

سمینار کارشناسی ارشد

بررسی خوردگی در بدنه خودرو

تهیه کننده : فرشاد بابااحمدی

استاد راهنما: دکتر طوسی

تابستان ۱۳۸۵

فهرست:

۴	مقدمه
۷	۱- انواع خوردگی در بدنه خودرو
۷	۱-۱-۱ خوردگی یکنواخت
۷	۱-۱-۲ خوردگی گالوانیکی
۹	۱-۱-۳ خوردگی شیاری
۱۰	۱-۱-۴ خوردگی حفره ای
۱۱	۱-۲ طراحی مقدماتی برای بالا بردن مقاومت به خوردگی
۱۲	۲- بدنه اتومبیل
۱۲	۲-۱ فلز پایه
۱۴	۲-۲ پوشش های فلزی
۲۴	۲-۲-۱ ویژگی ورق های پوشش دار
۲۶	۲-۲-۲ پیشرفت های اخیر در پوشش های فلزی
۲۷	۲-۳ پوشش فسفاته
۳۱	۲-۴ پوشش های آلی
۳۲	۲-۴-۱ آستر اولیه
۳۳	۲-۴-۲ لایه میانی
۳۴	۲-۴-۳ لایه نهایی
۳۷	۳- تست های خوردگی
۳۹	۴- خوردگی اتمسفری روی

۴۱	۵- مکانیزم های اصلی از بین رفتن پوشش
۴۱	۵-۱ خورده شدن آندی
۴۱	۵-۲ سیکل گرمایی
۴۱	۵-۳ تاول زدن کاتدی
۴۲	۵-۴ تاول های گازی
۴۲	۵-۵ باد کردن پلیمر
۴۲	۵-۶ تاول زدن اسمزی
۴۳	۵-۷ لایه لایه شدن کاتدی
۴۴	۵-۸ لایه لایه شدن مکانیکی
۴۵	۵-۹ اثرات ترکیبی
۴۶	۶- مکانیزم خوردگی Cosmetic بدنه خودرو
۴۷	۶-۱ روش های مورد استفاده در تعیین مکانیزم ها
۴۷	۶-۲ پروسه های آغازین خوردگی
۴۸	۶-۳ آسیب های وارده به پرایمر
۴۹	۶-۴ آسیب های وارده به پوشش روی
۵۱	۶-۵ آسیب های وارده به ورقه فولاد
۵۳	۷- عوامل موثر در خوردگی Cosmetic بدنه خودرو
۵۳	۷-۱ نوع پوشش فلزی
۵۶	۷-۲ ضخامت پوشش روی
۵۹	۷-۳ عملیات فسفاتة
۶۰	۷-۴ چسبندگی رنگ-فلز
۶۵	۷-۵ شرایط محیط خورنده
۶۹	۷-۶ سیستم رنگ

۷۳	۸- نفوذ پذیری پوشش ها نسبت به اکسیژن، گازها و محلولهای یونی
۷۳	۸-۱ انتقال اکسیژن
۷۴	۸-۲ اثر ساختمان شیمیایی پوشش بر نفوذ پذیری گاز
۷۶	۸-۳ اثر تجمع رنگدانه ها (Pigmentation) روی نفوذ پذیری اکسیژن
۷۸	۸-۴ نفوذ پذیری نسبت به یون ها
۸۲	۹- آماده سازی سطح
۸۳	۹-۱ تاریخچه تکنیک های آماده سازی سطح
۸۶	۹-۲ انواع نقصان در چسبندگی
۸۸	۹-۳ انواع چسبندگی
۹۱	۹-۴ اهداف آماده سازی سطح
۹۶	مراجع

مقدمه:

حفاظت از خوردگی اتومبیل ها یکی از مسائل بسیار مهم اقتصادی هم از نظر ملی و هم از نظر مالکین خودرو می باشد. به عنوان مثال، هزینه سالیانه خوردگی اتومبیل در آمریکا در سال ۱۹۷۵ در حدود ۱۶ میلیون دلار گزارش شده است و هزینه ناشی از خوردگی خودروهای مسافربری در سوئد در سال ۱۹۸۷ در حدود ۹ میلیون کرون سوئد تخمین زده شده است.

زنگ زدن بدنه فولادی اتومبیل از سطح درونی آن آغاز می شود و سرانجام با نفوذ کردن از ورق فولادی در سطح خارجی به صورت زنگ ظاهر می شود که به خوردگی (Perforation) شناخته می شود. این اتفاق معمولاً در مناطقی که بدلیل دسترسی محدود در حین تولید به خوبی فسفاته یا پوشش داده نمی شوند و یا در شکافها که محل جمع شدن خاک و رطوبت و نمک است اتفاق می افتد.

خوردگی Cosmetic از سطوح خارجی شروع می شود معمولاً در محل هایی که پوشش رنگ در اثر ضربه و یا عوامل دیگر آسیب می بیند اتفاق می افتد. به عبارت دیگر می توان گفت که خوردگی Perforation معمولاً از سطح داخلی بدنه خودرو شروع می شود ولی خوردگی Cosmetic از سطح خارجی شروع می شود. اگرچه خوردگی Cosmetic سرانجام ممکن است منجر به خوردگی Perforation شود ولی بیشترین اثر را روی سطح بدنه می گذارد و معمولاً به سه دسته زیر می توان تقسیم بندی کرد:

i. Red rust: لکه های زنگ که از مناطقی که پوشش رنگ خراش داده شده

است بالا می آیند.

ii. Paint creep: پوسته پوسته شدن لایه رنگ و از دست دادن چسبندگی آن

در خراشها

iii. Chipping: از بین رفتن رنگ و خوردگی فولاد در اثر آسیب های ناشی از

برخورد سنگ ریزه و یا ریگهای جاده که منجر به خوردگی می شود.

موضوع حفاظت از خوردگی در صنعت خودروسازی به صورت خلاصه توسط

شرکت جنرال موتور بصورت اهداف ۲-۵-۱۰ بیان شد که به معنی ۱۰ سال حفاظت از

خوردگی Perforation، ۵ سال حفاظت از خوردگی Cosmetic و ۲ سال برای خوردگی

قسمت موتور خودرو و رسیدن به این اهداف به طور کلی با استفاده از پوشش های

محافظ فولاد مثل روی و آلیاژهای آن میسر می گردد. روی و پوشش های آلیاژی فولاد

را در برابر خوردگی توسط یکی از مکانیزم های زیر حفاظت می کند:

i. سد و مانع: فولاد توسط پوشش از محیط خورنده جدا می گردد.

ii. حفاظت گالوانیکی: فولاد پوشش داده شده بصورت گالوانیکی در اثر خورده

شدن آند به جای فولاد حفاظت می شود و روی موجود در پوشش بصورت

فدا شونده به همراه پلاریزاسیون کاتدی، از فلز در برابر خوردگی حفاظت

می کنند.

iii. محصولات حاصل از خوردگی روی: محصولات ناشی از خوردگی

بصورت یک لایه محافظ روی سطح رسوب کرده و آن را از خوردگی

محافظت می کنند. مقادیر بالای PH بر روی سطحی که بصورت کاتدی

حفاظت می‌شود باعث افزایش نشست روی حل شده بصورت هیدروکسید

و ترکیبات وابسته به آن می‌شود.

براساس گزارشی که اخیرا توسط صنعت خودرو اروپا ارائه شده ، بطور متوسط

۴۰٪ بدنه اتومبیل با روی پوشش داده می‌شود که ۱/۳ آن بوسیله گالوانیزه گرم و ۲/۳

دیگر به روش الکتروگالوانیزه پوشش داده می‌شود. پلاستیکها اکنون در حدود ۱۰-۱۲٪

از بدنه را تشکیل می دهند. همچنین ۲۵٪ از هزینه تمام شده بدنه خودرو به دلیل حفاظت

از خوردگی آن می‌باشد. یک بدنه اتومبیل به وزن تقریبی ۳۰۰ kg دارای ۲۲ kg مواد

برای حفاظت از خوردگی آن می‌باشد. به علاوه وزن روی مصرف شده برای گالوانیزه

کردن نصف بدنه خودرو حدود ۲/۵ kg می‌باشد.

۱- انواع خوردگی در بدنه خودرو:

برخی از انواع خوردگی که در صنعت خودرو متداول می باشد در زیر آورده شده است.

۱-۱-۱- خوردگی یکنواخت: (uniform corrosion)

خوردگی یکنواخت معمول ترین و متداول ترین نوع خوردگی است و معمولاً بوسیله یک واکنش شیمیایی یا الکترو شیمیایی بطور یکنواخت در سرتاسر سطحی که در تماس با محلول خورنده قرار دارد، مشخص می شود.

خوردگی یکنواخت از نظر وزن مقدار فلز خورده شده بالاترین رقم را دارد اما به دلیل طبیعت یکنواخت خوردگی، کمترین آسیب را در بین انواع خوردگی اتومبیل می رساند.

خوردگی یکنواخت را به طرق زیر می توان متوقف نمود یا کم کرد:

(۱) با انتخاب مواد و پوشش صحیح

(۲) توسط استفاده از ممانعت کننده ها

(۳) با استفاده از حفاظت کاتدی

روش های مبارزه با این نوع خوردگی را می توان به تنهایی یا با یکدیگر بکار برد.

۱-۱-۲- خوردگی گالوانیکی: (Galvanic or two metal corrosion)

هنگامیکه دو فلز غیر هم جنس در تماس الکتریکی با هم هستند و در معرض یک محلول هادی یا خورنده قرار بگیرند، بین آن ها یک اختلاف پتانسیل بوجود می آید و الکترون ها میان آن ها جریان پیدا می کند. در این حالت فلزی که مقاومت به خوردگی کمتری دارد

آندی شده و فلز مقاوم تر از نظر خوردگی، کاتدی می‌شود و معمولاً فلز کاتدی در این نوع خوردگی یا اصلاً خورده نمی‌شود و یا اگر خورده شود، مقدار خوردگی آن خیلی کم خواهد بود.

در صنعت خودرو این نوع خوردگی به خصوص هنگامی که آلومینیوم در تماس با فولاد قرار می‌گیرد رخ می‌دهد و آلومینیوم بصورت ترجیحی به سرعت خورده می‌شود. به همین دلیل آلومینیوم باید تماس مستقیمی با فولاد نداشته باشد که این امر با استفاده از مواد عایق، بتونه و ... میسر می‌شود. شکل زیر بطور شماتیک مکانیزم خوردگی گالوانیکی را نشان می‌دهد.

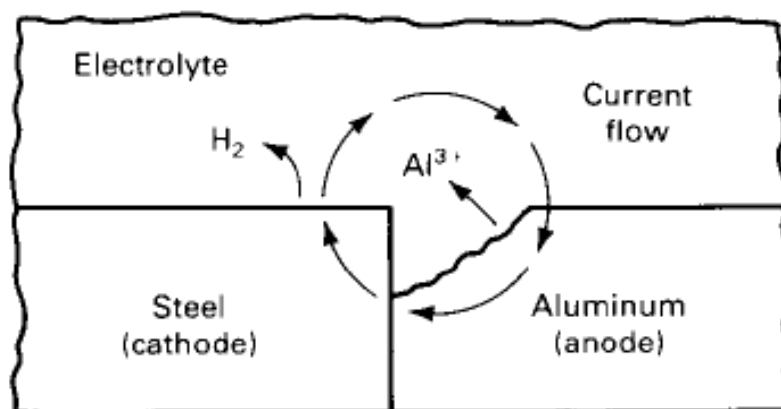


Fig. 3 Schematic showing the mechanism of galvanic corrosion, which occurs when two dissimilar metals are placed in contact with one another in the presence of an electrolyte. The more electrochemically active of the two metals will act as an anode and will corrode preferentially, while the less active metal is protected. Source: Ref 2

۳-۱-۱- خوردگی شیاری (crevice corrosion)

این نوع خوردگی زمانی رخ می‌دهد که حجم کوچکی از محلول الکترولیت در سطح فلز، شکاف‌ها، زیر پیچ و مهره‌ها و یا محل روی هم قرار گرفتن دو فلز قرار گیرد. در این حالت خوردگی موضعی شدیدی رخ می‌دهد. شکل زیر بطور شماتیک مکانیزم خوردگی شیاری را نشان می‌دهد.

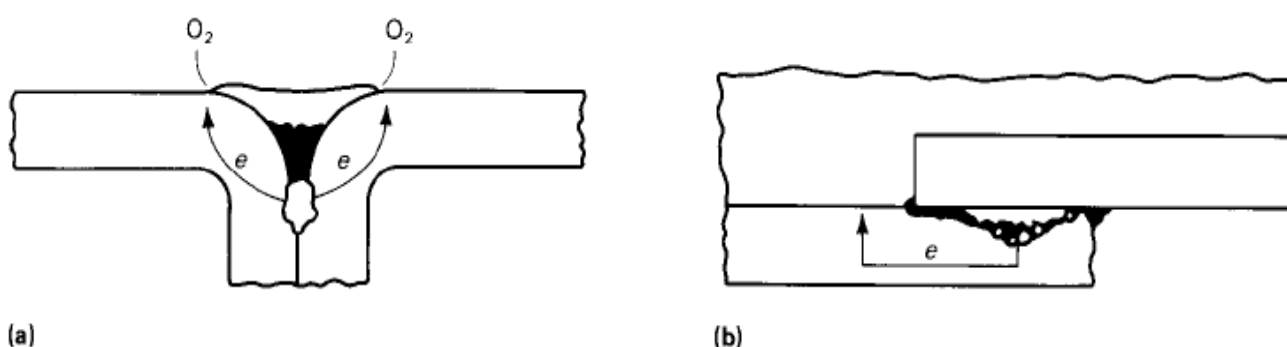


Fig. 2 Schematics showing the mechanism of crevice corrosion at a joint. Crevice corrosion is common at weldments or sheet metal joints (a) and rough surfaces where electrolyte can be trapped, and it can occur at tightly sealed lap joints, as in (b). Source: Ref 2

این نوع خوردگی در انواع فلزها و آلیاژها اتفاق می‌افتد. با این نوع خوردگی می‌توان به طرق زیر مبارزه کرد:

(۱) استفاده از جوشکاری بجای پیچ و مهره و پرچ کاری. البته جوش باید بدون عیب بوده و دارای حفره و شیار نباشد.

(۲) پوشاندن شیارها در محل روی هم قرار گرفتن دو فلز با استفاده از جوشکاری و

لحیم کاری

(۳) هر جا که ممکن است از واشرهایی که جاذب رطوبت نیستند مثل واشرهای پلاستیکی استفاده کرد.

۴-۱-۱- خوردگی حفره ای (pitting corrosion)

خوردگی حفره ای حالت خاصی از حمله های موضعی است که در آن فقط نقاط کوچکی از فلز مورد حمله قرار می گیرد، در حالیکه سایر نقاط صدمه چندانی نمی بینند. خوردگی حفره ای از زیان بارترین و مخرب ترین انواع خوردگی است که سریع و غافلگیرانه عمل می کند. این نوع خوردگی اغلب در محل هایی با PH پائین که از اکسیژن تهی شده اند ولی دارای غلظت نسبتاً بالایی از کلراید هستند اتفاق می افتد. مکانیزم خوردگی حفره ای شبیه به آن چه در خوردگی شکافی داشتیم می باشد و حفره های بوجود آمده خود می توانند نقش شیار و درز را بازی کنند. شکل زیر بطور شماتیک مکانیزم خوردگی حفره ای را نشان می دهد.

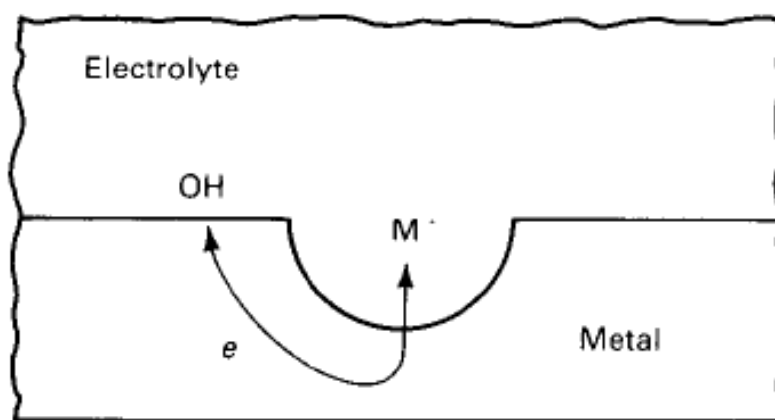


Fig. 5 Schematic showing the mechanism of pitting corrosion. Like crevice corrosion, pitting occurs at localized areas depleted of oxygen, low in pH, and high in chlorides. Source: Ref 2

حفره ها می توانند در ناهمگونی های فلزی، شکاف های موجود در پوششهای محافظ، رسوبات سطحی و سایر عیوب شکل می گیرند. تمام انواع خوردگی که بیان شد در نتیجه واکنش با محیط و اتمسفر بوده و در همه آن ها وجود آب الزامی می باشد.

۲-۱- طراحی مقدماتی برای بالا بردن مقاومت به خوردگی

برای اینکه بدانیم چگونه می توان با طراحی مقدماتی خوردگی را به حداقل میزان ممکن رساند، باید قبل از طراحی مقاله ها و اطلاعات مختلفی که توسط مهندسان طراح بدنه در کارخانه های مختلف تولید کننده خودرو ارائه شده است، در نظر گرفت. نکات مهمی که توسط مهندسان طراحی به آن اشاره شده به طور خلاصه در زیر آورده شده است:

- (i) دوری جستن از شکاف ، حفره و مکان هایی که باعث جمع شدن آب شود.
- (ii) دوری جستن از استفاده از فلزات غیر هم جنس در بدنه خودرو برای جلوگیری از خوردگی گالوانیکی
- (iii) اگر در طراحی مجبور به ایجاد حفره یا شکاف شدیم، این حفره ها و شاف ها باید توسط مواد پرکننده، پر شوند.

- (iv) دوری جستن از طراحی نقاطی که بتواند باعث جمع شدن گرد و خاک و ... شود.
- شکل زیر چند نوع متداول از خوردگی ناشی از طراحی و شرایط رطوبتی مختلف را نشان می دهد.

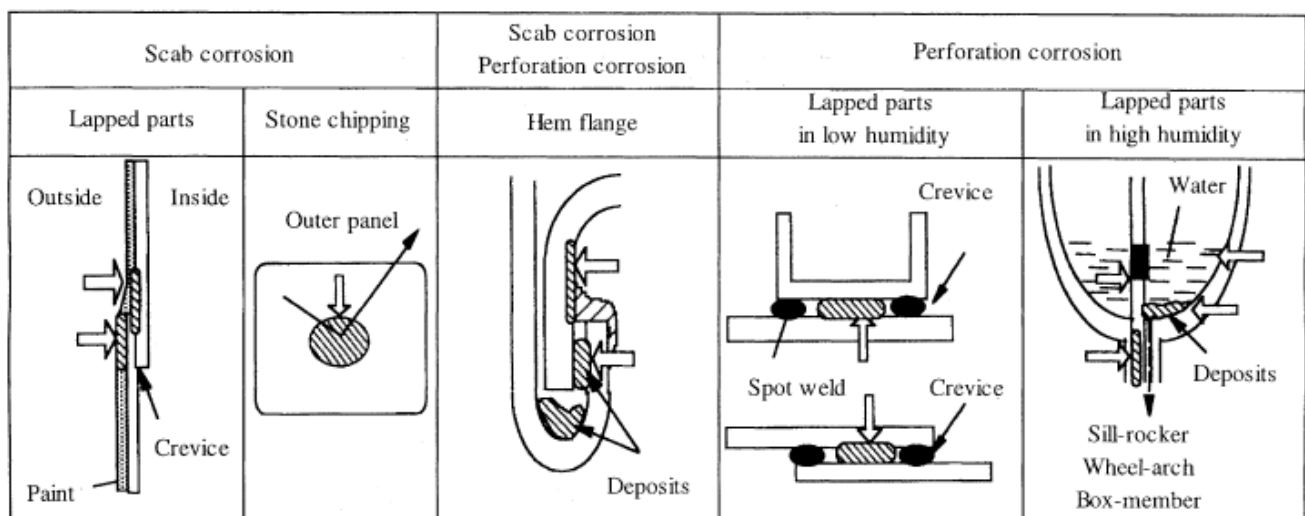


Fig. 1. Schematic corrosion mode of specific area of parts classified into design and humid condition.

۲- بدنه اتومبیل:

این سیستم شامل بدنه اصلی که فولاد ساده کربنی می باشد و توسط نورد سرد تولید می شود به همراه تقریباً ۵ لایه پوششی می باشد که این لایه ها شامل یک لایه پوشش روی و یا آلیاژهای روی، لایه فسفات، پوشش پرایمر آلی که به روش رسوب نشانی الکتریکی کاتدی اعمال می شود، پوشش رنگ که توسط اسپری اعمال می شود (filler) و رنگ نهایی. بنابراین بروی فلز پایه بطور کلی هر سه نوع پوشش فلزی، آلی و غیر آلی اعمال می شود.

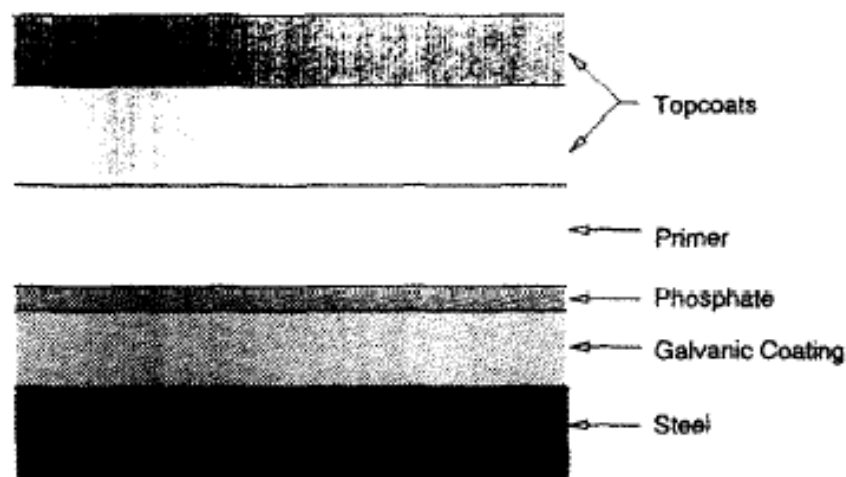


Fig. 1. Schematic cross-section view of a coated automotive material.

۲-۱: فلز پایه: substrate

در فن آوری ساخت بدنه خودرو هنوز از فولاد کربنی ساده بعنوان ماده اصلی تشکیل دهنده بدنه استفاده می شود، هرچند که در سال های اخیر تمایل به استفاده از آلومینیوم و مواد مرکب برای ساخت بدنه خودرو بیشتر شده است. با مروری به گذشته

و آمار منتشر شده از صنایع خودرو سازی بزرگ جهان در طول ۳۰ سال گذشته، چنین بنظر می رسد که فولاد ساده بیشترین وزن بدنه خودرو را تشکیل می دهد. بعنوان مثال در اتومبیل فولکس واگن مدل پاسات که در دهه ۷۰ میلادی تولید می شد، ۷۱ درصد وزن فولاد ساده کربنی برای ساخت بدنه، ۱۵ درصد چدن برای ساخت جعبه دنده و موتور، ۴ درصد لاستیک برای تایرها و ۱۰ درصد آلومینیوم، روی، پلیمر و شیشه موجود بود.

متأسفانه فولاد ساده کربنی که بیشترین درصد وزن یک خودرو را تشکیل می دهد، بیشترین صدمه پذیری در محیط خورنده را دارد. بنابراین استفاده از پوششهای محافظ برای جلوگیری از خوردگی بدنه الزامی است. این پوشش ها هم از نظر نوع مواد و هم از نظر روش ساخت پوشش بسیار متنوع هستند.

اطلاعات موجود در مراجع نشان گر این است که به خاطر کاهش وزن خودرو، مقدار آلومینیوم مصرفی برای ساخت خودرو در ۵۰ سال گذشته رو به افزایش بوده است. اتومبیل هایی که تمام بدنه آن ها از آلومینیوم باشد نیز مورد بررسی قرار گرفته است. افزایش مقدار آلومینیوم در ساخت خودرو از اواسط دهه نود میلادی تا به امروز تقریباً ۲۰٪ در سال بوده است. تا کنون خودروسازی های مزدا، میتسوبیشی، نیسان، سوزوکی و تویوتا در ژاپن، فورد در آمریکا، روور در انگلستان، آدی و مرسدس بنز در آلمان و ولوو در سوئد از آلومینیوم در ساخت خودرو استفاده کردند.

پوشش های تبدیلی برای آلومینیوم در ساخت خودرو به سه گروه تقسیم می شوند

پوششهای آندایزینگ، فسفات و کروماته

استفاده از آلومینیوم آندایز شده برای ساخت قطعات خودرو در مراجع متعددی ذکر شده است. شرکت های نیشان و تویوتا در ژاپن بر آلومینیوم ، پوشش فسفات ه عمل کرده و سپس بر پوشش فسفات ه رنگ زدند. کروماته کردن ورق های آلومینیوم نیز توسط شرکت هوندا برای ساخت اتومبیل اسپرتی به مدل Acura- Nsx انجام شده است. بعد از کروماته کردن آلومینیوم، رنگ آستری با روش الکترولیتی عمل می شود. هدف از عمل هر نوع پوشش تبدیلی بر سطح آلومینیوم، افزایش مقاومت آن به خوردگی، چسبندگی رنگ و همچنین زیبایی آن است.

۲-۲: پوششهای فلزی: metallic coating

استفاده از ورق های فولادی که توسط روی پوشش داده شده اند از ۷٪ در سال ۱۹۸۰ به ۵۰٪ در سال ۱۹۹۰ رسیده است. در اروپا استفاده از ورق های گالوانیزه به ۴۰٪ رسیده است که ۲/۳ از این ورق ها به روش الکترو پلیتیگ و ۱/۳ به روش غوطه وری در حمام روی گالوانیزه می شود. حجم روی و نیکل استفاده شده برای گالوانیزه کردن ورق ها در سال ۱۹۹۱ حدود ۳۵۰۰۰۰ تن برآورد شده است که این رقم برای ۱۱٪ از کل فولادهای پوشش دار تخمین زده شده است.

تولید کنندگان خودرو، ورق های گالوانیزه شده به روش الکتروپلیتیگ را با ضخامت پوشش بین ۷ تا ۱۰ میکرون و ورق های گالوانیزه شده به روش غوطه وری را با ضخامت پوشش بین ۱۰ تا ۲۰ میکرون استفاده می نماید. ورق ها می توانند از یک

طرف دارای پوشش باشند یا از هر دو طرف و روشهای گالوانیزه کردن در بسیاری از موارد با هم تفاوت دارد.

ورق هایی که با رنگهای حاوی ذرات روی پوشش داده می شوند تنها ۳٪ از کل ورق ها را در بر می گیرند. آئودی و پورشه برای ساختن بدنه از ورق هایی استفاده می کنند که صد در صد گالوانیزه شده اند در حالیکه ساب هنوز از رنگهای حاوی ذرات روی استفاده می کند. فولادهای گالوانیزه دارای قیمت بالایی هستند به خصوص اینکه قیمت فولادهای گالوانیزه شده به روش الکتروپلیتینگ ۴۰٪ از ورق های گالوانیزه به روش غوطه وری بیشتر است.

اصلی ترین پوششهایی که در صنعت خودرو کاربرد دارند عبارتند از پوشش بوسیله گالوانیزه گرم (HDG)، پوشش گالوانیل (GA)، پوششهای الکتروگالوانیزه (EG) و همچنین پوشش های Zn-Ni (ZiNi) و پوششهای الکتروپلیت روی-آهن (Zn Fe) می باشند.

- ورقهای گالوانیزه: (HDG)

ورق های فولادی هستند که توسط روی به روش غوطه وری گرم (HDG) پوشش داده می شوند و اولین ورقهایی بودند که بصورت گسترده در بدنه خودرو از آن استفاده می گردد و امروزه نیز بصورت وسیعی برای بسیاری از قسمتهای خودرو با ضخامت μm ۶-۲۰ $(\frac{gr}{m^2} 40-140)$ استفاده می شود. هزینه ورقهای گالوانیزه به روش غوطه وری

گرم ۲۰٪ بیشتر ورقهای بدون پوشش می‌باشد اما بطور کلی از سایر پروسه های پوشش دهی برای رسیدن به این وزن از پوشش اقتصادی تر می‌باشند.

ورق های HDG از فولادهای تهیه شده توسط نورد سرد تولید شده که در خط پوشش دهی ابتدا تحت عملیات حرارتی و نرماله کردن قرار می گیرند تا به خواص مکانیکی مطلوب برسند و سپس توسط غوطه وری پوشش داده می‌شوند و سپس می‌توان به منظور بهبود فرم پذیری عملیات آنیل کردن صورت گیرد و در نهایت برای بدست آوردن صافی سطح و بافت سطحی مناسب حرارت داده می‌شود فرم پذیری و قابلیت جوشکاری با ضخامت پوشش و تعداد عیوب موجود در پوشش تغییر خواهد کرد. همچنین می‌توان با دمش ذرات بسیار ریز روی به سطح فولاد هنگامی که از حمام روی مذاب بیرون کشیده می‌شود قابلیت رنگ پذیری آن را افزایش داد.

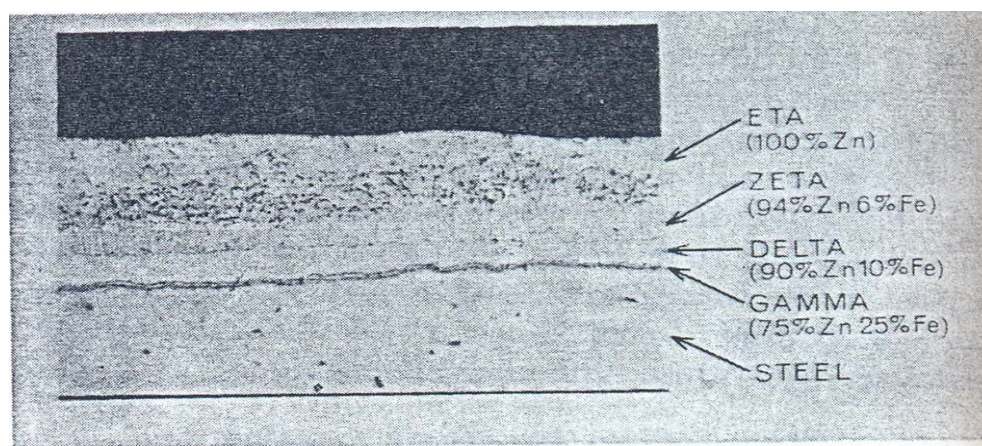


FIGURE 6.1 — Photomicrograph of a section through a typical hot dip galvanizing coating showing alloy layers. [SOURCE: User's Guide to Hot Dip Galvanizing for Corrosion Protection in Atmospheric Service (TPC-9), National Association of Corrosion Engineers, Houston, Texas, p. 1, 1983.]

شکل بالا یک پوشش گالوانیزه بر روی سطح فولاد را نشان می دهد که به روش غوطه وری در حمام داغ بدست آمده است. همان گونه که ملاحظه می شود در لایه اول فولاد با ترکیب ۱۰۰٪ آهن داریم و در لایه های بعدی با تغییر میزان روی و آهن لایه های نازک گاما، دلتا، زتا و آتا شکل گرفته و در لایه آخر روی خالص خواهیم داشت.

در بسیاری از خودروسازی های آمریکا از ورق ها که دو سمت آن ها پوشش گالوانیزه اعمال شده برای بدنه خودرو استفاده می شود. شکل زیر تاثیر پوشش روی را بر مقاومت به خوردگی ورقه های فولادی نشان می دهد.

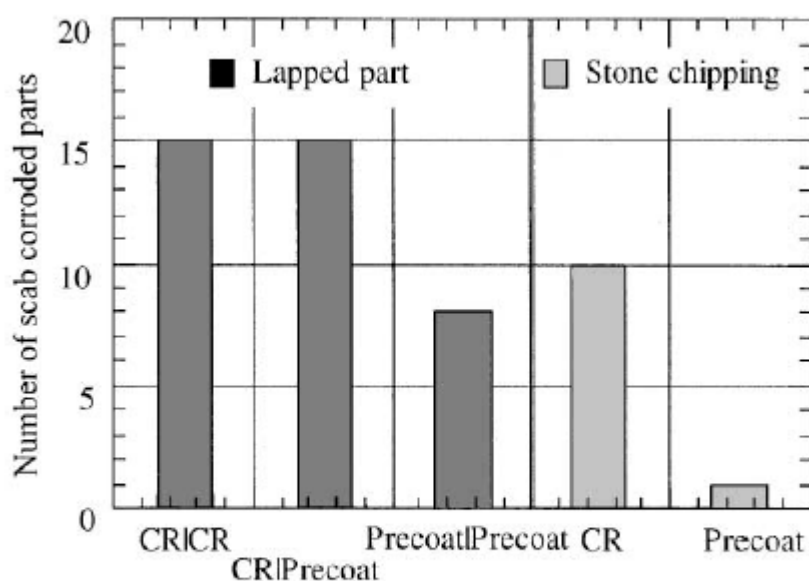


Fig. 3. Effect of Zn coating on anti-scab corrosion.

همان طور که در شکل بالا دیده می شود میزان خوردگی در ورقه فولادی که دو طرف آن پوشش داده شده است تقریباً نصف ورق هایی است که پوشش داده نشده اند یا

یک طرف آن پوشش داده شده است. همچنین میزان Chipping در ورق پوشش داده شده نسبت به ورق بدون پوشش ۱۰ برابر کمتر می باشد.

شکل زیر نیز ارتباط ورقه های فولادی با پوشش روی را با خوردگی Perforation نشان می دهد. همان گونه که دیده می شود، خوردگی Perforation با افزایش ورقه های فولادی پوشش داده شده با روی کاهش می یابد.

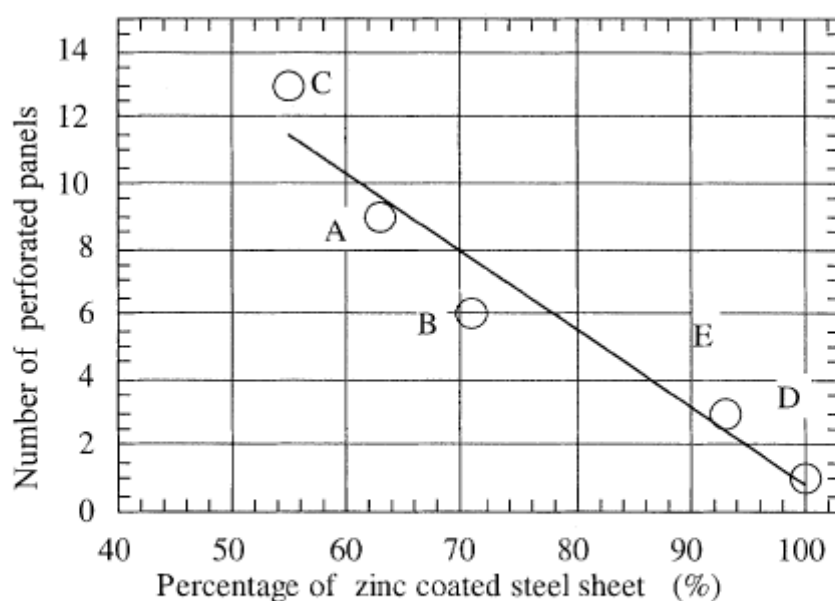


Fig. 7. Correlation between percentage of zinc coated sheet forming the vehicle body shell and number of perforated panels.

ورق های HDG برای افزایش مقاومت به خوردگی اجزای مختلف خودرو بعد از ساخت نیز مورد استفاده قرار می گیرند این نوع پروسه برای مقابله با خوردگی قسمت های زیرین خودرو مفید می باشد و دیگر مشکلات ناشی فرم پذیری ورق های پوشش دار را نخواهیم داشت فولاد سازان اخیرا تلاش های زیادی برای بهبود فرم پذیری، رنگ پذیری، خواص مکانیکی و ساخت ورق های HDG انجام داده اند.

- پوشش گالوانیل: (GA)

ورقهایی هستند که پس از اعمال لایه روی بوسیله روش گالوانیزه گرم حرارت داده می‌شوند. در این حالت روی و آهن در اثر حرارت در هم نفوذ می‌کنند و بنابراین یک لایه آلیاژی شکل می‌گیرد. این محصول بیشتر برای اجزایی که در معرض مستقیم خوردگی قرار ندارند استفاده می‌شود ولی اخیراً بطور گسترده برای قسمتهایی که در معرض خوردگی مستقیم قرار دارند نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. ضخامت پوشش گالوانیل

در هر طرف ورق در محدوده بین ۶ تا ۱۱ μm ($40-80 \frac{\text{gr}}{\text{m}^2}$) می‌باشد.

این پوشش دارای یک سطح خاکستری مات کمرنگ می‌باشد و هیچ گونه درخششی ندارد. ورق‌های گالوانیل دارای قابلیت رنگ‌پذیری و قابلیت جوشکاری بالاتری نسبت به ورق‌های HDG هستند و تستهای خوردگی آزمایشگاهی نشان دادند که ورق‌های گالوانیل دارای مقاومت به خوردگی همانند ورقهای HDG و یا بالاتر را خواهند داشت.

- پوششهای الکتروگالوانیزه: (EG)

در این روش پوشش روی از طریق آب کاری الکتریکی روی سطح اعمال می‌شود. قیمت فولادهای الکتروگالوانیزه نسبت به فولادهای بدون پوشش ۴۰٪ بیشتر می‌باشد. این پوششها دارای کیفیت سطحی بهتری نسبت به ورق‌ها با گالوانیزه گرم می‌باشد و ضخامت این پوششها در محدوده بین ۴ تا ۱۴ μm ($30-100 \frac{\text{gr}}{\text{m}^2}$) برای هر طرف از ورق می‌باشد. این محصولات دارای فرم‌پذیری بیشتری هستند زیرا رسوب در دمای پائین تری انجام می‌شود.

ورق های EG کاربرد محدودتری در صنعت خودرو دارند که بیشتر به دلیل قیمت بالای آن ها در مقایسه با ورق های HDG می باشد قیمت تولید بطور عمده به میزان الکتریسیته لازم برای به دست آوردن ضخامت لازم از پوشش وابسته می باشد.

اگرچه گزارشات اولیه براساس تست های خوردگی مه نمکی نشان دادند که پوششهای الکتریکی روی و آلیاژهای روی در ضخامت یکسان با ورق های HDG دارای دو تا چهل برابر مقاومت به خوردگی بالاتری هستند اما در شرایط عملی ورق های گالوانیزه سنگین تر دارای مقاومت به خوردگی بالاتری نسبت به تمامی انواع پوششهای دیگر از جمله پوششهای الکتریکی روی و آلیاژهای روی هستند همان گونه که در جدول زیر نمایش داده شده است.

Table 2 Corrosion of unpainted coated steel test coupons after 2 years of undervehicle exposure

Material	Coating weight per side g/m ² oz/ft ²		Steel thickness mm in.		Surface area showing base metal attack, % Vehicle 1 Vehicle 2		Average pit depth—			
							Vehicle 1		Vehicle 2	
							µm	mils	µm	mils
Hot dip										
Galvanized 1	120/150	0.39/0.49	0.71	0.028	0.6	14	0	0	15	0.6
Galvanized 2	100/120	0.33/0.39	0.90	0.035	0.3	27.3	11	0.43	56	2.2
Galvanized 3	55/90	0.18/0.30	0.45	0.018	0.5	5.0	0	0	15	0.6
Galvannealed 1	80/120	0.26/0.39	1.42	0.055	0	1.0	0	0	22	0.87
Galvannealed 2	75/85	0.25/0.28	0.89	0.035	0.3	32.8	11	0.43	86	3.4
One-side galvannealed	66	0.22	0.66	0.025	25	56.5	48	1.9	67	2.6
One-side electrodeposited										
Zn	90	0.30	0.88	0.034	61	86	64	2.5	120	4.7
Zn-15Ni-0.4Co	37	0.12	0.70	0.0275	46	67.5	75	3	81	3.2
Zn-16Ni	20	0.065	0.68	0.027	85	93.5	83	3.3	100	4
Zn-16Ni	40	0.13	0.68	0.027	38	79.3	73	2.9	128	5
Zn-16Al	25	0.08	0.68	0.027	59	84.3	64	2.5	97	3.8
Zn-22Al	40	0.13	0.68	0.027	54	76.5	64	2.5	90	3.5
Zinc-rich primer										
One-side Zincrometal	40	0.13	0.92	0.036	10.8	17.3	53	2.1	73	2.9
Uncoated										
Cold-rolled steel	...	...	0.51	0.020	100	100	>250	>10	>250	>10

(a) Vehicle 1, 660 days, 51 000 km (31 700 miles); vehicle 2, 660 days, 53 500 km (33 250 miles). Source: Ref 9

در ورق های EG سطح ناصاف و زبر پوششهای الکتریکی سبب بالا بردن جریان خوردگی الکتروشیمیایی می گردد به همین دلیل در تحقیقات اخیر به بررسی خصوصیات سطحی و بافت سطحی این پوششها تمرکز شده است.

هرچند زبری سطح پوششهای EG برای چسبندگی رنگ بسیار مناسب می باشد و این پوششها دارای فرم پذیری و قابلیت جوشکاری بالاتری نسبت به ورق های HDG هستند سطح پوششهای EG دارای عیوب کمتری نسبت به ورق های HDG است و رسیدن به پوشش رنگ نهایی با کلاس A در این پوششها آسان تر می باشد. به همین دلیل استفاده از پوششهای EG چه برای روی خالص و چه روی آلیاژی رو به افزایش گذاشت بطوریکه در حال حاضر این پوششها استفاده گسترده ای در صنعت خودرو، در قسمت هایی که در مجاورت محیط خورنده می باشند دارند که این به دلیل ضخامت یکنواخت این پوششها و مشخصات سطحی آن ها نسبت به ورق های HDG می باشد.

- پوششهای آلیاژی روی- نیکل: (Zn- Ni)

این پوششها نیز به روش الکترو پلینگ اعمال می شوند و دارای ۱۰ تا ۱۴٪ نیکل می باشند. این پوششها نیز با روشی مشابه آنچه که برای پوششهای روی گفته شده رسوب نشانی الکتریکی می شوند با این تفاوت که از الکترولیت روی- نیکل به جای الکترولیت روی استفاده می شود. ضخامت پوشش برحسب مورد بین ۳ تا $6 \mu m$ ($40-20 \frac{gr}{m^2}$) است. ورق های پوشش داده شده با پوشش روی- نیکل برای قسمتهایی در معرض خوردگی و نیز قسمتهایی که در معرض محیط خورنده قرار ندارند استفاده می شود. این پوشش مقاومت به خوردگی بالاتری نسبت به روی خالص دارد اما معایبی نظیر تردی ناشی از

تنش باقیمانده و فدا نشدن بطور کامل دارد و اگر پوشش آسیب ببیند فولاد به سرعت خورده می‌شود.

- پوشش آلیاژی روی- آهن: (Zn Fe)

این پوششها در ورق هایی که در مجاورت مستقیم محیط خود قرار دارند بکار می روند. در جایی که مشخصات سطحی و یکنواختی پوشش و ظاهری بهتر نسبت به آنچه در پوشش روی- آهن در روش گالوانیزه گرم داشتیم می خواهیم.

پوشش آلیاژی معمولا دارای ۱۵ تا ۲۵٪ آهن می‌باشد و ضخامت آن در هر طرف بالای $7 \mu m$ ($50 \frac{gr}{m^2}$) می‌باشد پروسه این روش شبیه به آنچه که در EG گفته شد می‌باشد با این تفاوت که در آن از الکترولیت آهن- روی استفاده می‌شود. این پوشش دارای مقاومت به خوردگی عالی و قابلیت جوشکاری بالاست.

- ورق با پوشش آلومینیوم: (Aluminized)

این نوع پوشش با فرو بردن ورق فولادی در حمام آلومینیوم- سیلیکون بدست می‌آید و دارای ۸ تا ۱۲ درصد سیلیکون است این نوع ورق ها دارای مقاومت به خوردگی در درجه حرارت های بالا هستند و برای سیستم اگزوز، عایق های حرارتی و قسمتهای داخلی کاپوت خودرو به کار می روند.

- ورق با پوشش آلیاژی سرب و قلع:

این نوع پوشش نیز با فرو بردن ورق در حمام آلیاژ سرب و قلع ایجاد می‌شود و دارای ۳ تا ۸ درصد قلع است از این نوع ورق در ساخت مخزن بنزین استفاده می‌شود به واسطه جوشکاری خوب آن و عدم ایجاد ذره های معلق که باعث خوردگی می‌شود برای استفاده

در فیلترهای سوخت نیز مناسب می‌باشند. این نوع ورق در ساخت قطعه‌های رادیاتور، فیلترهای هوا، لوله‌های سوخت و بخاری، سیستم ترمز و سیستم سوخت استفاده می‌شود.

- ورق فولادی با پوشش Al-Zn ۵۵٪:

این نوع روکش نیز با فرو بردن فولادی در حمام با ترکیب Al ۵۵٪، Zn ۴۳/۴٪، Si ۱/۶٪ تهیه می‌شود و با عنوان گالوالوم در ایالات متحده عرضه می‌گردد. این ترکیب براساس یک سری آزمایش‌های خوردگی بر روی روکش‌های آلیاژی Al-Zn در فضاهای صنعتی، روستایی و دریایی انتخاب شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان داده است که ترکیب Al ۵۵٪ ترکیب مطلوبی از استحکام روکش آلومینیوم و ویژگی‌های بازدارنده فرسایش روی می‌باشد. این محصول قابل شکل‌گیری می‌باشد و به وسیله هر نوع تکنیک قراردادی مورد استفاده در ورقه‌های پوشش دار قابل اتصال می‌باشد. خواص مکانیکی فولادها با این پوشش در جدول زیر آورده شده است.

خاصیت مکانیکی	MPa	$\frac{lb}{in^2}$
تنش تسلیم	۲۶۲-۳۶۵	۳۸۰۰۰-۵۳۰۰۰
مقاومت کششی	۳۴۵-۴۴۸	۵۰۰۰۰-۶۵۰۰۰
ازدیاد طول	۲۰٪-۳۶٪	

در مقایسه میزان خوردگی در محیط‌های مختلف نشان داده شده است که این ورقه روکش دار دو تا چهار برابر از ورقه فولادی با پوشش روی با ضخامت یکسان

مقاومتر است و همین طور بعد از مدت ۱۰ سال یا بیشتر در معرض محیط های صنعتی و روستایی، میزان خوردگی در این ورقها کمتر از ورقها با روکش آلومینیوم می باشد. این نوع ورقها به دلیل استحکام و سایر ویژگی های مطلوب استفاده وسیعی در ایالات متحده دارد و جانشین ورقه های فولادی با روکش آلومینیوم و گالوانیزه شده است و بیشتر در قسمتهای زیرین خودرو کاربرد دارد.

در تحقیقات انجام شده و آزمایش به مدت سه سال بر روی خودروها مشخص شد که ورقه فولاد با روکش Al-Zn ۵۵٪، دو تا هشت بار مقاوم تر از ورقه گالوانیزه است هنگامی که از هر دو آنها در قسمت زیر خودرو استفاده می شود.

۱-۲-۲- ویژگی ورق ها:

در زیر به بررسی برخی از ویژگیهای مهم ورق های بکار برده شده در بدنه خودرو می پردازیم:

- مقاومت در برابر گرما:

از میان ورق های پوشش دار، ورق گالوانیزه و آلومینیوم برای استفاده در دمای بالای ۵۵۰ درجه فارنهایت مقاوم تر هستند. این دو نوع ورق به دلیل مقاومت در برابر اکسیداسیون در دمای ۱۲۵۰ درجه فارنهایت قابل استفاده می باشد و نتایج حاصل از آزمایش ها نشان می دهد که تا دمای ۱۳۰۰ درجه فارنهایت نیز کاربرد دارد.

ورق ها با پوشش تیتانیوم تا دمای بالای ۱۵۰۰ درجه فارنهایت نیز کاربرد دارند که برای ساخت آگزوز خودرو که مقاومت بالا در برابر دمای بالا مطلوب است مورد استفاده قرار می گیرند.

- جوشکاری:

در هنگام جوشکاری قطعات خودرو، ورقه مابین الکترودهای آلیاژ مس که مخروطی شکل هستند قرار می گیرد و یک جریان الکتریکی از آن عبور داده می شود به طوری که محل بین الکترودها ذوب و منجمد می گردد و در نتیجه ورق ها بصورت نقطه ای به هم جوش می خورند.

علاوه بر این فلز پوشش دار باعث فرسایش سریع الکترودهای مسی می شود بطوریکه باید الکترودها تعمیر شود و میزان تولید هم کاهش می یابد. کاهش تعداد محل جوشکاری با استفاده از پوششهای نازک یک طرفه یا آلیاژ دار صورت می گیرد و پوششهای آلومینیوم و آلومینیوم- روی کاهش بیشتری را ایجاد می کنند.

- فرم گیری:

در فرم گیری یا در حقیقت فرم دهی مواد اعمالی چون خمیدن، کشش و ... بر روی آن ها انجام می شود در این موارد نرم سازی، شکل های توخالی و میزان دما در شکل گیری ورق مهم است. ورقه فولاد حرارت دیده در سه درجه متفاوت فرم می گیرد. درجه CQ برای ایجاد خمیدگی، فرم نرم دادن و کشیدگی می باشد در جه DQ برای ایجاد

کشیدگی و فرم پذیری ساده است و درجه DQSK برای کشیدگی دقیق ورقه بکار می رود.

پوشش ها به چند روش بر شکل پذیری فولاد اثر می گذارند اول اینکه کیفیت سطح ورقه را تغییر می دهد دوم آن که مقاومت آن را بیشتر می کند و سوم اینکه در مقابل کشش زیاد یا انبساط مقاومت بیشتری ایجاد می کند. پوشش های فلزی که به روش فرو بردن در حمام داغ ایجاد می شوند در معرض دمای بالا قرار دارند در نتیجه شکل پذیری ورق های پوشش دار تا اندازه ای کمتر از ورقه فاقد پوشش است.

۲-۲-۲- پیشرفت های اخیر در پوششهای فلزی:

مزایای عمده پوشش های روی و فولادها با پوشش آلیاژی روی بهبود مقاومت آن ها نسبت به خوردگی Cosmetic و Perforation می باشد و درجه خوردگی متناسب با میزان پوشش می باشد ولی این پوشش ها دارای معایبی نظیر قابلیت جوشکاری پایین و همچنین شکل پذیری پایین می باشد (مقاومت به خوردگی بهتر اما خواص مکانیکی پایین تر می گردد) به همین دلیل صنعت خودروسازی هنوز در حال آزمایش کردن و بهبود خواص مواد می باشد. به عنوان مثال فولادهای پوشش داده شده با لایه نازک تری از آلیاژ روی با خواص مکانیکی بالاتر و بدون کاهش مقاومت خوردگی مورد آزمایش قرار گرفته است.

انگیزه های اصلی برای رسیدن به سیستم های بهتر، کاهش وزن خودرو و افزایش کارایی و دوام و همچنین سازگاری با شرایط محیطی و ایمنی می باشد. بعضی از این

مواد کاملاً پیچیده هستند به عنوان مثال پوشش آلیاژی سه تایی Zn- Co- Cr که دارای ذرات پراکنده Al_2O_3 است اخیراً پیشنهاد داده شده است. همچنین توسعه پوشش های آلیاژی Zn-Mn که دارای کارپذیری بالا، قابلیت جوشکاری، چسبندگی تر و مقاومت به فرورفتگی خوب هستند گزارش شده است و در ژاپن نیز پوششهای روی- نیکل که بر روی آن یک لایه کروماته اعمال می شود و لایه نازک نهایی آلی به ضخامت (1 تا $2\text{ }\mu\text{m}$) روی آن اعمال می شود گسترش یافته است.

۳-۲- پوشش فسفات:

فسفات کاری از روش های موثر در جلوگیری از خوردگی بوده و برای محافظت موقت بکار می رود همچنین به منظور افزایش چسبندگی رنگ به عنوان آستری قبل از رنگ کاری بر روی قطعات اعمال می شود. انواع محلول های فسفات آهن، روی، منگنز بر روی چدن و فولاد کاربرد دارد و در صنعت خودرو برای بدنه، چراغ ها، دیسک ترمز به کار می رود.

در این بخش اثر فسفات کاری در جلوگیری از خوردگی و نقش ترکیب شیمیایی فسفات با روش پاشش نمک مورد مطالعه قرار گرفته است. مورفولوژی پوششهای فسفات آهن و روی با میکروسکوپ نوری و الکترونی SEM بررسی و ارتباط آن با مقاومت به خوردگی و ضخامت پوشش فسفات تعیین شده است.

فسفات کاری عملیاتی است که برای اعمال پوشش های تبدیلی فسفات بر روی سطوح فلزهایی مثل آهن، فولاد، گالوانیزه، آلومینیوم، پوششهای الکترولیزی روی،

کادمیم، فولاد ضد زنگ و آلیاژهای منیزیم بکار می رود. عمده کاربرد پوششهای فسفات‌ها در صنایع خودروسازی برای افزایش چسبندگی رنگ و دیگر مواد الی بر روی سطح فلز و افزایش مقاومت خوردگی بدنه خودرو می‌باشد. همچنین این پوشش‌ها به منظور کاهش اصطکاک و تسهیل عملیات شکل دادن سرد در کشتش اکستروژن و نیز به عنوان عایق الکتریکی بکار می‌رود.

فرایند اصلی تشکیل پوشش فسفات‌ها، رسوب یک فلز دو ظرفیتی است و یون‌های فسفات PO_4^{3-} بر روی سطح فلز می‌باشد که در مرحله اول انحلال فلز پایه در محلول فسفات کاری سبب افزایش PH محلول در نزدیک سطح قطعه می‌گردد و غلظت یون فلزی در محلول بالا می‌رود. افزایش PH در فصل مشترک فلز و الکترولیت باعث رسوب نمک‌های فسفات می‌شود.

پوشش‌های فسفات تجاری شامل فسفات‌های آهن، روی، منگنز، کلسیم و یا مخلوطی از این‌ها می‌باشد که البته افزودن عناصری چون نیکل به حمام‌های فسفات روی خواص آن‌ها را بهبود می‌بخشد. پوشش‌های فسفات اکثراً دارای ساختار کریستالی هستند ولی کریستال‌های آن‌ها مورفولوژی متفاوتی دارد و اندازه این کریستال تا چند میکرون می‌رسد و معمولاً کریستال‌های بزرگ‌تر دارای ضخامت پوشش بیشتری هستند. عوامل مختلفی بر ساختمان کریستالی پوشش‌های فسفات تأثیر می‌گذارد اضافه کردن یون‌های کلسیم، بر، سیلیسیم، زیرکونیم و تیتانیوم باعث ریز دانه شدن اندازه دانه‌های کریستال می‌شود و عواملی که بر اندازه کریستال‌ها تأثیر می‌گذارد در نهایت بر روی چسبندگی رنگ موثر می‌باشد.

فاکتورهای مختلفی از جمله روش آماده سازی سطح، مورفولوژی، تخلخل، کیفیت آب شستشو، دمای خشک کردن، اندازه دانه ها و ترکیب شیمیایی فلز پایه بر خواص پوششهای فسفات موثر هستند.

مکانیزم فسفات کردن فولاد نشان می دهد که تغییرات درجه اسیدی حمام بر سرعت پوشش دهی و سینتیک واکنش بسیار موثر است مواد افزودنی بر حمام فسفات مثل بعضی از آمین ها و یا ترکیبات آلی گوگرد دار نیز بر تغییرات درجه اسیدی حمام فسفات و در نتیجه سرعت پوشش دهی و مقدار پوشش تشکیل شده موثر است.

در صنعت خودروسازی ابتدا توسط حمام های فسفات قلیایی رقیق چربی زدایی صورت می گیرد و سپس عملیات فسفات کردن توسط ترکیبی از روشهای اسپری و غوطه وری صورت می گیرد که در نهایت منجر به شکل گیری لایه کریستالی فسفات با وزن نهایی حدود $(2-5 \frac{g}{m^2})$ می شود ترکیب شیمیایی و ساختار کریستالوگرافی این لایه بستگی به ترکیب شیمیایی ماده پایه و حمام فسفات دارد.

دو نوع از ساختارهای معمول فسفات $[Zn_x(Po_4)_{1-x}H_2O]$ hopeite و $[Zn_xFe(Po_4)_{1-x}H_2O]$ Phosphophyllite می باشند. بعد از فسفات کردن یک لایه کروماته روی آن اعمال می گردد که این مرحله بدلیل سمی بودن فرایند کروماته کردن به تدریج کنار گذاشته شده است.

لایه فسفات مدت زیادی بدون نقص باقی نمی ماند و در مرحله بعدی که رسوب نشانی الکتریکی پرایمر می باشد، لایه فسفات توسط لایه قلیایی شکل گرفته در فصل مشترک مورد حمله قرار می گیرد. در حین عملیات رسوب نشانی الکتریکی میزان PH به

۱۲ یا بالاتر می رسد و در این شرایط PHosPHoPHylite دارای مقاومت بیشتری نسبت به hopeite می باشد.

همچنین پوششهای آلیاژی (Zn- Ni- Co و Zn- Fe) دارای مقاومت بالاتری نسبت به ورقها با پوشش روی خالص می باشند زیرا در مشاهدات بعدی مشخص گردید که روزنه هایی که در اثر حل شدن لایه فسفات و وجود می آید توسط رسوب هیدروکسید نیکل و هیدروکسید آهن پر می شود.

هنگامی که فلز رنگ شد، در کوره قرار گرفته و برای مدت ۳۰ دقیقه در دمای 200°C نگه داری می شود که در این حالت هر دو نوع پوشش فسفات PHosPHoPHylite و hopeite، دو مولکول از ۴ مولکول آب خود را از دست می دهند. هنگامیکه فلز رنگ شده در محیط قرار می گیرد، رطوبت به لایه رنگ نفوذ می کند و با پوشش فسفات که مقداری از آب خود را از دست داده است واکنش می دهد و بسته به PH آب لایه فسفات روی- آهن می تواند کاملاً حل گردد و یا Po_4^{2-} یا Zn و یا هر دوی آنها را از دست بدهد، شکل زیر حل شدن لایه فسفات را بخصوص در حضور NaCl نشان می دهد در برخی موارد لایه فسفات ممکن است بطور کلی نابود گردد.

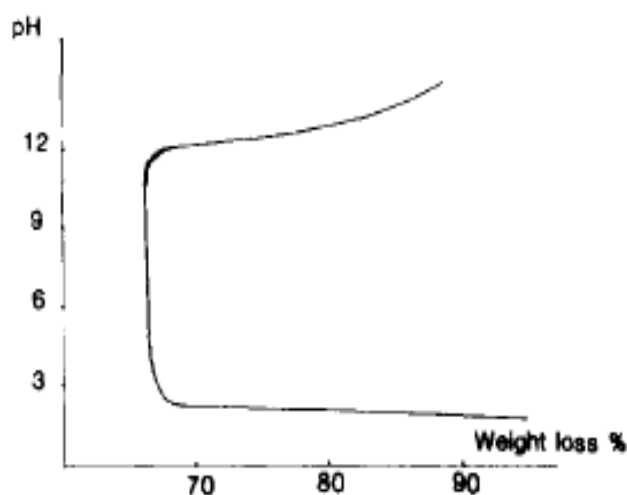


Fig. 2. Dissolution of phosphate coating in 5% NaCl [14].

تحقیقات اخیر در زمینه کاربرد پوشش های فسفات در صنایع خودرو سازی نشان می دهد که حفاظت محیط زیست و سلامت و ایمنی کارکنان واحدهای تولید پوشش فسفات نیز مورد توجه قرار گرفته است. سازگاری حمام پوشش فسفات با محیط زیست نیز بستگی به ترکیب شیمیایی و فرمول بندی حمام دارد.

۲-۴ پوششهای آلی:

در یک پوشش آلی سه قسمت اصلی وجود دارد که شامل: آستر اولیه (پرایمر) ، لایه میانی و لایه نهایی می شوند. از جمله خصوصیات پوشش های آلی ، نفوذناپذیری آنهاست که پوشش ها را در مقابل رطوبت و گازهایی مثل گازکربنیک، هوا و عبور یونها و الکترون ها غیرقابل نفوذ می کند.

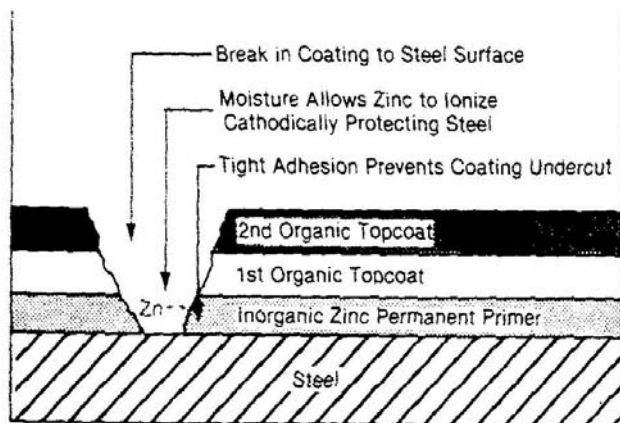


FIGURE 4.5 — An inorganic zinc primer reacts to protect the steel substrate at breaks in the alkali-resistant topcoat. (SOURCE: Munger, C. G., Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, Coatings, Resistant, 3rd Ed., Vol. 6, John Wiley & Sons, New York, NY, pp. 456-57, 1979.)

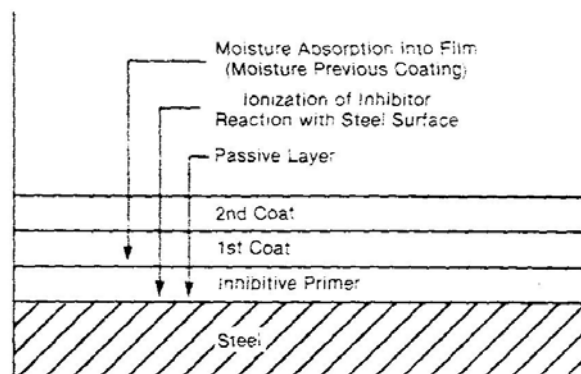


FIGURE 4.3 — In inhibitive coatings, moisture penetrates to the inhibitive primer where the reactive pigments are activated to passivate the metal substrate at the coating-metal interface. (SOURCE: Munger, C. G., Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, Coatings, Resistant, 3rd Ed., Vol. 6,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

۲-۴-۱ - آستر اولیه Primers

آستری‌ها اولین لایه‌هایی هستند که روی سطح کاملاً آماده شده اعمال می‌گردند. در ساخت پرایمرها معمولاً از پیگمنت‌های بازدارنده خوردگی استفاده می‌شود. این پیگمنت‌ها در رطوبت جذب شده توسط فیلم رنگ، حل شده و سپس با فلز سطح واکنش انجام می‌دهند و از خوردگی آن به این ترتیب جلوگیری می‌نمایند. از جمله پیگمنت‌های حفاظت کننده کاتدی که در پوشش‌های زینک ریچ به کار می‌روند، پودر روی می‌باشد. این پوشش‌ها به ۲ دسته معدنی و آلی تقسیم می‌شوند. پوشش‌های زینک ریچ اپوکسی از نوع آلی و زینک اتیل سیلیکات از نوع معدنی می‌باشد.

پوشش پرایمر معمولاً شامل یک رزین آمینو-اپوکسی است که با یک دی ایزوسیانات مخلوط می‌شود و هنگام پخت در دمای 170°C پلیمریزاسیون صورت گرفته و یک ساختار اپوکسی-اورتان حاصل می‌گردد.

خصوصیات آستری‌ها به قرار ذیل می‌باشد.

(a) چسبندگی به سطح مورد نظر

(b) مقاومت در برابر عوامل خوردگی

(c) چسبندگی به لایه میانی

(d) انعطاف‌پذیری مناسب

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

2-4-2 - لایه میانی

فرمولاسیون لایه میانی بسیار مهم است زیرا باعث افزایش ضخامت پوشش می‌شود. ضخامت فیزیکی باعث بهبود بسیاری از خواص ضروری مانند افزایش مقاومت شیمیایی، کاهش سرعت انتقال تبخیر، افزایش خواص سایشی و مقاومت به ضربه می‌شود. لایه میانی باید چسبندگی خوب به پرایمر داشته باشد تا پایه خوبی برای لایه نهایی باشد. پوشش لایه میانی معمولاً دارای نسبت زیاد رنگدانه به رنگپایه می‌باشند بنابراین یک پوشش هموار با چسبندگی فیزیکی می‌باشد. در صورت عدم چسبندگی خوب به پرایمر و

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

خصوصیات لایه میانی

(۱) ایجاد ضخامت برای کل سیستم پوشش

(۲) مقاومت زیاد در مقابل مواد شیمیایی

(۳) مقاومت در مقابل ورود رطوبت و بخار

(۴) افزایش مقاومت الکتریکی پوشش

(۵) چسبندگی قوی به آستری و لایه نهائی

3-۴-۲ - لایه نهایی

لایه نهایی که روی لایه میانی اعمال می‌شود در داخل لایه میانی نفوذ می‌کند، در نتیجه سطح سیستم را غیرقابل نفوذ می‌نماید. لایه نهایی خط اول مبارزه در مقابل تهاجم‌های محیطی برای سیستم‌های رنگ است.

خصوصیات لایه نهایی

لایه نهایی نیز چند عمل مهم انجام می‌دهد.

(۱) فراهم کردن یک لایه مقاومت برای سیستم رنگ

۲) تشکیل حصار و سد اولیه در مقابل عوامل بیرونی

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

۴) فراهم کردن یک سطح سخت و غیر قابل فرسایش

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

پرکننده و پوشش نهایی که در شمال آمریکا مورد مورد استفاده قرار می گیرد هر دو معمولاً از جنس پلی اورتان بوده و دارای ضخامت نهایی در حدود $100\text{ }\mu\text{m}$ می باشد. در اروپا معمولاً بعد از پوشش فسفات، سه لایه اعمال می شود. به عنوان نمونه این سیستم شامل یک پرایمر ($20\text{ }\mu\text{m}$)، یک پلی استر شامل آلکید- ملامین ($40\text{ }\mu\text{m}$)، آستر رنگ ($20\text{ }\mu\text{m}$) و پوشش نهایی ($40\text{ }\mu\text{m}$)

۳- تست های خوردگی:

ما نیاز داریم که مواد را برای اندازه گیری مقاومت به خوردگی آن ها آزمایش کنیم. آزمایشهای موجود در صنعت خودروسازی قابل اطمینان می باشند اما گران و زمان بر می باشند. البته تستهای آزمایشگاهی سریع اگرچه ارزان هستند و زمان کمی می برند، نهایتاً نمی توانند شرایطی دقیقاً مانند شرایط طبیعی تولید کنند.

آزمایشهای خوردگی تسريع یافته ای که در آن ها سطوح خارجی مورد آزمایش قرار می گیرند مانند آزمایش پوسته شدن (Scab) که در آن از محلول نمک به صورت متناوب استفاده می شود نمایانگر نمونه ای از این آزمایشات می باشند که زمان، قیمت و قابلیت اطمینان متوسطی دارند.

بسیاری از تست های آزمایشگاهی سریع مورد استفاده دارای طبیعت دوره ای و متناوب می باشند که در آن نمونه ها طی سیکل های متناوب در معرض محلول نمک، دما و رطوبت بالا قرار می گیرند. امروزه به طور قطع تمام خودروسازان جهان از این تستهای متناوب خوردگی استفاده می کنند. تستهای مختلف براساس شرایط و مدت زمان مراحل مختلف متمایز می گردند و نتایج نیز برحسب موارد ذکر شده تغییر خواهند کرد. جدول زیر نمونه ای از روند تست های خوردگی که توسط تولیدکنندگان مختلف خودرو استفاده می شود را نشان می دهد.

Table 1
Corrosion testing procedures used by different automakers [17]

Type of test	GM Scab test	Ford test	APG test modified Ford	Chrysler test	Volkswa- gen	Renault 3C	A.P. test
Salt spray NaCl 5%	No	15 min, 23 °C	No	15 min, 23 °C	24 h, 35 °C	24 h, 35 °C	4 h, 35 °C twice
Immersion NaCl (5%)	15 min ambient	No	15 min, 23 °C	No	No	No	16.5 h, 40 °C distilled water
Humidity cabinet	22.5 h, 60 °C 85% RH	8 h, 25 °C 100% RH	22.5 h, 25 °C 85-90% RH	15 min, 25 °C 90-100% RH	8 h, 40 °C 100% RH	8 h, 40 °C 95% RH	18 h, 40 °C 90% RH
Laboratory	75 min	48 h	75 min	6 h	16 h	16 h	6 h
Freezer cabinet	30 min, 23 °C once/ week	No	No	No	No	No	2 h, 23 °C
Oven drying	1 h, 60 °C once/ week	No	No	No	No	48 h, 20 °C 64% RH	No
Cycle duration	24-25.5 h	1 week	24 h	12 h	1 week	1 week	48 h
Length of test	20 cycles	10 cycles	60 cycles	50 cycles	3 cycles	7 cycles	10 cycles

انجمن خوردگی موسسه آهن و فولاد آمریکا (AISI) در آخرین انتشارات خود به رده بندی مقاومت به خوردگی ورق های فولادی در شرکت های مختلف خودروسازی پرداخت که برطبق آخرین گزارشات این موسسه تست خوردگی متناوب GM 9540P به نظر می رسد که بهترین نتایج آزمایشات را داده است.

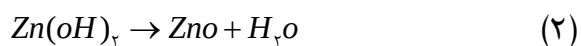
Schumacher و Davidson نتیجه گرفتند که تمام تستهای خوردگی تاثیر شدیدی بر روی ورق های گالوانیزه داشته و به عقیده آن ها بهترین تست ، آزمایش پوسته شدن و تست GM- 9450B می باشد. آن ها همچنین پیشنهاد دادند که از محلول نمک با غلظت زیر ۱٪ استفاده گردد بر طبق نظریه آن ها زمان رطوبت دهی یک فاکتور بحرانی نمی باشد ولی یک مرحله خشک شدن باید در تست های دوره ای در نظر گرفته شود.

همچنین نتیجه گرفته شد که خوردگی Cosmetic در مجاورت اتمسفر می‌تواند دو برابر شود، اگر زمان رطوبت دهی ۴۰٪ و یا کمتر باشد، در مورد خوردگی Perforation نیز به همین صورت می‌باشد در صورتیکه زمان رطوبت دهی در حدود ۵۰٪ شود.

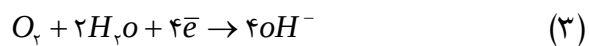
در حال حاضر تنها شرکت ولوو به نظر می‌رسد که دارای تستهای آزمایشگاهی پیشرفته نسبت به سایر شرکتها می‌باشد زیرا در این آزمایشگاه علاوه بر یون Cl، نمونه ها در معرض مقادیر کوچک آلاینده های اتمسفری نظیر SO_2 و NO_x و غیره قرار می‌گیرند. همچنین بر روی نمونه ها نوسانات دما و رطوبت اعمال می‌گردد تا یک شرایط اتمسفری واقعی شبیه سازی گردد. نگرش دیگر در این تستها توسط Hoogovens ابداع گردیده که در آن شرایط اقلیمی متفاوت در نظر گرفته شده است. در این قسمت نسبت رطوبت و دما براساس شرایط روزانه و فصلی تغییر می‌کند.

۴- خوردگی اتمسفری روی:

در اینجا تنها خلاصه ای از خوردگی اتمسفری روی و مکانیزم آن توضیح داده می شود. واکنشهای خوردگی روی به صورت زیر می باشند:



واکنش کاتدی:



هنگامی که پوشش روی زنگ می زند، $\text{Zn}(\text{OH})_2$ طبق واکنش ۱ در ابتدا شکل می گیرد و سطح را می پوشاند و تا زمانی که هدایت الکتریکی آن پایین است، $\text{Zn}(\text{OH})_2$ احیای اکسیژن را به تعویق می اندازد (واکنش ۳) و بنابراین در متوقف کردن واکنش ۱ موثر است. $\text{Zn}(\text{OH})_2$ نیز طبق واکنش ۲ آب خود را از دست می دهد و به ZnO تبدیل می شود. ZnO یک نیمه هادی از نوع n می باشد و بنابراین تاثیر کمی در متوقف کردن واکنش ۳ دارد، بنابراین پروسه خوردگی متوقف نمی شود و ادامه می یابد. اگر از انجام واکنش ۲ جلوگیری شود خوردگی می تواند به تعویق بیافتد. مشاهده شده است که روی آلیاژی با Al, Mg, Ni, Co و Mn مانع انجام واکنش ۲ می شوند و بنابراین باعث بهبود مقاومت به خوردگی پوشش می شوند.

بعد از اکسیدها و هیدوکسیدها، کربناتها بیشترین محصولات خوردگی هستند که در خوردگی اتمسفری روی یافت می شوند معمول ترین کربناتهایی که یافت می شوند $\text{Smithsonite}[\text{ZnCo}_2]$ و $\text{hydrozincite}[\text{Zn}_2(\text{Co}_2)_2(\text{OH})_2]$ می باشند. هیدروزینکات هنگامی

که روی در مجاورت آب یا آب دریا قرار می گیرد تشکیل می شود. تجربیات آزمایشگاهی نشان داده اند که SO_2 باعث بالا رفتن خوردگی روی می شوند. هرگونه گاز سولفوری که در لایه سطحی حل شود به یون بی سولفیت $[HSO_3^-]$ اکسید می شود که به آسانی توسط ازن به یون سولفات تبدیل می گردد حضور یون سولفات در لایه های خورده شده تایید شده است. همچنین حضور $naumwite[(ZnCu)_xSo_x(oH)_y.4H_2O]$ تحت شرایط حفاظت شده در یک اتمسفر روستایی شناسایی شده است.

در یک محیط کلریدی که بیشترین کاربرد و استفاده را در تستهای آزمایشگاهی سریع دارد، هیدروکسی کلرایدها شکل می گیرند گزارش شده است که نمک مخلوط $Zn(oH)_x.ZnCl_x$ در نمونه هایی که در اتمسفرهای صنعتی، معدنی و محفظه Salt Spray قرار داشته اند دیده شده است.

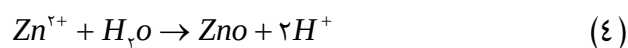
در یک PH بالاتر، $Zn(oH)_x.ZnCl_x$ شکل می گیرد هرچند که همواره گزارش شده است که فولادهایی که توسط روی پوشیده شده اند و در محیط های خورنده معدنی قرار گرفته اند اغلب توسط سولفاتهای قلیایی و کربناتها و مقدار کمی کلراید پوشیده می شوند. همچنین دو محصول جدید دیگر خوردگی به صورت $NaZn_xCl(oH)_ySo_x.6H_2O$ در اتمسفر معدنی و $Zn_xCl_y(oH)_zSo_x.5H_2O$ در اتمسفرهای روستایی، شهری و صنعتی شناسایی شده اند.

۵- مکانیزم های اصلی از بین رفتن پوشش:

برخی از مکانیزم های عمده از بین رفتن پوششها توسط Granata به صورت زیر خلاصه شده اند:

5-1- Anodic undermining

عبارت است از خوردگی فلز در زیر لایه فسفات که به حضور مناطق کاتدی که در عیوب شکل می گیرند وابسته است، در جائیکه غلظت اکسیژن بیشتر است و یا پوشش فلزی بصورت گالوانیکی با چند فولاد پایه نجیب تر خود در سیستم خودرو جفت شود. این پروسه به اسید حاصل از هیدرولیز یون های فلزی که در واکنش آندی شکل می گیرد وابسته است. به عنوان مثال:



5-2- سیکل گرمایی: (Thermal cycling)

سیکل های گرمایی به تنهایی و یا به همراه سایر پروسه های از بین رفتن پوششها باعث ایجاد تنش در پوششها می شوند که می تواند باعث شکسته شدن باندهای چسبنده به فلز پایه شوند.

5-3- تاول زدن کاتدی (Cathodic blistering)

در این مکانیزم شکل گیری تاول ها همراه با احیای الکتروشیمیایی اکسیژن است و پوشش دارای هیچ گونه عیوب و یا آسیب های فیزیکی نمی باشد. اکسیژن، آب و کاتیون

ها از طریق رنگ نفوذ می کنند (به عنوان واکنش دهنده های کاتدی) و مرکز تاول متمایل می گردد که به آند تبدیل شود. برای اینکه تاول زدن کاتدی رخ دهد کاتیون ها می بایست به کاتد مهاجرت کنند. در غیر اینصورت پلاریزاسیون غلظتی از خوردگی جلوگیری می کند. کاتیون ها می توانند از طریق فیلم و یا به احتمال زیاد عیوب و یا فصل مشترک فلز- پوشش نفوذ کنند.

4-5- تاول های گازی (Gas blistering)

تاؤل زدن گازی غیر معمول است اما از نظر صنعتی بخصوص در پوششهای روی خالص امکان پذیر می باشد. و این پروسه در نتیجه احیای یون هیدروژن به H_2 می باشد. این مکانیزم در محیط های اسیدی و در جائیکه احیای یون هیدروژن بیشتر است صورت می گیرد.

4-5- بادکردن پلیمر: (Swelling of polymer)

این پروسه در برخی از فیلم های رنگ در نتیجه جذب زیاد آب صورت می گیرد که باعث القا کردن تنش به پوشش شده و باعث کاهش چسبندگی و از بین رفتن پوشش می شود.

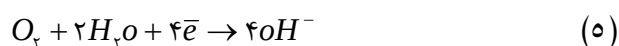
4-5- تاول زدن اسمزی (Osmotic blistering)

وجود مواد محلول در آب در ساختار فیلم رنگ باعث می شود که این مواد به علت پدیده اسمزی آب جذب کرده و تاول زدن اسمزی اتفاق می افتد.

7-5- لایه لایه شدن کاتدی (Cathodic delamination)

مکانیزمی است که در آن واکنش های کاتدی باعث جدا شدن پوشش از سطح فلز

پایه و از بین رفتن پوشش می گردد واکنش کاتدی معمول بصورت زیر می باشد:



علاوه بر سه واکنش دهنده که در بالا مشخص می باشند، کاتیون ها نیز همواره

باید موجود باشند. در جه ای که در آن واکنش بالا باعث آسیب دیدن فصل مشترک فلز-

پوشش می شود بستگی به طبیعت حضور کاتیون ها دارد.

بزرگترین آسیب هنگامی که کاتیون های فلزی قلیایی موجود هستند ایجاد

می شود زیرا آن ها اجازه می دهند که مقدار PH افزایش پیدا کند و حتی از ۱۴ نیز بالاتر

رود. خصلت قلیایی خیلی بالا باعث صدمات بسیار زیادی به پلیمرها، حل شدن اکسیدها

و لایه فسفات و بسیاری از لایه های سطحی دیگر می شود و باعث بالا رفتن خوردگی

Fe و Zn در نتیجه افزایش پتانسیل الکتروشیمیایی آن ها به مقادیر فعال تر می شود.

شکل شماتیک از مکانیزم لایه لایه شدن کاتدی در زیر نمایش داده شده است.

اگر هیچ گونه عیبی در فیلم وجود نداشته باشد، واکنش دهنده ها به آرامی از میان

پوشش عبور خواهند کرد، اما اگر دارای عیوب باشیم واکنش دهنده ها به سرعت از

طریق عیوب به فصل مشترک می رسند. در موارد آسیب های جزئی هنگامی که آسیب

دیدن سیستم پلیمری را به صورت کامل نداریم، مکانیزم تاول زدن کاتدی به همراه مقدار

کمی زنگ و یا بدون زنگ را خواهیم داشت.

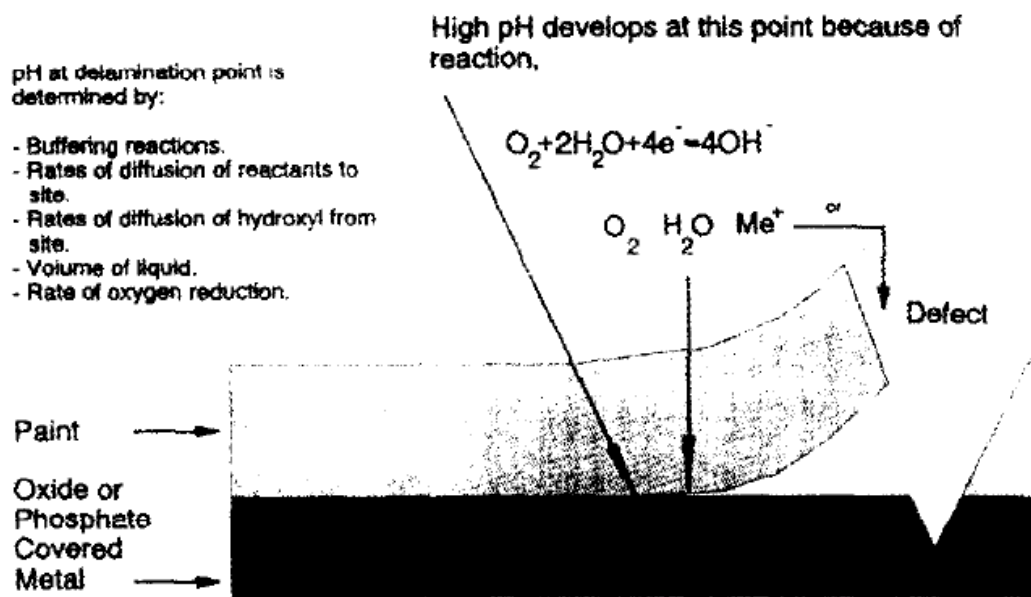


Fig. 3. Mechanism of cathodic delamination [35].

5-8- لایه لایه شدن مکانیکی (Mechanical delamination)

به جدا شدن لایه رنگ از فلز پایه در اثر محصولات خوردگی می گویند مفهوم اصلی این مکانیزم پوسته شدن در ارتباط با پروسه خوردگی می باشد که باعث بوجود آمدن تنش و گسترش آن در سیستم پوششی می گردد. منشاء این تنش ها که باعث لایه لایه شدن مکانیکی می شود، یون های فلزی حاصل از واکنش آندی خوردگی (Fe^{2+} و Zn^{2+}) و رسوبات آن ها است.

در خصوص یونهای روی، رسوب بطور کلی به اندازه یونهای روی با غلظت بالا توسط پروسه آندی و یا تبخیر آب و تاثیر PH و ترکیب با آنیون ها بستگی دارد. در خصوص یون های آهن، رسوب گذاری در نتیجه عوامل مشابه آنچه برای روی گفته شد می باشد ولی علاوه بر آن اکسیداسیون Fe^{2+} به Fe^{3+} توسط اکسیژن نیز وجود دارد.

رسوبات روی و آهن شامل اکسیدها، هیدروکسیدها، سولفات ها و اکسی کلرایدها می شود. محصولات خوردگی بصورت جامد فشار زیادی را بخصوص در حفره ها اعمال می کنند و لایه رنگ را به آسانی بلند می کنند. بلند شدن لایه رنگ یک حفره در نزدیکی لایه بلند شده ایجاد می کند که می تواند بصورت یک منبع برای تجمع عوامل خورنده عمل کند.

5-9- اثرات ترکیبی: (Combined Effects)

لایه لایه شدن کاتدی در لایه رنگ یا فصل مشترک فلز- فسفات، لایه لایه شدن مکانیکی در اثر رسوب محصولات خوردگی به همراه سایر مکانیزم ها دارای اثر تحریک کننده در مکانیزم های کلی از بین رفتن پوشش در شرایط محیطی می باشند و ممکن است ترکیبی از مکانیزم های فوق در تخریب پوشش نقش داشته باشند.

۶- مکانیزم خوردگی Cosmetic بدنه خودرو:

عوامل محیطی مانند نمک (نمک هایی که برای آب کردن یخ خیابان ها استفاده می شود و ذرات آب نمک)، رطوبت، دما، ریگ و سنگ ریزه ها و باران های اسیدی باعث بروز خوردگی در بدنه خودرو شوند. اصلی ترین دلیل برای شروع از بین رفتن پوشش آسیب های فیزیکی هستند که در نتیجه برخورد سنگ ریزه ها، خراشها، سایش ها و فرو رفتگی های ناشی از ضربه بوجود می آیند. مکانیزم گسترش خوردگی بسته به عمق آسیب وارد شده به پوشش تغییر می کند و در عمق های مختلف مکانیزم های مختلفی عمل می کنند.

1-۶- روشهای مورد استفاده در تعیین مکانیزم ها:

روش های متعددی برای روشن ساختن مکانیزم های خوردگی مواد بکار رفته در خودرو مورد استفاده قرار می گیرند. معمول ترین روش استفاده از میکروسکپ الکترونی روبشی با انرژی اشعه پراکنده شده (SEM/ EDAX) می باشد و همچنین استفاده از میکروسکپ الکترونی عبوری (TEM) نیز همواره گزارش شده است. از دیگر روشهای مورد استفاده می توان از XPS و SIMS نام برد.

اخیرا مشخص گردید که روش SIMS می تواند از دو روش SEM/ EDAX و XPS کارایی بیشتری داشته باشند زیرا این روش می تواند تغییرات آغازین در فصل مشترک فلز- رنگ را قبل از SEM/ EDAX شناسایی کند همچنین می تواند تغییرات در مولکولهای آلی را شناسایی کند که در روش XPS قابل اندازه گیری نمی باشد.

XPS ، SIMS ، تفرق اشعه x (XRD)، طیف سنجی توسط الکترون اوژه (AES) و روشهای میکروپروب با الکترون (EPMA) و یا اشعه x برخی دیگر از روشهای مورد استفاده می‌باشند که برای تعیین میزان تخریب پوشش بکار برده می‌شوند. اصلی ترین روش الکتروشیمیایی مورد استفاده در خصوص از بین رفتن پوشش روش (EIS) می‌باشد. سایر روشهای مورد استفاده ، اندازه گیری نفوذپذیری لایه رنگ و روش گرماسنجی مادون قرمز می‌باشد.

2-۶- پروسه های آغازین خوردگی:

اولین پروسه هایی که اتفاق می افتند در زیر توسط Van Ooij بصورت خلاصه آمده است. هنگامی قطعه در معرض محیط قرار می گیرد و در شرایط کاری قرارگرفت، آب از طریق لایه رنگ نفوذ می‌کند و به فصل مشترک می رسد و در حرکت به سمت فصل مشترک، مایع اجزا آلی و غیر آلی را حل می‌کند و از بین ترکها و عیوب عبور کرده و بر روی سطح فلز رسوب می‌کند. هنگامی که هیچ نشانه ای از هرگونه پیوند شیمیایی بین لایه رنگ و سطح فلز (لایه فسفات) وجود ندارد می توان انتظار داشت که مولکولهای آب جانشین پلیمر در سطح فلز شده اند این امر با کاهش چسبندگی تر در چنین سیستم هایی آشکار می‌شود که معمولاً قسمت عمده آن و البته نه تماماً بعد از خشک شدن به حالت اول برمی گردد و چسبندگی خود را بدست می آورد. این جایگزینی در نتیجه اجزای قطبی تر و با انرژی سطحی بیشتر آب در مقایسه با بسیاری از پلیمرها می‌باشد. این امر باعث تسهیل رسوب مواد حل شدنی در سطح فلز شده و منجر به ضعیف شدن

پیوندهای فلز-فسفات که تنها توسط نیروهای ثانویه (واندروالس) شکل گرفته است می‌شود. این مشکل تشدید نیز می‌شود زیرا در سطح فولادهای گالوانیزه انواع مختلفی از مواد غیر آلی حلال در آب وجود دارد. برخی از این مواد ممکن است در طی فرایند پوشش دهی الکتریکی رسوب داده شوند. اکسیژن نیز همواره می‌تواند از طریق فیلم رنگ به سطح روی نفوذ کند که یک کاتالیست خوب برای واکنش احیای اکسیژن می‌باشد.

3-6- آسیب‌های وارده به پرایمر:

شکل زیر یک مقطع عرضی از سیستم پوششی اتومبیل را نشان می‌دهد که توسط ضربه پوششهای آلی و غیر آلی آن آسیب رسیده است.

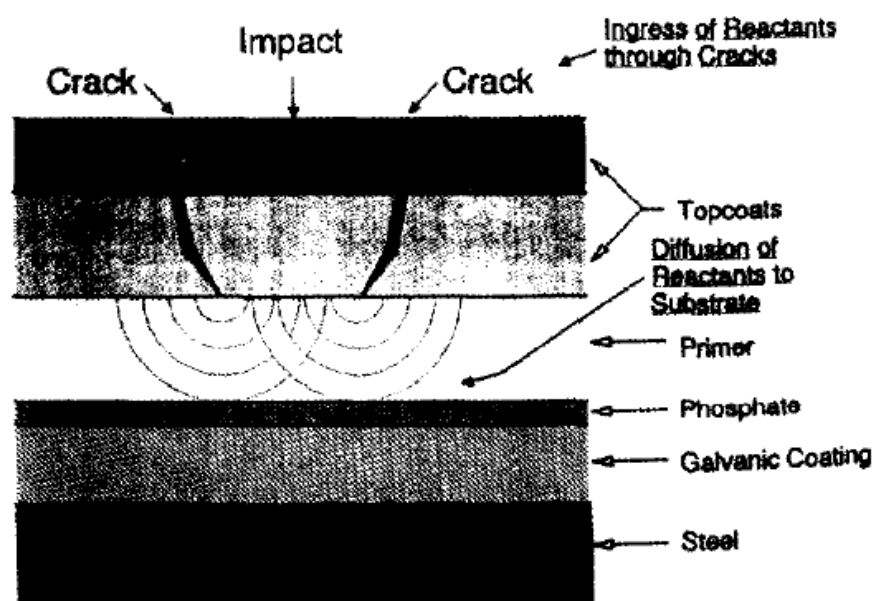


Fig. 4. Schematic cross-section view of coating system partially damaged through to primer coat by an impact event [35].

آسیب فیزیکی به وجود آمده در این پوشش اجازه می دهد تماس مستقیم بین عوامل خورنده و پوشش پرایمر بوجود آید. سرعت نفوذ این واکنش دهنده ها از میان پرایمر برای لایه لایه شدن کاتدی در فصل مشترک رنگ- فلز پایه کافی می باشد. همچنین مشخص گردید که سرعت انتقال آب در لایه پرایمر بسیار بالا می باشد.

از نتیجه اندازه گیری های نفوذپذیری مشخص گردید که پرایمرهای به کار رفته در اتومبیل دارای نفوذپذیری بسیار بالاتری در مقایسه با رزین های اپوکسی / پلی آمید در برابر بخار آب می باشند که این نفوذپذیری را به وجود میکرو تخلخل های زیادی که در این پوششها وجود دارد نسبت می دهند.

براساس تحقیقات Leidheiser ، سرعت نفوذ هیدروژن به داخل رنگ به همان اندازه که نفوذ آب مهم می باشد اهمیت دارد و لایه لایه شدن کاتدی به نرخ احیای اکسیژن در فصل مشترک فلز- رنگ بستگی دارد.

نتیجه فرایند خوردگی مشابه آن چیزی است که در تاول زدن کاتدی انتظار داشتیم. لایه لایه شدن کاتدی در زیر قسمت آسیب دیده اتفاق می افتد و بصورت دایره شکل گسترش می یابد. PH افزایش می یابد و لایه فسفات حل می گردد. یک تاول شکل می گیرد و سرانجام در سرعت تخریب های بالاتر شکسته می شود. محصولات خوردگی در سطح نمایان می شوند و تخریب ادامه پیدا می کند و سناریوی فوق تکرار می شود.

4-6- آسیب های وارده به پوشش روی:

شکل زیر یک مقطع عرضی از سیستم پوششی اتومبیل را نشان می دهد که در آن پوشش روی در معرض آسیب دیدن قرار گرفته است. در این مورد، لایه فسفات باید جلوی صدمه خوردن لایه روی را بگیرد و حداقل حفاظت را داریم.

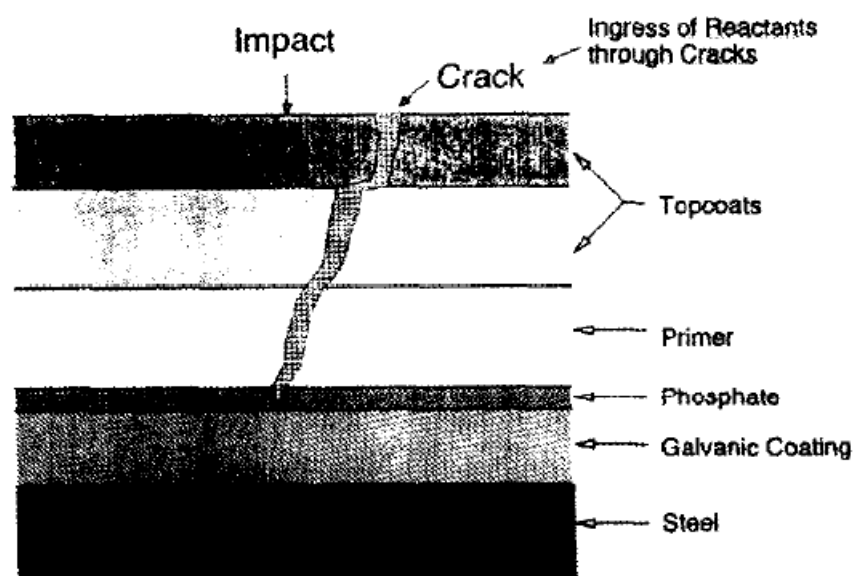


Fig. 5. Schematic cross-section view of coating system partially damaged through to phosphate layer by an impact event [35].

همان طور که در مورد قبل، عوامل خورنده محیطی به زیر لایه ها دستیابی پیدا کردند، در این مورد نیز هیچ مانعی برای نفوذ عوامل خورنده به منطقه ای که ضربه وارد شده است وجود ندارد و لایه شدن کاتدی در فصل مشترک لایه رنگ بوجود می آید. محصولات خوردگی آندی توسط لایه رنگ دربرگرفته نمی شوند و اجازه می دهند تا عوامل خورنده سریعتر به فلز پایه حمله کنند و در نتیجه پوشش برای محافظت از فلز

پایه توسط واکنش آندی خورده می‌شود و پروسه تخریب همان طور که در مثال بعدی توضیح می‌دهیم ادامه می‌یابد.

5-6- آسیب‌های وارده به ورقه فولاد:

شکل زیر یک مقطع عرضی از سیستم پوششی اتومبیل را نشان می‌دهد که در آن آسیب به فلز پایه رسیده است. علاوه بر عواملی که قبلاً به عنوان آلاینده وجود داشتند و یا آن‌هایی که از طریق نفوذ از لایه رنگ به فصل مشترک می‌رسیدند، اکسیژن، آب و یون‌ها نیز از طریق عیوب به فصل مشترک رنگ/فسفاته-فلز می‌رسند و احیای کاتدی اکسیژن در فصل مشترک فلز اتفاق می‌افتد (که توسط رسوبات متوقف نمی‌شود) و غلظت کافی از اکسیژن، یونهای حل‌شده و آب نیز وجود دارد.

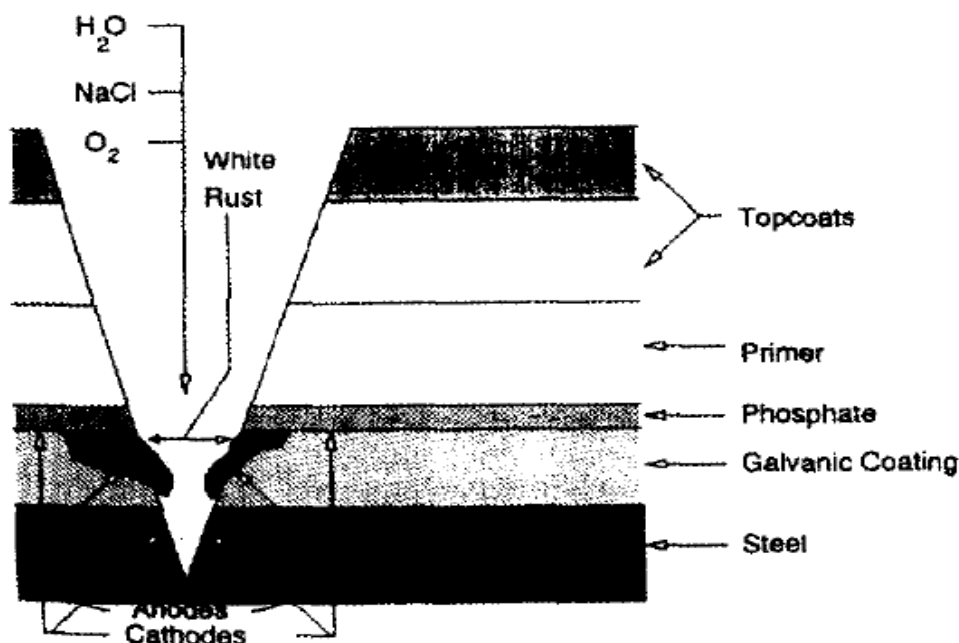


Fig. 6. Schematic cross-section view of coating system damaged to expose the steel [35].

بنابراین یک پیل خوردگی بوجود می‌آید که انحلال آندی روی در نوک آن با احیای اکسیژن در سطح فولادی (کاتدی) که در مجاورت آسیب است بالانس می‌شود.

خوردگی از محل آسیب دیده آغاز می‌شود و گسترش پیدا می‌کند، فصل مشترک ضعیف شده و باعث می‌شود که آب و کلراید راحت‌تر بتوانند به نوک خوردگی برسند. یون‌های کلراید به آسانی نمی‌توانند خودشان از لایه رنگ عبور کنند، اما از طریق فصل مشترک سست شده رنگ-فسفاته و فسفاته-فلز این عمل صورت می‌گیرد. لایه فسفاته متخلخل می‌باشد به اندازه‌ای که اجازه می‌دهد یون‌های Cl^- به سطح روی برسند و در نتیجه هیدروکسی کلراید شکل می‌گیرد که می‌تواند آسیب‌های بیشتری به فصل مشترک با تنشی که به آن اعمال می‌کند برساند.

حل شدن آندی روی باعث کاهش PH می‌گردد همانگونه که آندها همواره در PH کمتر و کاتدها در PH بالاتر می‌باشد این PH کم در نوک جبهه خوردگی باعث حمله بیشتر به فصل مشترک می‌شود. پرایمرها در PH‌های بالا بسیار پایدار می‌باشند و در PH‌های پائین مقاومت کمی دارند. بنابراین هنگامی که در مجاورت PH پائین آندی قرار می‌گیرند هیدرولیز خواهند شد. کریستال‌های فسفاته نیز در PH‌های پائین ناپایدار هستند و این دو عامل باعث ضعیف‌تر شدن فصل مشترک‌های رنگ-فسفاته-فلز می‌شوند و باعث افزایش حمله به روی موجود در زیر فسفاته می‌شوند. بنابراین یک ارتباط نزدیک بین خوردگی روی در زیر لایه فسفاته با استحکام فصل مشترک وجود دارد.

۷- عوامل موثر در خوردگی Cosmetic بدنه خودرو:

با توجه به تعداد زیاد عوامل موثر در خوردگی بدنه خودرو، دور از انتظار نیست که مکانیزم های مختلفی در خوردگی بدنه خودرو نقش داشته باشند برخی از این عوامل عبارتند از: نوع پوشش فلزی، ضخامت پوشش، عملیات انجام شده قبلی، چسبندگی فلز و رنگ، شرایط محیط در تماس با بدنه و سیستم رنگ مورد استفاده. اگر این متغیرها به صورت دقیق کنترل نشوند، واضح است که نتیجه بدست آمده متفاوت خواهد بود.

برخی از عوامل فوق که در خوردگی Cosmetic بدنه خودرو تاثیر دارند در زیر بصورت خلاصه آورده شده است:

۷-۱- نوع پوشش فلزی:

در تحقیقات انجام گرفته توسط Townsend et al پوششهای آلیاژی مختلف روی تحت تست های خوردگی قرار گرفتند و مشخص گردید که تمام آلیاژهای آزمایش شده با یک مکانیزم زنگ می زنند که عبارت است از احیای کاتدی و لایه لایه شدن کاتدی.

در این میان نمونه های HDG دارای مقاومت طولانی تری نسبت به EG بدلیل ضخامت بیشتر آن ها می باشد. در مورد ورق های گالوانیل، آلیاژ Zn-Fe دارای اختلاف پتانسیل پائین تری در برابر فولاد است و در نتیجه قابلیت حفاظت کمتری دارند و همچنین سرعت واکنشهای خوردگی نیز کمتر از ورق های HDG می باشد.

علاوه بر این ، آهن در آلیاژ Zn-Fe ، دارای خاصیت آمفوتری کمتری نسبت به Zn است و بنابراین ظرفیت بافری در مناطق قلیایی مجاور کاتدها ایجاد می کند.



این مفهوم ممکن است دلیلی موجه برای کارایی بیشتر پوشش های گالوانیل باشد. اختلاف پتانسیل در خصوص پوشش Zn-Ni کمترین مقدار می باشد و Zn بصورت ترجیحی خورده می شود و به صورت گالوانیکی از خوردگی حفاظت می کند. هنگامی که پوشش از روی تهی می گردد، انقباض ناشی از پوشش باقی مانده ایجاد تنش های کششی می کند و سبب ترک برداشتن پوشش می گردد. سپس محصولات ناشی از خوردگی روی، سطح فولاد در جایی که ترک به وجود آمده رسوب می کند، سپس با گذشت زمان، پوشش آلیاژی بصورت یک مانع کامپوزیت عمل می کند که شامل یک پوشش غنی شده از نیکل می باشد که محصولات ناشی از خوردگی روی در بین ترکهای آن قرار می گیرد. این پوشش غنی از نیکل باقیمانده می تواند بصورت یک ممانعت کننده جلوی واکنش های بعدی در مناطق فعال را بگیرد.

برای ارزیابی ورق های فولادی GA توسط Lee et La از تست های آزمایشگاهی سریع و روشهای الکتروشیمیایی استفاده شد. آن ها دریافتند که ورق های فولادی گالوانیل در محیط های داغ و مرطوب مستعد به خوردگی بین دانه ای نمی باشند. در آزمایش های مه نمکی (Salt-Spray) خزش بطور عمده ای کمتر از HDG و EG می باشد که در نتیجه چسبندگی بیشتر و پتانسیل خوردگی نجیب تر آن می باشد. هرچند در تست های دوره ای با درجه رطوبت پائین تر، این اختلاف ناپدید می گردد. آن ها نتیجه گیری کردند که برای بهبود مقاومت به خوردگی Cosmetic این پوشش باید مقدار فاز زتا در پوشش به بیشترین مقدار ممکن افزایش پیدا کند.

همواره گزارش شده است که انحلال انتخابی در پوششهای Zn-Ni و Zn-Fe در زیر لایه رنگ در تست های دوره ای و در مجاورت اتمسفر اتفاق می افتد که در واقع روی حل می شود و اتم های نجیب تر (نیکل و آهن) کاتد می شوند.

بعد از ۱۵ ماه مجاورت در اتمسفر، تاول های زیادی در پوششهای Zn-Ni که به روش الکتریکی پوشش داده می شوند مشاهده گردید. حفاظت گالوانیکی (توسط زنگ قرمز مشخص می شود) در پوششهای Zn-Fe و Zn-Ni بسیار عالی می باشد. فولاد حتی وقتی که فاصله بین فولاد و پوشش زنگ نزن زیاد می شود محافظت می شود. این مشاهدات مشخص ساخت که محصولات حاصل از خوردگی روی می تواند از فولاد، حداقل به صورت جزئی، حفاظت کند.

با استفاده از تست های مه نمکی، تست های دوره ای و همچنین آزمایشهای الکتروشیمیایی مشخص گردید که تک فاز گامای بوجود آمده در پوششهای Zn-Ni با Ni ۱۵-۱۱٪ بهترین حفاظت را به صورت مانع و سد در ورق هایی که رنگ نمی شوند دارند و این در حالی می باشد که پوشش های روی خالص دارای بالاترین درجه از حفاظت گالوانیکی می باشند. مشخص گردید که فاز دوتایی (گاما+ اتا) در پوششهای Zn-Ni با Ni ۹٪ دارای بهترین تعادل بین حفاظت توسط ایجاد مانع و سد و حفاظت گالوانیکی می باشد و کمترین مقدار پوسته شدن رنگ را خواهیم داشت.

علاوه بر این مشخص گردید که تغییر فرم، مشابه آنچه در بدنه خودرو داشتیم اثر عمده ای در مقاومت به خوردگی پوششهای روی خالص و یا پوششها با میزان نیکل کم نخواهد داشت. در حالیکه تغییر فرم در پوششهایی که دارای مقادیر بالاتر نیکل هستند

باعث بوجود آمدن ترکهای ریز و کاهش مقاومت به خوردگی آن ها می شوند، که این موضوع در نمونه هایی که رنگ نمی شوند به وضوح دیده می شود. افزایش مقادیر کمی کبالت به پوششهای روی- نیکل باعث افزایش مقاومت به خوردگی این پوششها می گردد که در این زمینه رسوبات کبالت در مقیاس بسیار کوچک سبب این امر می شود.

۷-۲- ضخامت پوشش روی:

طی تحقیقات انجام شده توسط Frank نتیجه گیری شد با افزایش ضخامت، مقاومت پوشش در برابر هر سه نوع آسیب وارده به بدنه که قبلا بیان شد (Chipping Paint Creep, Red rust) افزایش می یابد.

شکل زیر تاثیر وزن پوشش (ضخامت) را بر خوردگی Perforation نشان می دهد. در ورق های فولادی با وزن پوشش $20 \frac{gr}{m^2}$ یا کمتر، خوردگی Perforation به میزان زیادی اتفاق می افتد.

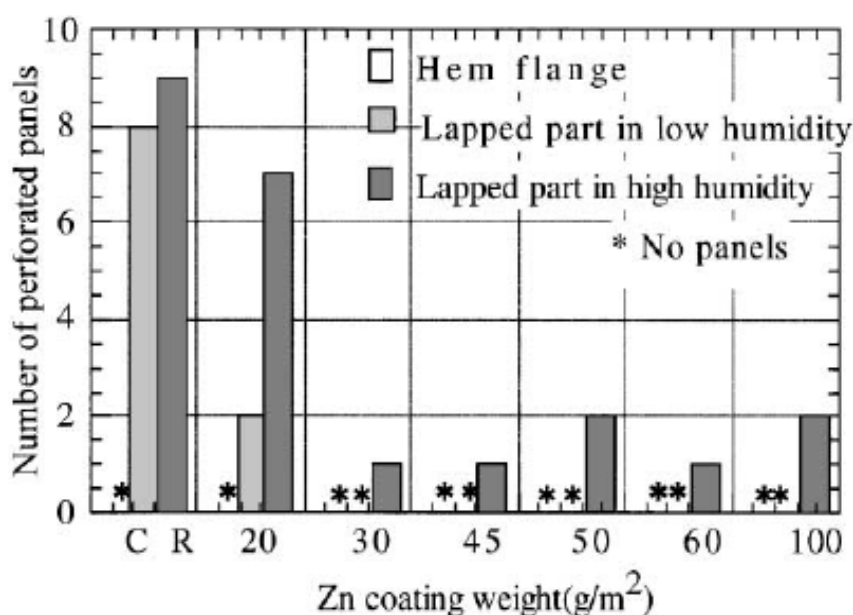


Fig. 4. Effect of Zn coating weight on anti-perforation corrosion.

همچنین ارتباط بین وزن پوشش (ضخامت) بر عمق خوردگی Perforation در نمودار زیر نمایش داده شده است و در پوششها با وزن $45 \frac{gr}{m^2}$ یا بیشتر مقاومت به خوردگی بسیار خوبی را خواهیم داشت.

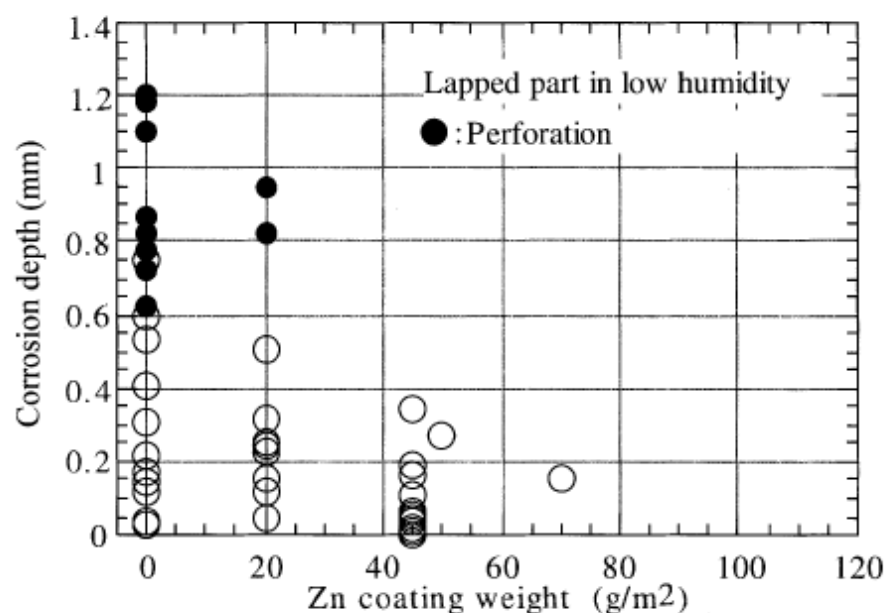


Fig. 5. Effect of Zn coating weight on corrosion depth at the lapped part in low humidity of field vehicles for 5 years.

از میان پوششهای مختلف آلیاژی روی که بکار می رود، Zn Ni بهترین مقاومت در برابر red rust نشان داد و Zn Fe بهترین حفاظت در برابر Paint Creep داراست و هر دو این پوششها دارای مقاومت خوب و یکسانی در برابر Chipping هستند که این در نتیجه سختی بیشتر این پوششها می باشد. آزمایشات دوره ای مختلف روی پوششهای EG برای بدست آوردن حداقل ضخامت لازم برای حفاظت از خوردگی توسط Ronda bush صورت گرفت. او نتیجه گرفت که آزمایشات سریع رایج برای پوسته شدن در

مورد پوششهای مختلف روی در محدوده وزنی $27-98 \text{ g/m}^2$ دارای دقت بالایی نمی باشد اما نتایج ارزیابی های خوردگی بلند مدت (دوره های بیش از یک سال) مشخص ساخت که با افزایش وزن پوشش Zn ، افزایش مقاومت در برابر خوردگی Cosmetic را خواهیم داشت.

تحقیقات انجام شده توسط شرکت Volvo و Uss Highway مشخص ساخت که پوششهای روی با وزن 60 g/m^2 و یا بالاتر باعث افزایش بالای مقاومت به خوردگی می شوند.

همچنین تحقیقاتی در زمینه رفتار خوردگی پوششهای Zn Fe ، Zn Ni و Zn-Co- Cr با ذرات پراکنده Al_2O_3 توسط Yasnda et La صورت گرفت و او نتیجه گرفت که مواد پوشش که دارای 30 g/m^2 روی می باشند دارای مقاومت به خوردگی مطلوبی هستند اما پوششها با کمتر از 20 g/m^2 روی قابلیت حفاظت را ندارند.

آلیاژ Zn-Co-Cr بالاترین مقاومت و Zn Ni پائین ترین مقاومت را نشان داد. همچنین تحقیقاتی که توسط Robins بر روی ورق های EG انجام شد نشان داد که تغییرات در رفتار خوردگی این پوششها در محدوده وزنی بین $60-65 \text{ g/m}^2$ می باشد، بطوریکه پوشش با وزن 60 g/m^2 و یا کمتر دارای سه برابر خزش بیشتر نسبت به پوششها با وزن 65 g/m^2 و یا بیشتر می باشد.

۳-۷- عملیات فسفات‌ها:

مقایسه کارایی ورق‌ها با پوشش روی و پوشش‌های آلیاژی که دارای زیر لایه فسفات‌ها بودند با پوشش‌های که دارای زیر لایه فسفات‌ها نبودند توسط Jossic et La در تست‌هایی دوره ای و در مجاورت اتمسفر صورت گرفت و در تمام نمونه‌های آزمایش شده تاثیر مفید لایه فسفات‌ها به وضوح قابل مشاهده بود که این امر به دلیل بالا رفتن قابلیت رنگ کردن و یا واکنش پذیری کمتر سطوح فسفات‌ها شده و یا هر دو می‌باشد.

تحقیقات درباره تاثیر زیر لایه بر ورق‌های دارای پوشش روی و یا آلیاژ روی توسط Shastry and Townsend صورت گرفت و آنها نتیجه گرفتند که ورق‌های پوشش داده شده با روی هنگامی که بیش از یک کاتیون (Zn^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+}) در لایه فسفات‌ها حاضر باشد، دارای مقاومت خزشی بالاتری نسبت به پوشش با زیر لایه معمولی هستند.

هرچند پوشش‌های آلیاژی روی دارای حساسیت کمتری نسبت به تغییر در زیر لایه فسفات‌ها هستند، نویسنده دو تعریف برای تغییرات مشاهده شده بین پوشش‌های روی آلیاژی و غیر آلیاژی ارائه داده است. در قسمت اول خزش در آلیاژهای روی از نظر اندازه بسیار کوچک بوده و در نتیجه با اصلاح سازی لایه فسفات‌ها بهبود پیدا می‌کند.

در قسمت دوم، بهبود خزش در نتیجه لایه فسفات‌ها که شامل یون‌های فلزی سنگین است مشابه حالتی است که پوشش فاقد این یون‌ها می‌باشد مانند آنچه در روی داریم. اما این بهبود خزش هنگامی که پوشش فلزی خود منبع این یون‌ها می‌باشد مانند پوشش Zn-Ni، کاهش پیدا می‌کند.

محققین همچنین دریافته‌اند که پوشش‌های فسفات‌دار چه کرومات‌ها شوند و چه کرومات‌ها نشوند هیچ تاثیر عمده‌ای بر مقاومت خزشی پوشش‌های روی و پوشش‌های آلیاژی نخواهند داشت و همچنین کرومات‌ها کردن تاثیر مهمی در کارایی ورق‌های فولادی که با روی پوشش داده می‌شوند ندارد. آن‌ها همچنین تأیید کردند که نه ترکیب شیمیایی فسفات‌دار و نه روش اعمال آن هیچ تاثیر عمده‌ای در نرخ خزش پوشش‌های آلیاژی و غیر آلیاژی روی نخواهد داشت.

۴-۷- چسبندگی رنگ- فلز:

با طیف نگاری به وسیله جرم یون ثانویه (SIMS)، جذب سطحی یک پوشش تمام رنگ که جزء اصلی آن مواد آلی می‌باشند بر روی سطح فلز توسط Ooi et al مشخص گردید. به نظر می‌رسد که این اثر به شرایط پخت وابسته می‌باشد به طوریکه پختن به اندازه کم باعث کاهش مقاومت به خوردگی پوشش می‌شود در حالیکه پختن زیاد نیز باعث ترد شدن فیلم رنگ و ترک خوردن آن می‌شود.

این محقق همچنین به بررسی اثر چسبندگی رنگ بر خوردگی ورق‌های HDG که پوشش پرایمر به روش رسوب نشانی الکتریکی روی آن اعمال شده پرداخت و چسبندگی پوشش را توسط دو تکنیک مختلف مورد آزمایش قرار داد.

در روش اول پرایمر در دماهای مختلف حرارت داده شده و پخته می‌شود که باعث اصلاح باندهای دوتایی یعنی باندهای هیدروژن (پایه اسیدی) به باندهای کوالانسی می‌شود.

در روش دوم که یک روش جدید می باشد، چسبندگی رنگ توسط اندازه گیری زمان لازم برای از بین بردن لایه رنگ توسط N-methyl pyrrolidone (NMP) در دمای 60°C اندازه گیری می شود.

آن ها دریافتند که محصولات خوردگی تشکیل شده از لحاظ ترکیب و مورفولوژی با تغییر میزان چسبندگی رنگ تغییر خواهند کرد. در سیستم هایی که حرارت داده نمی شوند و یا به اندازه کافی حرارت داده نمی شوند یک سیستم دو لایه که در آن ZnO در بالای یک لایه از $4\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{ZnCl}_2$ قرار گرفته بطور برجسته دیده می شود، در حالیکه در سیستم هایی که بیش از حد حرارت داده می شوند، تقریباً تنها ZnO بوجود می آید. در محدوده نرمال محصولات خوردگی غالباً $4\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{ZnCl}_2$ به همراه مقادیر کوچکی از ZnO می باشد.

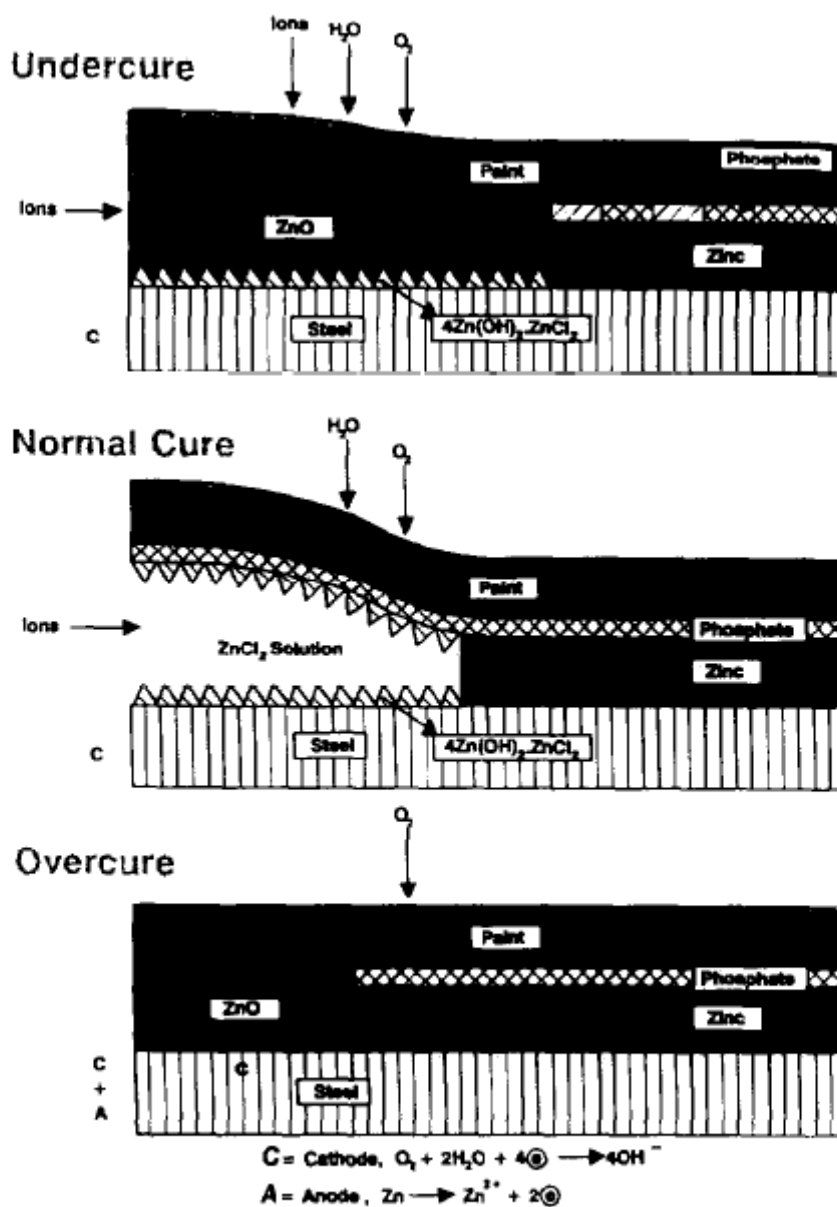


Fig. 11. Schematic of the effect of cure on corrosion propagation and corrosion products in painted galvanized steel [16].

اما می توان گفت چسبندگی رنگ اثر بسیار زیادی بر روی کارایی خوردگی سیستم نخواهد داشت زیرا نفوذپذیری سیستم رنگ در برابر یون ها و آب است که نقش حیاتی ایفا می کند و از چسبندگی مهم تر می باشد. قابلیت نفوذپذیری بالا در برابر یون ها باعث تسریع خوردگی روی شده و باعث معکوس شدن پروسه خوردگی از آنندی به کاتدی می شود، اما هیچ گونه زنگ قرمز در نمونه ها دیده نمی شود.

اگر یون ها و آب نتوانند از طریق رنگ نفوذ کنند، سرعت مصرف روی کاهش می یابد اما حفاظت کاتدی فولاد (که با میزان زنگ قرمز در نمونه ها بستگی دارد) کاهش می یابد. بنابراین دمای پختن بهینه، دمایی می باشد که در آن نفوذپذیری رنگ بهینه باشد تا بتوان یک تعادل بین تشکیل زنگ قرمز و سفید در نمونه ها ایجاد کرد. که این دما بسته به شرایط تست تغییر خواهد کرد.

به چسبندگی پوشش رنگ هنگامی که در آب فرو می رود، چسبندگی تر می گویند که بستگی به خصوصیات فیزیکی لایه رنگ مانند نفوذپذیری در برابر آب، ظرفیت کاهش تنش و PH بحرانی در رسوب نشانی الکتریکی دارد. چسبندگی تر همچنین به مشخصات فلز پایه مانند مورفولوژی کریستال ها و مقاومت قلیایی لایه فسفات و پوشش روی نیز بستگی دارد و با شرایط آزمایش تغییر خواهد کرد.

Miyoshi et La نتیجه گرفت که چسبندگی تر بطور مستقیم با جذب آب لایه رنگ که توسط فشار اسمزی در رنگ صورت می گیرد ارتباط دارد. و تغییر در چسبندگی تر به طور عمده در نتیجه تفاوت در حلالیت پوشش روی و پوشش تبدیلی شیمیایی در محلول قلیایی در فرایند رسوب نشانی الکتریکی می باشد. آن ها همچنین نتیجه گرفتند که حل شدن پوشش ها تنها سبب ضعیف شدن نیروی پیوندی بین لایه رنگ پوشش زیرین نمی شود بلکه باعث تسهیل نفوذ آب به پوشش نیز می شود.

تحقیقات صورت گرفته توسط Odoshima et La در خصوص چسبندگی تر لایه رنگ بر روی ورق های فولادی Zn-Ni نشان داد که افزایش نسبت Ni^{2+} در محلول فسفات باعث افزایش میزان نیکل در لایه فسفات شده و در نتیجه چسبندگی تر لایه رنگ

افزایش پیدا می‌کند. علاوه بر این قسمتی از نیکل موجود در آلیاژ Zn-Ni در حین عملیات فسفات‌دهی در لایه فسفات حل می‌شود که باعث بهبود چسبندگی تر می‌گردد. همچنین با از بین بردن لایه ZnO به ضخامت $0.1-0.2\mu m$ چون باعث عبور راحت تر یون های Ni^{2+} باعث بهبود چسبندگی تر پوشش می‌گردد.

محققین در خصوص چسبندگی تر پوشش پرایمر دو مکانیزم زیر را ارائه دادند که به بررسی آن می‌پردازیم: در این مکانیزم، $Zn_3(Po_4)_2 \cdot 4H_2O$ در لایه فسفات در حین عملیات پختن پوشش پرایمر، دهیدراته شده و بیشتر آن به $Zn_3(Po_4)_2 \cdot 2H_2O$ تبدیل می‌گردد. سپس هنگامی که $Zn_3(Po_4)_2 \cdot 2H_2O$ در آب فرو برده می‌شود، توسط دو پروسه زیر به $Zn_3(Po_4)_2 \cdot 4H_2O$ برمی‌گردد. در پروسه اول، $Zn_3(Po_4)_2 \cdot 2H_2O$ تنها آب خود را به دست می‌آورد و به صورت $Zn_3(Po_4)_2 \cdot 4H_2O$ در می‌آید. در این مورد، حتی اگر تنش زیادی در لایه رنگ باقی بماند چسبندگی لایه رنگ حفظ می‌گردد زیرا پیوند بین فیلم رنگ و لایه فسفات بسیار قوی می‌باشد در مقایسه با این پروسه، در پروسه دوم، هنگامی که نمونه در آب فرو می‌رود، مقداری از $Zn_3(Po_4)_2 \cdot 2H_2O$ هیدرولیز شده و $Zn(OH)_2$ و $Zn(H_2PO_4)_2$ تشکیل می‌گردد. $Zn(OH)_2$ به آسانی دهیدراته شده و به ZnO تبدیل می‌گردد. ZnO تشکیل شده باعث تضعیف پیوند بین لایه رنگ و لایه فسفات می‌گردد. در ورق دارای پوشش پرایمر، تنش زیادی در فیلم رنگ باقی می‌ماند و بنابراین پیوند بین فیلم رنگ و لایه فسفات به راحتی از بین می‌رود. علاوه بر این گسترش تنش ناشی از بازیابی مجدد $Zn_3(Po_4)_2 \cdot 4H_2O$ باعث تسهیل از بین رفتن پیوند رنگ و فسفات شده و چسبندگی تر کاهش می‌یابد.

حضور Ni باعث کاهش شکل گیری ZnO می گردد و بنابراین باعث متوقف شدن واکنش هیدرولیز شده ولایه فسفات را پایدار می کند علاوه بر این وجود نیکل باعث تبدیل لایه فسفات به صورت آمورف و بی شکل می گردد و در نتیجه بازیابی مجدد $Zn_3(Po_4)_2 \cdot 4H_2O$ کاهش می یابد. بنابراین گسترش تنش کم شده و تنش های برشی بین فیلم رنگ و لایه فسفات کاهش می یابد. توضیحات فوق نشان می دهد که چرا لایه فسفات با مقادیر بالای نیکل دارای چسبندگی تر بسیار عالی می باشد.

۵-۷- شرایط محیط خورنده:

شرایط متفاوت آزمایش که برای ارزیابی مواد بکار رفته در خودرو بکار می رود منجر به ایجاد مکانیزم های مختلف می گردد. شرایط آزمایش بکار رفته برای مواد خودرو را می توان به طور کلی به سه دسته زیر تقسیم بندی کرد:

آزمایش استاندارد مه نمکی، تست های متناوب مختلف و مجاورت در اتمسفر.

بسیاری از نتایج منتشر شده مشخص می کند که هنگامی یک فاصله زیاد بین مکانیزم های خوردگی در آزمایش مه نمکی و در شرایط مجاورت اتمسفری وجود دارد، فاصله بین تست های دوره ای و شرایط مجاورت اتمسفری کم می باشد.

بر طبق تحقیقات انجام گرفته توسط Lambert et La ، خورده شدن آندی روی باعث خزش پرایمر در نمونه هایی که در مه نمکی قرار می گیرند می شود در حالیکه این موضوع در تست های متناوب یا دوره ای مطرح نمی باشد. همچنین پدیده های تاول زدن

و حمله قلیایی که عامل لایه لایه شدن پوشش می‌باشند همواره در تست های مه نمکی مورد انتظار هستند.

تحقیقات انجام شده توسط Blekkenhorst نشان داد که در غلظت های پائین تر NaCl کاهش لایه لایه شدن را خواهیم داشت همچنین آن ها با مقایسه تستهای مه نمکی و تست های پوسته شدن و بررسی مکانیزم های خوردگی توسط دستگاه X-ray مشخص ساختند که در هر دو تست پوسته شدن و مه نمکی، روی بصورت یکنواخت خورده می‌شود اما لایه فسفات دست نخورده باقی می‌ماند.

تحقیقات در زمینه مقایسه مکانیزم خوردگی، سینتیک و محصولات خوردگی در تستهای مه نمکی و پوسته شدن بر روی ورق های گالوانیزه که دارای پوشش پرایمر هستند توسط روشهای XRD انجام گرفت. در تست مه نمکی فیلمهای کلریدی و اکسیدی با سینتیک خوردگی خطی که دارای خاصیت حفاظت کنندگی پائینی هستند بوجود می‌آید، در حالیکه در تست پوسته شدن یک فیلم کربناتی مقاوم تر با سینتیک پارابولیک بوجود می‌آید. بنابراین در فولادهای گالوانیزه برخلاف آن چه در فولاد داریم، تست مه نمکی از تست های متناوب خورنده تر بوده و همواره در شرایط اتمسفر واقعی و در جائیکه کربناتها شکل می‌گیرند کارایی خود را نشان نمی‌دهد، اما در مورد فولادها، تست پوسته شدن خورنده تر می‌باشد زیرا سیکل های تر کردن و خشک کردن سبب ترغیب به پوسته پوسته شدن می‌گردد.

با استفاده از روش XPS و کار کردن با ورق های EG و HDG با سیستم پوشش کامل ($18\text{ }\mu\text{m}$) پوشش الکتریکی، $43\text{ }\mu\text{m}$ پرایمر، $22\text{ }\mu\text{m}$ آستر و $37\text{ }\mu\text{m}$ رنگ

نهایی به ضخامت کلی $120\text{ }\mu\text{m}$) توسط Van Ooij et la دریافتند در تست های خوردگی متناوب، محصولات خوردگی تشکیل شده بصورت $6\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{ZnCl}_2$ بوده در حالیکه در تستهای اتمسفری بصورت $4\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{ZnCl}_2$ می باشد این تفاوت یکی از دلایل برای عدم تطابق بین تستهای متناوب و تستهای طولانی مدت است. مکانیزم ارائه شده برای تست پوسته شدن متناوب بصورت زیر می باشد.

به دلیل زمان بالای رطوبت دهی (۹۶٪) و غلظت بالای کلرید (۵٪ NaCl) ، PH در زیر فیلم بالاتر است که در نتیجه آن محصولات مختلف خوردگی شکل می گیرند به دلیل زمان طولانی قرار گرفتن در رطوبت، محصولات خوردگی نمی توانند به اندازه تست اتمسفری رسوب کنند و بیشتر روی حل شده از شکاف ها و حفره ها شسته می شود. که در نتیجه آن خوردگی عمیق تر لایه روی را خواهیم داشت و بنابراین فولاد در مجاورت قسمت خورده شده قرار می گیرد. در نتیجه کاتد پیل خوردگی به فولاد بدون پوشش در نزدیکی نقطه خورده شده منتقل می شود.

Amir udin et la ورق های پوشش داده شده با پرایمر و یا با سیستم پوششی کامل را مورد آزمایشات متناوب قرار داده و در آن از دو غلظت متفاوت ۵٪ NaCl و ۵۰٪ NaCl استفاده کردند و با استفاده از تکنیک جدید گرماسنجی IR ، دریافتند که با افزایش غلظت کلرید افزایش لایه لایه شدن را خواهیم داشت که مطابق با نتایج بدست آمده توسط Blekkenhorst می باشد. آن ها همچنین نتیجه گرفتند که در ۵٪ NaCl دو مکانیزم مشابه سرعت لایه لایه شدن را کنترل می کنند که عبارتند از ورقه شدن کاتدی

در یک فاصله از قسمت آسیب دیده و احیای کاتدی در قسمت آسیب دیده ولی در مورد NaCl ۰/۵٪ تنها مکانیزم دوم رخ می‌دهد.

براساس تحقیقات انجام گرفته توسط Robbins زمان آزمایش می‌تواند تأثیر عمده ای روی کارایی مواد به دلیل تفاوت در زمان نهفتگی خوردگی، سرعت خوردگی و مکانیزم های خوردگی داشته باشد.

از آن جایی که فرم پذیری پوشش همواره بر روی مقاومت به خوردگی Cosmetic تأثیر می‌گذارد، از ورق های شکل گرفته نیز باید در ساختار آزمایشها استفاده کرد. پوشش های روی خالص با وزن بالاتر $95,120 \frac{g}{m^2}$ بهترین مقاومت به خوردگی Cosmetic را برای ورق هایی که توسط اصابت شن و ماسه خیابان آسیب می‌بیند نشان می‌دهند.

تحقیقاتی توسط Shastry and Townsend بر روی ورق ها با پوشش روی که تحت خوردگی در اثر برخورد ذرات شن قرار می‌گیرند (Chipping) نشان داد که آسیب های آغازین ناشی از Chipping اهمیتی بحرانی در شروع خوردگی در قسمتهایی که در آن لایه رنگ آسیب دیده خواهد داشت. آلیاژهای روی مقاومت بهتری نسبت به Chipping داشته و پوشش Ni-Zn ۱۳٪ بهترین کارایی را نشان می‌دهد.

امروزه بکار بردن SO_2 و NO_x در شرایط آزمایش مد نظر اکثر خودروسازان جهان می‌باشد.

۶-۷- سیستم رنگ:

مکانیزم های خوردگی همواره به این بستگی دارند که آیا روی توسط یک سیستم کامل پوشش داده شده است و یا تنها توسط پرایمر پوشش داده شده است. گزارش شده است که در تستهای متناوب و همچنین در مجاورت اتمسفر، پوشش پرایمر از طریق مکانیزم لایه لایه شدن کاتدی خورده می شود که به دلیل نفوذ اکسیژن از لایه نازک پرایمر می باشد در حالیکه در یک سیستم پوششی کامل به دلیل ضخامت پوشش از نفوذ اکسیژن جلوگیری می شود و خوردگی توسط مکانیزم از زیر خراب شدن آندی (Anodic Undermining) صورت می گیرد.

در حال حاضر اطلاعات کمی در خصوص تأثیر لایه رنگ یا پوشش نهایی بر روی خوردگی فلز پایه وجود دارد و اطلاعات منتشر شده در این خصوص تأثیر لایه رنگ یا پوشش نهایی بر روی خوردگی فلز پایه وجود دارد و اطلاعات منتشر شده در این خصوص ضد و نقیض می باشند بعنوان مثال گزارش شده است حضور پوشش نهایی (Top coat) باعث بهبود کارایی HDG و EG شده ولی منجر به کاهش کارایی پوششهای GA و ZnFe در مجاورت اتمسفر می شود. در صورتیکه همین محققین بعداً گزارش کردند که در همان شرایط، حتی در مورد ورق های HDG، خوردگی زیر فیلمی در سیستم های کامل، گسترش بیشتری نسبت به سیستمی پوششی که تنها دارای پوشش پرایمر است پیدا می کند. در تحقیقات بعدی گزارش شد متوسط گسترش خوردگی برای هر سه نوع پوشش که دارای سیستم پوششی کامل می باشند تقریباً یکسان می باشد این تفاوت در نتایج ارائه شده به روش های مختلف به کار گرفته شده برای اندازه گیری خزش نمونه ها منسوب می شود.

Van Ooij et la به مطالعه مکانیزم گسترش خوردگی Cosmetic و نوع محصولات خوردگی شکل گرفته در ورق های فولادی پوشش دار که توسط رنگ پوشش داده می شوند تحت تستهای پوسته شدن و در مجاورت اتمسفر به کمک روش های XRD, EDAX, SEM و SIMS پرداخت زمان مجاورت در شرایط اتمسفر معدنی ۱۵ ماه و در تست پوسته شدن ۳۰ ماه بود و خوردگی در دو سیستم پوششی کامل و سیستم پوشش که تنها دارای پرایمر است مورد قیاس واقع شد.

در تمام سیستم ها با پوشش پرایمر، محصولات خوردگی بصورت هیدروکسی کلراید روی بوده در حالیکه در سیستم ها با پوشش کامل مخلوطی از هیدروکسی کلراید روی و هیدروکسی کلرور سولفات شکل می گیرد. وجود رنگ دانه های حاوی سولفور در سیستم های پوششی کامل دلیل بوجود آمدن محصولات خوردگی دارای سولفور می باشد.

در سیستم های کامل یون های SO_4^{2-} به دلیل نفوذ آب شکل می گیرند. یک منبع محتمل یون های سولفات، رنگدانه های دارای سولفات در آستر رنگ است که احتمالاً به دلیل وجود ناخالصی های محلول در آب موجود در سولفات باریم است. هرچند به دلیل سرعت پائین نفوذ یون های سولفات از میان لایه پرایمر غلظت یون های سولفات در تمام نقاط همواره بسیار پائین می باشد. بنابراین این غیر متحمل می باشد که محصولات خوردگی دارای سولفات ذکر شده توسط رسوب مستقیم از یک محلول دارای یون های Cl^- ، Zn^{2+} و SO_4^{2-} تشکیل شده باشند.

در نزدیکی جبهه خوردگی همان محصولات خوردگی که در سیستم دارای پرایمر مشاهده شده بود یعنی هیدروکسی کلراید روی مشاهده شد. یون های سولفات باعث تبدیل هیدروکسی کلراید روی که قبلا تشکیل شده بود می شود و باعث آزاد شدن یون های Cl^- و OH^- می شود.

همانطور که در سیستم ها با پوشش پرایمر داشتیم در سیستم ها با پوشش کامل نیز مکانیزم اغازین آندی می باشد در مرحله بعد یون های سولفات باعث تغییر محصولات خوردگی شده که منجر به گسترش لایه روی خورده شده می گردد.

هیدروکسی کلرو سولفات حجیم تر از هیدروکسی کلراید روی می باشد که شاید به دلیل میزان بالاتر آب در مخلوط کلرو سولفات باشد. هنگامی که این محصولات شکل می گیرند باعث تحریک و تسهیل لایه شدن بین رنگ و فلز شده که همواره در فصل مشترک بین فسفات و روی رخ می دهد زیرا این فصل مشترک قبلا در اتمسفر مرطوب به دلیل جذب آب کریستال های فسفات و تبدیل دو مولکول آب آنها به چهار مولکول آب ضعیف شده است. این جذب آب کریستال ها باعث ترک خوردن کریستال ها و بوجود آمدن تنش در فصل مشترک فسفات و روی می شود. سطح روی در مجاورت محیط خورنده نقش آند را در پیل خوردگی ایفا می کند و بنابراین افزایش تماس روی با محیط خورنده باعث افزایش سرعت گسترش خوردگی می شود، بنابراین یک رابطه مستقیم بین سرعت خوردگی و چسبندگی لایه فسفات با فلز وجود دارد.

البته هیچ اثری از سولفور در محصولات خوردگی سیستم های کامل در تست های متناوب دیده نشد که دلیل این موضوع را می توان پروسه بسیار کند نفوذ آب از

طریق رنگ به فیلر حاوی رنگ دانه های سولفات باریم دانست در تست های متناوب
زمان کافی برای سولفات به منظور رسیدن به فصل مشترک و تبدیل محصولات
خوردگی که قبلا شکل گرفته اند وجود ندارد. اما با توجه به این حقیقت که سولفات باریم
عملا نامحلول می باشند باور این امر که یون های سولفات به فصل مشترک پوشش و فلز
پایه نفوذ کنند مشکل می باشد.

8- نفوذپذیری پوششها نسبت به اکسیژن، گازها و محلولهای یونی

آب در فرایندهای خوردگی به عنوان یک عامل واکنش دهنده (کاتد) و پیش زمینه ای برای انتقال جریان خوردگی در پیل الکتروشیمیایی شناخته شده است به هر حال آب یکی از سوختهایی است که واکنش کاتد را حفظ می کند.

اکسیژن عامل مهم در خوردگی فلزات می باشد نمکهای حل شونده یونیزه در آب به شکل محلول نسبت به آب خالص جریان بسیار بیشتری را منتقل می کند هر دوی این عوامل بسیار مهم بوده و کنترل آنها هم از آب بسیار آسانتر می باشد.

در این مقاله به بررسی عبور این مواد از فیلم پوشش دهنده می پردازیم.

۸-۱- انتقال اکسیژن

مشابه دیگر مولکولهای کوچک گازی انتقال اکسیژن از فیلم پوششی به میزان حلالیت این گاز در فیلم بستگی دارد و لذا متناسب با این توانایی به میان شبکه های بسپاری (پلیمری) نفوذ می کند. عبور اکسیژن از فیلم اغلب نسبت به عبور آب کم اهمیت تر جلوه می کند و این شاید به خاطر آن باشد که عبور آب راحت تر اندازه گیری می شود تاکید مطلق بر نفوذ پذیری آب مایه تاسف است چرا که نسبت اکسیژن عبوری از فیلم خیلی نزدیک به آن بوده و واکنش خوردگی را هم کاملاً پشتیبانی می کند بعکس نسبت های آب عبوری معمولاً خیلی بیشتر از مقدار مورد نیاز جهت پشتیبانی واکنش کاتد است. این دلیلی است بر اینکه کنترل عبور اکسیژن از میان فیلم پوشش فاکتور مهمتری نسبت

به دسترسی آب است در واقع ارتباطی محکم میان میزان خوردگی و نفوذپذیری اکسیژن وجود دارد.

۸-۲- اثر ساختمان شیمیایی پوشش بر نفوذپذیری گاز

بدون هیچگونه شباهتی به نفوذپذیری آب (برای هر انحلالی این مهمترین دلیل است) عبور گازها از میان فیلم پوششی فرآیندی نسبی و قابل اندازه گیری می باشد (شامل اکسیژن نیز هست). نفوذپذیری پوششها نسبت به گازها با افزایش قطبیت کاهش پیدا می کند.

مقاومت به عبور دیگر گازها به غیر از اکسیژن و بخار آب به فن آوری (Technology) پوشش وابسته است نفوذپذیری اکثر فیلمها به نیتروژن در حدود یک چهارم اکسیژن است در حالیکه نفوذپذیری دی اکسید کربن بطور میانگین حدود ۳ الی ۶ برابر اکسیژن می باشد.

نفوذپذیری پوششها نسبت به گازها با نوع ساختمان مولکولی آنها تأثیرپذیر می شود. قسمت‌هایی از فیلم که دارای بلورینگی بالاتری می باشند نسبت به قسمت‌های بی شکل نفوذپذیری بسیار کمتری دارند و افزایش بلورینگی در بسپارهای مشابه عبور گاز را کاهش می دهد.

یک فیلم پلی اتیلن با دانسیته پایین نسبت به اکسیژن، ۴ برابر از یک فیلم پلی اتیلن با دانسیته بالا نفوذپذیرتر است. همچنین وقتی که زنجیره های جوربسپاری

(Homopolymeric) پلی بوتادین بلورینگی با گروه های حجیمی مثل رزین استایرین بوتادین جایگزین می شوند نفوذپذیری افزایش می یابد.

به هر حال راهکارهایی که منحصراً بر جلوگیری و کنترل عبور اکسیژن تاکید می کنند آسیب پذیر هستند. نسبت عبور اکسیژن از برخی فیلمهای بسیاری هم مانند افزایش جذب آب با بالا رفتن رطوبت افزایش می یابد (جدول زیر) مگر اینکه بسیار خاصیت چسبندگی بالایی در حالت تر داشته باشد. ممکن است جذب آب موجب کاهش چسبندگی گردد که اغلب شرط اولیه برای پذیرش خوردگی است. لذا تحت کنترل درآوردن هر دو مورد آب و اکسیژن اساسی می باشد.

میزان اکسیژن عبوری در فشار یک اتمسفر (cm ² . mil/ 100- inch 2.24 hrs. atm)		
تحت رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد	تحت رطوبت نسبی صفر درصد	
۲/۵	۰/۰۱	پلی وینیل الکل
۵	۲	نایلون
۵	۵	پلی اتیلن ترفتالات

اثر رطوبت بر میزان اکسیژن عبوری از فیلم پوششی

جذب سطحی و نفوذپذیری اکسیژن همانند آب ممکن است با تغییر جزئی در اندازه اجزاء غیر رنگدانه ای مانند افزودنیهای رزینی همچون قطران زغال سنگ کولتار (Coal Tar) کاهش پیدا کند. این افزودنیها آبگریزی بسیار را افزایش می دهد (مانند اپوکسیها و اورتانها). در بررسی آثار دمای پخت، Funke و carfagna گزارش دادند که پخت در

دمای اتاق دارای دمای انتقال شیشه ای (Glass Transition= T_g) کمتری (86 F^0):

(30C^0) از پخت در دمای (160 F^0 : $T_g=71\text{C}^0$) درجه سانتیگراد در

فیلمهای مشابه تولید می‌کند. محققان متوجه شدند نسبتهای عبور اکسیژن برای فیلمهایی که در دمای اتاق پخت (cure) شده اند خیلی بیشتر فیلمهایی که در دمای بالا پخت شده اند بسیار سریعتر افزایش می یابد مانند فیلمهایی که در آب غوطه ور هستند. از سوی دیگر فیلمی که در دمای پایین پخت شده است یک کاهش آهسته را نسبت به نفوذپذیری اکسیژن با افزایش طول زمان مجاورت با آب از خود نشان می‌دهد.

در توضیح این واقعیت می‌توان گفت بعلت آزاد شدن و خارج شدن مواد حل شدنی از فیلم سوراخهایی ایجاد شده است که در آن دسته از فیلمهای پخت در دمای محیط به دلیل پایین بودن T_g آنها براحتی امکان بسته شدن سوراخها وجود دارد. جهت روشن شدن این مساله می‌توان پیش گویی در مورد آثار جذب آب بر روی نفوذپذیری گاز را مثال زد.

۳-۸- آثار تجمع رنگدانه ها (Pigmentation) روی نفوذپذیری اکسیژن

تجمع رنگدانه ها بر نفوذپذیری اکسیژن اثر خواهد گذاشت. فیلمهایی که با رنگدانه‌های کروی (SPHERICAL) یا دانه‌ای (Nodular) رنگدانه‌دار شده اند، نفوذپذیری بیشتری نسبت به فیلمهایی که با رنگدانه‌دارهای پولکی شکل (lamellar) رنگدانه شده‌اند، دارا می‌باشند. بعلاوه اجتماع رنگدانه (Pigmentation) در یک رزین که در حجم رنگدانه‌ی اشباع / بحرانی داده شده است، با نسبتهای حجمی از رنگدانه بالای نقطه تعادل

(اشباع/بحرانی) (PVC/CPVC) فیلمهایی تولید می‌کند که نسبت به یک رزین مشابه و با نسبتهای حجمی زیر نقطه تعادل قابلیت عبور بیشتری خواهند داشت. فیلمهای سبکتر PVC ساخته شده با مواد غیر ورقه‌ای (non_platy) نسبتهای عبوری متوسطی دارند.

رنگدانه‌هایی که از مواد غیر قابل نفوذ اکسیژن مانند فلز و شیشه تشکیل شده‌اند و خواص عبوری کمتری در مقابل اکسیژن دارند نسبت به بسپارهایی که از حالت فشرده و متراکم خارج شده‌اند، نفوذپذیری شبکه فیلم پوشش را کاهش می‌دهند. بنابراین این ذرات آلومینیوم، استیل و شیشه بصورت موفقیت‌آمیزی بعنوان رنگدانه بکار برده می‌شوند.

اگرچه اطلاعاتی در خصوص تایید آثار حفاظت برخی رنگدانه‌ها وجود دارد ولی بنظر می‌رسد اظهار نظر در مورد اطلاعات عددی در مورد اثر برخی رنگدانه‌ها بر روی نسبتهای عبوری اکسیژن اندکی دشوار می‌باشد.

ذرات شیشه و آلومینیوم بعنوان موفقترین سامانه‌های حفاظتی در طولانی مدت استفاده شده‌اند. آلومینیوم در رنگهای فنولیک، اپوکسها و وینیل استرها استفاده شده است. بهر حال نمیتوان پیشگویی کرد این مزیتها موجب کاهش رطوبت و یا کاهش عبور اکسیژن (یا هر دو) می‌گردد.

طبق گزارش scheller ذرات آلومینیوم موجب می‌شود پوشش نسبت به گاز و بخار غیر قابل نفوذ گردد و طبق گزارش بارنو ذرات شیشه جهت SO مرطوب موفقیت‌آمیز بوده است.

۴-۸- نفوذپذیری نسبت به یونها

فیلمهای رنگ خشک با رنگدانه های غیر فلزی مقاومت الکتریکی بالایی دارند فقط بعد از اینکه فیلم در آب غوطه ور می شود اتصال الکترولیت می تواند از میان جداسازی مواد یونی درون فیلم و یا بعد از ورود الکترولیت یونی به فیلم اتفاق بیفتد. این دلیل بر آن است که جذب آب یک پیش نیاز جهت جذب یونی می باشد، در صورتیکه پیش از این تصور می شد مهاجرت یونها ناشی از ورود آب است. Elm و Kittelber نشان دادند که نمکها مانند سدیم کلراید از محلول آبی موجود در محیط بیرونی پوشش که در آنها به حالت یون هستند به میان فیلم منتقل می شوند.

آنها بیان کردند که یک نسبت خطی میان نفوذ پذیری یونی و هدایت الکتریکی فیلم وجود دارد. این نسبت خطی مخصوصا در طراحی پوشش حفاظتی مهم است، به دلیل اینکه در آنها کنترل خوردگی معمولا به مقاومت الکتریکی فیلم وابسته است.

اگر فیلم خوب بچسبد و نسبت به انتقال یونی مقاومت بالایی داشته باشد عبور خارجی جریان خوردگی میان محل های آندیک و کاتدیک قطع شده و خوردگی اتفاق نمی افتد. این روش کنترل حفاظت از خوردگی می باشد.

بهترین پوشش حفاظتی مقاومت الکتریکی بالایی دارد (بیش از ده به توان هشت اهم متر بر مجذور ثانیه). وقتی که مقاومت کمتر از ده به توان شش اهم متر بر مجذور ثانیه شود، خوردگی خیلی محتمل می گردد

آنیونهای فعال مانند کلرایدها و سولفاتها ممکن است با رنگدانه های حفاظتی تاثیر متقابل داشته باشند. جلوگیری از رسیدن آنیونهای فعال به فیلم و مخصوصا به فلز توسط سامانه های رنگدانه ای حفاظتی یک حفاظت بهینه بسیار مهم است به هر حال

پخش شدن در میان سوراخهای ریز و خرابیهای کوچک فیلم، ممکن است موجب خوردگی موضعی شود که خرابی زیر سطح را در پی دارد.

جائیکه پخش یونی اتفاق بیفتد طبیعت انتقال به بار الکتریکی فیلم مرطوب وابسته است که این رخداد بعنوان نفوذگزینی شناخته شده است این نسبت ها مخصوصا هنگامیکه تجمع یونها کم می باشد مهم است. فیلمها در تماس با آب باردار می شوند که این مساله احتمالا از یونش گروه های قطبی ناشی می شود (گروه های کربوکسیلیک اسید روی بسیار) بار الکتریکی ممکن است منفی باشد مثل حالتیکه بسیار اسیدی است و یا بعکس مثبت باشد، با رزینهای پایه آمین. فیلمهای با بار منفی، ورود آنیونها مثل کلرایدها و سولفاتها را محدود خواهد کرد، در حالیکه ممکن است تمایل بیشتری برای کاتیونها داشته باشند.

بعکس بسیارهای گروه آمیدی/ آمینی (برای مثال اپوکسی و پلی اورتان) مقاومت بهتری نسبت به محدود کردن ورود کاتیونها دارند. نفوذ گزینی بهر حال به محیط کار وابسته است. در مورد کاربرد پلی اورتان Julien پی برد که نفوذگزینی در محیط خنثی در حالتیکه فیلم هر دوی آنیون و کاتیون را جذب می کرد، خوب نیست. نفوذگزینی در محیط اسیدی بهتر می شود.

Julien در یک مورد بهبود مقاومت خوردگی را با افزایش مشتقات نیتروژن در پلی اورتان گزارش کرد. وی علت این مقاومت را در تعویض جذب یونی یونهای کلراید (جذب شده به فیلم) با گروه های نیتروژن روی بسیار دانست، بنابراین از دسترسی آنها به سطح پیشگیری می کند.

(تعویض جذب یونی یک فرآیند شیمیایی است در جائیکه یونهای هیدراته یک بسپار یا بطور کل هر جامد مناسبی، با یونهایی از محلول در تماس که دارای بار مشابه هستند جایگزین می‌شوند). بعلاوه کاتیونها ممکن است با گروه های آنیونی در فیلمهای باز جذب شوند.

Leidheiser بعدا نشان داد وقتیکه یک پتانسیل کاتدی به فلز دارای پوشش اعمال شود نسبت مهاجرت آب و کاتیون به میان فیلم پوشش افزایش می یابد. فلز باردار منفی، کاتیونهای بار مثبت را، حتی در پتانسیل خیلی پایین (۱۸۰ mV) جذب می‌کند. بعلاوه نسبت مهاجرت کاتیونی و لایه لایه شدگی بعدی با تغییر محلول نمک هالید فلز قلیایی تغییر می کند. یونهای هیدرات سزیم بیشترین نسبت پخش را داشتند. $Cs^+ > K^+ > Li^+$

Kumins و London هم متوجه شدند که حرکت کاتیونی به میان غشا وینیل مطابق زیر افزایش می یابد. $K^+ > Na^+ > Li^+$ (لیتیم کمترین جنبش را دارد). Leidheiser مدارکی را نشان داد که پخش اکسیژن به میان پلی انیلن و فیلمهای اکریلیک ممکن است همانند نفوذ کاتیون در حضور هر دو عامل پتانسیل و غلظت باشد در نبود یک جریان القایی، اختلافها در نسبت های پخش اکسیژن مجددا مانند تغییرات نمک هالید فلز بنظر می رسند، اگرچه اختلاف میان نسبتهای کمترین مقدار و بیشترین مقدار کاهش یافته است. Sykes و Mcleod وقتیکه مشغول بررسی تاول زدگی کاتیونی (ناشی از نمکهای کلرید فلز قلیایی) روی پنلهای قطبی کاتد یک پوشش داده شده با وینیل، لاستیک کلرینه و فیلمهای اپوکسی بودند، به وجود روندی مشابه پی بردند. تعداد تاولها و ناحیه پوشیده شده از تاولها با زیاد شدن جنبش کاتیون فلز قلیایی در محلول افزایش می یابد.

(سرعت یونها ms^{-1} تحت یک پتانسیل القایی 1 volt.cm^{-1} که بعنوان یک انتقال قطعی شناخته شده است جابجا می‌شود.) بنابراین Li «با یک انتقال یونی قطعی (رقیق سازی بی نهایت) $\frac{3}{4} \times 10^8 ms^{-1} / vm^{-1}$ تاول کمتری را القا می‌کند نسبت به $\frac{4}{6} \times 10^8 ms^{-1} / vm^{-1} Na^+$ و $\frac{6}{6} \times 10^8 ms^{-1} / vm^{-1} K^+$ سزیم با یک انتقال یونی قطعی $\frac{7}{1} \times 10^8 ms^{-1} / vm^{-1}$ بیشترین آسیب را وارد می‌کند کاتیونهای دو بار منفی فلزات قلیایی خاکی (Ba^{++} ، Sr^{++} و Ca^{++} و Mg^{++}) و باز هم نمکهای کلریدی آنها تاول زدگی را القا نمی‌کنند.

محققان انتقال کاتیونی به درون غشا فیلم رنگ را بعنوان فاکتور بحرانی در ایجاد درجه مقاومت در برابر تاول زدگی پذیرفتند.

کاتیونهای استرونیوم و باریوم هم جنبش یونی کمتری نسبت به کاتیونهای سدیم (در محلول آبی) ندارند. این کاتیونها بخوبی دیگر کاتیونهای فلزات قلیایی خاکی، حلالیت کمتری از کاتیونهای فلزات قلیایی در آب دارند و در ضمن همگی دارای درجه PH کمتری می‌باشند. بنابراین نمکهای فلزهای قلیایی تمایل بیشتری برای افزایش خاصیت اسمزیک و همچنین القا تاول زدگی را دارند. Sykes و Mcloed نشان دادند که تجمع یون کلراید در سطح برهمکنشی در سامانه های تحت حفاظت کاتدی خیلی کم بود. تحت شرایط طبیعی غوطه وری (یا جائیکه قطبیت آندی بود) تجمع یون کلراید در سطح بیشتر بود. بنابراین نمکها با Mg و Ca و K در سطح تاول زدگی کمتری نسبت به نمکهای Na دارند.

9 - آماده سازی سطح

هدف از آماده سازی سطح ایجاد چسبندگی مطلوب یک پوشش بر روی سطح

می‌باشد. چسبندگی راز موفقیت یک پوشش است و تعیین کننده این نکته است که پوشش اعمال شده روی سطح، فقط یک لایه نازک روی سطح است یا جزء لاینفک از سطح زیر کار است.

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

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

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

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

تحقیقات به عمل آمده در خصوص خوردگی‌های بدنه اتومبیل، نشان می‌دهد که اکثر

موارد خوردگی، در قسمت‌های درونی بوده است نه قسمت‌های خارجی که رنگ‌آمیزی شده‌اند.

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

هدف از آماده‌سازی سطح ایجاد ماکزیمم پیوند قوی بین سطح تماس پوشش و سطح زیر کار است.

۹-۱- تاریخچه تکنیک‌های آماده‌سازی سطح

روش آماده‌سازی سطح که امروزه متداول است خیلی قدیمی نیست. به عنوان مثال، روش سند بلاست کردن تا سال ۱۹۳۰ میلادی تجربه نشده بود و تا جنگ جهانی دوم نیز جدی گرفته نشد لیکن وقتی معلوم شد که با سند بلاست کردن بدنه کشتی‌ها می‌توان مدت زمان بیشتری کشتی‌ها را در آب نگه داشت به اهمیت موضوع پی بردند. تا قبل از آن آماده‌سازی سطح منحصرأ با روش‌های دستی مثل سمباده زدن با استفاده از ابزارهای دستی صورت می‌گرفت. این روش خسته کننده و وقت گیر بود، اما چنین روش‌هایی تا زمانی که رنگ‌های پایه روغنی متداول بودند کارایی لازم را داشت، چرا که رنگ‌های پایه روغنی اصولاً چسبندگی بهتری داشتند و تا حدودی آلودگی‌ها را تحمل

می‌کردند. مطلب دیگر این که روش رنگ‌آمیزی استفاده از قلم‌مو بود. چنین روشی به چسبندگی بهتر کمک می‌کرد.

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

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

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

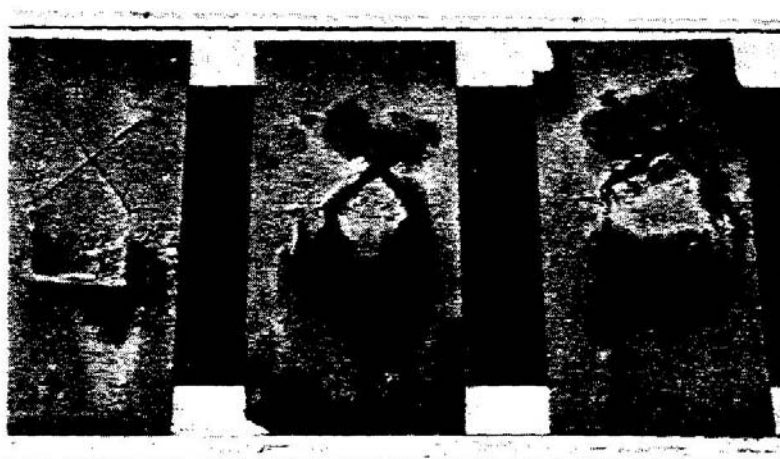


FIGURE 9.10 — Corrosion at scribes in the same coating (3-coat vinyl system) applied over sandblasted steel (left), rusted steel (middle), and intact mill scale (right), exposed for 9 years in a marine environment.

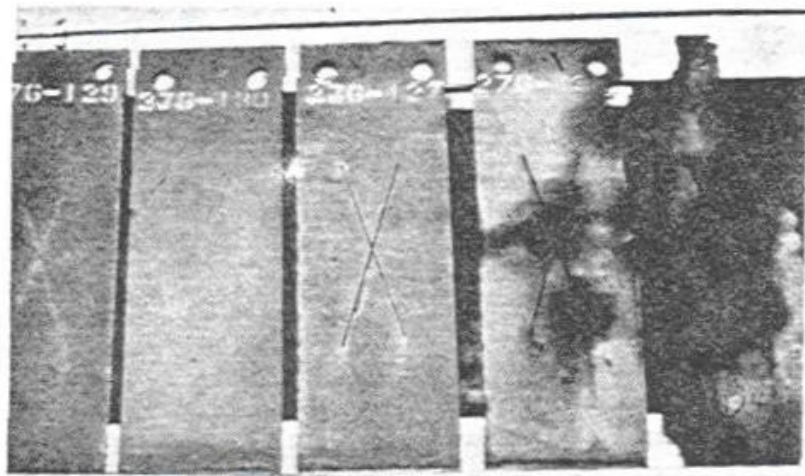


FIGURE 9.11 — Results of a test involving panels of, from left to right, galvanized steel, inorganic base coat, white sandblast, rust, and mill scale, exposed for 9 years in a marine environment with identical topcoats (3-coat vinyl system).

9-2- انواع نقصان در چسبندگی

سه نوع نقصان در چسبندگی وجود دارد.

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

۲) نوع دوم، **adhesion failure** می‌باشد که نقصان در سطح تماس بین رنگ و

ماده زمینه است. در این موارد پوشش از ماده زمینه کاملاً جدا شده و هیچ پوششی روی سطح باقی نمی‌ماند. (شکل ۹،۱)

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

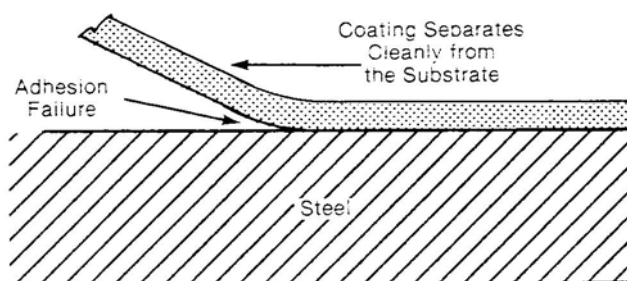


FIGURE 9.1 — Adhesive failure of a coating.

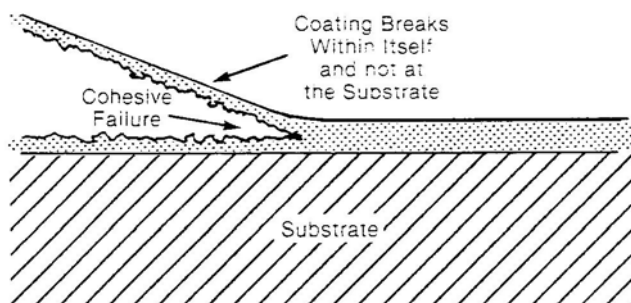


FIGURE 9.2 — Cohesive failure of a coating.

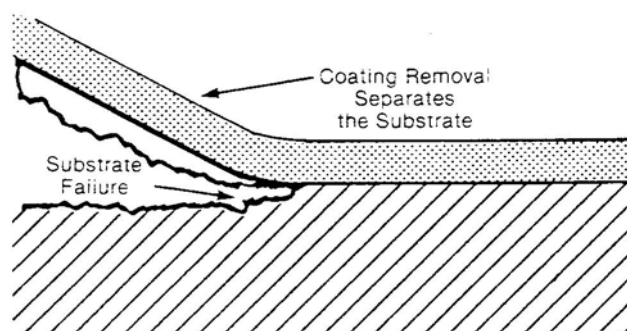


FIGURE 9.3 — Adhesion failure of the substrate.

۳-۹- انواع چسبندگی

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

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

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

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

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

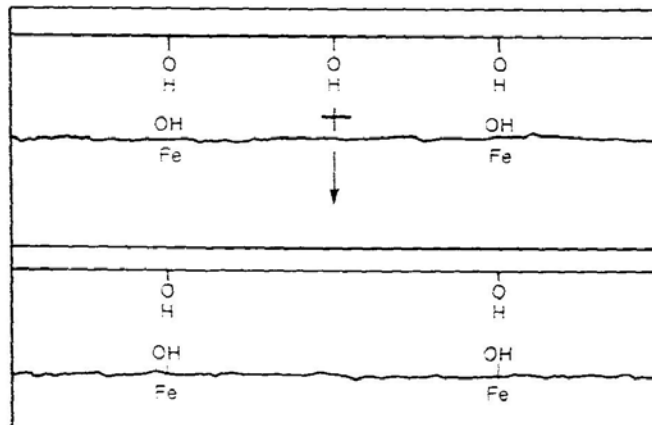


FIGURE 9.6 — Polar or secondary valence bonding of an hydroxylated coating to a metal substrate. (SOURCE: Corrosion and the Preparation of Metallic Surfaces for Painting, Unit 26, Federation Series on Paint Technology, Federation of Societies for Paint Technology, Philadelphia, PA. 1978.)

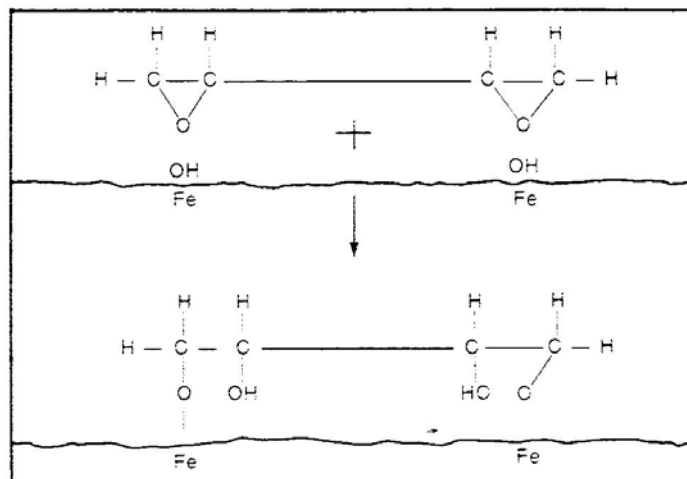


FIGURE 9.5 — Chemical adhesion of an epoxy coating to a metal substrate. (SOURCE: Corrosion and the Preparation of Metallic Surfaces for Painting, Unit 26, Federation Series on Paint Technology, Federation of Societies for Paint Technology, Philadelphia, PA. 1978.)

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

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

چسبندگی عالی ایجاد می‌کنند.

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

دوم به سطحی تبدیل می‌شوند که شامل پیوندهای معدنی و آلی می‌باشد. به نحوی که یک پوشش آلی توسط پیوندهای نوع اول روی یک ماده زمینه معدنی پوششی را به وجود می‌آورد که دارای گروه‌های قطبی می‌باشد و نهایتاً ایجاد چسبندگی قوی می‌کند.

چسبندگی از نوع مکانیکی در ارتباط با زبری سطح زیر کار است. anchor pattern اصطلاح به کار رفته در مورد میزان ناصافی سطح می‌باشد و عبارت از چگونگی پستی و بلندی‌هایی است که در سطح مورد نظر به وجود آمده است.

میزان ناصافی ایجاد شده روی سطح بسته به اینکه عمق قله‌ها و دره‌های ایجاد شده چه قدر باشد گستره وسیعی دارد. نکته مورد نظر از دیدگاه پوشش تعداد این قله‌ها و دره‌ها است که باعث افزایش سطح تماس شده و در نتیجه میزان چسبندگی را افزایش می‌دهد.

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

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

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

پوشش‌های به کار برده شده برای این نوع سطوح ترجیحاً می‌باید نفوذپذیر باشند تا

از این تخلخل و ناصافی موجود در سطح استفاده مطلوب را ببرند.

پوشش‌های معدنی غنی شده از روی به طور نسبی متخلخل هستند. در نتیجه به لایه‌های بعدی این امکان را می‌دهند تا با درگیری مکانیکی و اتصال‌های پلار یا شیمیایی چسبندگی لازم را به دست آورند.

۹-۴- اهداف آماده‌سازی سطح

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

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

می‌شود که نتیجه آن حصول حداکثر تماس مؤثر می‌باشد.

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

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

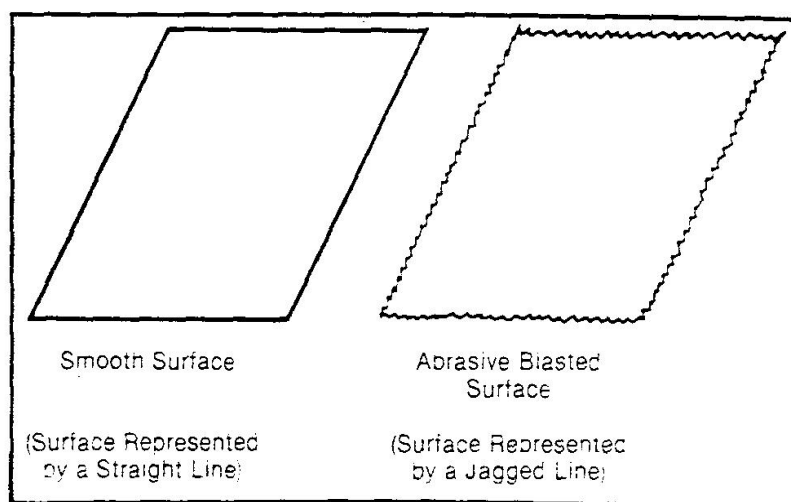


FIGURE 9.7 — An increase in surface area was achieved by increasing the roughness and anchor pattern of the surface.

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

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

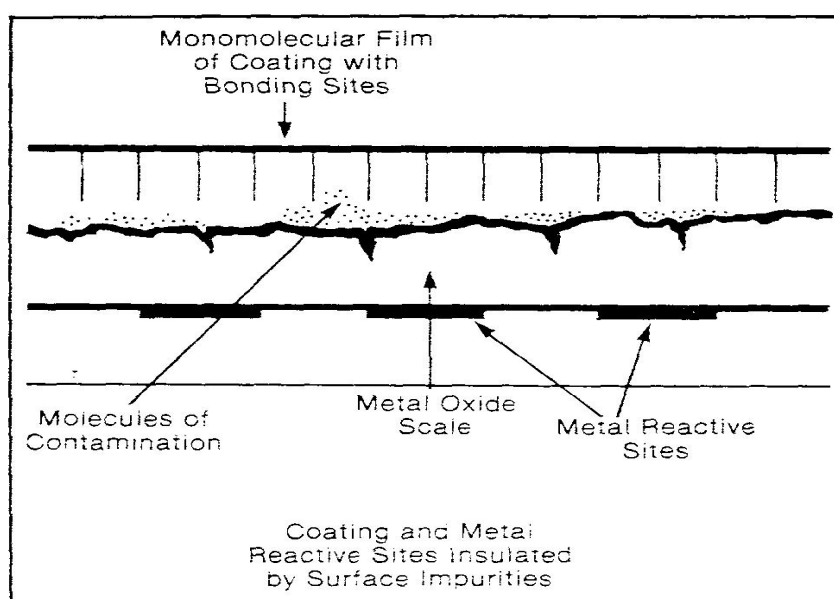


FIGURE 9.8 — An unprepared and lightly contaminated surface which prevents the full effect of either chemical or polar bonding. (SOURCE: Corrosion and the Preparation of Metallic Surfaces for Painting, Unit 26, Federation Series on Paint Technology, Federation of Societies for Paint Technology, Philadelphia,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

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

در گذشته طریقه رنگ آمیزی به روش استفاده از قلممو بود. استفاده از این روش قدرت نفوذپذیری حلال موجود در رنگ را افزایش می دهد. در نتیجه خاصیت مرطوب کنندگی رنگ افزایش می یابد. فشار قلممو پرایمر را به داخل آلودگی های موجود در سطح نفوذ می دهد. از طرف دیگر هنگامی که وزن مولکولی رزین موجود در رنگ افزایش پیدا کند و طریقه مصرف از روش استفاده از قلممو به استفاده از رنگ پاش تغییر داده شود. دیگر مولکول های بزرگ نمی توانند به داخل آلودگی های موجود در سطح نفوذ کنند. بنابراین آماده سازی محتاطانه و بتونه کاری های اولیه فاکتورهای مهمی برای ایجاد چسبندگی رنگ یا سطح زیر کار می شود.

شکل زیر نشان می دهد که چگونه قسمت های پلار سطح پوشش روی سطح فلز تمیز شده جذب می شود یا به عبارتی اتصال می یابند. در این حالت، سطح مورد نظر، به صورت یک سطح سند بلاست شده یا برجستگی ها و فرورفتگی های بزرگ نشان داده می شود که نه فقط باعث افزایش سطح شده اند بلکه نقاط تشکیل پیوند را افزایش داده اند.

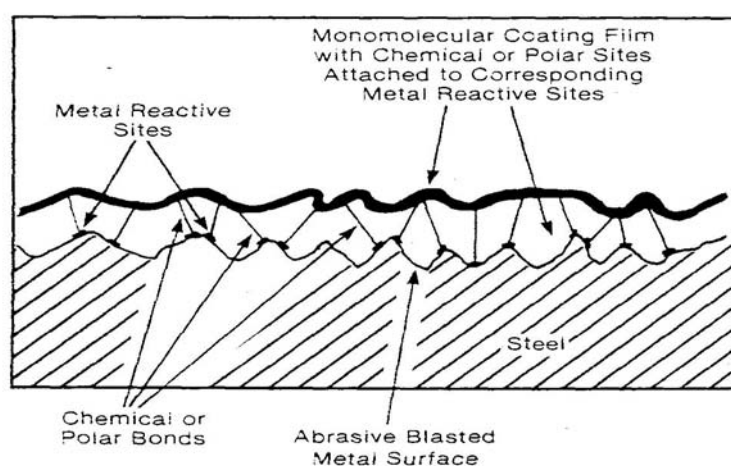


FIGURE 9.9 — An abrasive-blasted surface which shows how the polar areas on a coating molecule are attracted and become attached to corresponding reactive sites on the clean metal substrate. (SOURCE: Corrosion and the Preparation of Metallic Surfaces for Painting, Unit 26, Federation Series on Paint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

به طور خلاصه جمع‌بندی این بحث چنین است که تمیز بودن سطح زیر کار معادل با اتصال محکمتر یا چسبندگی بهتر بین پوشش و سطح زیر کار می‌باشد.

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

مراجع:

- 1) Corrosion mechanisms of phosphated zinc layers on steel as substrates for automotive coatings (A.Amirudin, D.Thierry)
- 2) Corrosion of the vehicles used in North America:
Anti-corrosion performance of galvanized steel sheet in several parts of a vehicle (Katsuhei Kikuchi, Makoto Isobe, Chiaki Kato, Morishige Uchida)
- 3) Corrosion prevention by protective coatings (National Association of Corrosion Engineers) (Charles G.Munger)
- 4) Organic coating technology Volume 2- Pigments and pigmented coatings (Henry Fleming Payne)
- 5) Metals Handbook volume 13, 9th
- 6) Corrosion Engineering (Mars G.Fontana)
- 7) Trouble with Paint (Clive H.Hore, Coating System Design Inc)