمیایی تازه قرار ندارد؛ بکار می رود.

"آستر مقاوم" (resistant lining) عبارت است از: فیلمی از ماده ای که روی سطح درونی لوله، مخزن، ظروف یا

تجهیزات فرآیند بکار می رود و تحت تماس مستقیم قرار دارد و در مایعات و مواد شیمیایی، یا محصولات غذایی غوطه ور

می شود. با این تعاریف آستر نه تنها باید از زوال سازه توسط محصول درونی جلوگیری کند، بلکه باید محصولات درونی

را آلوده نکند در این حالت جلوگیری از آلودگی محصولات ممکن است از اهمیت بیشتری برخوردار باشد.

با توجه به مفاد این تعاریف، رنگ به ندرت به عنوان آستر استفاده می شود. از طرف دیگر پوشش محافظ ممکن است

فقط برای مقاصد تزئینی بخوبی بکار رود، بنابراین ممکن است تحت توصیف یک رنگ باشد.

اقتصاد پوشش‌ها:

ایوانزا (Evans) چنین شرح می‌دهد:

« هزینه‌ی واقعی خوردگی، شامل مجموع جایگزینی و تعمیرات است که با پول قابل سنجش نیست. ما تنها شاهد وضعی هستیم که برخی کارخانه‌ها یا ماشینهای بی‌نقص و در حال کار ناگهان در اثر خوردگی از کار می‌افتند.»

مثال روشنی برای نقش پوشش به منظور کاهش هزینه‌ی خوردگی در مورد تانکرهای نفت تصفیه شده، زده شده است. در دهه‌های ۱۹۳۰ تا ۱۹۶۰، تانکرها با پیش بینی عمر ۱۵ تا ۲۰ سال ساخته شد. تانکرها در اولین دوره‌ی طول عمر (حدود ۷ سال) در حال کار بودند. تا پایان سرویس نصف ضخامت اولیه دیواره‌ی تانکر خورده شد. خوردگی بیشتر سبب کاهش ضخامت دیواره، تا کمتر از حد ایمنی گردید. بنابراین از کشتی‌ها در مدت باقی مانده‌ی سرویس برای نفت سیاه که خوردگی کمتری نسبت به نفت تصفیه شده دارد استفاده شد.

به هر حال امروزه عمر تانکر بین ۲۸ تا ۳۰ سال بدون خوردگی داخلی در نظر گرفته می‌شود. این کار با استفاده از پوشش‌های روی معدنی پر بازده میسر شده است که با بکارگیری مناسب آن دیواره‌های تانکرهای نفت تصفیه شده برای ۲۰ سال بدون خورده شدن، باقی می‌ماند. ۳۰ سال، عمر طراحی ظروف سرویس حمل و نقل نفت تصفیه شده است. در این حالت پوشش نه تنها انتقال پیوسته‌ی محصولات دریائی بیشتر را ممکن می‌سازد بلکه هزینه‌ی نگهداری درونی را به حداقل می‌رساند.

دیگر اصلاحات پوشش:

مقایسه‌های پوشش‌های مختلف، اغلب مطابق اجزای تشکیل دهنده (composition) انجام می‌شود. ترکیب یک پوشش معمولاً با تقسیم کل وزن، بین رنگ دانه و محمل با درصد بیان می‌شود. در این حالت "رنگ دانه" هم شامل رنگ دانه‌ی پوششی (hiding) و هم رنگدانه یار (extender) است و نیز هر ماده‌ای که برای تنظیم برآقی پوشش بکار می‌رود، را شامل می‌شود. محمل (vehicle) قسمت کاملاً مایع پوشش است. طبیعتاً محمل از ماده‌ی فرار و نیز ماده‌ی غیر فرار تشکیل شده است.

قسمت "غیر فرار" (nonvolatile) یک محمل، به طور معمول به عنوان جامدات، رنگپایه‌ها، یا تشکیل دهنده‌های فیلم محمل (film-formers) نامیده می‌شود. حلال (solvent) قسمت فرار (volatile) محمل است و معمولاً به همین نام بیان می‌شود. مجموع رنگ دانه‌ها و جامدات ناقل "کل مواد غیر فرار" (total nonvolatile) یا کل جامدات پوشش می‌باشد. این بخش مهمی از پوشش است که پس از کاربرد پوشش و پس از تبخیر حلال باقی می‌ماند و ضخامت پوشش را تشکیل می‌دهد و با "میل فوت مربع بر گالن" (mil square feet per gallon) بیان می‌شود، به عبارت دیگر مقدار کل

جامدات در یک گالن پوشش، که یک میل ضخامت را روی سطح معینی از فوت مربع پخش می کند. اگر پوشش ۱۰۰٪ جامد باشد، یک گالن از آن، تقریباً ۱۶ فوت مربع با ضخامت ۱ میل را می پوشاند. اگر پوشش ۵۰٪ جامد باشد، ۸۰۰ میل فوت مربع بر گالن را می پوشاند. درک این اصطلاحات در مقایسه‌ی پوشش‌های دریافتی از یک سازنده، از کارخانه‌های مختلف، یا سازنده‌های مختلف مهم است.

پیچیدگی‌ها و متغیرهای پوشش:

پوشش ماده‌ای است که از یک سری اجزاء بر هم واکنش دهنده با یکدیگر، از قبیل رزینها، نرم کننده‌ها، رنگ دانه‌ها، رنگدانه یارها، کاتالیزورها، قارچ کشها (fungicides) و حلالها تشکیل شده است. این مواد به صورت یک فیلم نازک فقط چند میکرونی (هزارم اینچی) به کار برده می شود. حلالها باید تبخیر شود و قسمت غیر فرار، فیلم پیوسته‌ای را روی سطح تشکیل دهد. در برخی حالت‌ها، این فیلم با سطح، با عوامل پخت درونی و با اکسیژن هوا واکنش می دهد؛ تا به صورت حل ناشدنی درآید، یا با آب موجود در هوا آبکافت (hydrolyze) و غیر قابل حل شود. همچنین باید به سطح بچسبد و پوشش جالبی را ایجاد کند که در برابر باد، باران، خورشید، رطوبت، سرما، گرما، اکسیژن، خرابی فیزیکی، مواد شیمیائی، و طبیعی مقاومت کند.

تنوع مواد موجود در یک پوشش و شرایط بی‌شماری که پوشش باید تحت آن قرار گیرد، صدها نوع مختلف پوشش را ارائه داده است. پوشش‌ها برای حفاظت از انواع سازه‌هایی که هر روز پیچیده‌تر و تحت محیط‌های خورنده‌تر قرار می گیرد، ضروری است. بنابراین حفاظت پوشش‌ها آن چنان واجب است که باید به عنوان بخش واقعی از سازه در نظر گرفته شود. حتی متغیرهای بیشتری بوسیله‌ی فرآیند خشک شدن (drying process) معرفی می‌گردد بسیاری از متغیرهای خشک شدن با کنترل اعمال، سرعت و دمائی که پوشش در آن خشک می‌شود محدود شده است. متأسفانه، اغلب پوشش‌های صنعتی برای سازه‌هایی به کار می رود، که در آنجا نمی‌توان پخت پوشش‌ها را بدقت کنترل کرد. این مشکل در نتیجه‌ی متغیرهایی از قبیل هوا، رطوبت، شرایط سطح (زبر، صاف یا مملو از سوراخهای ریز)، نوع سطح زیرین (فولاد، بتن، چوب، گچ یا فلز غیر آهنی)، تمیزی سطح، و تکنیکهای اعمال (برس کاری، غلتک زدن، اسپری کردن یا اعمال یک ماده‌ی ذوب شونده (hot - melt) می‌باشد همچنین ممکن است، اقدام برای طیف نسبتاً وسیعی از پوشش‌ها که اغلب در روش‌های کاملاً متفاوت خشک می‌شود، ضروری باشد.

توسعه پوشش‌های محافظ:

گسترش رنگ، پوشش و سرانجام پوشش‌های پربازده، با گسترش مواد نیازمند به حفاظت، شتاب گرفت. آغازگر گسترش پوشش‌های محافظ، صنعت نفت بود که اغلب اجزاء اصلی رزینهای سنتزی را تولید می‌کرد. با کراکینگ نفت، تمام انواع ترکیبات قابل اعمال با "مولکولهای سیر نشده (unsaturated molecules)" (قادر به تشکیل پیوند عرضی

وایجاد پلیمر) که در ساخت پلیمرهای رزین درشت از قبیل وینیل و آکرلیک مهم است، تولید شد. حلالهائی که برای محلول رزینی لازم است نیز از نفت یا گاز طبیعی بدست آمد، پس از چندی پوشش‌های میانی، برای اپوکسی‌ها و پلی‌اورتانها از پالایش نفت بدست آمد. صنعت کود و صنعت پتروشیمی به سرعت پیشرفت کرد. اما مشکلات خوردگی نیز افزایش یافت. بنابراین نیاز به حفاظت از ساختمانها، سازه‌ها و تجهیزات جدی‌تر شد. صنعت نفت با فعالیت در مکانهای ساحلی (offshore sites)، مشکلات خوردگی بیشتری را بوجود آورد که فقط با پوشش‌های پر بازده قابل مهار بود. صنایع شیمیائی بزرگ نیز در این دوره‌ی گسترش و پیشرفت، شروع به کار کرد. این کارخانه‌ها، اسیدهای پایه از قبیل اسیدهای هیدرولیک، سولفوریک و نیتریک و نیز کلر و کاستیک را تولید کرد. صنایع فولاد، کاغذ و دریایی، با مشکلات خوردگی جدی مواجه بود. در ابتدا به جای حفاظت، با جایگزینی با خوردگی مقابله شده بود. فولاد، گران‌نبود، بنابراین قطعه‌ی خورده شده، جایگزین می‌شد. وقتی دیواره‌ی مخزنی در مناطق دریائی تا حد خطرناک نازک می‌شد، نیز جایگزین می‌شد. جنگ جهانی دوم، به مفهوم واقعی، جنبشی در کنترل از خوردگی ایجاد کرد، نه تنها قیمت فولاد در این دوره بالا، بلکه تولید آن بسیار اندک بود، بنابراین کشتی‌ها و سازه‌ها موجود نیاز به محافظت داشت. در این زمان، اولین پوشش آزمایشی درون یک مخزن به کار رفت. آزمایش ناحیه‌ی بسیار کمی در حدود چند صد فوت مربع را در بر می‌گرفت، ولی در عین حال نشان داد که رزینهای سنتزی جدید، توانائی مقاومت در مقابل مواد خورنده آب نمک و محصولات نفت تصفیه شده را در سطوح فولادی دارد، توجه به این نکته جالب است که مشکلات خوردگی شدید، نیاز بیشتر به حفاظت، مواد مناسب (رزینهای سنتزی جدید)، و شرایط اقتصادی سخت‌تر، و تولید پوشش‌های پر بازده جدید را سبب شد. از آن زمان، نه تنها نیاز اقتصادی به حفاظت از سطوح فولادی و بتنی افزوده شده، بلکه همواره توسعه‌ی سریع صنایع مختلف در جهان، مشکلات خوردگی را همچنان افزایش می‌داد. بنابراین تحقیقات خوردگی و پیشرفت پوشش‌های محافظ هم با سرعت بیشتر ادامه می‌یافت.

با گسترش صنایع جدید، ساخت مواد شیمیائی جدید، کاربرد فرآیندهای جدید برای حفاظت محیط و افزایش هزینه مواد اصلی ساختمانی، نیاز به محصولات پوششی مخصوص برای حفاظت سطوح فلزی افزایش یافت. و در نهایت به عنوان منبع عمده حفظ انرژی بیشتر شناخته شد.

آینده‌ی پوشش‌های حفاظتی :

در عین حالی که استفاده از پوشش‌های حفاظتی مهمتر و مهمتر می‌شود، با گذشت زمان صنایع رنگ و پوشش دستخوش تغییر خواهد شد. پوشش‌ها هر قدر که پیشرفت کند، خواه در فرمول بندی، پوشش‌های پرجامد و مواد پراکنده در آب، خواه پوشش‌های کاملاً جدید، بی شک هم در تولید و هم در کاربرد، کاملتر شده و تقاضا برای آن بیشتر خواهد شد.

فصل پنجم

ویزگیهای اصلی پوشش

خصوصیات قابل اندازه گیری پوشش:

برای هر ماده پوششی، خواص منحصر به فرد و قابل اندازه گیری وجود دارد که در تشخیص پوشش مهم است. این خصوصیات از این قرارند:

(۱) وزن مخصوص (وزن بر گالون)

(۲) کل وزن غیرفرار

(۳) حجم غیرفرار

(۴) ویسکوزیته

(۵) ریزی گریند (Fineness of Grind)

(۶) رنگ

(۷) مدار مجاز حلال

این هفت خصوصیت به منظور تشخیص مایع پوشش است و داده‌های کمی معینی را در مورد استفاده آن ارائه می‌دهد. این چنین مشخصاتی مستقیماً روی مایع تعیین می‌گردند.

«وزن مخصوص» یا وزن بر گالون، معمولاً مقدار اجزاء مواد بکار رفته در پوشش را نشان می‌دهد. برای مثال

معمولاً وزن یک پوشش پر جامد، بیش از پوشش پرحلال است و پوششی که حاوی سرنج است، وزنی بیش از پوشش حاوی دوده‌ی کربن دارد.

عدد حجم «غیرفرار» نشان می‌دهد که چه مقدار از پوشش باید برای گسترش ضخامت فیلم مورد نیاز بر روی یک سطح داده شده، استفاده می‌شود. داده‌های غیرفرار حجمی، در تعیین ضخامت فیلم تر مورد نیاز برای گسترش ضخامت معینی از فیلم خشک، مفید است.

«غیرفرار بر حسب وزن کله‌قیاسی از جامدات موجود در پوشش نسبت به حلال موجود در پوشش می‌باشد. پوششی با غیرفرار وزنی کل ۰.۵۰٪، بدین معنی است که این پوشش دارای ۰.۵۰٪ وزنی رزین و رنگدانه و ۰.۵۰٪ وزنی حلال فرار است

ریزی گریند درجه پراکندگی رنگ دانه در ناقل را نشان می‌دهد، و ثابتایی را در مورد ظاهر پوشش بدست می‌دهد. پوششی با گریندهای ریز ممکن است بسیار براق بوده یا سطح صاف نیمه براقی داشته باشد.

گرانروی یا ویسکوزیته، انواع اعمالهای ممکن را نشان می‌دهد. معمولاً ویسکوزیته به دو روش بیان می‌شود:

(۱) بر حسب ثانیه، که عبارتست از زمانی که لازم است تا یک مقدار معین از پوشش از میان یک پستانک

(Orifice) جریان یابد این وسیله معمولاً برای مواد پوششی با ویسکوزیته کم، از قبیل پوشش‌های اسپری هوایی (Air Spray) استفاده می‌شود.

(۲) بر حسب واحد کربس (Krebs Unit) که ویسکوزیته با یک ویسکوزیته سنج چرخشی تک نقطه‌ای تعیین

می‌گردد (KU) این وسیله برای مواد با ویسکوزیته‌ی بالاتر (معمولاً موادی که برای برسکاری یا اسپری بدون هوا بکار می‌رود) استفاده می‌شود. مقدار KU که در محدوده‌ی ۷۵ تا ۹۵ است، ویسکوزیته برس کاری یا اسپری کردن را نشان می‌دهد و مقادیر KU بین ۹۵ تا ۱۰۰، پوششی را که ممکن است برای ضخامتهای بیشتر استفاده شود، نشان می‌دهد. اصطلاحات دیگر مربوط به پوشش نیز استفاده می‌شود. اولین اصطلاح، ماده‌ای را توصیف می‌کند که بدون توجه به سرعت به هم خوردن، همان ویسکوزیته را از خود نشان می‌دهد، که محلول نیوتونی (Newtonian Solution) نامیده می‌شود. پوشش‌هایی از این دست، معمولاً کم ضخامت است و بسادگی جریان می‌یابد. دومین اصطلاح، ماده‌ای را توصیف می‌کند که وقتی در حالت سکون است بسیار سفت است، اما وقتی بهم زده می‌شود یا تکان داده می‌شود، ویسکوزیته‌اش پایین آید و کاملاً مایع می‌شود، اگر چه وقتی بهم زدن متوقف شود، دوباره سفت می‌شود. این مواد مایع گرا (Thixotropic Materials) نامیده می‌شود. مواد مایع گرا وقتی از میان سر افشانک به پایان رسد و روی سطح قرار گیرد، دوباره ویسکوزیته ظاهری آن افزایش می‌یابد. این رفتار به پوشش اجازه می‌دهد تا در اندازه‌های حجمی نسبتاً زیاد روی سطح بماند، بدون اینکه چکه کند یا شکم دهد. مقدار مجاز حلال، نوع حلالی را که ممکن است به عنوان رقیق کننده اضافه شویند نوعی از حلال را که برای تصفیه استفاده می‌شود، نشان می‌دهد. استفاده از حلال نامناسب برای رقیق کردن، می‌تواند بسیار مخرب باشد. به عنوان مثال، پوشش‌های وینیل، برخی از جوهرهای (Spirits) معدنی را در شکل مایع تحمل خواهند کرد؛ با این همه هر گاه که پوشش اعمال شود، حلالهای فعال از پوشش وینیل تبخیر خواهد شد و جوهرهای معدنی را باقی می‌گذارد. این جوهرهای معدنی به تدریج، به زور خارج می‌شود و زیر سطح پوشش تجمع می‌کند، و پوشش را بدون هیچ گونه چسبندگی رها می‌کند. مثالهای بسیاری وجود دارد، که در آن وقتی رقیق کننده‌های مناسب به کار نرفته است، این نوع از کارافتادگی بوجود آمده است.

خصوصیات از پوشش، که در پوشش مایع مشهود نیست هم وجود دارد، اما فقط پس از اعمال پوشش قابل اندازه‌گیری است. این خصوصیات شامل براقی، زمان خشک شدن، زمان لازم برای اعمال پوشش روی آستر، زمان مانده به لمس کردن، زمان مانده به دوباره پوشش دادن و سختی می‌باشد. این خصوصیات معمولاً برای هر ماده‌ی پوششی متفاوت است و هر کدام از آنها در انتخاب پوشش، بسیار مهم است.

هر وقت که یک پوشش محافظ در ارتباط با خوردگی در نظر گرفته می‌شود، اولین گامی که باید برداشته شود، تعیین خصوصیات پوشش مطلوب است. بدون آنالیز ملزومات بخصوص و ضروری پوشش، ممکن است مواد نامناسبی انتخاب شود که بزودی از کار بیفتد.

مشخصات ضروری پوشش (Essential Coating Characteristics) :

پوشش‌های محافظ، عوامل منحصر به فردی هستند که گسترده ترین روش کنترل خوردگی را ارائه می‌کنند. پوشش‌ها به منظور حفاظت طولانی در محدوده وسیعی از شرایط خوردنده از اتمسفر گرفته تا غوطه‌وری در

محلولهای شدیداً خورنده بکار برده می‌شوند. گر چه استحکام بخشی به سازه به وسیله پوشش‌های محافظ به تنهایی قابل ذکر نیست، اما در عین حال مواد را حفاظت می‌کنند، در اینصورت استحکام و سلامت یک سازه، حفظ می‌شود، این مواد همانند پوست روی اسکلت هستند که استخوانها و ماهیچه‌ها یعنی سازه‌های ضروری را هم حفظ می‌کنند و هم جلوه زیبا می‌بخشند.

نقش پوشش (Coating Function):

کار پوشش یا آستر حفاظتی، جدا کردن دو ماده‌شدیداً واکنش دهنده‌است؛ به عبارت دیگر جلوگیری از تماس بخارات، مایعات‌آمدات یا گازهای صنعتی شدیداً خورنده، با سطح زیرین می‌باشد. به بیان دیگر، پوشش یا آستر، به عنوان یک مانع برای جلوگیری از تماس ترکیبات شیمیائی یا جریان خوردگی، با سازه عمل می‌کند. جدایش فیزیکی دو ماده شدیداً فعال، یعنی اتمسفر و سازه بسیار مهم است. پوشش یا آستر یک فیلم نسبتاً نازک است که دو ماده فعال را جدا از هم نگه می‌دارد، آنچنانکه سازه عاری از خوردگی باقی بماند. بر این اساس پوشش باید فیلمی کاملاً پیوسته باشد، تا نقش خود را ایفا کند. هر نقصی یک نقطه‌ی تمرکز برای خوردگی و شکست سازه است، یا یک نقطه‌ی تمرکز برای آلوده شدن مایع داخلی می‌گردد. کار فیلم پیوسته‌ی نسبتاً نازک، با توجه به اینکه محافظ‌ترین پوشش‌ها عمدتاً روی نواحی بسیار بزرگ فولاد ساختمانی، مانند سطوح مخازن، پوسته کشتی، سازه‌های حفاری و خطوط لوله تشکیل می‌شود، اهمیت بیشتری می‌یابد. بنابراین پوشش ممکن است ناحیه‌ای با مساحت هزاران مترمربع را در بر گیرد.

ویژگیهای اصلی پوشش (Essential Coating Properties):

(۱) مقاومت به آب (Water Resistance):

پوشش مقاوم نسبت به خوردگی، برای عملکرد مناسب، باید ویژگی‌های ضروری بسیاری داشته باشد، که با توجه به استفاده‌ی خاص از پوشش ممکن است تغییر کند، اما همه‌ی پوشش‌ها، چند مشخصه اصلی را دارا می‌باشند.

با توجه به اینکه همه پوشش‌ها در تماس با رطوبت می‌باشند، لذا شاید مقاومت به آب مهمترین مشخصه پوشش باشد. لیبتهویکاً بر روی تمام مواد آلی اثر می‌گذارد، حقیقتاً نزدیکترین ماده به یک حلال کلی است. شگفت آور نیست که مقاومت به آن بسادگی قابل حصول نباشد. حتی سنگ و بتن، در تماس با آب به تدریج خورده و یا سائیده می‌شوند. هم آهن و هم فولاد، حتی تحت شرایط آب اسیدی معمولی بسرعت اکسید می‌شوند. بنابراین، هیچ پوششی نمی‌تواند تحت تمام شرایط آبی موثر باشد. انواع بسیاری از ساختارها و شکل‌های آب وجود دارد که مقاومت سازه در برابر تمام این شرایط آسان نیست.

برای مثال حفاظت از لوله آهنی و فولادی کاملاً با حفاظت مخازن روی زمین که به لوله اتصال دارد متفاوت است. به طور مشابه، دریچه های سدها راه حل متفاوتی از مجرای بتنی که آب را به سد می آورد، دارد. صافی ها، زلال کننده ها (Clarifier) و منعقدکننده ها (Floculator) نیز مجموعه شرایط متفاوتی دارند. در برخی از فرآیندها که نیاز به آب بدون یون (Deionized Water) است مشکل عمده این فرایندها ضرورت استفاده از وسائل یون زدائی، مخازن ذخیره و خط لوله می باشد.

این مشکلات مکانیکی، در مواجهه با نمونه های مختلف آب، بیشتر می شود. آب باتلاق و مرداب (Swamp Water) که ممکن است برای نوشیدن، به اندازه کافی خالص باشد، معمولاً اسیدی است بطوری که هم فولاد و هم بتن در آن خورده می شود. آب سولفیدی که در بسیاری مناطق متداول است، آمادگی واکنش با اغلب فلزها (مثل آهن، فولاد، برنج و مس) را دارد. آب با رسانایی بالا یا آب دریا، منجر به تشکیل نواحی آندی - کاتدی روی فولاد می شود، که در نتیجه خوردگی حفره ای شدیدی ایجاد می شود. آب خالص مناطق برفی، با سرعت زیاد کلسیم بتن را حل می کند و خرده سنگهایی را بر جای می گذارد. آب پراکسیژن نیز نواحی خوردگی آندی - کاتدی بوجود می آورد. بنابراین مشکل بسیار پیچیده است، زیرا هیچ نوع ماده ای به تنهایی پاسخ کلی ارائه نمی دهد.

مولکول بسیار کوچک آب، توانایی نفوذ به درون اغلب ترکیبات را دارد. این مهم از میان فضاهای بین مولکولی مواد آلی انجام می گیرد. در اینصورت می تواند یا به حالت جذب شده در محل بماند و یا از میان ترکیب عبور کند. معمولاً رطوبت به تعادل می رسد، زیرا بسیاری از مولکولهای آب به صورت تبخیر سطحی به درون مواد آلی می رود. این مکانیزم توجه به فشار بخار آب در آن زمان، مقدار آب نسبتاً ثابتی را در مواد آلی نگه می دارد. به علت این خواص نفوذی شدید، آب اثر بیشتری روی ترکیبات آلی، نسبت به سایر مواد دارد. چون بیشتر پوشش های موجود، به صورت آلی است، پس باید بیشترین مقاومت رطوبتی ممکن را داشته باشد تا سایر خواص حفظ شود و برای مدت طولانی موثر باشد. همچنین، آب می تواند بر روی نفوذپذیری سایر ملکولها، با توجه به اندازه آنها، اثر بگذارد. برخی مولکولهای بسیار کوچک (مانند آمونیاک، دی اکسید کربن، اسید هیدرولیک) نیز به شدت نافذاند و همراه بخار آب به درون ترکیبات آلی نفوذ می کنند. آمونیاک برای پوشش، ماده ی مشکل ساز است. زیرا این گاز با رطوبت به قلیا تبدیل می شود. در نتیجه، شدیداً نافذ است و در بسیاری از پوشش ها باعث تاول زدن (Blistering) می شود. اسید هیدروکلریک نیز بسیار نافذ است، زیرا هم یک گاز و هم مولکولی کوچک است. نه تنها دارای میل ترکیبی شدیدی با آب است، بلکه در نواحی با چسبندگی ضعیف (حتی با مولکولهای آستر آلی بسیار سنگین) نفوذ خواهد کرد و زیر آستر تجمع کرده و موجب خوردگی شتاب یافته ای می شود.

دی اکسید کربن نیز خیلی نافذ است. در اتومبیل های جدید به عنوان گاز ایده ال برای باد کردن لاستیک هادر نظر گرفته می شود، اما به علت اندازه کوچک مولکول، نگهداری آن دشوار است، زیرا به بیرون نفوذ می کند و تأیر در عرض چند ساعت تخلیه می شود.

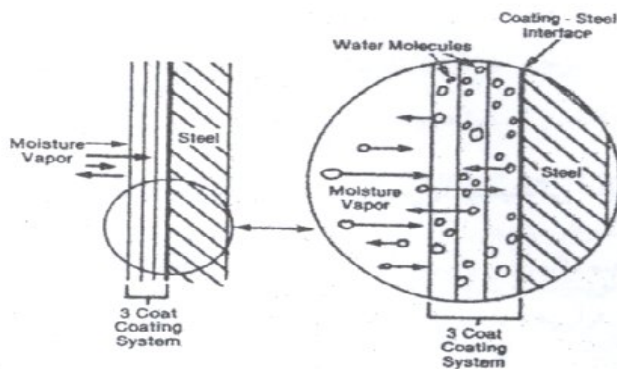
همچنین بسیاری از مولکولهای خیلی کوچک، مانند آب، در مواد آلی نفوذ می‌کند، بویژه در جایی که پوشش چسبندگی ضعیفی دارد یا از سطح زیرین جدا شده است. اینصورت بخار آب در آنجا انباشته و احتمالاً چگالش می‌یابد.

مولکولهای بزرگتر، از قبیل شکر، هیدروکسید سدیم، حتی اسید سولفوریک به درون مولکولهای آلی نفوذ نمی‌کند. در برخی حالت‌ها و بر اساس ویژگی اسمزی (**Osmosis Reaction**) حتی آب را از پوشش بیرون کشیده، و به محلول غلیظ می‌برد، آنچنان که محلولهای این مواد تمایل کمی به تاول زدن پوشش دارند. برای اینکه یک پوشش مقاوم به خوردگی پربازده، مقاومت بسیار خوبی نسبت به آب داشته باشد، نه تنها باید بتواند به طور پیوسته در آب غوطه‌ور بماند، بلکه باید بدون تاول زدن، ترک خوردن، نرم شدن، باد کردن یا کاهش چسبندگی دوام بیاورد. همچنین باید در شرایط تروخشک شدن سیکیلی مقاومت کند، زیرا این چنین پوشش‌هایی معمولاً در اتمسفری قرار دارد که در عصر و شب، شبنم ایجاد می‌کند و در ساعاتی از روز در نور خورشید خشک می‌شود.

۲) جذب آب :

"جذب آب" (**Water Absorption**) به مقدار آبی اطلاق می‌شود که درون فضاهای مولکولی پوشش جمع شده و باقی می‌ماند. همینکه پوشش تشکیل شد، محتوای آب با اتمسفر به تعادل می‌رسد، و در شرایط خشک، تبخیر، و در رطوبت زیاد یا در شرایط غوطه‌وری جذب می‌شود.

همچنین، هر پوششی دارای سطح جذب آب مخصوصی می‌باشد. چون آب درون پوشش، در تماس با رطوبت موجود در اتمسفر قرار دارد، به تنهایی در شرایط بحرانی خوردگی قرار ندارد. اگر پوشش به خوبی چسبندگی داشته باشد و جدایشی بین پوشش و سطح زیرین وجود نداشته باشد، رطوبت جذب شده درون پوشش به حالت نسبتاً خنثی باقی خواهد ماند. در هر فشار بخاری بسیاری از مولکولها همانگونه که وارد پوشش شده است، آنرا ترک می‌کند، بنابراین برای هر پوششی، مولکولهای جذب شده در نواحی درون مولکولی، ثابت باقی می‌ماند.



جذب آب توسط پوشش

از دیگر سو، وقتی که بخار رطوبت با دیگر عوامل از قبیل مولکولهای بسیار کوچک اسید هیدروکلریک، آمونیاک یا مولکولهای مشابه ترکیب شود، در خوردگی شرکت می کند. بنابراین، مقاومترین پوشش نسبت به خوردگی، معمولاً کمترین جذب آب را دارد.

(۳) آهنگ انتقال بخار رطوبت:

چنانچه در فشار بخار رطوبت دو طرف پوشش اختلافی وجود داشته باشد، بخار رطوبت با آهنگی از میان پوشش محافظ انتقال می یابد که به آن آهنگ انتقال بخار رطوبت (**Moisture Vapor Transfer Rate**) می گویند. هر پوشش و رزینی دارای آهنگ انتقال بخار رطوبت ویژه ای است که در جدول برخی اندازه گیریهای آزمایشگاهی برای پوشش های مختلف ذکر شده است (توجه شود که این ارقام را نباید به عنوان آهنگ استاندارد برای هر نوع پوششی در نظر گرفت). بر اساس فرمول، اپوکسی می تواند آهنگ انتقال بخار رطوبت بیشتری از آنچه که در جدول نشان داده شده است، داشته باشد، و آلکید از آهنگ کمتری برخوردار باشد. بطور کلی هر چه آهنگ انتقال بخار رطوبت، کمتر باشد. حفاظت پوشش مقاوم در قبال خوردگی بهتر خواهد بود.

جدول آهنگهای $M.V.T$ (انتقال بخار رطوبت) برای پوشش های خاص

نوع پوشش	نفوذ (perms)	ضخامت تست (میل)	گرم / 100 in^2 / 24 Hr
اپوکسی پلی آمید	۰/۱۶	۸	۰/۱۷
اپوکسی کاتالیزور شده آمین	۰/۱۹	۷/۵	۰/۳
استات وینیل کلرید	۰/۳۱	۵/۵	۰/۸۳
وینیل آکرلیک	۰/۵۴	۵	۰/۸۳
آلکید (روغن کوتاه)	۲/۴	۵	۳/۷

(perms = one grain of water vapor per square foot of area per inch of mercury (in Hg) of pressure difference per hour)

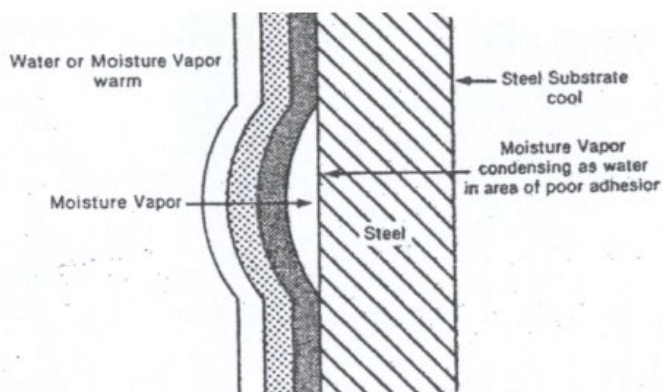
باید توجه داشت که عبور آب در فیلم رزینی، از میان تخلخلهای موجود در پوشش انجام نمی گیرد، بلکه این عمل از درون فضاهای بین مولکولی (**Intermolecular Spaces**) مولکولهای رزین انجام می شود. مولکولهای بسیار بزرگ رزین در جذب و عبور رطوبت، بسیار مناسب است. شرایط عمل با نقص های فیزیکی درون پوشش، از قبیل سوراخهای بسیار ریز (**Pinhole**) و حفره ها (**Void**) تفاوت می کند. در این حالت، رطوبت به سادگی با سطح زیرین در تماس بوده و خوردگی ناشی می شود و یا چسبندگی پوشش از بین می رود. انتقال رطوبت از میان یک پوشش، بستگی به اختلاف فشار بین دو طرف پوشش دارد. اگر یک پوشش، دارای

چسبندگی فوق العاده‌ای باشد هیچ اختلاف فشاری بین یک طرف و طرف دیگر وجود ندارد و پوشش بزودی با رطوبت هوا یا آب سطح پوشش، به تعادل می‌رسد. منحصراً مولکولهای آب درون پوشش نفوذ و جذب می‌شوند. همزمان تعدادی مولکول از پوشش بخار می‌شود آنچنانکه مقدار رطوبت پوشش (جذب رطوبت) ثابت باقی می‌ماند. به هر حال در پوششی که یا بطور ذاتی یا به علت اعمال روی یک سطح آلوده دارای چسبندگی ضعیفی است بین پوشش و فولاد، جدایشی بوجود می‌آید و بخار رطوبت ممکن است به درون ناحیه مذکور منتقل شود کاهش فشار بخار در این ناحیه سبب نفوذ رطوبت به سمت چسبندگی ضعیف می‌شود و در این ناحیه، چگالش می‌یابد یا اگر دمای سطح بالا برود فشار بخار رطوبت درون حفره به اندازه‌ی کافی بالا می‌رود و بصورت تاول ظاهر می‌شود. با چسبندگی ضعیف، بخار رطوبت می‌تواند بین فولاد و پوشش نفوذ کند و تاول را گسترش دهد.

روی سطوح خارجی مخازن، تاولهایی با قطر 6 تا 8 اینچ مشاهده شده است بطوری که آنقدر آب را درون خود نگه داشت ته است که پوشش عملاً مانند یک کیف آویزان شده‌است. آب مانند بخار رطوبت از طریق بارش باران به پوشش نفوذ می‌کند و بر میزان رطوبت می‌افزاید.

فشار بخار رطوبت درون پوشش یا درون یک حفره‌ی زیر پوشش، به دما بستگی دارد و برای رطوبت بخار، مایع یا مایع چگالش یافته، مشابه می‌باشد. بخار رطوبت و رطوبت چگالش یافته هر دو شکل‌های آب خالص بوده و در فشار بخار رطوبت آنها، زمانی اختلافی بوجود می‌آید که رطوبت در تماس با پوشش‌های حاوی مقدار زیادی نمک‌های قابل حل قرار گیرد. به هر حال آب خالص دارای بیشترین قدرت نفوذ است، در حالی که آب توأم با نمک‌های حل شده دارای نیروی نفوذ کمتری است.

۴) شیب حرارتی در عرض پوشش :



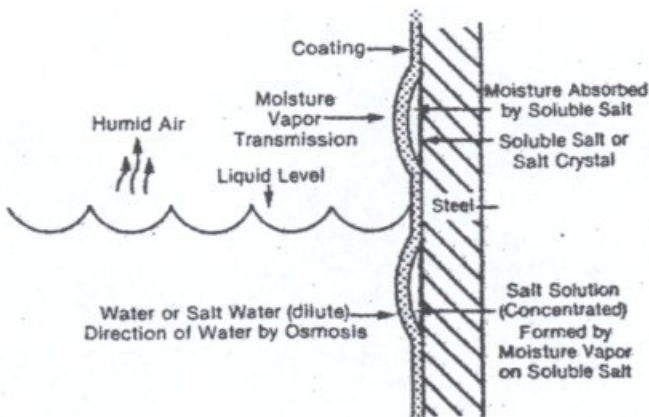
تأثیر شیب حرارتی روی یک پوشش با چسبندگی ضعیف

مکانیزم دیگری از رطوبت در تماس با پوشش، به شیب حرارتی (Thermal Gradient) در عرض پوشش

مربوط است این حالت در جایی است که دمای فلز یا فولاد زیرین، کمتر از دمای بخار رطوبت یا آب روی پوشش است. اثر شیب دمائی اساس آزمایشگر پوشش کلیولند (Coating Cleveland) است که بر اساس آن، رطوبت آب گرم روی پوشش چگالش می یابد، در حالی که سازه ی فولادی در معرض دمای بیرونی سردتر قرار دارد. دمای قسمت درونی آزما ییشگر تقریباً 100°F است در حالی که دمای قسمت بیرونی آن، دمای محیط می باشد، بنابراین باعث شیب حرارتی می شود. این آزمایش، به عنوان آزمایشی عالی برای مشخصات چسبندگی یک پوشش بکار می رود: بخار رطوبت گرمی که در آزمایش استفاده شده است، از میان پوشش نفوذ می کند و روی سطح فولاد که سردتر است چگالش می یابد بنابراین یک تاول پر از آب تشکیل می دهد.

همین قانون در آنچه که آزمایشگر اطلس (Atlas Tester) نامیده می شود و برای آزمایش آسترهای مخازن استفاده می شود بکار می رود. در این حالت، مایعی که در تماس با پوشش است گرم تر است در حالی که سازه بیرونی در دمای محیط قرار دارد. این مکانیزم شیب حرارتی نیز باید در جایی که مخزن یا خط لوله ای حاوی مایع گرم است، یا جایی که قسمت بیرونی مخزن پوشیده داده شده است، و مایع درونی بطور قابل ملاحظه ای سردتر از دمای بیرونی است در نظر گرفته شود.

۵) ویژگی اسمز:

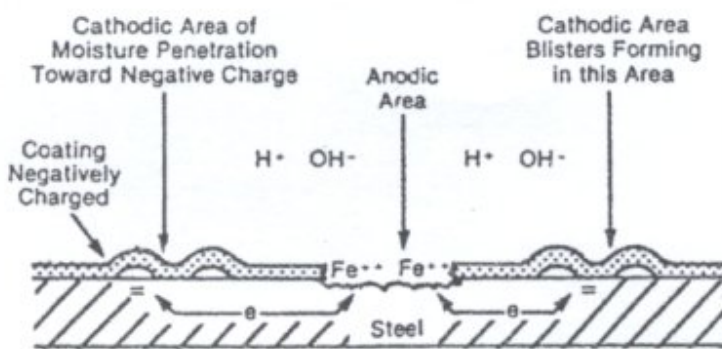


قانون اسمز چگونه که روی پوششها اثر می گذارد

مکانیزم اسمز نیز، مربوط به عبور رطوبت از میان یک پوشش است. بطور تخصصی تر اسمز (Osmosis) عبارتست از عبور آب از میان یک غشاء نیمه تراوا، از یک محلول با غلظت کمتر به یک محلول غلیظ تر. تمام پوشش های آلی بخار رطوبت را عبور می دهد و به عنوان یک غشاء نیمه تراوا عمل می کند، بنابراین تحت این مکانیزم قرار دارد. آنجا که پوششها غوطه ور در آب در شرایط چگالش یا حتی رطوبت زیاد باشد، اسمز به عنوان پدیده مهم تلقی می شود. برای مثال، رسوب کلرید بر روی فولاد، در مناطق دریائی (Marine Area) غیر معمول نیست. آلودگی در اثر

عوامل مختلفی از قبیل اثر انگشت روی سطح فولاد، قطره‌ای از فاضلاب، یا عدم دقت در تمیزکاری سطح آلوده‌ی اولیه ایجاد می‌شود. سپس آلودگی خشک می‌شود و ممکن است در طی پوشش دادن به آن توجه نشود. چنانچه چنین پوششی بکار گرفته شود و تحت شرایط غوطه‌وری یا رطوبت زیاد قرار گیرد. بخار رطوبت از میان فیلم انتقال می‌یابد و در تماس با کلرید یا دیگر آلودگی‌های قابل حل، محلول غلیظی در آن نقطه بوجود می‌آورد. چون ویژگی اسمزی رطوبت را از طرف با غلظت کمتر به طرف دیگر انتقال می‌دهد رطوبت از میان پوشش به طرف ناحیه آلوده کشیده می‌شود. این قاعده یک قانون فیزیکی - شیمیایی معمول است که در هر حالتی که محلولی با اختلاف غلظت در اطراف یک غشای نیمه تراوا وجود داشته باشد برقرار می‌گردد. عکس قانون اسمزی در تصفیه آب در هنگام جذب آن توسط گیاهان از خاک یا هوا اتفاق می‌افتد. بنابراین هر جا که پوشش، غوطه‌ور می‌شود یا تحت رطوبت بالا قرار می‌گیرد، یک سطح تمیز برای جلوگیری از وقوع ساز و کار اسمزی ضروری است.

۶) الکتروانداسمز:



الکتروانداسمز

بخار رطوبت در مکانیزم دیگری نیز به عنوان واکنشگر کلیدی عمل می‌کند. پدیده

الکتروانداسمز (Electroendosmosis) به صورت راندن آب از میان یک غشاء نیمه تراوا، بر اساس یک پتانسیل الکتریکی، در جهت قطبی که همان بار الکتریکی غشاء را دارد تعریف می‌شود. اگر چه به نظر می‌رسد که این مکانیزم مربوط به مجموعه‌ی مجزایی از وقایع باشد، اما باید توجه داشت که پوشش‌ها معمولاً دارای بار منفی هستند، و یک شکستگی کوچک در پوشش، باعث می‌شود که فلز خورده شود و الکترونی‌هایی را تولید کند، بنابراین سطح فلز دارای بار منفی می‌شود. سپس آب از میان پوشش، به طرف کاتد رانده می‌شود. بنابراین هر جا شکستی در پوشش ایجاد شود احتمال وقوع مکانیزم الکتروانداسمز وجود دارد.

معمول‌ترین مثال از پدیده‌ی الکتروانداسمز، در سطحی که پوشش داده شده و تحت حفاظت کاتدی نیز واقع شده است، اتفاق می‌افتد. از کارافتادگی‌های پوشش‌های لوله‌های زیرزمینی در خاکهای مرطوب، در نتیجه‌ی پتانسیل

کاتدی اضافی که در سیستم حفاظت کاتدی استفاده شده است، اتفاق می افتد. همین حادثه برای ته کشتی‌ها بوجود می‌آید. اغلب این واماندگی هادر نتیجه کارکرد و کنترل ضعیف سیستم حفاظت کاتدی توام با جریان اعمالی است. آندهای روی (Zn) و آلومینیوم، پتانسیل هایی را که برای اغلب پوشش‌ها خطرناک باشد، بوجود نمی‌آورند. در حقیقت، پوشش‌های با چسبندگی قوی، مقاومت خوب دی الکتریک و سرعت انتقال بخار رطوبت کم، به همراه پتانسیلهای کاتدی کنترل شده‌ی زیر یک ولت، یک سیستم حفاظت خوردگی فوق العاده‌ای را به وجود می‌آورد. هر جا که پوشش برای حفاظت از سطح استفاده می‌شود، آب نیز وجود دارد. آب به علت داشتن خواص نفوذپذیری قوی، روی پوشش‌ها اثر می‌گذارد. به علاوه به عنوان الکترولیت مورد نیاز برای واکنش خوردگی عمل می‌کند. همچنین رطوبت می‌تواند روی تعداد دیگری از خواص کلیدی پوشش‌ها اثر بگذارد، اگر چه این اثرات غیرمستقیم‌تر از آنچه در بالا بحث شد، می‌باشد.

۷) نیروی دی الکتریک:

نیروی دی الکتریک (Dielectric Strength) یک خاصیت کلیدی پوشش است، زیرا پوشش باید اتصال الکتریکی را که در طی واکنش الکتریکی ایجاد می‌شود، قطع کند، تا در مقابل خوردگی مقاوم باشد. پوشش در مقابل عبور الکترونها مقاومت می‌کند، و بنابراین از حل شدن فلز درون محلول جلوگیری می‌کند. اگر الکترونها نتوانند به کاتد بروند، مکانیزم خوردگی ممکن نخواهد بود. مقاومت دی الکتریک در جاهایی که پوشش به همراه حفاظت کاتدی به کار می‌رود، نیز یک خاصیت کلیدی است، زیرا این چنین حفاظتی، تولید مقدار زیادی الکترون روی فلز می‌کند. به هر حال اگر یک پوشش، مقاومت دی الکتریک مناسب داشته باشد، می‌تواند مدار الکتریکی را قطع و بنابراین از جریان کاتدی جلوگیری کند. چون مقاومت دی الکتریک یک پوشش، با جذب رطوبت تحت تأثیر قرار می‌گیرد، بنابراین کاهش جذب رطوبت، مقاومت دی الکتریک را بالا می‌برد.

۸) مقاومت در برابر عبور یونی (Passage Resistance to Ionic):

پوشش موثر، باید مقاومت قوی در مقابل مکانیزم عبور یونی داشته باشد. اگر کلریدها، سولفات‌ها، یا یونهای مشابه به سهولت از میان پوشش انتقال یابند، مقاومت به خوردگی کم خواهد بود، این یونها همچنین مقاومت دی الکتریک پوشش را پائین می‌آورد و آن را رساناتر می‌سازد. بنابراین مقاومت به خوردگی کاسته می‌شود. طبیعتاً عبور یونی عبارت است از انتقال یونها از خارج پوشش به سطح زیرین. معکوس این حالت یعنی: انتقال الکترونها از میان پوشش و از سطح فلز به سطح پوشش نیز اتفاق می‌افتد. در این مورد، متداول‌ترین حالت، وقتی است که پوشش تحت جریان کاتدی اعمالی باشد و آهک یا دیگر رسوبات نمکی روی سطح بیرونی پوشش تشکیل شود. تنها راهی که رسوبات می‌توانند روی سطح خارجی یک پوشش سالم تشکیل شوند، وقتی است که الکترونها از میان پوشش‌ها،

از سطح زیرین عبور کرده و باعث رسوب نمکهای آهکی روی سطح پوشش شود. پوششی که دارای وزن مولکولی بسیار زیاد و ساختمان مولکولی فشرده است، دارای بیشترین مقاومت در برابر انتقال یونی از میان پوشش است. واضح است که همین حالت برای عبور الکترونها برقرار است. مثالی از این نوع ماده، پوشش فنولیکی پخته شده در دمای بالا می باشد، که دارای پیوند عرضی خیلی قوی به همراه مقاومت عالی در برابر اسید و آب است. این چنین پوشش‌هایی سالها به عنوان آستر مخزن و آستر برای تیوبینگ (Tubing) چاه نفت، که در آن محلولهای خورنده ای وجود دارد، استفاده شده است. رزینهای پوششی، درجه‌های مختلفی از مقاومت به عبور یونی و الکترونی دارد. ترکیبات منحصر به فرد پوشش، حتی در جایی که همان رنگ‌په‌رزینی استفاده شود، می تواند مقاومت منحصر به فرد و خواص کاملاً متفاوتی داشته باشد. جذب رطوبت و سرعت انتقال بخار رطوبت، نیز روی این خاصیت پوشش موثر است. ترکیبات مناسب پوشش‌های وینیل و اپوکسی، دارای مقاومت خوبی نسبت به عبور یونی است. پوشش‌های اپوکسی تمایل اندکی به عبور الکترونها دارد. از طرف دیگر، آلکیداها، ممکن است در ابتدای عمر، مقاومت خوبی در برابر عبور یونی داشته باشد، اما پس از مدتی بر اثر واکنش در هوا نفوذپذیر شوند.

۹) مقاومت شیمیایی:

مقاومت به عبور یونی، عاملی است که به مقاومت شیمیایی کمک می کند و لزوماً این دو خاصیت یکسان نیستند. برای مثال یک پوشش فنولیکی، که پیوند عرضی قوی دارد و به عبور یونی مقاوم است، حتی در محلولهای قلیایی خیلی رقیق نیز مقاومت نمی کند. اگر چه این پوشش، در برابر عبور یونی مقاومت می کند، اما به علت واکنش پذیری آن با قلیاها به سرعت زوال می یابد.

«مقاومت شیمیایی» توانایی پوشش، و بویژه رزینها، به مقاومت در مقابل مواد شیمیایی تعریف می شود. پوشش‌های وینیل، دارای محدوده ی بسیار وسیعی از مقاومت شیمیایی است. در حقیقت، احتمالاً وسیعترین محدوده را در میان تمام رزینهای پوششی دارد. این پوشش‌ها در مقابل اسیدها، قلیاها و نمکها و شرایط اکسیدکننده و نیز نسبت به بسیاری از حلالها از قبیل الکل مقاوم است. از طرف دیگر به سهولت بوسیله دیگر مواد شیمیایی حل می شوند. اختلاف اینجاست که در حالی که پوشش‌های وینیل معمولاً نسبت به واکنشهای غیرآلی مقاوم است، در عین حال نسبت به فعالیت مواد آلی مقاومت کمتری دارد.

مواد فوران (Furan) که به عنوان سیمان برای مخازن و دیواره های آجری استفاده می شود، نیز دارای محدوده وسیعی از مقاومت شیمیایی نسبت به اسیدها، بازها و نمک است، اما به سرعت توسط مواد اکسیدکننده مورد هجوم واقع می شود. اپوکسی‌مقاومت عالی در برابر قلیاها و معمولاً آب دارند، اما نسبت به وینیل‌ها، از مقاومت کمتری در برابر اغلب محلولهای اسیدی برخوردارند. اپوکسی‌نسبت به وینیلها در برابر حلالها مقاوم ترند.

بنابراین، مقاومت شیمیایی، هم به فرمول بندی پوشش و هم به رزینهایی که پوشش از آنها تولید می شود بستگی دارد. مقاومت شیمیایی پوشش وینیلی، بر اثر ترکیب با رنگدانه های فعال، کمتر می شود. از طرف دیگر، وقتی پوشش با رنگدانه های بسیار خنثی، فرمول بندی شود، مقاومت شیمیایی آن، بهبود می یابد. معمولاً پوششی که برای مقاومت شیمیایی در یک اتمسفر شیمیایی استفاده می شود، باید در مقابل نمکها، اسیدها، و بازهای با محدوده ی نسبتاً وسیع PH مقاومت کند. همچنین، باید در مقابل مواد آلی از قبیل سوخت دیزل، بنزین روغن موتور و مواد مشابه، مقاومت کتلیتر این مواد تقریباً در تمام عملیات صنعتی یافت می شوند.

البته در یک آستر، مقاومت به قلیا بسیار مهم است. زیرا یکی از واکنشهای شیمیایی در فرآیند خوردگی، موجب پیدایش قلیائیت قوی در کاتد می شود و هر آستری که به خوبی در مقابل قلیا مقاوم نباشد، در ناحیه ی کاتدی از کار می افتد و خوردگی زیر پوشش گسترش می یابد.

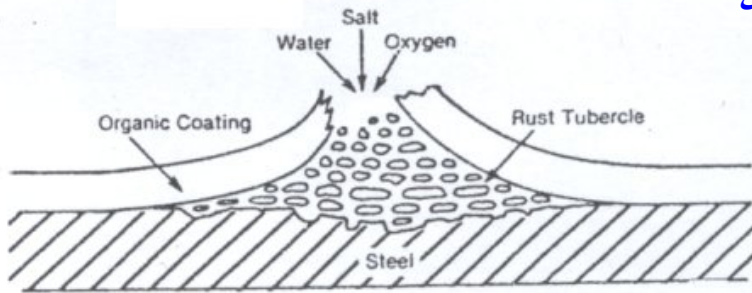
۱۰ چسبندگی مناسب (Proper Adhesion):

پوشش مقاوم به خوردگی، باید به خوبی چسبندگی داشته باشد. زیرا خاصیت چسبندگی در کاهش اثرات آب روی عمر پوشش، و نیز در جلوگیری از مشکلاتی که بوسیله شیب حرارتی در عرض پوشش، خواص اسمز و الکتروانداسمز، ایجاد می شود، ضروری است. وقتی چسبندگی پوشش به سطح، قوی باشد، برای مدت طولانی تری نسبت به پوششی که چسبندگی ندارد، اما خواص خوب دیگری دارد، بدون عیب باقی می ماند.

«چسبندگی» از اثر متقابل فیزیکی و شیمیایی در فصل مشترک پوشش و سطح زیرین بوجود می آید. پوشش های اولیه وینیل از ترکیب کوپولیمهای وینیل کلراید و وینیل استات دارای چسبندگی کمی به سطح بود و فقط در جایی که سطح بسیار متخلخل بود، کاربرد داشت. با این حال، اضافه کردن مقدار بسیار کمی از یک منومر سوم، در طی فرآیند پلیمریزاسیون رزین وینیل، باعث ایجاد تعداد محدودی از رادیکالهای اسید آلی روی پلیمر شد. این عمل، جاذبه شدیدی را برای سطوح فلزی بوجود آورد، و پیوندی بین پلیمر و سطح فلز تولید کرد. اپوکسی هادرون مولکول رادیکالهای شیمیایی دارند که جاذبه شدیدی برای سطوح فلزی دارد. اینها اغلب «مولکولهای قطبی» نامیده می شود (مولکولهای قطبی قوی، اغلب خواص مورد نیاز برای چسبندگی را دارند).

زبری فیزیکی، می تواند فاکتور مهمی در چسبندگی باشد. سطوح شن پاشی شده، مثال خوبی است. یک سطح شن پاشی شده، در مقایسه با یک سطح صاف نورد سرد شده (Cold Rolled)، علاوه بر زبری فیزیکی، دارای سطحی است که مساحت آن برای چسبیدن، چند برابر سطح صاف است. این عامل می تواند یک تفاوت برجسته در چسبندگی یک پوشش در همه شرایط باشد.

۱۱) زیربرش :



زیربرش

زیربرش (Under Cutting) مقیاسی از چسبندگی است. این اصطلاح برای خوردگی در شکستگی پوشش به کار می رود، بطوری که خوردگی از شکستگی به طرف زیر سطح پوشش رشد می کند. برای مقاومت داشتن در برابر زیربرش، یک پوشش باید به خوبی چسبیده باشد و باید چسبندگی را حتی بین لبه ی بریدگی و فولاد حفظ کند. مثلهایی از زیربرش پوشش را می توان روی تمام سازه های صنعتی یا دریایی مشاهده کرد. بویژه لبه ها به این نوع از کارافتادگی پوشش مستعد است، زیرا پوشش معمولاً در این نقطه نازک تر است. در واقع، حالت های شدید زیربرش، در جاهایی مشاهده می شود، که خوردگی چندین فوت از شکستگی اولیه فاصله گرفته است.

پوشش های آلی بیشترین تمایل را برای زیربرش شدن، توسط خوردگی، از خود نشان می دهند، زیرا معمولاً چسبندگی بی ثباتی به سطح دارند. همچنین، مواد آلی یک فصل مشترک معلومی بین دو ماده بسیار متفاوت، یعنی سطح فلز و پوشش آلی برقرار می سازد. چسبندگی پوشش به فلز، پیوندی ساده بین دو ماده است. قسمتی از این پیوند فیزیکی است، اما باقی مانده، باید سازگاری داشته باشد و پوشش باید توانایی خیس کردن کل سطح را داشته باشد. پوشش های روی معدنی، گالوانیزه، یا حتی پوشش های سرامیکی، در مقایسه با پوشش های آلی علاوه بر پیوند فیزیکی، دارای پیوند شیمیایی، بین پوشش و فولاد هستند. این پیوند ترکیبی، بسیار بادوام تر است و تحت زیربرش که به علت خوردگی در شکستگی های پوشش ها ایجاد می شود، قرار ندارد. این حقیقت که، پوشش های روی معدنی دارای یک پیوند شیمیایی است و زیربرش نمی شود، یکی از دلایل مقاومت خوردگی عالی آنها است. بنابراین، اغلب به عنوان یک آستر پایدار استفاده می شود و پوشش های آلی می تواند روی آن به کار رود.

۱۲) مقاومت به سایش (Abrasion Resistance):

پوشش برای مقاومت به خوردگی، باید خاصیت چقرمگی، چسبندگی عالی، سختی و مقاومت به شوک داشته باشد.

پوشش های آلی، که از نمونه های نرم و لاستیکی تا نمونه های بسیار سخت بادوام گسترده است، دارای محدوده وسیعی از مقاومت به سایش است. با این همه سختی، معیاری از مقاومت به سایش نیست. پوشش های

پلی اورتان، موثرترین پوشش‌های آلی مقاوم به سایش می‌باشد. این پوشش‌ها، مقاومت استثنایی به ضربه، خراش و سایش را دارند. به هر حال پوشش‌های روی معدنی، به علت چسبندگی خوب به سطح فولاد و به علت ترکیب سیلیسیم و روی (Zn) به خوبی روی قایقها و کشتی‌ها استفاده می‌شود.

۱۳) توانایی انبساط و انقباض:

هر ماده پوششی دارای ضریب انبساط مخصوصی است. هر پوششی که در شرایط خورنده قرار می‌گیرد، باید خاصیت انقباض و انبساط همراه با سازه را داشته باشد. برای پوشش‌های پلاستیک گرمانرم یا ترموپلاستیک، معمولاً مشکل خاصی وجود ندارد. از آنجایی که این پوشش‌ها نسبت به دما حساسند، وقتی گرم می‌شوند، خاصیت پلاستیکی بیشتری می‌گیرند و به سهولت با انبساط و انقباض سطح زیری مطابقت می‌کنند. به دلیل اینکه این پوشش‌ها معمولاً چسبندگی خوبی دارند، ترکیب این دو خاصیت طبیعی‌ترین انبساط و انقباض را بدون مشکل بوجود می‌آورد. پوشش‌های پلاستیک گرما سخت یا ترموست (Thermosetting) یا پوشش‌های با پیوند عرضی، از قبیل اپوکسی‌ها یا حتی آلکیدیها، ممکن است، پس از سپری شدن زمان شکننده شده و انقباض و انبساط آنها با سطح زیرین متوقف شود. این عمل به سبب تغییر دما ممکن است به ترک‌دار شدن و پوسته‌ای شدن (Spalling) از سطح، منجر شود. برای مثال پوشش‌های اپوکسی هر جا که به طور طبیعی سیکل دمایی وجود دارد، با گذشت زمان، شکاف برمی‌دارد، ترک می‌خورد، و پوسته‌ای می‌شود.

سیکل دمایی، منحصر به مخازن واکنش، که گرم و سرد می‌شود، نیست بلکه معمولاً در نتیجه‌ی تغییر دما در سطوحی است، که در معرض نور مستقیم خورشید قرار دارد. دمای پوشش‌های تیره‌ی روی سطوح فولادی می‌تواند تا 65°C (150°F)، در روز آفتابی بالا برود و تحت شرایط خاصی در شب به دمای یخ زدگی برسد. یک پوشش با مقاومت به خوردگی مناسب، باید در چنین تغییرات دمایی، بدون از دست دادن چسبندگی و بدون شکاف برداشتن، یا ترک دار شدن، مقاومت کند. پوشش‌های روی معدنی دارای مقاومت استثنایی در چنین تغییرات دمایی است.

۱۴) مقاومت به شرایط جوئی (Weather Resistance):

سیکل دمایی همچنین قسمی از مقاومت به شرایط جوئی است. پوشش‌های مقاوم به خوردگی باید کاملاً مقاوم به شرایط جوئی باشد، زیرا بسیاری از سطوحی که نیاز به حفاظت از خوردگی دارد، بدون حفاظ، در معرض هوا قرار دارد. به شرایط جوئی نیاز به ترکیبی از یک سری خواص بسیار متفاوت در پوشش مقاوم به شرایط جوئی، باید در برابر آفتاب، باران، برف، شبنم، تگرگ، یخ زدن و آب شدن، انقباض و انبساط سطح زیری، دوده‌های شیمیایی، گرد و غبار، ذرات رادیواکتیو و نیز تر و خشک شدن سیکلی، مقاومت متفاوت به شرایط جوئی، تقریباً تمام خواص مورد نیاز پوشش را در خود دارد برای اینکه یک پوشش به طور اقتصادی، سالها، در برابر هوا مقاومت کند،

باید در شرایط فوق بدون گچی شدن (Chalking)، شیارشمار شدن (Checking) ترک برداشتن (Cracking)، لایه‌ای شدن (Flaking)، تاول زدن (Blistering) از دست دادن چسبندگی، یا تغییر رنگ یا تغییر ظاهر قابل توجه، مقاومت کند.

۱۵) مقاومت به باکتری‌ها و قارچ‌ها (Resistance to Bacteria & Fungus):

تأثیر باکتری‌ها و قارچ‌ها بر خوردگی به دو روش است: ابتدا نشست روی کثافت سطح پوشش و سپس زندگی و رشد کردن در آنجا. بر این اساس کثافت افزایش می‌یابد و ظاهر پوشش را به زشتی می‌کشد. آنها با حمله به پوشش مناطقی را می‌سازند که هم نازیباست و هم ممکن است در شرایط خوردنده، مورد نفوذ واقع شود. تقریباً تمام افراد با قارچ‌های تیره‌ی لکه‌ای که روی برخی پوشش‌ها بویژه در قسمت سایه‌ی سازه، تشکیل می‌شود، آشنا هستند. این دسته‌های قارچ روی پوشش زندگی کرده و می‌توانند منجر به از کار افتادگی زودرس پوشش شوند. استعداد پوشش به اینچنین و فعالیت بیولوژیکی با اضافه کردن باکتری‌کشها و قارچ‌کشها به آن در طی ساخت، خنثی می‌شود. در برخی شرایط، و اماندگی‌های فاجعه‌بار پوشش، به واسطه‌ی فعالیت بیولوژیکی اتفاق می‌افتد. نمونه‌ای از این شکستها، استفاده پوشش پلی‌آمید برای مجرای فاضلاب بتونی است. پلی‌آمیدها اپوکسی‌ها دارای مقاومت خوبی به آب و چسبندگی خوبی می‌باشد. با این حال، در این حالت، پوشش در عرض چند ماه در اثر فعالیت باکتری‌ها به صورت خمیری در می‌آید. اپوکسی‌آمین پخته شده، در این اتمسفر تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. تفاوت این دو اینست که، بخش پلی‌آمید مولکول، نسبت به حمله بیولوژیکی آسیب‌پذیر است، بنابراین پوشش پلی‌آمید برای شرایط فاضلاب نامطلوب است.

شرایط زیر خاک نیز می‌تواند منجر به و اماندگی پوشش در اثر حمله باکتری‌ها شود. اگر یک پوشش، حاوی سولفیدهای آلی باشد، در معرض خطر از کار افتادن توسط باکتری‌های غیرهوازی خاک (باکتری‌های کاهنده‌ی سولفات)، قرار دارد. سیمانهای گوگردی برای اتصال خط لوله‌ی فاضلاب استفاده می‌شود، تا اینکه کشف شد که باکتری‌های فعال - گوگرد، از سیمان برای غذا استفاده می‌کنند و میزان H_2S گازی را افزایش می‌دهند. این باکتری‌ها همچنین می‌توانند به یک یا بیش از یک طریق زیر موجب خوردگی فلز شوند:

- ۱- ساختن پیل‌های اختلاف غلظتی روی سطح فلز
 - ۲- ساختن یک محیط خوردنده در نتیجه‌ی سیکل طول عمر خود و تجزیه‌ی محصولات
 - ۳- فعالیت کردن به عنوان دی‌پلاریزه‌کننده‌ی آند یا کاتد
 - ۴- تولید سولفیدهایی که به طور مستقیم با فلز واکنش می‌دهد تا سولفیدهای فلزی تولید کند.
- در طی جنگ دوم جهانی آزمایشهای گسترده‌ای برای تولید پوشش‌های مقاوم در آب و هوای گرمسیری که فعالیت باکتری‌های شکلات جلدی را ایجاد می‌کرد، انجام شد. در این نواحی پوشش‌های مستعد به رشد قارچها و باکتریها، باید که با رزینها، رنگدانه‌ها، نرم‌کننده‌ها و مواد دیگری ساخته شود تا توسط موجودات بیولوژیکی به عنوان

غذا استفاده نشوند. در شرایط شدیدتر، اعتماد کردن به باکتری کشها و قارچ کشها کافی نیست.

۱۶) مقاومت به گذشت زمان: (Age Resistance)

پوشش باید برای مدت زمان قابل توجهی حفاظت ایجاد کند، تا امکان مقاومت به خوردگی حفظ شود. اگر پوشش مدت زمان مناسبی بطور سالم کار نکند، بی ارزش است. پوشش های مقاوم به خوردگی باید توانایی نگهداری موثر قدرت حفاظتی را برای سالها، در شرایط مختلف خوردگی داشته باشد. اگر پوششی حتی در یک خاصیت، مانند مقاومت به شرایط جوئی یا سایش ناموثر باشد، ممکن است قابل استفاده نباشد. بنابراین برای داشتن خاصیت مقاومت به گذشت زمان، تمام خواصی که قبلاً توصیف شد، باید به صورت بهینه به کار برده شود.

۱۷) سادگی اعمال (Easy Application):

سادگی اعمال، یکی از مهمترین مشخصات پوشش است، بخصوص وقتی در سازه های پیچیده که همراه با تعداد زیادی گوشه، لبه، تورفتگی و نواحی مشابه است. اگر که پوشش قدری بسختی اعمال شود، اولین از کارافتادگی ها در این مکان هادر یک اتمسفر خورنده اتفاق می افتد. اغلب اعمال پوشش سازه ها، مخازن، و سکوها در یابی حتی در بهترین شرایط با مشکل مواجه است. جوش، گوشه و لبه نقاط تمرکز خوردگی است، بنابراین اگر کاربرد پوشش به سادگی و به خوبی اعمال نگردد، مقاومت به خوردگی کاهش می یابد.

خواص اضافی پوشش ها:

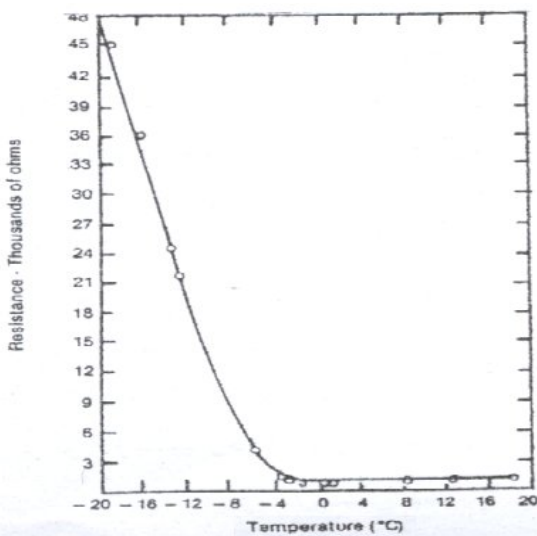
برخی پوشش ها برای مقاصد خاص نیازمند خواص منحصر به فردی است. در زیر برخی از خواص اضافی پوشش ها بررسی می گردد.

در حالی که تمام پوشش ها، تحت دما و برخی سیکل های دمایی قرار دارد، اما معمولاً این شرایط محدود است. با این همه، دما می تواند یک فاکتور کلیدی در پوشش هایی باشد که برای دودکش ها، لوله ها، نواحی خارجی مخازن فرآیند و بسیاری از کاربردهای دیگر، استفاده می شود. هر جا پوشش ها برای دماهای بسیار سرد (زیر دمای معمول) استفاده شود، سه خاصیت عمومی را باید در نظر گرفت: چسبندگی، انقباض و تردی. چسبندگی در قبال زوال پوشش، در شرایط بسیار سرد، مسئول می باشد، بخصوص وقتی دما از دماهای معمولی به دماهای بسیار سرد می رود.

تردی تحت تأثیر چسبندگی قرار دارد. وقتی ترکیبات آلی در معرض محیط بسیار سرد واقع می شوند، تمایل دارند که تردتر شوند و ممکن است در اثر ضربه یا به علت چسبندگی کم، خرد شوند.

انقباض نیز فاکتوری است که می تواند روی چسبندگی و تردی موثر باشد. در جایی که یک پوشش چروک می شود، ممکن است مشکلات چسبندگی بوجود آید. بنابراین، پوشش ممکن است با ضربه و سایش خرد شود.

برای اینکه یک پوشش در دماهای بسیار سرد، مقاومت کند، باید از چسبندگی بسیار خوبی برخوردار باشد و در دماهای سرد قدری ارتجاعی باشد و خاصیت نرمی خود را حفظ کند. پوشش‌ها با این ویژگی‌ها، معمولاً مشکلات انقباض را ندارند، زیرا با انبساط و انقباض سطح زیرین همراه‌اند. پلیمرهای کائوچوی بوتیل و پلی ایزوبوتیلن در ابقاء چسبندگی در هوای سرد نقش دارند. سرما یا گرما خواص خوردگی اتمسفرهای مختلف را تغییر می‌دهد. سرعت واکنش شیمیایی یا سرعت واکنش خوردگی به طور قابل ملاحظه با بالا و پائین رفتن دما تغییر می‌کند. رزینهای اپوکسی که در دمای 21°C به خوبی پخته می‌شود، در دمای 38°C برخی از پوشش‌های اپوکسی آنچنان به سرعت واکنش می‌دهند که بدون نگهداری پوشش مخلوطی (کاتالیز شده) در ظروف یخی، اعمال آنها ممکن نیست. خاکها نیز در نتیجه تغییر دما یک تغییر مشخص در مقاومت به خوردگی، از خود نشان می‌دهند، بنابراین سرعت خوردگی تغییر می‌کند.



دماهای بالا یا سیکل دمایی بالا، برای پوشش مشکل‌زا است. پلیمرهای حاوی کلرید، از قبیل وینیل کلرید و لاستیک کلردار، با گذشت زمان تجزیه می‌شود و اسید هیدرولیک آزاد می‌شود که شرایط خوردگی را به شدت بدتر می‌کند. پلیمرهای دیگر حاوی اتم کلرید در مولکول خود ممکن است تجزیه‌ی و حتی از سطح تبخیر شود. برخی از پلیمرهای استیرن (Styrene) این خاصیت را دارند. دیگر پلیمرهای با پیوند عرضی، از قبیل اپوکسی‌ها، اغلب در دماهای بالا، بیش از حد پخته می‌شود و بسیار شکننده و منقبض می‌شود و چسبندگی خود را از دست می‌دهند. ترکیبات روی معدنی، نسبت به دماهای حدود 370°C (700°F) کاملاً پایدار است و به طور پیوسته در این دماها استفاده می‌شود. همچنین پلیمرهای سیلیکونی دارای مقاومت حرارتی عالی، در همان محدوده دمایی است. برای زمانهای در معرض دهی نسبتاً کوتاه (مثلاً روزها و هفته‌ها، اما نه به طور پیوسته)، پوشش‌های معدنی که با روپوشهای (Topcoats) آلومینیوم سیلیکونی پوشیده شده باشد، اگر در معرض دمای 520°C (968°F) قرار داده شود، خواص پوششی موثر خود را حفظ خواهند کرد. بعضی از پوشش‌های غیر روی (Nonzinc) نیز در دماهای بالا و دماهایی که

مکرراً بالا و پایین می شود ، مقاومت خوبی نشان داده است.

جدول مقاومت دمایی برخی از انواع پوشش های معمول را نشان می دهد. هر نوع پوششی بر اساس ترکیب ممکن است به طور قابل ملاحظه ای خواص دمایی اش بالا یا پایین باشد. (این ارقام لزوماً برای مقایسه بین انواع پوشش ها است و برای پوشش خاصی در نظر گرفته نمی شود).

مقایسه خواص دمایی برای چند نوع پوشش مقاوم به دما:

غیر غوطه وری	غوطه وری	پوشش
۶۵°C (۱۵۰F)	۳۸°C (۱۰۰F)	کوپلیمر وینیل
۶۰°C (۱۴۰F)	۳۸°C (۱۰۰F)	لاستیک کلردار
۶۵°C (۱۵۰F)	۵۰°C (۱۲۲F)	قطران زغال سنگ
۹۵°C (۲۰۳F)	۵۰°C (۱۲۲F)	اپوکسی قطران زغال سنگ
۹۵°C (۲۰۳F)	۵۰°C (۱۲۲F)	اپوکسی
۱۲۰°C (۲۵۰F)	۳۸°C (۱۰۰F)	اورتان
۱۲۰°C (۲۵۰F)	۸۲°C (۱۸۰F)	اپوکسی فنولیک
۱۲۰°C (۲۵۰F)	۸۲°C (۱۸۰F)	فنولیک پخته
۳۷۰°C (۶۹۸F)	---	روی معدنی
۳۷۰°C (۶۹۸F)	---	سیلیکون

مقاومت به تنش خاک (Resistance to Soil Stress):

تنش خاک در مورد پوشش های خطوط لوله زیرزمینی ، اهمیت ویژه ای دارد. در نتیجه ی تغییرات دمایی و نیز بادکردگی و انقباض خاک در اثر تغییرات محتوای آب، لوله، منبسط و منقبض می شود. مخصوصاً در خاک رس (وقتی خیس می شود، به مقدار زیاد منبسط می شود، و وقتی خشک می شود به همان اندازه انقباض می یابد) این مشکل مشاهده می شود. خاک رس به میزان قابل توجهی حرکت دارد و گواه این مسأله، ترکهای بزرگی است که پس از خشک شدن این خاک، ایجاد می شود. چنین فعالیت سیکلی منجر به کنار رفتن پوشش از لوله یا سازه و ایجاد ترکها، حفره ها یا نقاط نازک می شود.

پوشش ها اغلب در نتیجه ی پر کردن غیراستاندارد کانال و بر اثر ضربه سنگها و کلوخها به پوشش، خراب

می شوند. سنگ و کلوخ، خواه در خاک، خواه در پشت بند (Backfill) فشار غیریکنواختی به لوله وارد کند و ممکن است باعث شکستگی هایی در پوشش گردد. سنگها، ممکن است به صورت گرد، نامنظم، یا شکسته با لبه ها و گوشه های تیزی باشد. وزن لوله و وزن پشت بند، می تواند باعث ایجاد شکستگی هایی در نقاط پرفشار، گردد. ریشه گیاهی نیز، یا به پوشش نفوذ می کند یا لوله را در بر می گیرد و با رشد خود فشار وارد کند که خود باعث حرکت پوشش و ایجاد نقاط نازک می شود. ریشه هایی که لوله ی پلاستیک را در بر می گیرد، باعث خرد شدن لوله با گذشت یک دوره ی زمانی می گردند. بنابراین، پوشش هایی که در شرایط تنش خاک استفاده می شود، باید دارای چسبندگی قوی، مقاومت به ضربه ی بالا، تمایل کم به خزش (Creep) یا حرکت تحت فشار، و توانایی مقاومت به سایش منتج از حرکت خاک را داشته باشد.

مقاومت به جدایش کاتدی: (Disbonding Cathodic)

جدایش کاتدی نوعی خاصیت عدم کارایی حفاظت کاتدی است. در بسیاری از مواقع، این خاصیت مربوط به الکتروانداسمزی می باشد. پوشش باید در مقابل پتانسیل های الکتریکی که در حفاظت کاتدی اعمال می شود، مقاومت کند. اغلب پوشش ها در مقابل پتانسیل های کاتدی در حدود ۱ ولت و مقدار بهینه ۰.۸۵ ولت مقاومت می کنند. پتانسیل های ۱.۰۱ - ولت و بالاتر می تواند شرایط جدایش پیوند کاتدی را فراهم کند، که البته به ضخامت، مقاومت دی الکتریک، مقاومت آب و غیره پوشش بستگی دارد. پوشش باید دارای سرعت انتقال بخار رطوبت پائین و چسبندگی بسیار بالا باشد، تا در برابر جریانهای کاتدی مقاومت کند. اپوکسی های قطران زغال سنگ دارای مقاومت خوبی به جدایش کاتدی است، همانطور که بسیاری از پوشش های سنگین تر لوله که از بوتیل رابر به عنوان یک پوشش پیوندی استفاده می کنند، این کار را انجام می دهند.

مقاومت به اصطکاک: (Friction Resistance)

بعضی از پوشش ها، تحت اصطکاک قرار دارند، بویژه وقتی که سطوح تماس دو مقطع فلزی، میخ پرچ یا پیچ شده باشد. پوشش های معدنی، در این شرایط بسیار رضایت بخش است، در حالی که اغلب پوشش های آلی ناموفق بوده است.

جدول ضریب اصطکاک سطوح مختلف ، وقتی که بعنوان یک سطح تماس استفاده می شود.

ضریب اصطکاک	شرایط سطح
۰/۵۲	روی معدنی مبهنی بر حلال
۰/۵۱	زنگ زده و برس سیمی زده شده
۰/۴۸	روی غیرآلی مبنی بر آب
۰/۴۸	زنگ زده
۰/۴۷	شن پاشی شده
۰/۳۰	پوسته‌ی نوردی
۰/۲۵	گالوانیزه
0/۱۱	رنگ ضد زنگ
۰/۰۶	رنگ سرنج

توجه : ضریب اصطکاک کمتر از آنچه فولاد شن پاشی شده دارد، برای اتصالات میخ پرچ و پیچ شده پیشنهاد نمی شود.

فصل ششم

اطلاعاتی راجع به روش
اعمال پوشش

تمیزکاری و آماده سازی سطح :

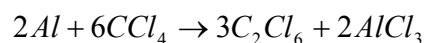
از آنجایی که پوشش‌ها در روی سطوح مناسب و تمیز چسبندگی، مقاومت و عمر مفید بهتری دارند لذا نخستین و اساسی ترین مرحله در اجرای عملیات پوشش دادن بویژه در مورد مواد سنتتیک آمادگی سطحی می باشد. در عملیات پوشش دادن غالباً $\frac{2}{3}$ هزینه کل کار جهت آمادگی سطح در نظر گرفته می شود. بدین ترتیب ملاحظه می گردد که در صورت از بین رفتن پوشش به علت نامناسب بودن سطوح $\frac{2}{3}$ مخارج به هدر می رود؛ در حالی که اگر خود پوشش ضایع گردد فقط $\frac{1}{3}$ هزینه لازم دارد تا مجدداً پوشش داده شود. البته مواردی نیز وجود دارند که انجام این مرحله را غیرممکن یا مشکل می سازند، مثلاً مواقعی که بودجه کافی در اختیار نبوده و یا موقتاً صرفه اقتصادی نداشته باشد، یا زمان کافی برای اجرای عملیات نباشد، یا به علت احتمال وجود آلودگیها و خطرات ناشی از تمیزکاری مشکلات دیگری بوجود آید، و آخر الامر در حالاتی که احتمال بروز خطرات آتش سوزی وجود داشته باشد.

به طور کلی و در عمل، آماده سازی سطح شامل دو مرحله اصلی ذیل می باشد :

1. تمیزکاری سطح از گریس، روغنها، چربیها و کثافات :

از مهمترین روش‌های معمول برای این مرحله از آمادگی سطحی عبارتند از :

الف) حلالها (Solvents): از این روش، از حلالهای معدنی، نفتا (Naphtha) (برشی از نفت خام است که بین نفت سفید و بنزین می باشد) الکلها، اترها، حلالهای کلره و غیره استفاده می شود که به وسیله غوطه ورسازی یا پاشیدن و یا به کمک برس قطعه مورد نظر را تمیز می نمایند. یکی از بهترین حلالها «Stoddard Solvent» است که یک برش نفتی بوده و نقطه اشتعال (Flash Point) آن تقریباً بالا یعنی در حدود 55°C (130°F - 100°F) می باشد. حلالهای کلره اگر چه آتشگیر نیستند ولی سمی بوده و بعلاوه ممکن است به علت ایجاد یک باقیمانده کلرور در روی فلزات موجبات خوردگی های بعدی آنها را فراهم سازند. از معروفترین ترکیبات این گروه «تری کلرواتیلن» C_2HCl_3 و «پرکلرواتیلن» C_2Cl_4 می باشند که قطعات مورد نظر را در فضائی از بخار این مواد به صورت معلق قرار می دهند. در مورد چربی زدائی از قطعات آلومینیومی باید احتیاط بیشتری نمود زیرا جهت جلوگیری از خوردگی های ناگهانی توسط حلالهای کلره لازم است که از مواد شیمیائی کندکننده استفاده شود، و نیز اقدامات احتیاطی جهت جلوگیری از واکنشهای انفجاری بعمل آمده باشد.



در جدول حلالهائی که اغلب در صنایع مورد استفاده می باشند و برخی مشخصات شیمیائی آنها ملاحظه می شوند.

ب) محلولهای قلیائی : به منظور تمیزکاری و چربی زدائی سطوح فلزات در پاره ای از موارد محلولهای آبی

قلیائی رزانتتر و کم خطرتر از حلالهای فوق الذکر می باشند. البتاً استفاده از محلولهای قلیائی موثرتر نیز می باشند.

ولی برای تمیز کردن روغنهای سنگین و یا روغنهای سوخته تأثیر کمتری دارند. از محلولهای مناسب این گروه عبارتند

از : فسفات سدیم (Na_3PO_4) ، سود سوزآور (NaOH) ، کربنات سدیم کربنات سدیم (Na_2CO_3) و ترکیبات دیگری از قبیل SiO_2 و Na_2O برآکس ، پیروفسفات سدیم و متا فسفات سدیم که اغلب این محلولها را همراه با مواد نفوذی و مرطوب کننده (**Wetting Agent**) بکار می برند . مثلاً برای تمیز کردن قطعه ای ممکن است آنرا در محلول گرمی (80°C) از محلول ۷۵-۳۰ گرم در لیتر قلیائی غوطه ور نمود ، البته گاهی نیز عمل تمیزکاری را به وسیله پاشیدن محلول داغ و رقیق بر روی سطوح مورد نظر انجام می دهند . در برخی موارد از تمیزکاری الکترولیتی توسط محلولهای قلیائی استفاده می گردد، به طوری که با تأثیر مکانیکی گاز هیدروژن و اثر کف کنندگی (**Detergency**) یون های OH^- آزاد شده در سطح فلزی که به صورت کاتد به منبع مخازن حاوی نفت خام یا نفت سیاه استفاده بعمل می آید . در صورتی که سطح فلز تمیز و عاری از زنگ شده باشد مرحله شستشوی نهائی یا آبکشی به وسیله آب و محلول رقیق اسید کرومیک_ اسید فسفریک انجام می گیرد ، که این عمل هم سبب تمیز شدن مواد قلیائی از سطح قطعه شده و هم ایجاد یک محافظت موقت در برابر زنگ زدگی خواهد نمود .

جدول_ انواع حلالهای معروف و برخی مشخصات شیمیائی لازم :

نقطه جوش (°F)	حلالیت در آب (%wt)	نقطه اشتعال (°F)	میزان > ملامت	نوع حلال
۱۶۵-۱۷۶	∞	۶۰	ضعیف	الکل اتیلیک
۱۷۹-۱۸۱	∞	۵۵	ضعیف	الکل ایزوپروپانل
۱۴۷-۱۴۹	∞	۵۸	ضعیف	الکل متیلیک
۲۰۱-۲۰۷	<۰/۱	<۲۰	خوب	هپتان
۳۴۵-۵۲۵	<۰/۱	۱۴۹	خوب	نفت سفید
۳۱۳-۳۸۰	<۰/۱	۱۰۵	خوب	Stoddard
۳۱۸-۳۸۲	<۰/۱	۱۰۷	خوب	حلال معدنی
۱۷۶-۱۷۷	<۰/۱	۱۰	خوب	بنزن
۲۳۰-۲۳۲	<۰/۱	۴۵	خوب	تولوئن
۳۱۴-۳۲۷	<۰/۱	۹۱	خوب	تورپنتین
۲۸۱-۲۸۴	<۰/۱	۸۱	خوب	کسیلن
۱۷۰-۱۷۲	<۰/۱	--	عالی	تتراکلرو کربن
۱۰۴-۱۰۵	۰/۲	--	عالی	کلرور متیلن
۲۵۰-۲۵۴	<۰/۱	--	عالی	پرکلرواتیلن
۱۶۵-۱۹۴	<۰/۱	--	عالی	تری کلرواتان (او او ا)

۱۸۸-۱۹۰	<۰/۱	--	عالی	تری کلرواتیلن
۱۱۸	<۰/۱	--	خوب	تری کلروتتری فلوئورواتان
۱۳۲-۱۳۴	∞	<۰	خوب	استن
۱۷۴-۱۷۶	۲۷	۲۸	خوب	متیل اتیل ستن (MEK)

جدول_ غلظت و ترکیب شیمیائی محلولهای قلیائی (درصد وزنی):

تمیزکاری (آلومینیوم)	تمیزکاری الکا (آهن)		موارد سنگین	مواد شیمیائی لازم
--	۳۰	--		سود سوزآور NaOH
--	۳۰	۱۵	۱۵	کربنات سدیم Na ₂ CO ₃
۶۷	۲۵	۳۰	۱۵	متاسیلیکات سدیم Na ₂ SiO ₃
۳۳	۱۵	۵۵	۵	فسفات تری سدیم Na ₂ PO ₄

زنگ زدائی و رسوب زدائی کامل قطعات و دستگاهها :

انجام این مرحله نیز به طرق مختلف صورت می پذیرد که مهمترین آنها به قرار زیراند:

الف) اسیدشوئی (Pickling): قطعه مورد نظر را که قبلاً تحت عملیات چربی زدائی قرار گرفته در محلولی اسیدی (مثلاً حاوی ۱۰-۳ درصد وزنی اسید سولفوریک و مقادیر کمی، ماده کندکننده) در درجه حرارت ۶۵-۹۰ °C (۱۵۰-۱۹۰ درجه فارنهایت) و بمدتی در حدود ۲۰-۵ دقیقه قرار می دهند. با این عمل قشر اکسید چسبیده به فلز، حل گشته و رسوبات و لایه های Fe₃O₄ نیز از روی آن کنده شده و سطح قطعه تمیز می گردد. گاهی به محلول اسید سولفوریک مقادیری کلورسدیم اضافه می نمایند، و در مواردی هم از خود HCl در دجه حرارت حدود ۹۰ °C بکار برده می شود. این محلول اگر چه از نظر قیمت گرانتر است ولی دارای این مزیت است که در سطوح فلزی ایجاد فیلم فسفاته می نماید که به چسبندگی رنگها کمک زیادی می نماید. روش های اسیدشوئی مستلزم مرحله شستشوی نهائی یا آبکشی توسط محلول رقیق اسید فسفریک می باشند تا بدین وسیله اطمینان حاصل شود که باقیمانده کلورورها و سولفاتها از سطح فلز تمیز شده باشند (چون وجود این ترکیبات به پوشش های رنگ صدمه می زنند). به منظور شستشوی نهائی گاهی از محلول رقیق اسید کرومیک (۴۵-۳۰ گرم در لیتر) یا محلول اسید کرومیک - اسید فسفریک استفاده می شود، که برای جلوگیری از ایجاد زنگ قبل از پوشش های آستری رنگها لازم می باشد.

در جدول انواع اسیدهای معمول در رسوب زدائی و برخی مشخصات لازم دیده می شوند.

جدول_مشخصات برخی از اسیدهای مورد استفاده در عملیات رسوب زدائی :

کاربرد	محدودیتها	نقش اصلی	
در عملیات رسوب زدائی و شستشوی شیمیائی صنایع مورد استفاده است (در دیگهای بخار - مبدل‌های حرارتی - خطوط لوله تلمبه‌ها - مخازن و ...) معمولاً با غلظتهای ۵ الی ۱۵ درصد (همراه مواد کندکننده) بکار می رود .	بر روی فولادها تأثیر خوردندگی شدید دارد . حتماً از مواد مناسب استفاده شود . درجه حرارت باید کنترل شود	اغلب رسوبات حاصل از آنها و محصولات خوردگی را حل می کند .	اسید کلریدریک HCl
بیشتر جهت حل محصولات خوردگی و شستشوی شیمیائی بکار می رود .	در مورد رسوبات کلسیم (CaSO ₄) مناسب نیست ، چون آنرا حل نمی کند .	مانند اسید کلریدریک عمل می کند .	اسید سولفوریک H₂SO₄
اغلب در تمیزکاری قطعات از جنس فولادهای ضدزنگ و آلومینیوم بکار می رود	کندکنندگی این اسید توسط مواد کندکننده بسیار مشکل است	اسید خیلی قوی است که اغلب رسوبات را حل می کند .	اسید نیتریک HNO₃
معمولاً بصورت ترکیب شیمیائی آن یعنی بی فلئورور آمونیم (HNH ₄ F ₂) مصرف می شود .	از نظر ایمنی کار بسیار خطرناک است	قدرت زیادی در انحلال رسوبات سیلیسی دارد .	اسید فلئوریدریک H₂F₂
مصرف عمومی دارد . از ترکیبات آن معمولاً مقادیری جهت بهبود حلالیت در عملیات رسوب زدائی اضافه می کنند .	رادیکال سولفامیک در تماس با سولفات کلسیم تبدیل به سولفات می شود .	ملح کلسیم آن محلول در آب است	اسید سولفامیک NH₂SO₂OH
سیترات اسید آمونیوم اغلب در تمیزکاری دیگهای بخار استفاده می شود . اضافه کردن مقداری آمونیاک و مواد اکسیدان به انحلال اکسید آهن و ترکیبات مس کمک می کند ؛ برای روئین سازی سطح فولاد به آن نیتريت سدیم اضافه می کنند .	با اینکه اسید ضعیفی است ولی باید از مواد کند کننده استفاده شود . حلال خوبی برای رسوبات آب نیست .	اکسید آهن را حل می کند ، یون سیترات در حضور آمونیاک تولید کمپلکسهای محلول آهن می کند	اسید سیتریک CH₂COOH - C - COOH HO CH₂COOH
ماده کمپلکس کننده بسیار خوبی است . برای رسوب زدائی و اکسیدهای آهن و مس مناسب است (مخصوصاً در دیگهای بخار) .	از نظر اقتصادی زیاد مقرون به صرفه نیست . مواد کندکننده نیاز دارد .	رسوبات آبرا در pHهای قلیائی حل می کند . اکسید آهن را حل می کند	اتیلن دی آمین تترا استات EDTA

جدول محلولهای اسیدشویی و رسوب زدائی جهت فلزات غیر آهنی:

زمان	درجه حرارت	اسید	فلزات
۱-۱۰ دقیقه ۱-۳ دقیقه	۱۰-۶۰ °C ۱۵ °C	وزنی ۷-۲۵٪ H_2SO_4 وزنی ۱۵-۲۵٪ HCl	مس و برنج (۱۰-۴۰٪ Zn و ۱۰٪ Cu) (۶۰-۹۰)
۲-۵ دقیقه	۷۵ °C	ابتدا با ۱۰٪ $NaOH$ سپس HCl یا H_2SO_4 (با غلظتهای فوق)	برنز آلومینیوم (۰-۵٪ Fe و ۰-۵٪ Ni) و ۵-۱۰٪ Al و ۰-۹۵٪ Cu (۸۲)
۱-۵ دقیقه	۱۵ °C	HF ۱-۳٪ + H_2SO_4 ۷-۲۵٪	آلیاژ مس - سیلیسیم دار (۱-۳٪ Si و ۰-۹۷٪ Cu) (۹۶)
۳۰ دقیقه	۸۰ °C	$CuCl_2$ ۱/۵٪ + HCl ۱۰٪	آلیاژهای کوپر و نیکل (۰-۲۷٪ Zn) و ۱۰-۳۰٪ Ni و ۰-۹۰٪ Cu (۵۵)
۱-۲ ساعت ۵-۳۰ دقیقه	۱۰۰ °C ۵۰ °C	ابتدا با ۵٪ $KMnO_4$ + ۲۰٪ $NaOH$ سپس با ۲۰٪ HNO_3 + HF	آلیاژهای نیکل - کرم (۰-۲٪ Si و ۰-۴۵٪ Fe) و ۱۶-۲۰٪ Cr و ۰-۸۰٪ Ni (۳۵)
۲۰ دقیقه ۱-۵ دقیقه	۶۵ °C ۱۵ °C	HF ۱-۵٪ + HNO_3 ۴۰٪ CrO_3 ۵٪ + H_2SO_4 ۲۵٪	آلیاژهای آلومینوم (۰-۱۲٪ Si) و ۰-۶٪ Zn و ۰-۱۰٪ Mg و ۰-۱۰٪ Cu (۰)
۱-۰۳ دقیقه ۱۵ ثانیه	۱۰۰ °C ۲۵ °C	H_2SO_4 ۳٪ + CrO_3 ۱۰-۲۰٪	آلیاژهای منیزیم (۰-۰/۲٪ Mn) و ۰-۳٪ Zn و ۰-۱۰٪ Al (۰-۱۰٪ Al)

ب) روش پاششی (Blasting): در این روش از مواد ساینده (**Abrasive**)، جامد و سخت برای تمیز کاری قطعات استفاده می‌گردند نوع تمیزکاری معمولاً به دو طریق صورت می‌گیرد. یکی به طریق ساتنریفوژ که در آن قطعات را در محفظه ای قرار می‌دهند و به کمک حرکت چرخشی و با استفاده از مواد ساینده تمیزکاری انجام می‌گیرد، و اغلب مواد ساینده را جمع آوری نموده و مجدداً به مصرف می‌رسانند. روش دیگر فشاری یا پاششی است که در آن به کمک هوای فشرده و انژکتور مواد ساینده بر روی قطعه مورد نظر پاشیده می‌شوند.

مهمترین موادی که به عنوان ساچمه یا مواد ساینده بکار برده می‌شوند عبارتند از: ماسه (**Sand**)، براده های فولادی (**Steel Grits**)، براده های شیشه، ساچمه، اکسیدهای سخت فلزات، کربور سیلیسیم (**Silicon Carbide**)، آلومین (**Al₂O₃**) و شلاکه‌های دیرگداز (**Refractory Slag**). عمل پاشش و برخورد شدید این گونه مواد بر روی سطوح فلزی هم زنگها و رسوبات را از سطح آنها تمیز می‌کند و هم سبب ایجاد یک سطح ناهموار و خشن می‌شود که موجب چسبندگی بهتر و استحکام پوشش می‌گردد.

یکی دیگر از روش‌های پاششی با استفاده از آب با فشارهای بالادست (در حدود ۱۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع) که یا آب تنها و یا آ همراه با هوا بکار برده می‌شود. که در این روش آب با فشار و توسط انژکتورهای مخصوص بر روی قطعات مورد نظر پاشیده می‌شود. در نتیجه رسوبات و مواد خارجی، کنده شده و سطح فلز کاملاً تمیز می‌گردد. البته در برخی موارد از وجود آب و پاشیدن آن همراه با ماسه زنی یا ساچمه زنی نیز مخصوصاً اگر خطر آتش سوزی وجود داشته باشد استفاده می‌نمایند. عوامل گوناگونی در روش‌های پاششی دخالت دارند که از آن جمله اند: مهارت افرادی که این عمل را انجام می‌دهند، استفاده از دستگاه مناسب که بتوان حجم معینی از مواد را با سرعت و فشار تنظیم شده کنترل نمود، نوع جنس ساینده‌ها (با توجه به جنس قطعات)، استفاده از لباس کارهای مخصوص که شخص را از خطرات و صدمات ناشی از آن حفاظت نماید و سرانجام عامل زمان که هم از نظر تمیزکاری و هم از نقطه نظر اقتصادی موثر می‌باشد.

ج) سایر روش‌ها: روش‌های دیگری نیز برای تمیز کردن رسوبها و مواد خارجی و زنگ آهن وجود دارند که با توجه به شرایط و امکان انجام آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند، از جمله تمیزکاری با برس های سیمی و تیغه های مخصوص که اغلب به کمک دست انجام می‌گیرند و گاهی نیز برسهای سیمی به کمک جریان برق و یا هوای فشرده بکار برده می‌شوند. روش دیگر تمیزکاری با شعله (**Flame Cleaning**) است، البته زمانی که خطر آتش سوزی در محل نباشد. که در نتیجه این روش مواد موجود در سطح فلز سوخته و پوسته پوسته شده و به وسیله برس دستی کاملاً تمیز می‌گردند. همچنین در مواردی از بخار آب برای تمیزکاری استفاده می‌شود، به طوری که مواد موجود در سطح را می‌توان به کمک بخار آب به صورت مایع یا مذاب درآورده و سپس به وسیله شستشوی آن با آب سطح فلز تمیز می‌گردد. در عمل از روش‌های اخیر کمتر از روش‌های اسیدشوئی و پاششی استفاده می‌نمایند. در جدول زیر دوام و طول عمر قابل استفاده دو سیستم رنگ کاری بر روی ۴ نوع آمادگی سطحی که به عنوان مقایسه توسط **Hudson** در

یک منطقه صنعتی مورد آزمایش قرار گرفته است مشاهده می گردد .
 به طوری که از نتایج جدول معلوم می شود هر چه تمیزکاری مناسبتر باشد عمر قابل استفاده پوشش رنگ نیز افزایش می یابد . البته در مورد رنگ کاری بر روی قشر نازک اکسیدی (سالم و دست نخورده) که عمر نسبتاً زیادی داشته است در مقیاس آزمایشگاهی امکان دارد ولی در عمل وجود چنین حالتی امکان پذیر نیست زیرا وجود و نگهداری سطوح بزرگ فلزات با قشری از اکسید به صورت عاری از هر گونه ترک غیرممکن می باشد (چه قبل از رنگ کاری و چه بعد از آن).

جدول _ تأثیر آماده سازی سطح فولاد در روی عمر پوشش های رنگ

نوع آماده سازی سطح	۲ لایه سرنج (آستر) + ۲ لایه رنگ اکسید آهن	۲ لایه رنگ اکسید آهن
قشر اکسید نازک (سالم و دست نخورده)	۸/۲ سال	۳ سال
برس سیمی زده شده بعد از Weathering	۲/۳	۱/۲
اسیدشوئی شده	۹/۵	۴/۶
تمیز شده به وسیله ماسه زنی	۱۰/۴	۶/۳

اطلاعات راجع به روش های سند بلاست (روش های تمیز کردن و زنگ زدائی):

استاندارد قابل قبول شرکت ملی گاز در مورد زنگ زدائی لوله ها عبارتند از :
 SA2 و SA3 (استاندارد سوئدی)

مشخصات ماسه قابل قبول در روش سند بلاستینگ:

- جنس ماسه از نوع سیلیکا (Silica) می باشد. (البته بستگی به میزان زنگ اولیه روی لوله دارد)
- ماسه باید فاقد خاک باشد . اگر سیلیس حاوی خاک باشد، خاک روی لوله می نشیند و شن پرتاب شده به خاک برخورد می کند ، لذا بخوبی داخل حفره ها را تمیز نمی کند.
- قطر ذرات ، قطر دانه های شن باید بین $\frac{1}{16}$ تا $\frac{1}{20}$ اینچ باشد.
- بعد از یکبار مصرف باید حداکثر ۱۰٪ از ذرات (ماسه) سیلیس پودر شده باشد . پودر شدن سریع سیلیس باعث سند بلاست مجدد می شود چون در مرحله اول سند بلاست لوله بخوبی تمیز نمی شود ، بنابراین لوله دو مرتبه با فشار ۱۰۰ Psi تحت سند بلاست قرار می گیرد و از ضخامت آن کاسته می شود . پودر شدن سریع سیلیس باعث

کیفیت نامرغوب ماسه مصرفی می باشد. دستگاه سند بلاست به صورت ثابت و متحرک مورد استفاده قرار می گیرد.

ماسه نباید خیس باشد زیرا باعث گرفتگی داخل نازل می گردد و از کیفیت تمیز شدن سطح لوله کاسته می گردد.

قطر نازل‌های سند بلاست در روش سند بلاستینگ:

نازل‌هایی که در سطح شرکت ملی گاز با توجه به استاندارد $SA3 \frac{1}{2}$ و SA2 مورد استفاده قرار می گیرند به شرح

زیراند:

نازل $\frac{1}{4}$ ، $\frac{5}{16}$ و $\frac{3}{8}$ اینچ

انتخاب هر یک از قطرهای فوق بر اساس دانه بندیهای سیلیس می باشد. یعنی اگر قطر دانه سیلیس کم باید سعی شود از نازل‌هایی که دارای قطر کوچک هستند استفاده شود.

سرعت شن پاشی:

سرعت شن پاشی در سیستم سند بلاستینگ بر اساس شرایط زیر محاسبه و به اجرا در می آید:

۱- میزان فشار

۲- انتخاب قطر نازل (هرچه فشار بیشتر شود باید دهانه نازل گشادتر شده و به همان نسبت باید قطر

کریستال‌های سیلیس بیشتر شود)

۳- محاسبه میزان شن، بطور معمول 3 kg شن به نسبت 1 Lb هوا استفاده می شود.

اگر چنانچه لوله های مورد استفاده دارای زنگ کارخانه ای یا Mill Scale باشند با چشم قابل رؤیت نمی باشد لذا برای دقت بیشتر می توان از ذره بین استفاده نمود. (زنگ کارخانه ای بوسیله ذره بین قوی روی لوله مشاهده می شود که به صورت لکه های کوچک خاکستری رنگ می باشند) برای زنگ زدائی بایستی زاویه نازل نسبت به سطح لوله ۹۰ درجه باشد و اگر چنانچه لوله دارای زنگ معمولی (زنگ یکدست) باشد. زاویه نازل نسبت به سطح لوله باید ۴۵ درجه انتخاب گردد.

نکاتی چند در مورد تمیزکاری:

۱- اصولاً مصرف و سرعت خرد شدن Grit سه برابر Shot می باشد.

۲- قیمت Grit حدود سه برابر ارزانتر از قیمت Shot است.

۳- جهت از بین بردن رنگ روی لوله که مقداری چسب رنگ باقی مانده بهتر است با سندبلاست (ماسه)

خشک استفاده شود تا به راحتی سطح لوله را تمیز نماید.

۴- اگر روی سطح لوله نمک باشد می توان با آب، نمک را از سطح جدا کردن تا سطح لوله تمیز گردد.

۵- در رابطه با روش سندبلاست فاصله بین نازل و لوله نبایستی کمتر از ۳۰ سانتیمتر و یا بیشتر از ۱ متر باشد.

۶- زمانی که برای رساندن درجه تمیزی سطح لوله به SA3 است، تقریباً سه برابر زمانی است که برای

$$t(SA3) = 3t(SA2 \frac{1}{2})$$

بدست آوردن $\frac{1}{2}$ SA2 لازم است.

برای برطرف کردن زنگ کارخانه ای یا Mill Scale (رنگ قهوه ای مایل به خاکستری بر روی سطوح لوله‌ها را زنگ کارخانه ای با Mill Scale می نامند) زاویه مناسب Nozzle نسبت به لوله ۹۰ درجه بوده و برای تمیز کردن زنگ معمولی زاویه ۴۵ درجه مناسب است، یعنی:

چنانچه زنگ روی لوله سطحی و یکدست بوده و عمیق نباشد زاویه نازل نسبت به سطح لوله ۴۵ درجه می باشد. در غیر این صورت برای از بین بردن زنگهای عمیق که حالت حفره ای دارد زاویه نازل نسبت به لوله ۹۰ درجه می باشد.

Nozzle های بکار رفته معمولاً $\frac{1}{4}$, $\frac{5}{16}$, $\frac{3}{8}$ اینچ می باشد.

فشار هوا بطور معمول ۱۰۰ Psi می باشد.

میزان زبری سطح لوله معمولاً بایستی حداکثر $\frac{1}{3}$ ضخامت پرایمر بکار رفته و زیر ۱۰۰ میکرون باشد. دانه های ساچمه ای سطح لوله را تیره و دانه های نوک تیز سطح لوله را براق می کند. فاصله نازل و سطح فاز در شن پاشی باید بین ۳۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر باشد و نسبت ۲ کیلو شن در یک متر مکعب هوا یک ترکیب مناسبی است. سرعت شن پاشی را به طریق زیر می توان محاسبه کرد:

۱- زیاد کردن مقدار شن در مخلوط هوا

۲- بالا بردن فشار هوا

۳- انتخاب نازل با قطر بیشتر

۴- کاربرد شن های ریزتر

عوامل انتخاب نوع پوشش عایقی:

۱- نوع خاک روی لوله و اطراف آن و محلی که لوله می خوابد.

۲- درجه حرارت محیط در موقع عملیات احداث لوله

۳- درجه حرارت لوله

۴- شرایط جغرافیائی و محلی

۵- مسئله نگهداری و حمل لوله‌ها

۶- هزینه

روش ساچمه زنی « Shot Blasting »

این روش فقط در کارگاه و به صورت ثابت اجرا شود زیرا غبارهای حاصله از روش ساچمه زنی باید حتماً تهویه شده و از محیط خارج گردد.

در این روش، سطح لوله نسبت به روش ماسه زنی تمیزتر خواهد شد.

مشخصات دستگاه تمیز کننده Shot Blast

این دستگاه از نوع ثابت بوده و لوله به صورت متحرک درون دستگاه قرار گرفته و توسط ساچمه، لوله‌ها را تمیز کرده تا با استاندارد SA(2 1/2) و یا SA3 تطبیق نماید. دستگاه فوق شامل قسمتهای زیر می باشد:

- 1- دستگاه تغذیه کننده و خارج کننده: (نقاله) شامل ئیدرولیکها، رولیکها، راهنماهای پارالل شده، تابلو اتوماتیک سیستم استفاده مجدد از ساچمه هائی که یک مرتبه زده شده است.
- 2- سیستم جدا کننده ساچمه از ناخالصیها، مانند گرد و خاک
- 3- سیستم اتوماتیک و تابلو برق دستگاه
- 4- قابلیت برای استفاده از لوله های ۶ متری و ۱۲ متری
- 5- پیش بینی سیستم جلوگیری از سقوط موشک در محفظه ساچمه زنی
- 6- سیستم تهویه برای از بین بردن گرد و غبار ناشی از ساچمه زنی
- 7- سیستم پاک کننده سطح لوله قبل از پرایمرزنی

روش گریت بلاستینگ Grit Blasting

گریت یا براده و ذرات فولاد نیز در زنگ زدائی لوله‌ها بکار می رود. گریت قبل از کاربایشی کاملاً خشک بوده و آغشته به مواد چربی و خاک نباشد.

فرق بین روش ساچمه زنی و روش گریت بلاستینگ:

بعلاّت گرد بودن ساچمه‌ها و زدن ضربه های نقطه ای به سطح لوله، سطح لوله کمی تیره تر از روش گریت است اما در روش گریت چون ذرات حالت کروی ندارد و براده ای است، اصطکاک طولی با لوله ایجاد کرده و با توجه به تیز بودن لبه های ذرات، خط براق از خود بجای می گذارند. بنابراین در این روش سطح لوله نسبت به روش ساچمه زنی کمی روشن تر است. (توضیح اینکه زنگ زدائی به روش ساچمه زنی یکی از بهترین روش زنگ زدائی می باشد و بطور ثابت در کارگاه انجام می گردد).

محاسبه مقدار Shot و Grit:

در رابطه با استفاده از روش فوق برای مثال برای تمیزکاری ۵۰ کیلومتر لوله (O.D) ۲۲ اینچ ۶۰ تن Shot لازم است و از رابطه ذیل استفاده می گردد:

$$S = \pi DL = \frac{3.14 \times 22 \times 2.54 \times 50000}{100} = 87731 \text{ m}^2$$

$$\text{هر شاخه } 12 \text{ متر} = 3.14 \times \frac{22}{100} \times 2.54 \times 12 = 21 \text{ m}^2$$

$$\text{کیلوگرم } 14/28 = 21 \times 0/68 = \text{مصرف برای هر شاخه لوله } 22 \text{ اینچ}$$

که در آن :

$$D = \text{قطر خارجی لوله} ، L = \text{طول لوله} ، \Pi = \text{ثابت } 3.14 ، S = \text{سطح لوله}$$

عملاً برای Shot و Grit به نسبت 50/50 برای 11 کیلومتر لوله 10 اینچ ، 5 تن Grit / Shot مصرف شده است.

لوله 10 اینچ :

$$DL = 3/14 \times 10 \times \frac{2/54}{100} \times 11000 = 8773/2$$

0/57 کیلو برای هر متر مربع لوله

مصرف و سرعت خرد شدن Grit سه برابر Shot است .

میزان زبری سطح لوله :

اگر سطح لوله بعد از زنگ زدائی بیش از حد صیقلی شود ، چسبندگی پرایمر روی سطح لوله از بین رفته و در ضمن مصرف آن بالاتر می رود .

میزان زبری سطح لوله می تواند از 25 تا 100 میکرون متعیر باشد . بعبارت دیگر میزان زبری لوله بعد از اتمام کار تمیز کاری و قبل از مرحله پرایمر زنی می تواند یک سوم ضخامت رنگ لوله باشد . چنانچه سطح لوله دارای زبری زیادی باشد به محض خشک شدن پرایمر باعث از بین بردن چسب پرایمر می گردد .

فرق بین SA2 1/2 یا SA3 :

لوله هائی که به روش SA3 زنگ زدائی می کردند

1- نیم درجه تمیزتر از SA2 1/2 لوله را زنگ زدائی می کند .

2- رنگ لوله تقریباً نزدیک به سفید می نماید .

ماشین پرایمر زنی، قیر پاشی - نوار پیچی از نوع سیستم ثابت:

این دستگاه جهت پرایمر زنی و عایقکاری گرم و برای لوله هائی با قطر ۲ الی ۱۲ اینچ و از ۱۶ الی ۳۰ اینچ و بطور ۶ متری و ۱۲ متری مورد استفاده قرار می گیرد. این دستگاه دارای مشخصات زیر است:

الف) دارای یک سیستم تغذیه نیمه اتوماتیک، انتقال لوله‌ها به دستگاه پرایمر زنی و سیستم نیمه اتوماتیک تخلیه لوله های پرایمر زده شده می باشد.

ب) دستگاه پرایمر زنی مجهز به جاروبکهای پرایمر زنی یا (موکت) و کلیه متعلقات مربوطه جهت پرایمر زنی یکنواخت و بدون ریزش در سطح خارجی لوله (عملاً با شرایط کاربردی شرکت ملی گاز یک لیتر پرایمر برای ۵ الی ۶ متر مربع سطح لوله لازم است).

ج) قیر پاشی و نوار پیچی توأمأً توسط مجموعه صورت می گیرد. درجه حرارت لوله هنگام عملیات نباید کمتر از ۷ درجه سانتیگراد باشد. سطح پرایمر خورده خشک و عاری از هرگونه گرد و خاک باشد. ضخامت عایق در عایقکاری تک لایه از ۲/۵ الی ۴ میلیمتر و برای عایق کاری دوبله از ۴ الی ۶ میلی متر می باشد.

د) مخزن قیر با مشخصات زیر:

۱- مخزن ذوب قیر دوجداره می باشد که ضخامت بدنه آن ۵ mm و ضخامت کف آن حداقل ۱۰ mm و از آهن مقاوم در برابر حرارت می باشد.

۲- سطح جانبی و بالائی مخزن بوسیله دو سیستم عایق حرارتی مناسب بین دو جداره عایق شده است.

۳- کف مخزن بوسیله آجر نسوز که در مقابل حرارت مقاوم است پوشانده شده است.

۴- ظرفیت مخزن ذوب قیر برای لوله های اندازه ۲ تا ۱۲ اینچ، ۱۶۰۰ لیتر و لوله های ۱۶ تا ۳۰ اینچ، ۴۵۰۰ لیتر می باشد.

۵- دریچه لولائی به ابعاد مناسب جهت تغذیه سریع و آسان تکه های خرد شده قیر.

۶- سیستم همزنی ئیدرولیک نیم دور که با هم زدن قیر در تمام جهت، ذوب یکنواخت را موجب می شود

۷- ترمومتر مدرج (از صفر تا ۳۶۰ درجه سانتیگراد) جهت نشان دادن درجه حرارت قیر.

۸- مشعل که جهت ذوب قیر بکار می رود. ضمناً سوخت آن می تواند از انواع سوختها باشد.

۹- ترموستات مناسب جهت کنترل درجه حرارت قیر در داخل مخزن.

۱۰- صافی یا فیلتر نصب شده در محل خروجی که با ابعاد ۱.۵ میلی متر جهت جلوگیری از خروج مواد زائد به همراه قیر بر روی سطح لوله می باشد.

۱۱- شیر تخلیه به قطر ۲ اینچ که می بایستی در پائین ترین محل مناسب و در یکی از سطوح جانبی نصب گردد

۱۲- شیر مناسب جهت مکش قیر مذاب از مخزن به قطر ۲ اینچ با سرشیلنگی برای اتصال به شیلنگ انتقال قیر مذاب.

۱۳- مخزن می بایستی روی پایه هائی که محکم و ثابت قرار گرفته ، مستقر شود .

پرایمر:

پرایمر (PRIMER) مایع سیاه رنگی است که دارای خاصیت چسبندگی نسبت به سطح لوله و همچنین به مواد عایقی اعم از نوار یا قیر بوده و خاصیت ضد زنگی دارد و از اکسید شدن سطح لوله توسط هوا جلوگیری بعمل می آورد.

ماشین نوارپیچ و قیرپاش:

این دو دستگاه که به هم متصل می باشند عملیات قیرپاشی و عایقکاری را توأمآ انجام می دهد. قیر مورد مصرف توسط لوله های انتقال قیر مذاب از دیگ قیر که در عقب دستگاه نوارپیچ حرکت می کند به مخزن قیرپاش نصب شده روی دستگاه نوارپیچ منتقل شده و با استفاده از نوار پشم شیشه داخلی و خارجی لوله عایقکاری می شود.

. توضیح :

در حین عایقکاری با نوار پشم شیشه داخلی با توجه به مذاب بودن قیر مصرفی و نازک بودن نوار پشم شیشه ، مقداری قیر به سطح بیرونی نوار پشم شیشه نفوذ می کند و این قیر نفوذی با نوار ضخیم خارجی که بلافاصله روی نوار ریزی پیچیده می شود ، ایجاد چسبندگی می کند .

درجه حرارت قیر مذاب از ۲۵۰ درجه سانتی گراد تا ۲۶۰ درجه سانتی گراد می باشد .

چنانچه قیر به مرحله ذوب رسیده باشد و قابل استفاده برای عایقکاری گردید اما به دلایلی عایقکاری انجام نگیرد و در حالت ذوب حدود ۶ ساعت بماند در این صورت قیر به صورت سوختن پدید می آید و نیز از بوی بسیار تند قابل تشخیص است .

لازم به توضیح است که همیشه در موقع عایقکاری با قیر می بایستی به محض اینکه درجه حرارت حدود ۲۳۰ درجه سانتی گراد رسید کار شروع گردد و به محض نزدیک شدن درجه حرارت به محدوده ۲۵۰ درجه مشعل زیر دیگ خاموش گردد و بعد از ۲۰ دقیقه مجدداً مشعل روشن گردد . اما بهترین عامل (فاکتور) خود درجه حرارت قیر است که می بایستی در طول عملیات عایقکاری بازدید شود . ضمناً قبل از شروع عایقکاری و گرم نمودن قیر می بایستی از سالم بودن و کارائی ترمومتر دیگ قیر اطمینان حاصل کرد زیرا در کار همزن داخلی دیگ اختلال ایجاد می شود و علاوه بر اینکه سبب ایجاد عدم یکنواختی در قیر پاشیده شده می شود . سبب بسته شدن دهانه فیلتر دستگاه (قطر سوراخهای فیلتر ۱.۵ میلیمتر است) می گردد.

نحوه نگهداری مواد عایقی سرد:

نوارهای عایقی می بایستی به صورت بسته بندی اولیه و دور از رطوبت و گرد و خاک و نور خورشید نگهداری شود. محل نگهداری بایستی سرپوشیده بوده و در صورت چیدن نوارها بر روی هم حداقل ارتفاع نباید بیشتر از ۲ متر باشد.

نوارهای عایقکاری باید در محل خشک و سرپوشیده نگهداری شده و با کف زمین تماس مستقیم نداشته باشند. در حمل و نقل و جابجائی بشکه های پرایمر باید سعی شود که از سوراخ شدن بشکه ها و هدر رفتن پرایمرها جلوگیری شود و همچنین پس از هر بار مصرف می بایستی درب بشکه ها بسته شود تا گرد و خاک و کثافت وارد بشکه نشود. که در این صورت پرایمر فاسد خواهد شد.

پرایمرها از نظر چسبندگی و بافت شیمیائی و از نظر درصد حلالهای موجود درون آنها با یکدیگر اختلاف دارند. پرایمرهایی که در سطح شرکت ملی گاز مورد استفاده قرار می گیرد عبارتند از:

۱- پرایمر نیتو (Nitto): ظرفهای پرایمر نیتو با علامت B30 (هم برای نوع رقیق و هم برای نوع غلیظ) نشان داده می شود. پرایمر نیتو ساخت ژاپن است.

۲- پرایمر پولیکن

ساخت آمریکا و کندال کانادا است و انواع آن عبارتند از:

P 919 رقیق

P 927 غلیظ

P 929 قابل کار در سیستم ماشین نوارپیچی

۳- پرایمر آلتن

ساخت ایتالیا است و انواع آن عبارتند از:

P 19 رقیق

P 27 غلیظ

P 10 فقط در رایپینگ با ماشین

۴- فوروکاوا (راپکو)

ساخت ژاپن است و انواع آن عبارتند از:

FM 6: این پرایمر در درجه حرارت های پائین مورد استفاده قرار می گیرد.

H: مخصوص محللهائی است که درجه حرارت بسیار بالائی دارند مانند رایزرها

اصولاً از رنگ و نوار فوروکاوا بعلت آنکه سریع خشک می شود بهتر است تنها در جاهائی که دارای آب و هوای رطوبتی است استفاده شود تا در آب و هوای خشک.

به هیچ وجه از پرایمرهای ناهمنام که از یک سازنده نیستند در امر عایقکاری استفاده نشود زیرا میزان چسبندگی به حد نصاب استاندارد نمی رسد.

ترکیبات پرایمر:

- ۱- ماده اصلی چسبنده
- ۲- حلالها
- ۳- مواد روان کننده (جهت پائین آوردن درجه حرارت برای مایع شدن چسبها)
- ۴- مواد پر کننده (مواد جامدی هستند که باعث چسبندگی بهتر و پائین آوردن قیمت می گردد).
- ۵- مواد سخت کننده
- ۶- مولد تسریع کننده
- ۷- مواد پخش کننده (موادی هستند که جهت پخش شدن بهتر مواد چسبی و روانی آن و نفوذش در خلل و فرج سطح فلز بکار می رود)
- ۸- مواد ثابت کننده
- ۹- مواد ضد باکتری (این مواد جهت جلوگیری از فساد مواد چسبی بکار می رود) دو خصلت چسبها نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

ترکیبات مواد پرایمر سرد و گرم:

الف) پرایمر سرد

- مواد رزینی و پلاستیکی
- بوتیل رابر
- کائوچوب طبیعی
- حلالهای مختلف

ب) پرایمر گرم

- کلروپرن
- کائوچو
- ضد باکتریها
- مواد ضد اکسید کننده

توضیح اینکه برای از بین بردن پرایمر قبلی از روی سطح لوله اگر چنانچه نوع پرایمر خورده شده، از نوع سرد باشد می توان از نفتا و یا تولوئن استفاده نمود که البته در بعضی از مواقع از بنزین بدون سرب نیز استفاده می شود.

بعد از اتمام عملیات پرایمر زنی طبق استاندارد از نقطه نظر یکنواختی ضخامت رنگ و نداشتن پوسته پوسته (تاول) که بطور کلی از روی ظاهر مشخص می باشد، مرحله قیرپاشی و نواریچگی به صورت زیر انجام می گردد. ابتدا لوله پرایمر خورده به دهنه ورودی دستگاه قیرپاشی انتقال و نوار پشم شیشه داخلی که با قیر مذاب آغشته شده همزمان با قیر بدور لوله پیچیده و به دنبال آن یک لایه نوار پشم شیشه خارجی که آغشته به مواد قیری نیز می باشد لوله را ایزوله می نمایند .

بعد از اینکه کار پرایمر زنی به نحو مطلوب انجام شد لوله توسط ماشین نواریچ نوار پشم شیشه داخلی که نازک است ، ایزوله شده و پشت سر آن از نوار خارجی که ضخیم و جنس آن آغشته به مواد نفتی (قیری) می باشد استفاده کرده و لوله را کاملاً ایزوله می شود سپس توسط دستگاه H.D آزمایش پوشش بعمل می آید و نقاط معیوب و سرجوشها و اشکال غیرهندسی را می بایستی توسط نوار دستی قیری که پایه قیری دارند مانند سروی رپ (Servi Wrap) دنسوپل (Densopol) و مافلو (Maflo) نقاط فوق را عایق نمود.

عایقکاری خطوط لوله توسط سیستم قیر ذغال سنگی:

پس از انجام مراحل اولیه تمیزکاری، پرایمر زده می شود. درموقع شروع عملیات عایقکاری می بایستی از ماشین زنگ که شامل ۴ عدد برس سیمی است لوله را تمیز نمود و سپس برای زدودن خاک توسط پارچه تمیز لوله را پشت سر دستگاه تمیز نموده و سپس بوسیله ماشین پرایمر زنی لوله را پرایمر زده و پس از آن توسط برس دستی نقاط سرجوشها را برای اطمینان بیشتر پرایمر زده، آنگاه با استفاده از ماشین قیرپاشی و نواریچ که توأمأ با همدیگر کار می کنند کار نواریچگی را مانند سیستم لوله های شبکه های شهری شروع و توسط دستگاه H . D موردآزمایش قرار می گیرد. باید توجه داشت که ولتاژ برای آزمایش پوشش عایق گرم از ۱۰ کیلو ولت تا ۱۵ می باشد . همچنین قسمتهای تعمیراتی را در چنین سیستم می توان با توجه به گرم بودن قیر مذاب در محل و آماده بودن آن توسط نوار ضخیم خارجی در همان موقع انجام و نقاط معیوب را تعمیر نمود.

ضخامت قیر در عایقکاری Single در خطوط لوله و شبکه شهری از ۲ تا ۴ میلی متر است .

عایقکاری دوبله:

ضخامت در این نوع عایقکاری تا ۶ میلی متر خواهد بود به طریق زیر عایقکاری دوبله بعمل می آید . اول قیر و پشم شیشه داخلی و بعد از اینکه قیر خودش را گرفت مجدداً برای دومین مرحله قیر و پشم شیشه داخلی همزمان روی لوله پیچیده شود و سپس با نوار ضخیم خارجی عایقکاری دوبله پایان می گیرد . بعد از آن توسط دستگاه عیب یاب با ولتاژ تقریبی ۱۵ کیلو ولت باید آزمایش پوشش بعمل آید . خطوط لوله و شبکه شهری می بایستی لوله هائی که عایق گرم توسط قیر بر روی آنها انجام می گیرد قبل از بیرون آمدن کامل لوله از دهنه دستگاه ، لوله توسط آب و یا از ترکیب زیر شسته شود تا گرمای قیر پائین آمده و زودتر خودش را به سطح بچسباند.

مخلوطی که با آن در عایقکاری گرم لوله را شستشو می دهند شامل :

۱- ۱۰۰۰ لیتر آب

۲- ۳ کیلوگرم آهک زنده

۳- ۲ لیتر روغن بزرگ

۴- ۲ کیلوگرم نمک طعام

ولتاژ خروجی دستگاه با توجه به بالا بودن ضخامت قیر (در سیستم دوبله) روی 12 تا 15 kv تنظیم میشود.
(در سیستم Single که ضخامت قیر مصرفی 2 تا 4 mm می باشد ولتاژ خروجی دستگاه روی 10 تا 12 kv تنظیم می گردد.)

در هنگام عایقکاری گرم باید نوارهای قیری بعد از پیچیده شدن، بوسیله آب خنک شود تا سریعتر سرد شود. در هنگام عایقکاری گرم در کارگاه بعد از سندبلاست فقط یکدست پرایمر زده می شود و در موقع شروع رپینگ احتیاج به پرایمر ثانویه نیست.

فرقی که عایقکاری گرم در سایت با کارگاه دارد در مرحله زنگ زدائی مجدد با استفاده از ماشین است که بعد از گردگیری پشت ماشین فوق الذکر بقیه مراحل مانند مرحله کارگاهی صورت می گیرد. در بعضی از شرایط خاص نوار ضخیم خارجی هم دوبله پیچیده می شود .

در صورت استفاده از پرایمرهای (N. P. A) باید قبل از شروع عایقکاری صبر کرد تا پرایمر بقدری خشک شود تا در صورت لمس پرایمر روی لوله بوسیله انگشت اثری از آن نماند. به این نوع پرایمر Touch Dry می گویند اما در مورد پرایمر F (فوروکاوا) باید بلافاصله پس از زدن پرایمر روی لوله عایقکاری را شروع کرد . به این نوع پرایمر Fast Dryer می گویند.

بعلت تبخیر نوع (F) باید از آن در مناطق مرطوب استفاده شود زیرا خشکی هوا خود عامل خشک شدن سریع پرایمر اسلصو لاً از پرایمرهای رقیق در زمستان و غلیظ در تابستان باید استفاده گردد زیرا پرایمرهای رقیق تر در تابستان فوراً تبخیر می شوند .

نحوه پرایمر زنی لوله در شرکت ملی گاز:

الف) روش پرایمر زنی دستی:

این روش توسط برسهای دستی و پرایمر بر سطح لوله زده می شود و پرایمرزن می بایست دقت کند که پرایمر به صورت یکدست و بطور هماهنگ بر روی لوله زده شود و از ریزش کردن پرایمر جلوگیری بعمل آید .

ب) روش پرایمر زنی توسط ماشین:

این روش که توسط ماشین انجام می گیرد، بوسیله موکتی که در انتهای ماشین قرار دارد دور تا دور لوله پیچیده شده و سپس پرایمر به صورت یکنواخت و هماهنگ به سطح لوله زده می شود. ضمناً پرایمر زنی توسط ماشین از سرعت بیشتری برخوردار است لیکن می بایست مطمئن شد که موکت پرایمری مرتباً تمیز شود تا پرایمرهای قبلی به صورت جامد یا به صورت قطره های خشک شده بر روی موکت بر جای نمانده باشند. بعد از اتمام پرایمر زنی نقاطی از لوله مانند خلل و فرج های بایست بوسیله برسهای دستی با دقت پرایمر زده شود تا چسبندگی به صورت یکسان صورت گیرد.

اگر چنانچه از پرایمر رقیق در هنگام عایقکاری استفاده شود چون پرایمر دارای ریزش است مخصوصاً در نواحی زیر لوله نوار کیفیت چسبندگی خوبی در زیر لوله نخواهد داشت .

پرایمرهای فوروکاو WRAP.CO – PRIMERS به دو صورت می باشد H و N

ماده چسبنده در هر دو نوع فوق، رابر و رزین بوده و نحوه رنگ آمیزی آنها بوسیله برس و یا اسپری می باشد . از پرایمر تیپ N در درجه حرارت های معمولی با نوارهای مخصوص بخود و پرایمر تیپ H در درجه حرارت های بالا استفاده می شود .

تشخیص پرایمر سالم از فاسد :

۱- روش آزمایشگاهی (Peel test)

با استفاده از صفحات مخصوصی (Plate) که پرایمر بر روی آنها زده می شود تکه ای از نوار همنام را روی آن چسبانده پس از مدت ۴۸ ساعت نوار را از پرایمر بوسیله نیروسنج با نیروی 100 kg/cm^2 جدا می نمایند . این روش برای نوار نیز بکار می رود .

۲- روش صحرائی

یک تکه لوله را با نوار سالم همنوع و پرایمر موجود عایقکاری کرده سپس باند تست می کنیم اگر جواب مثبت باشد یعنی اگر نوار با نیروی معادل 1.5 kg/cm^2 کنده شد نتیجه می شود پرایمر سالم بوده است.

۳- بهم زدن پرایمر در یک ظرف کوچک:

اگر پرایمر کاملاً یکنواخت باشد (هموزن) نتیجه می شود که پرایمر سالم است (منظور اینکه پرایمر در ته ظرف و رو ظرف می بایستی کاملاً مایع و یکدست باشد)

۴- ظاهر شدن حباب های هوا :

ظرف پرایمر را با دست چند مرتبه تکان می دهیم اگر حباب هوا روی سطح بالائی پرایمر ظاهر شد نشان دهنده خرابی پرایمر است.

رقیق کردن پرایمر:

جهت رقیق کردن پرایمرهای غلیظ در صورت اجبار از یکی از روش های ذیل می توان استفاده کرد:

۱- ترکیب پرایمر نوع رقیق با غلیظ از یک سازنده باشد .

۲- استفاده از حلالهای مناسب مانند : بنزین ، تولوئن یا نفتا ۷۷٪ بنزین بدون سرب ، حلال بنزین فقط برای پرایمرهایی که نوع چسب آنها بوتیل رابر است (یعنی پرایمرهای نواری) کاربرد دارد و برای پرایمر سینتتیک قیری مناسب نیست.

در رابطه با رقیق نمودن رنگها برای استفاده در امر عایقکاری اصولاً صحیح نیست که بغیر از تینر مخصوص سازنده‌ها برای رنگهای مخصوص از تینر دیگری استفاده شود. چنانچه تینرهای مخصوص موجود نباشد می توان از رنگهای رقیق همان سازنده به پرایمر غلیظ اضافه نمود.

پرایمر اولیه و ثانویه :

پرایمر اولیه در کارگاه سندبلاست بعد از زنگ زدائی لوله زده می‌شود به این منظور که لوله تا زمان عایقکاری در معرض زنگ زدائی قرار نگیرد . پرایمر ثانویه در سایت هنگام لوله گذاری زده می‌شود .

مشخصات پرایمر و نوارهای WRAP-CO (فوروکاو) :

الف - WRAP - COTAPE

۱ - 50 HM - 75VS - 75HT برای استفاده لوله های سایز بالا توسط ماشین بکار می رود.

۲ - شامل نوارهای JWH و JW می باشد.

۳ - برای عایقکاری محل‌های اتصالات ، تبدیل‌ها و کپها که توسط دست بکار برده می شوند شامل نوارهای

SEALR و SEALRH

۴ - شامل نوارهای H ، A ، W (دستی و ماشینی)

H : برای خطوط اصلی (HIGH PRESSURE)

M: برای لوله های معمولی (شبکه های شهری) (MEDDIUM PO)

W: لوله های آب (WATER SUPPLY)

ضخامت نوارهای گروه ۱ به همراه درجه حرارت بکار گیری آنها عبارتند از:

(الف)

TICINESS

HM 0.50 mm
VS 0.75 mm
HT 0.75mm

TEMPERATUR

-35 c ___ 85 c
-35c ___ 60c
-23 c ___ 105c

WRAP.co PRIMERS (ب)

پرایمرهای مورد استفاده عبارتند از نوارهای H، N پرایمر نوار N به همراه نوارهای HM، VS در درجه حرارت‌های معمولی و پرایمر نوار HT در درجه حرارت‌های بالا بکار برده می‌شود.

نوار داخلی	نوار خارجی	پرایمر
HM	راپکو P-50	N
VS	راپکو NV-50	N
HT	راپکو V-50	H

یادآوری می‌شود نوارهای داخلی از دو لایه ساخته شده‌اند. لایه پلاستیک و ماده چسبنده و جنس لایه پلاستیک در نوارهای فوق الذکر پلی‌اتیلن است.

ضخامت لایه پلاستیک در نوار HM ۶.۳۰mm و در نوار VS و HT ۰.۲۵ mm می‌باشد.

ضخامت لایه چسبی که از نوع بوتیل رابر است به شرح زیر می‌باشد:

در نوارهای HM ۰/۲۰ mm

در نوارهای CS، HT ۰/۵۰ mm

رابطه عایقکاری با حفاظت از زنگ :

۱ - چسبندگی یکی از خواص فیزیکی است که اهمیت زیادی در سیستم حفاظت از زنگ دارد. یعنی یکی از راه‌های جلوگیری از زنگ زدگی فلزات، عایقکاری فلزات می‌باشد.

۲ - انواع مختلف عایقکاری که در سطح شرکت ملی گاز اعمال می‌گردد:

الف - عایقکاری سیستم نوار (سرد)

ب - عایقکاری سیستم قیر ذغال سنگی (گرم)

ج - عایقکاری سیستم اپوکسی و پلی‌اتیلن

۳ - روش‌های مختلف عایقکاری

الف - بوسیله دست

ب - بوسیله ماشین ثابت

ج - بوسیله ماشین متحرک

توضیح اینکه عایقکاری در دو جبهه انجام می‌گردد.

۱ - عایقکاری شبکه های شهری :

این سیستم به دو صورت انجام می گیرد که یکی به روش سیستم قیر ذغال سنگی و دومی به صورت نوار پیچی سرد می باشد.

۲ - عایقکاری خطوط لوله :

مراحل عایقکاری نوار پیچی سرد

۱ - تمیز کاری لوله‌ها به روش شن زنی (سندبلاست) یا ساچمه زنی در کارگاه

۲ - پرایمر زدن اولیه به سطح لوله

۳ - پرایمر ثانویه

۴ - نوار داخلی INNER WRAP با ضخامت ۱۵ الی ۲۰ میل

۵ - نوار خارجی OUTER WRAP با ضخامت ۲۰ الی ۲۵ میل

عایقکاری قسمتهائی مانند سر اتصالات شیرها بایستی بوسیله نوار نرم و مخصوص که قابلیت کش آمدن زیادی را دارد نوار پیچی گردد.

انواع عایقکاری و روش‌های آن :

سیستم عایقکاری سرد :

روش‌های عایقکاری لوله های گاز در سیستم عایقکاری سرد به دو صورت است:

الف - روش دستی :

این روش هم در محل کارگاه و هم در سر سایت (در کنار کانال) انجام می‌شود . برای انجام این روش باید مراحل زیر را قدم به قدم به اجرا در آورد.

۱ - حصول اطمینان از تمیز بودن سطح لوله در سطح استاندارد - $\frac{1}{2}$ SA2 یا SA3

۲ - عدم وجود علائم چربی و سایر کثافات روی لوله

۳ - بررسی سالم بودن پرایمر و همنام بودن آن با نوار داخلی

۴ - زدن پرایمر ثانویه بعد از اطمینان از خشک شدن پرایمر اولیه بطور کامل

۶ - مشخص نمودن وضعیت و سالم بودن نوارهای داخلی و خارجی

توضیح :

اگر چنانچه پرایمر مصرفی ثانویه از نوع نیتو، آلتن و یا پولیکن باشد با لمس پرایمری که روی لوله زده شد و حصول اطمینان از اینکه پرایمر بقدر کافی خشک شد، بطوری که روی انگشت اثر نگذارد می توان کار عایقکاری را با نوار داخلی هم‌نوع پرایمر شروع کرد. ولی اگر پرایمر از نوع فوروکاوا (راپکواکند) باید در حالی که پرایمر کاملاً

خیس است کار عایقکاری را با نوار هم‌نوع شروع کرد. میزان اورلپ (OVERLAP) در هنگام نوار پیچی با توجه به شرایط خاک و وضعیت کانال مشخص می‌گردد.

ب - عایقکاری توسط ماشین در سیستم نوار پیچی سرد

کلیه مراحل که بایستی در این نوع سیستم جهت اجرای یک عایقکاری خوب روی لوله بعمل آید دقیقاً مشابه قسمت الف می باشد.

عایقکاری اشکال غیر هندسی:

در رابطه با عایقکاری این نوع اشکال غیر هندسی از قبیل تی سرویس، زانو، سرجوشها، کپ، ولو و غیره می بایستی از رنگ و نوارهایی که دارای خاصیت انعطاف پذیری و قابلیت کشش زیادی می باشند استفاده کرد. با توجه به نرم بودن نوع این پوشش‌هایی می توان محل‌های مذکور را به راحتی ایزوله نمود.

نوار و پرایمرهایی که در این نوع عایقکاری‌ها مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از:

۱ - نوار نیتو S-54 (در سایزهای ۶، ۴، ۲ اینچ) که پرایمر آن نیز از نوع نوار می باشد.

۲ - نوار پولیکن Pq 35 و Pq ۳۴ با پرایمر Pq 30

عایقکاری شیرهای مدفون در خاک:

از اندازه های پائین تا ۴ اینچ، پس از تمیز کردن کامل با برس سیمی بوسیله پرایمر و نوار مخصوص که لایه چسب آن قیری است، باید عایقکاری شود و بوسیله دستگاه H-D مورد آزمایش قرار گیرد.

عایقکاری شیرها از ۴ اینچ به بالا، پس از عملیات تمیز کاری توسط برس سیمی بوسیله پرایمر و نوار مخصوص آغشته به مواد Petrolatum باید عایقکاری گردد.

بطور کلی برای عایقکاری شیرها با قیر و خرد کردن پشم شیشه داخلی حداقل در سه زمان درون قالب قیر اندود شده شیر ریخته و سپس با دستگاه عیب یاب مورد بررسی قرار می گیرد.

نکات مهم

۱ - باید سعی شود عایقکاری نوع سرد در درجه حرارت‌های مناسب بین 7°C تا 35°C صورت گیرد. در دمای زیر 7°C (درجه حرارت لوله در هوای سرد از دمای محیط پائین تر است) نوار سخت شده و قابلیت انعطاف آن و در نتیجه چسبندگی آن به سطح لوله بسیار کم می‌شود و در دمای بالاتر از 35°C پرایمر سریعاً تبخیر شود و نوار نیز بعلت حرارت زیاد سریعاً چین و چروک بر می دارد و یکنواختی خود را از دست داده و چسبندگی آن به لوله کم می‌شود. ضمناً لازم به توضیح است که درجه رطوبت نیز در چسبندگی و یا عدم چسبندگی موثر می باشد.

۳ - فاصله بین سطح خارجی لوله تا لایه چسبنده نوار داخلی در هنگام عایقکاری باید حداکثر ۵ انگستر باشد در غیر اینصورت نوار چسبندگی خوبی به لوله نخواهد داشت.

وظائف ناظرین قبل از شروع عایقکاری:

- ۱ - بررسی تکه های قیر خرد شده بطوری که نباید کمتر از ۲ kg و بیشتر از ۷ kg باشند.
- ۲ - بررسی وضعیت محلی که تکه های قیر خرد می شوند (تکه های خرد شده نباید با زمین بخصوص محل خاکی تماس داشته باشند).
- ۳ - بررسی وضعیت دستگاه H . D از نظر کارائی و سالم بودن.
- ۴ - بررسی وضعیت فیلتر (صافی)
- فیلتر در محل خروج قیر از دیگ نصب می شود که از خروج ذرات سخت و غیر مذاب قیر جلوگیری نماید. لازم به یادآوری است چشمه های فیلتر به ابعاد حداکثر ۱.۵ میلیمتر می باشد.
- ۵ - بررسی وضعیت لوله های خرطومی
- ۶ - تعویض و تمیز کردن صافی
- ۷ - تمیز بودن داخل دیگ
- ۸ - سالم بودن سیستم بهم زن
- ۹ - بررسی پمپ آبی
- ۱۰ - بررسی وضعیت ترمومتر از نظر ساعتی که جهت نشان دادن درجه ذوب قیر میباشد.
- ۱۱ - بررسی وضعیت کشش نوار
- ۱۲ - بررسی وضعیت عمق و عرض کانال مطابق با دفتر و پیمان
- ۱۳ - بررسی وضعیت خاک سرند شده زیر و روی لوله و نوار خطر گاز

نوارهای راکشیلد :

محلتهائی که در آنها از این نوع نوارها استفاده می شود به شرح زیر است :

- ۱ - مناطق کاملاً کوهستانی یا ضخره ای
- ۲ - محل تقاطع با ریلهای راه آهن
- ۳ - محل عبور از مسیرهای باتلاقی
- ۴ - تقاطع لوله با تأسیساتی که از نظر حفاظت از زنگ تحت تأثیر جریانات کاذب قرار داشته باشد.
- ۵ - تقاطع با جاده و رودخانه

- ۶ - عبور در زیر پلهائی که ماشین آلات سنگین از آن عبور می کنند.
 - ۷ - بین لوله گاز و غلافی فولادی
 - ۸ - بین لوله گاز و غلافی سیمانی
- نوارهای راکشیلد با توجه به ضخامت ذکر شده بجز در دو مورد آخرین محافظ لوله به حساب می آید .

عوامل موثر در چسبندگی :

- ۱ - کیفیت زنگ زدائی لوله و تمیز بودن سطح آن
- ۲ - صیقل نبودن و زبر نبودن سطح لوله بیش از حد مجاز
- ۳ - زمان خشک شدن پرایمر قبل از نوار پیچی (با توجه به نوع پرایمر مصرفی)
- ۴ - ضخامت لایه پرامیر (لایه های پرایمر با ضخامت زیاد اثر منفی در میزان چسبندگی دارد)
- ۵ - درجه حرارت محیط در موقع عایقکاری
- ۶ - همنام بودن رنگ و نوار از یک سازنده
- ۷ - سالم بودن مواد عایقی مصرفی
- ۸ - کارائی سیستم نوار پیچ (دستی یا ماشینی)
- ۹ - هماهنگی دقیق بین نوار پیچ با پرایمر زن و عوامل جنبی دیگر

وضعیت چسبندگی نوارهای پلاستیکی روی لوله (عایق سرد):

خواص فیزیکی پوشش ها و اختلافات بین نیروی چسبندگی به لایه پلاستیکی باعث می گردند که نوارها بصورت های مختلف از روی لوله کنده شوند.

۱ - حالت اول

دراین حالت نیروهای چسبندگی درونی بیش از چسبندگی به سطح لوله بوده و پرایمر و لایه چسب و نوار باهم از روی لوله کنده می شوند. این چسبندگی غیر قابل قبول بوده و به یکی از دلایل زیر ممکن است بوجود آید:

- الف - کثیف بودن سطح فلز
- ب - مرطوب بودن آن در موقع عایقکاری
- ج - فاسد و یا ناخالص بودن پرایمر
- د - مناسب نبودن پرایمر بکار رفته

2- حالت دوم

در این حالت نیروهای چسبندگی درونی بیش از چسبندگی به سطح لوله بوده و پرایمر بر روی سطح لوله باقیمانده و لایه های پلاستیکی و چسبنده نوار از روی سطح کنده می شوند. این حالت چسبندگی با اینکه دلخواه نیست ولی اگر میزان چسبندگی در حد نصاب باشد می توان آن را مورد تأیید و قبول کرد.

دلایل بوجود آمدن این حالت بشرح زیر می باشد:

الف - کاربرد پرایمر نامناسب

ب - درجه خشکی پرایمر قبل از نوار پیچی کافی نبوده

ج - دمای پائین محیط در موقع نوار پیچی

د - عدم کشش کافی ماشین نوار پیچی در موقع عایقکاری

ه - عدم رعایت فاصله زمانی (۲۴ ساعت) از نظر انجام آزمایش چسبندگی

۳ - حالت سوم

در این حالت چسبندگی پرایمر و لایه چسبی به لوله بیشتر از چسبندگی درونی بوده و در موقع کنده شدن قسمتی از چسب نوار بر روی لوله باقی می ماند. این حالت چسبندگی نسبت به انواع دیگر از نظر قابلیت اطمینان بیشتری دارد.

کنده شدن لایه پلاستیکی نوار از سطح لوله:

در این حالت چسبندگی بین لایه چسبی و لایه پلاستیکی نوار ضعیف بوده و لایه چسبی بر روی لوله باقی مانده و لایه پلاستیکی کنده می شود. چسبندگی اگر در حد نصاب 1.5 kg/cm باشد مورد تأیید است.

شرایط باند تست:

۱- چنانچه در موقع آزمایش توسط نیروسنج مشاهده گردید که با نیروی کمتر از 1.5 kg/cm ، نوار داخلی و پرایمر سطح لوله از سطح لوله جدا شدند، چسبندگی مورد تأیید نمی باشد.

علت وجود چنین حالتی بخاطر قوی تر کردن نیروی جاذبه ای لایه چسبی نوار و پرایمر نسبت به چسبندگی بین پرایمر و لوله می باشد. دلایل ایجاد چنین حالتی عبارتند از:

الف - عدم درجه حرارت مناسب در موقع عایقکاری

ب - فاسد بودن پرایمر

ج - سریع خشک شدن پرایمر قبل از عایقکاری

د - کثیف بودن سطح لوله قبل از عایقکاری

۲- در این حالت درتموقع نوانلو براحتی از لوله جدا شده ولیکن پرایمر ثانویه جدا نمی گردد . نتیجه می گیریم که چسبندگی پرایمر به لوله خوب بوده است در حالیکه چسبندگی نوار به پرایمر خوب نیست. در این حالت نیز باند تست تأیید نمی گردد. دلایل ایجاد چنین حالتی عبارتند از :

الف) فاسد بودن لایه چسبی نوار داخلی

ب) زمان نوار پیچی مناسب نبوده است

ج) اگر در موقع باند تست ، نوار ، بصورت ورقه ورقه یا تکه تکه بلند شود یعنی اینکه یک تکه از نوار به سختی از روی سطح لوله جدا شده ولیکن لایه چسبی آن تا حدودی بر روی سطح لوله پرایمر خورده باقی باشد و همچنین تکه دوم ، به هیچ وجه از سطح لوله جدا نگردد و هیچگونه تغییری در وضعیت پرایمر روی لوله ایجاد نشود، نتیجه می شود که به علت داشتن حد نصاب نیروی واراده به پوشش باند تست مورد تأیید است.

د) در موقع باند تست با اعمال نیروی حد نصاب استاندارد ، نوار به هیچ وجه از روی لوله جدا نمی گردد و در صورت اعمال نیروی بیش از حد نصاب ، به صورت چند لایم ای از روی نوار لوله بلند میشود. در این حالت بهترین چسبندگی بین نوار و لوله بوجود آمده است.

نحوه تشخیص سالم بودن نوار :

۱ - روی یک تکه لوله سند بلاست شده استاندارد پرایمر کاملاً سالم و همونوع نوار مورد نظر، عایقکاری نموده و بعد از مدتی در شرایط مناسب باند تست نموده اگر نوار سالم باشد، باند تست نتیجه مثبت می دهد.

۲ - روش ساده تر و سریعتر که به آزمایش صحرائی موسوم است، بدین صورت است که دو لایه چسبی نوار را بوسیله تا کردن نوار روی هم قرار داده و سپس آن دو را از هم جدا می کنند اگر دو لایه به سختی از هم باز شدند نوار سالم است.

در سیستم عایقکاری سرد جهت مشخص نمودن کیفیت چسبندگی و پوشش نوار داخلی ، ولتاژ خروجی دستگاه منفذیاب (H . D) بخاطر کم بودن ضخامت پوشش بین ۶ تا ۸ کیلو ولت تنظیم می شود.

تنظیم ولتاژ برای عایق سرد :

۱ - در موقعی که عایقکاری Single coat باشد ولتاژ ۶ کیلو ولت کافی است.

۲ - در صورت Double (عایقکاری دوبله) ولتاژ ۸ کیلو ولت قابل قبول می باشد

انواع پرایمرهای گرم :

۱ - سینتتیک پرایمر گرم (fast Drying synthetic)

۲ - کولتار پرایمر (قیر زغال سنگی) Coal Parprimer

در عایقکاری گرم اگر به علت وجود لکه های چربی و یا رطوبت روی لوله و یا همچنین به علت تعویض نوع پرایمر بخواهیم لوله را از آنچه قبلاً بکار گرفته شده پاک کنیم باید از ماده ای بنام (EXLEN) و یا بنزین بدون سرب استفاده نمائیم.

ترکیبات موجود در پرایمر نوع گرم:

۱ - کلروپرن (ماده چسبنده)

۲ - کائوچوی طبیعی

۳ - ضد باکتری ها

۴ - ضد اکسید کننده (در پرایمر نوع سرد نیست)

۵ - حلالها

انواع نوارهای پایه قیری در عایقکاری گرم :

انواع نوارهاییکه دارای پایه قیری میباشند.

لازم به تذکر است که نوارهای ذکر شده می بایستی با پرایمر های مربوطه به خودشان استفاده گردند ، این

نوارها عبارتند از:

- 1) Densopole Type 60
- 2) Marlow (Long)
- 3) Servi Wrap
- 4) Altene 310-40
- 5) Altene 310-40E

پرایمر مصرفی در نوارهای دنسویل 60 و 60 HT بنام D میباشد.

پرایمرهای مربوط به نوارهای فوق :

Primer DUNSO	D
Primer LONG	B 400
Primer ALTENE	P 27
Primer SURVI WRAP	

انواع نوارهای سروی رپ بیرونی عبارتند از:

__ راکشیلد

__ نوار خارجی (بدون چسب)

نوارهای داخلی سروی رپ در اندازه های ۲ ، ۴ و ۶ اینچ استفاده می شوند. لازم به تذکر است که برای استفاده از نوارهای دارای پایه قیری بهتر است که آنها را تا حدودی حرارت داده (بوسیله اصطکاک ملایم یا حرارت بوسیله شعله از دور) تا براحتی قابلیت کشش بر روی سطح لوله و ایجاد چسبندگی خوب را دارا شوند.

انواع نوارهایی که مستقیماً با قیر ذغال سنگی در سیستم عایق کاری گرم استفاده میشوند:

۱ - پشم شیشه داخلی (نوار زیری)

۲ - نوار ضخیم خارجی آغشته به مواد قیری، ضخامت این نوار ۰/۷۶ mm می باشد.

طرز تشخیص خرابی یا سالم بودن نوارها:

۱- پشم شیشه داخلی:

برای تشخیص سالم یا فاسد بودن این نوار کافیتست که نوار را در دست گرفته و مچاله کرد ، در این حالت اگر نوار تکه تکه شد تا حدودی سالم است ولی قابل استفاده در عایقکاری نیست و اگر خرد شده و حالت پودر بخود گرفت به کلی فاسد است .

۲- نوار ضخیم خارجی:

یک گوشه از نوار را با کبریت مشتعل می کنیم، اگر شعله سریعاً بالا رفت و نوار تا به آخر سوخت نوار فاسد است ولی اگر شعله بالا نکشید و خاموش شد نتیجه می شود که مواد نفتی موجود در نوار سالم بوده و نوار قابل استفاده است.

نکته مهم: نوار پشم شیشه زیری ایجاد امراض ریوی نموده ، استفاده از ماسک توصیه می شود.

انواع قیرهای مصرفی در شرکت ملی گاز:

T . K(1) 2) متروتک 3) ولیز - داو 4) لانکتکوت

عایقکاری گرم (مانند عایقکاری سرد) برای شبکه های شهری:

۱- عایقکاری شبکه های شهرها توسط سیستم قیر ذغال سنگی:

در محل کارگاه لوله هاپس از انجام تمیزکاری و پرایمر زنی به صورت زیر عایقکاری می گردند: ابتدا به محض زدن پرایمر توسط دستگاه لوله وارد ماشین عایقکاری شده و اول پشم شیشه که همان نوار داخلی است به دور لوله پیچانده و سپس همزمان قیر مذاب که درجه آن بایستی بین ۲۰۵ الی ۲۵۰ سانتی گراد باشد بر

روی پشم شیشه ریخته که پس از عبور قیر از نوار به سطح لوله رسیده و سپس به دنبال آن با نوار ضخیم خارجی از جنس پشم شیشه و آغشته به قیر، بعنوان نوار OUTER WRAP بر روی سطح لوله پیچیده می‌گردد و سپس توسط دستگاه عیب یاب با ولتاژ بین ۱۰ الی ۱۲ کیلو ولتاژ (توجه به متغیر بودن ضخامت قیر) عایق لوله از نظر کیفیت پوشش مورد آزمایش قرار می‌گیرد و سپس در خاک مدفون می‌شود.

توضیح اینکه قبل از شروع عملیات عایقکاری می‌بایستی توسط برس دستی محل‌های سرجوشها پرایمر زده شود.

۲ - مرحله سوم عایقکاری، توسط ماشین می‌باشد که پس از خشک شدن پرایمر ماشین قیر پاش و نوار پیچ که دارای نوار داخلی و خارجی است روی لوله حرکت می‌کند لوله عایقکاری می‌گردد.

توضیح اینکه عایقکاری لوله بایستی بصورت یکدست و قیر اصلاً نسوخته باشد و همچنین مرحله کشش نوار پشم شیشه و نوار خارجی که توسط اهرم تنظیم می‌گردد، قبل از شروع عملیات و بعد از اتمام هر رول نوار میبایستی میزان کشش نوار مورد بازدید ناظرین قرار گیرد تا عایقکاری بصورت یکنواخت و بدون هیچگونه چین و چروک انجام گردد. زیرا اگر کشش نوارها کم باشد نوار از نظر چسبندگی کیفیت خوبی نخواهد داشت و مواد قیری رابخودش بدرستی جذب نکرده و همچنین اگر کشش بیش از حد باشد بصورت نا هماهنگ بدور لوله پیچیده شده و مرتب نوار می‌برد.

ضمناً لازم بتذکر است که در بعضی از کارگاهها جهت پرایمر زدن به سطح لوله باتوجه به ثابت بودن دستگاه نوار پیچ سطح لوله‌ها را توسط ماشینهای متحرک پرایمر زن، رنگ آمیزی می‌کنند.

عایقکاری در کنار ترانشه (سرخط) LINE TRAVELING MECHINE با توجه به ثابت بودن لوله در کنار کانال کار، پرایمر زنی و نوار پیچی توسط ماشینهای متحرک صورت می‌گیرد.

مراحل این عملیات بشرح زیر می‌باشد :

۱ - ماشین متحرک زنگ زدائی قبل از عایقکاری لوله باید بخاطر بالا بردن کیفیت تمیزی لوله (که یکی از مهمترین عوامل ایجاد چسبندگی است) سطح آن را قبل از حرکت ماشین پرایمر زن، زنگ زدائی مجدد کند. زیرا امکان دارد لوله‌ها که بعد از سند بلاست رنگ آمیزی شانده تاهنگام عمل برروی کانال و شروع عایق کاری، مجدداً دچار زنگ زدگی شده باشند.

۲ - در سیستم عایقکاری فوق برای تالیجیج، چمبر است بعد از اتمام عملیات زنگ زدائی باید سطح لوله را جهت ایجاد یکنواختی بیشتر توسط ماشینهای متحرک پرایمر زن رنگ آمیزی نمود. برای ایجاد یکنواختی باید سوکتهای دستگاه پرایمر زن همیشه تمیز باشد.

ماشین نوار پیچ و قیرپاش :

این دو دستگاه که به هم متصلی باشند عملیات قیرپاشی و عایقکاری را توأمآ انجام می دهند. قیر مصرفی توسط لوله های انتقال قیر مذاب از دیگ قیر که در عقب دستگاه نوار پیچ حرکت می کند به مخزن قیرپاش نصب شده روی دستگاه نوار پیچ، منتقل شده و با استفاده از نوار پشم شیشه داخلی و خارجی لوله عایقکاری می شود.

توضیح :

در حین عایقکاری با نوار پشم شیشه داخلی با توجه به مذاب بودن قیر مصرفی و نازک بودن نوار پشم شیشه ، مقداری قیر به سطح بیرونی نوار پشم شیشه نفوذ می کند و این قیر نفوذی با نوار ضخیم خارجی که بلافاصله روی نوار ریزی پیچیده می شود ، ایجاد چسبندگی می کند .

درجه حرارت قیر مذاب از ۲۵۰ تا ۲۶۰ درجه سانتی گراد می باشد.

چنانچه قیر به مرحله ذوب رسیده باشد و قابل استفاده برای عایقکاری گردید اما به دلایلی عایقکاری انجام نگیرد و در حالت ذوب حدود ۶ ساعت بماند در این صورت قیر به صورت سوخته در می آید و نیز از بوی بسیار تند قابل تشخیص است.

لازم به توضیح است که همیشه در موقع عایقکاری با قیر می بایستی به محض اینکه درجه حرارت حدود ۲۳۰ درجه سانتی گراد رسید کار شروع گردد و به محض نزدیک شدن درجه حرارت به محدوده ۲۵۰ درجه مشعل زیر دیگ خاموش گردد و بعد از ۲۰ دقیقه مجدداً مشعل روشن گردد. اما بهترین عامل (فاکتور) خود درجه حرارت قیر است که می بایستی در طول عملیات عایقکاری بازدید شود. ضمناً قبل از شروع عایقکاری و گرم نمودن قیر می بایستی از سالم بودن و کارائی ترمومتر دیگ قیر اطمینان حاصل کرد زیرا در کار همزن داخلی دیگ اختلال ایجاد می شود و علاوه بر اینکه سبب ایجاد عدم یکنواختی در قیر پاشیده شده می شود سبب بسته شدن دهانه فیلتر دستگاه (قطر سوراخهای فیلتر ۱.۵ میلیمتر است) می گردد.

وقتی قیر کاملاً ذوب شد روی سطح خارجی لوله پاشیده می شود و سپس نوار پشم شیشه داخلی روی آن پیچیده می شود ، قیر پاشیده شده به طرف دیگر پشم شیشه نفوذ می کند و در همان حال نوار پشم شیشه خارجی روی آن پیچیده می شود ، چون ترکیبات نوار ضخیم خارجی با قیر مورد مصرف مشابه است عمل چسبندگی بخوبی صورت می گیرد ، حال اگر قیر سوخته شده باشد چسبندگی خود را از دست داده و علاوه بر اینکه به نوار ضخیم خارجی نمی چسبد بلکه از آن هم رد شده و در سطح خارجی نوار ضخیم خارجی به صورت دانه های خشک شده ظاهر می شود و به آسانی کنده می شود، البته گاهی این حالت ممکن است بر اثر کشش بیش از اندازه نوار در هنگام عایقکاری پیش آید که از مورد قبلی قابل تشخیص می باشد. بهر صورت استفاده از قیر سوخته (کلک شده) در هنگام عایقکاری سبب می شوکه سریعاً عمل (DISBONIDING) یا عدم چسبندگی روی سطح لوله ظاهر شود، برای انجام باند تست در عایق گرم پس از گذشت بیش از ۴ ساعت به بالا می توان آزمایش مربوطه انجام

گردد، ضخامت قیر در عایقکاری single coat از 2mm تا 4mm و در عایقکاری دوبله از 4mm تا 6mm می باشد.

فاصله بین ماشین زنگ زدائی و پرایمر زنی باید به حدی باشد که گرد و خاک حاصله از زنگ زدائی روی پرایمر اثر نگذارد، فاصله بین نوار پیچ و قیرپاش و دیگ ذوب قیر بین ۵ الی ۱۰ متر به اندازه طول لوله خرطومی انتقال قیر مذاب می باشد، پشت سر دیگ قیر و با فاصله ای از آن ماشین حمل و نقل نوار و پرایمر حرکت می کند، این فاصله باید به اندازه ای باشد که گرد و خاک حاصله از حرکت دستگاهها و دود حاصله از ذوب قیر روی آن اثر نگذارد. رنگ سبز حاصل از سوختن قیر نشاندهنده سوختن گوگرد موجود در آن می باشد.

میزان کشش نوارهای پشم شیشه داخلی و خارجی :

- ۱- با توجه به ظریف بودن نوار پشم شیشه داخلی، کشش بیش از حد باعث پاره شدن آن می گردد.
- ۲- طرز تشخیص میزان کشش نوار ضخیم خارجی (با ضخامت ۰.۷۶ mm) به این صورت است که اگر نوار بیش از اندازه کشیده شود، باعث از بین رفتن چسبندگی آن شده و آنرا از حالت یکنواختی خارج می کند و اگر میزان کشش کمتر از حد معمول باشد، باعث چین و چروک برداشتن بر روی قیر یا سطح لوله می گردد.

طرز تعیین ولتاژ لازم در دستگاه (H.D) :

الف) سیستم سرد : ابتدا بر روی نوار داخلی سوراخی به اندازه یک سوزن ایجاد می کنیم و سپس فلز (الکتروود) دستگاه H.D را بدور لوله انداخته و با سرعت 0.03 (m/sec) روی پوشش لوله به حرکت در می آوریم چنانچه محل سوراخ شده توسط جرقه و آلامر مشخص شد، ولتاژ خروجی دستگاه کافی است و در غیر این صورت با بالا بردن میزان ولتاژ خروجی و حساسیت دستگاه ولتاژ خروجی را در حد مناسبی که تولید جرقه و آلامر نماید تنظیم می کنیم، مقدار ولتاژ برای عایق سرد بین ۸ تا ۱۰ کیلو ولت می باشد.

ب) سیستم عایقکاری گرم (سینگل و دوبله):

کلیه آزمایشاتی که بایستی برای تعیین میزان ولتاژ خروجی دستگاه جهت پیدا کردن محل خرابی پوشش (با توجه به ضخامت قیر) در قسمت الف به عمل می آید در این قسمت نیز تکرار می شود. اگر ولتاژ دستگاه (H.D) بیش از حد باشد، سریعاً باعث کم شدن و از بین رفتن مقاومت الکتریکی نوار خواهد شد.

توضیح مهم : آزمایشات چسبندگی نوار چه در سیستم سرد و چه در سیستم گرم به هیچ وجه نباید در هوای گرم انجام شود، چون گرمای هوا سبب ایجاد یک نوع چسبندگی کاذب نوار بر روی سطح لوله می گردد. درجه حرارت مناسب جهت باند تست 15°C الی 27°C می باشد.

اگر لازم شد که باند تست در هوای گرم انجام شود باید قسمت مورد آزمایش بوسیله جریان آب خنک شود، باند تست عایق گرم بوسیله ایجاد دو خط موازی به فاصله 4 cm روی سطح نوار ضخیم خارجی صورت می گیرد. جهت کشش از چپ به راست و نیروی وارده باید حداقل 1.6 kg/cm باشد.

تعمیرات عیوب نوار :

برای تعمیر یک نقطه معیوب روی نوار از هر طرف نقطه معیوب تا 10 cm نوار داخلی برداشته می شود و پرایمر آن منطقه کاملاً تمیز می شود. نوار پیچی حدود 10 cm از طرف دیگر آن با استفاده از نوار و پرایمر مشابه صورت می گیرد، باید سعی شود میزان چسبندگی نوار به حدی باشد تا از نفوذ هوا از زیر لبه های نوار به قسمت تعمیر شده جلوگیری بعمل آید.

اگر این عیب در زیر لوله باشد که بعلت تماس با خاک امکان خوردگی در آن نقطه زیاد است باید نوار دور تا دور لوله برداشته شده و تعمیر به صورت فوق صورت بگیرد. روی منطقه تعمیری باید مجدداً (H.D) به فاصله یک متر از هر دو طرف انجام شود.

در عایقکاری گرم اگر فرصت لازمه برای تعمیر به صورت بالا در سایت نباشد مقداری قیر مذاب روی نقطه معیوب ریخته و با نوار پشم شیشه خارجی آن منطقه را تعمیر می کنیم کارگاهها معمولاً برای تعمیرات عایقکاری گرم از نوارهای با قیر استفاده می شود.

در هنگام تعمیر بوسیله نوار قیری، دو سر منطقه تحت تعمیر را با ضربه مختصر یا با استفاده از مشعل شیب می دهیم تا پس از پیچیده شدن نوار جدید روی منطقه تعمیری اختلاف سطحی بین منطقه تعمیر شده و نوارهای اطراف بوجود نیاید.

پوشش اتصالات و سرجوشها :

در چنین مواقعی از نوار نرم دستی و پرایمر مربوطه باید استفاده کرد. علت استفاده از این نوع نوارها انعطاف پذیری و قابلیت کشش بسیار خوب آنها بوده که می توان با استفاده از آنها نقاط مذکور را به راحتی ایزوله نمود. لازم به تذکر است که برای راحتی و تسریع در کار نوار پیچی بهتر است که حلقه های نوارهای فوق الذکر در طولهای حداکثر 30 ft و با عرضهای 4 و 6 و 9 اینچ (تعمیرات سائزها به تناسب قطر لوله می باشد) بکار گرفته شوند.

در رابطه با نوارهای دستی پایه قیری شرکت راپکو (فوروکوا) سازنده، نوارهای دستی که دارای پایه قیری می باشد و برای محلهای سرجوشها و نقاط تعمیراتی برای پوشش گرم استفاده می شود عبارتند از :

- نوار داخلی 1) WRAP CO INNER TAPE VS-3065 نوار خارجی 2) WRAP
3) WRAP CO COAT PROMER FD-25 پرایمر مربوطه CO OUTER TAPE PB-14 20W

رنگ و نوار نیتو:

- | | |
|------------------------------------|--------|
| 1) NITTO TAPE 58 V-65 OR 58V-AR-65 | نوار |
| 2) NITTO PRIMER B30 | پرایمر |

خصوصیات نوارهای پایه قیری :

– انعطاف پذیری زیاد

– گرم بودن لایه چسبی نوار

عوامل مهم در انتخاب نوع پوشش (گرم و سرد):

۱- خوردگی خاک

هرچه مقاومت الکتریکی خاک بالاتر باشد خوردگی کمتر و به عکس هرچه مقاومت الکتریکی خاک پائین تر باشد خوردگی، بیشتر خواهد بود.

در مکانهایی که خوردگی خاک بالاست، بهتر است از پوشش نوع گرم استفاده شود .

۲- درجه حرارت محیط عملیات لوله گذاری

چون مقاومت پوشش سرد در دماهای بالا کم است، بهتر است در چنین دماهایی از پوشش نوع گرم و به عکس در دماهای پائین از نوع سرد استفاده شود.

۳- محل لوله گذاری

از نظر جنس خاک ، مکان عبور لوله ، در نظر گرفتن تقاطع‌ها و غیره.

۴- مسئله مواد و اجناس موجود

۵- مسئله اقتصادی (نوار سرد ارزاتر از نوار گرم می باشد).

عواملی که باعث کاهش یا ضعیف شدن (عایق) پوشش می گردند عبارتند از :

۱- وزن خاک BACK FILL

۲- عکس العمل و BACK FILL بدلیل فشار خاک

۳- تست HYDROSTATIC

۴- بالا بودن درجه حرارت

۵- بالا رفتن بدون حساب سیستم حفاظت کاتدی از نقطه نظر آمپر مصرفی

ضمناً نوار در اثر رطوبت خاک یا باکتری‌ها خراب می‌شود و باعث کاهش کیفیت عایق لوله می‌گردد .

استور العمل ها

(REV:2) BS EN 10290 ANSI-AWWA C222-2008 NACE RP 0169-2002

NACE

%

BS EN 10290 ANSI-AWWA C222-2008 RP 0169-2002

)

Recoating

(

ASTM D 16-2008

•

)

)

(ANSI-AWWA C 222-2008

(

(

)

Isocyanate Polyol

•

Isocyanate Polyol •

BS EN 10290 ANSI-AWWA C222-2008

Fast Cure

Slow Set

Fast Cure

Row	Test	Standard	Requirement
1	Adhesion to Steel	ASTM D 4541	1500 Psi, Minimum
2	Cathodic Disbondment	ASTM G95, Modified to 28 days	12 mm, Radius, Maximum
3	Flexibility, 180° bend over 4" Mandrel	ASTM D 522	No cracking or delamination
4	Impact resistance	ASTM D 2794	0.46 Kg.m, Minimum
5	Abrasion Resistance, CS17 Wheel, 1-Kg Weight	ASTM D4060	100-mg Loss Per 1,000 Rev, Maximum
6	Chemical Resistance, 10% H ₂ SO ₄ , 30% NaCl, 30% NaOH, and #2 Diesel Fuel	ASTM D543	5% Change in mass, Length, or Width after 30 Days Immersion, Maximum
7	Electrical Inspection	NACE RP 0188	Free from Holidays
8	Water Absorption	ASTM D570	3.0 % , Maximum
9	Durometer Hardness	ASTM 2240	65 Shore D, Minimum
10	Adhesion test Resistance to removal (annex D)	BS EN 10290	≤ rating 3 at (23±2)°C, ≤ rating 4 at maximum service temperature ±2°C
11	Indentation resistance (annex H)	BS EN 10290	≤ 0.2 mm at (23±2)°C, ≤ 30% at maximum service temperature ±2°C
12	Elongation (ISO 527)	BS EN 10290	Minimum 10%

Test Certificate

BS EN 10290

: Test Certificate Data Sheet

()

Elements	Data Sheet	Test Certificate
Date of Issue	*	*
Name of manufacturer	*	*
Name, use and type of product	*	*
Type of polyol	*	*
Type of isocyanate	*	*
Batch or production lot number (a)		*
Date of manufacture and use by date (a)		*
Colour (b)	*	
Physical state of the delivered product (a)	*	
Methods of application	*	
Solids by volume	*	
Solids by weight	*	
Theoretical coverage per m for nominal	*	
Size of container (a)	*	
Shelf life (a)	*	
Storage conditions	*	

Elements	Data	Test Certificate
Pot life	*	*
Surface Preparation	*	
Recommended instructions for application	*	
Recommended repair materials	*	
Mixing instructions	*	
Recommended dry film thickness	*	
Typical thickness applicable in one layer	*	
Minimum and maximum over coating time	*	
Range of pipes, valves, fittings service temperature	*	
Range of application temperature (ambient, Pipe and product) and humidity	*	
Specific curing – requirements	*	
Shore "D" hardness	*	
Viscosity (a)	*	*
Density	* (b)	* (a)
Impact resistance	*	
Pull-off test adhesion	*	
Cathodic disbondment	*	
Specific electrical insulation resistance	*	
Thermal ageing	*	
Flexibility	*	
Elongation	*	
Abrasion resistance	*	
Chemical resistance	*	
Water absorption	*	
a: Required for the polyol and isocyanate		
b: Required for the polyol, isocyanate and for the mixed product		

(Packaging)

(Isocyanate Polyol)

:

- Product manufacturer's name :
- Name of material :
- Application methods :
- Batch number :
- Date of manufacture and use – by date :
- Recommended storage conditions :
- Colour of the material :

White Sprite

)

.(

(Spatter)

Sa 2 1/2

Blasting

(SSPC – SP10

) SIS 05 59 00

Blasting

White Spirit

) 100 μ m 50 μ m ()
(.

Blast

()

90%

Curing Time

Slow Set

Brush .

Brush Hot Airless Spray

(Bending)

(Bending)

Hardness

Recoating

Recoating Time

Recoating Time

()

()

Blistering

Delamination

(Sticky Areas)

SSPC-PA2

:

10m²

4cm

10m² 30m²

100m²

100m²

100m²

10m²

100m²

(Curing)

Electrical Continuity

BS EN 10290

annex B

Holiday Detector

BS EN 10290

annex D

(Adhesion test Resistance to removal)

30X

()

()

Test and Method	Requirement
Cure Test (Manufacturers Recommendation)	
Coating Appearance(Visual)	
Dry Film Thickness (SSPC-PA 2)	
Electrical Continuity	BS EN 10290 annex B
Adhesion test Resistance to removal	BS EN 10290 annex D
Pull-off Adhesion Test (BS EN 24624)	BS EN 10290 Section 7.9

(Coating Repair)

Scraping Abrasive Blasting

(Curing)

Recoat

SSPC-SP-1

Joint

Brush Hot Airless Spray

25-30mm Over Lap

10cm Over Lap



انجام آزمایش چسبندگی پوشش



انجام پوشش پلی یورتان بصورت اسپری

:	:
---	---

		747	<input type="checkbox"/>
SA	Blasting		<input type="checkbox"/>
		. SA3 2.1/2	
.....		SHOP	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
	Wrapping	<input type="checkbox"/>
	Power Tools		<input type="checkbox"/>
	Wrapping	<input type="checkbox"/>
	(Inner Wrap)		<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
	Over Lap	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

:	:
---	---

-
- %
- (H.D.)
- Over Lap
-
- (Outer Wrap)
- Over Lap
- Inner Wrap
- (Wrap)
- Rock Shield
- 30) . Wrapping
- .(40
-
-



ترمیم پوشش با استفاده از نوار سرد



سطح آماده سازی شده با ابزار دستی



سطح لوله آماده سازی شده باساینده



آماده سازی سطح جهت بازرسی بوسیله ابزار دستی

:	:
---	---

:

(20mils)

		(V)
(μ)	(Mils)	
200 to 280	8 to 11	1500
300 to 380	12 to 15	2000
400 to 500	16 to 20	2500
530 to 1000	21 to 40	3000
1010 to 1390	41 to 55	4000
1420 to 2000	56 to 80	6000
2060 to 3180	81 to 125	10000
3200 to 4700	126 to 185	15000

(1 ft/s) 0.3m/s

3-Layer polyethylene (PE)

:	:
---	---

	(Power Tools)	(Grit Blasting)	
		Grit	Grit Blasting
4"	ST3	Power Tools	SA 2 ½
40-80			
	50		
	(Temple Stick)		

3-Layer polyethylene (PE)

:	:
---	---

Over Lap 2"

()

Overlap

3-Layer polyethylene (PE)

:	:
---	---

(Coal Tar)

(Pin Melt)

3-Layer polyethylene (PE)

:	:
---	---

()

(Repair Patch)

(Filler Mastic)

:

4"

2"

70°C

3-Layer polyethylene (PE)

:	:
---	---

2"x2"

(Cadweld)

6"x6"

2"

3-Layer polyethylene (PE)

:	:
---	---

(Bond Test)

Random

8 Kg/Cm

DIN30672

CMP-008-0

CMP-008-0

3-Layer polyethylene (PE)

:	:
---	---

30° 13mm V

V

30X

Overlap

Overlap

3-Layer polyethylene (PE)

:	:
---	---

(PU)

Heat Shrinkage Sleeve

Sleeve

()

Inner

Outer

Heat Shrinkage Sleeve

Over Lap



ترمیم پوشش پلی اتیلن سه لایه

جدول مربوط به عیوب پوشش و راهکارهای رفع آنها

جدول مربوط به عیوب پوشش و راهکارهای رفع آنها

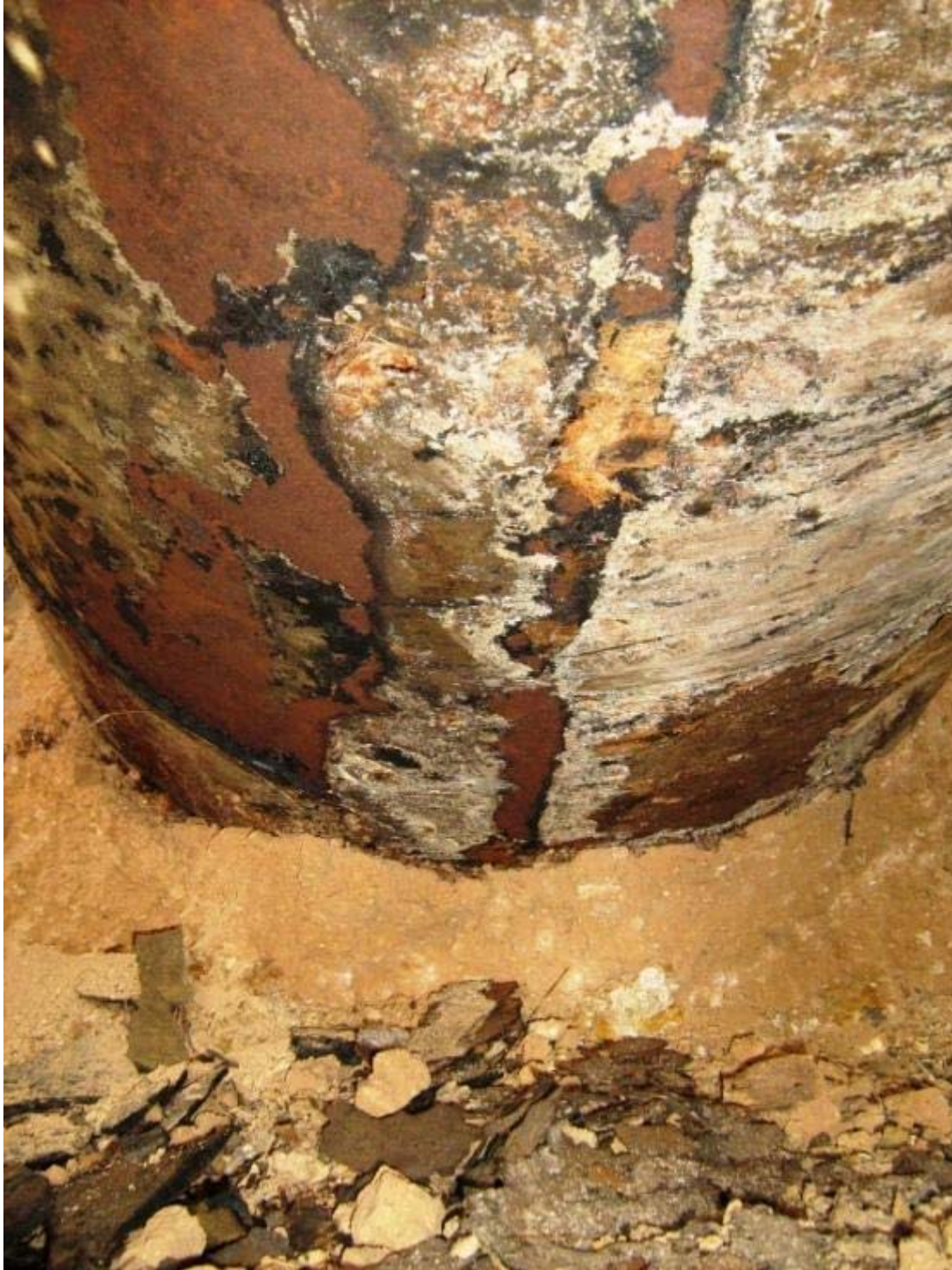
ردیف	نوع عیوب	علل بروز	راهکار رفع	ملاحظات
۱	عدم چسبندگی	۱- آماده سازی نامناسب ۲- اعمال جریان حفاظتی مازاد ۳- عدم رعایت ملزومات حین اعمال ۴- دمای بیش از حد سطح	۱- دقت در هنگام آماده سازی ۲- کنترل جریان حفاظتی ۳- رعایت شرایط حین اعمال ۴- رعایت دمای سطح در حین اعمال و استفاده	در تمامی موارد برداشتن پوشش قدیمی و ترمیم با پوشش مناسب الزامی است
۲	کهولت یا پیر شدگی پوشش	انتخاب نامناسب پوشش با توجه به شرایط اعمال و استفاده	طراحی و انتخاب پوشش با طول عمر مناسب با زمان استفاده از خط لوله	ترمیم پوشش با توجه به شرایط اعمال و استفاده
۳	جدایش کاتدی	۱- اعمال جریان حفاظتی مازاد ۲- انتخاب نامناسب پوشش	۱- کنترل جریان حفاظتی ۲- انتخاب و طراحی صحیح	ابتدا کنترل جریان حفاظتی و سپس ترمیم پوشش
۴	تخریب موضعی	۱- آسیب های مکانیکی ۲- نفوذ پذیری در مقابل رطوبت و مواد شیمیایی	۱- انتخاب ضخامت مناسب پوشش ۲- استفاده از پشن بند مناسب ۳- انتخاب طراحی مناسب	در صورت بروز عیب ترمیم پوشش با رعایت شرایط اعمال و استفاده
۵	تغییر رنگ پوشش (رنگ)	۱- عدم مقاومت به اشعه UV ۲- تغییر دمای سطح فلز	۱- انتخاب مناسب پوشش با توجه به شرایط اعمال و استفاده	ترمیم پوشش با انتخاب مناسب

در جدول فوق برخی عیوب پوشش و راهکارها رفع آنها آمده است ولیکن در کلیه موارد رعایت استاندارد های رایج ، توجه به برگ مشخصات فنی پوشش و همچنین توصیه های سازنده پوشش الزامی است .



تخریب پوشش قدیمی و بروز خوردگی بدلیل جدایش پوشش از سطح لوله

عیوب پوشش / عدم چسبندگی و کھولت پوشش



جدول مقایسه روشها

جدول مقایسه پوششها

ظواهر و زیبایی	اقتصاد پوشش	قابلیت دسترسی و سادگی اعمال	مقاومت در برابر خوردگی	خواص مکانیکی	نوع پوشش	پوشش قدیمی
۱	۴	۲	۲	۳	قیر و پایه زغال سنگی	
۱	۳	۲	۳	۳	قیر پایه نفتی	
۲	۳	۳	۳	۳	نوارهای سرد pvc	پوشش های جدید
۳	۲	۲	۴	۴	غلافهای پلی اتیلنی	
۴	۲	۴	۴	۳	اپوکسی ها	
۴	۲	۴	۵	۵	پلی اورتان	
۴	۲	۳	۴	۵	بیتوسیل	

* امتیازات داده شده از ۱ تا ۵ بوده و هرچه عدد بیشتر باشد شرایط مناسبتر است .

نتایج :

خوردگی و خسارات اقتصادی ناشی از آن سالانه میلیاردها دلار از سرمایه کشورها را به هدر می دهد، لذا لزوم جلوگیری از خوردگی و کنترل آن بخصوص در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی محرز است.

به منظور پیشگیری از خوردگی سطوح خارجی لوله های انتقال گاز مدفون در خاک یا زیر زمینی، یکی از بهترین راه ها استفاده از پوشش های محافظ می باشد. از ابتدایی ترین پوشش هایی که از آنها به عنوان پوشش های ضد خوردگی استفاده می شده و هم اکنون نیز به وفور از آنها استفاده می گردد، پوشش های پایه قیری و پایه ذغال سنگی می باشد. این پوشش ها دارای خصوصیات چسبندگی و ضد رطوبت آب بالایی هستند ولی امروزه به دلایل مختلف روز به روز استفاده از این پوشش ها کاهش یافته و شرکت های داخلی به سمت استفاده از پوشش های جدیدتر نظیر پلی اتیلن سه لایه و بیتوسیل رفته اند. این پوشش های جدید نیز دارای خواص منحصر بفردی می باشند که از آن جمله می توان به مقاومت فوق العاده در برابر گسیختگی کاتدی، مقاومت عالی در مقابل تنش های خاک، دانسیته بالا و نقطه نرم شدن بالا اشاره نمود. به هر حال شاید بتوان با انجام تست های مختلف بر اساس استانداردهای موجود در این زمینه به انتخاب بهترین پوشش براساس شرایط مختلف دست یافت.

پیشنهادات :

- ۱) افزایش آگاهی نسبت به کنترل خوردگی و روش های مقابله با آن
- ۲) افزایش دانش و مهارت کنترل خوردگی
- ۳) تلاش برای یافتن پوشش های مقاوم، با راندمان بالا
- ۴) مطالعه و تحقیق برای افزایش کارایی پوششها در محیط های خورنده
- ۵) تغییر عملکردهای فنی جهت عملی کردن صرفه جوییها در هزینه های اعمال پوشش های مناسب

منابع و مراجع:

- ۱) نقش رنگ و پوشش در خوردگی و توسعه‌ی صنعت، جلد اول، آموزش نیروی انسانی، انتشارات شرکت ملی گاز، ترجمه‌ی عبدالرضا شهریور
- ۲) پوشش دادن فلزات، جلد ۱، دکتر محمد قربانی، ویراسته‌ی مهندس زهرا سلطان پور، چاپ ۱۳۷۹، موسسه‌ی انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف
- ۳) مهندسی خوردگی، ویرایش سوم، مارس ج فونتانا، ترجمه‌ی دکتر احمد ساعت چی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، تابستان ۱۳۸۲، چاپ پردیس
- ۴) خوردگی و حفاظت در خطوط لوله انتقال نفت و گاز، اولین سمپوزیوم سراسری خوردگی در ایران، حمید قربانی کل خواجه
- ۵) خوردگی فلزات و روش حفاظت از تاسیسات صنعتی، انتشارات شرکت ملی گاز، رحیم زمانیان
- ۶) استانداردها، راهنمای آماده سازی سطوح و اعمال پوشش های حفاظتی، سید محمود کثیریها، انتشارات انجمن خوردگی ایران، چاپ ۱۳۸۱
- ۷) خوردگی فلزات و مبارزه با آن، علیرضا طوسی، چاپ ۱۳۶۰ تهران، انتشارات ابوالفضل حسینیان
- ۸) خوردگی فلزات و آلیاژها، فاطمه پاشایی فرد، انتشارات دانشگاه تهران
- ۹) کنترل خوردگی در صنایع، سید محمود سید رضی، انتشارات انجمن خوردگی ایران ۱۳۷۶
- ۱۰) فایل های PDF در مورد خوردگی و پوشش های خطوط لوله از اینترنت