

بررسی خواص شیمیایی و الکتروشیمیایی یک نوع پوشش ضد خوردگی سایش و ضربه بر پایه اپوکسی - پرک شیشه

علی اصغر سرابی
استادیار

سید محمود کثیریه
مربی آموزشیار

داود زارعی
کارشناسی ارشد

دانشکده مهندسی پلیمر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

در این مقاله علاوه بر بررسی خصوصیات کلی پوششهای ضدسایش، ضربه و خوردگی بر پایه اپوکسی-GF، یک نوع پوشش اپوکسی - پلی آمین با محتوای بالا فرموله شده و از لحاظ خواص مقاومتهای شیمیایی از طریق آزمون سالت اسپری و هم چنین مقاومت الکتروشیمیایی از طریق آزمون EIS (ایمپدانس الکتروشیمیایی)، با توجه به تغییرات در میزان درصد GF و عامل اتصال دهنده سیلانی مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج به صورت جدول و منحنی ارائه شده است. جهت درک بهتر آرایش پرکها، تصاویر میکروسکوپ الکترونی نیز ارائه شده است.

کلمات کلیدی

رزین اپوکسی، رنگدانه پرک شیشه‌ای، رزین پلی آمین، آزمایش مه نمکی، آزمایش ایمپدانس

Evaluation of Chemical and Electrochemical Properties of a Kind of Corrosion, Abrasion and Impact Resistant Coating Based on Epoxy-Glass Flake

A. A. Sarabi
Assistant Professor

S. M. Kassiriha
Lecturer

D.Zarei

Polymer Engineering Faculty,
Amirkabir University of Technology

Abstract

In this article beside the review of the properties and specifications of the corrosion, abrasion and impact resistant coatings based on the Glass flake are studied, and one type of high solid epoxy-polyamide coating based on GF formulated and its chemical and electrochemical properties such as resistance against salt spray and electrochemical Impedance studied and results from the variation of the Glass-flake and silane coupling agent is illustrated in tables and figures. For better understanding of flakes orientatipon, electronic-microscope photographs are also presented.

Keywords

پوششهای حاوی پرک شیشه (GF) جهت مقابله با خوردگی، سایش و ضربه از حدود ۳۵ تا ۴۰ سال پیش مورد استفاده قرار گرفته‌اند. [1] بطور کلی پرک شیشه موجب بهبود مقاومت پوشش به ترک خوردگی و پوست کنده شدن (Peel) و افزایش خواص مکانیکی و شیمیایی می‌گردد. بطور کلی بیشتر پیگمنتها اثر ممانعتی دارند و علاوه بر آن ساختار فیلم را تقویت نموده و گذرانی را کاهش می‌دهند. یکسری پیگمنتها نظیر میکا و اکسید آهن میکائی و پرک آلومینیوم [2] و برنز هم‌چنین پرک شیشه که به پیگمنت‌های لاملار (lamellar) معروف می‌باشند موجب بلوکه شدن حرکت آب و اکسیژن و یونها شده و مسیر عبور این عوامل را تا رسیدن به فلز طولانی می‌کنند [3]. شیشه مورد استفاده در ساخت GF از نوع C-GLASS بوده و از نوع بوروسیلیکات می‌باشد. این شیشه دارای مقاومت شیمیایی فوق‌العاده بوده و دارای طبیعت خنثی (Inert) می‌باشد. معمولاً با کارایی بالا از این شیشه‌ها که به ECR (EXTRA CORROSION RESISTANT) معروف می‌باشند کاربرد زیادی در این زمینه دارند. [3] از آنجا که خواص ممانعتی GF دائمی نیست. بنابراین آرایشی که GF داخل فیلم به خود می‌گیرد دارای اهمیت اساسی می‌باشد. موازی قرار گرفتن پرکها با سطح بستر به عاملی به نام نسبت پرک (Flake ratio) یا نسبت طول پرک به ضخامت آن دارد و هرچه این نسبت بزرگتر باشد ممانعت در برابر عبور عوامل خوردنده بالاتر خواهد بود. مورد اساسی‌تر یکنواختی ضخامت در این پرکها می‌باشد و در صورتیکه ضخامت دارای نایکنواختی باشد خواص ورقه‌ای این پرکها تحت تأثیر قرار می‌گیرد [1] و [4]. براساس نظر محققین افزایش عبورپذیری نسبت به گازها و بخارات در کامپوزیت‌ها ممکن است در اثر استرس نسبتاً کوچک ایجاد شده به وسیله محل‌های خالی نظیر حباب‌ها، کف‌ها و یا نقایص سطحی (Surface defects) در مابین سطح پلیمر و پرکننده (interface) صورت می‌گیرد. [5] براساس یکسری گزارشات نرخ نفوذ آب در بین لایه شیشه رزین چهارصد و پنجاه (۴۵۰) برابر رزین به تنهایی می‌باشد [6] و البته این نرخ به صورت قابل توجهی کاهش خواهد یافت اگر از یک ماده اتصال‌دهنده سیلانی (silane coupling agent) استفاده شود.

پروسه‌هایی که در آن نفوذ صورت می‌گیرد هنگامی است که ماده گذرکننده در تماس با پوشش جذب شود سپس از درون پوشش حرکت کند و حالت تعادلی دینامیک جذب به دست آید. آب به فرم باران شبنم یا رطوبت همیشه در تماس با پوشش است و این آب بر گذرانی یونها، اکسیژن و سایر عوامل خوردنده تأثیرمی‌گذارد. متعاقباً حضور چنین موادی در سطح مابین فلز و پوشش، خوردگی را سرعت می‌بخشد [7].

بهر حال پیگمنت GF با ساختار غیر ایزومتریک و لایه‌ای خود (lamellar) موجب افزایش مسیر عبور شده و ایجاد ممانعت در برابر عبور می‌نماید. یکی از فاکتورهایی که بر میزان نفوذ تأثیر فوق‌العاده‌ای دارد ضخامت پرک‌های شیشه می‌باشد. بهر حال در صورت هم‌پوشانی کامل در یک ضخامت معین از پوشش تعداد لایه‌های ممانعت کننده GF ضخیم نسبت به تعداد لایه‌های ممانعت کننده GF نازک کمتر بوده و به همین نسبت میزان گذرانی را تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. [1]. از طرفی اندازه ذرات GF نیز بر میزان گذرانی تأثیر خواهد داشت و بهر حال هر چه این اندازه ذرات بزرگتر باشد میزان نفوذگذرانی و حتی میزان جذب آب کاهش خواهد یافت و این ناشی از تأخیر در رسیدن محلول‌های شیمیایی به سطح سابستریت دارد [8].

آزمایشات نشان می‌دهد که مقاومت خوردگی پوشش بستگی به انتخاب رزین مناسب دارد و پرک شیشه معمولاً بر اثر از بین رفتن محمل رزین دچار خوردگی شیمیایی نمی‌گردد ولی بهر حال پوشش محتوی GF با توجه به عدم کارایی وظیفه خود را انجام نخواهد داد و بنابراین انتخاب صحیح و دقیق رزین و همچنین عامل اتصال‌دهنده سیلانی مناسب در درجه اول اهمیت قرار دارد [9].

آزمونهای شیمیایی و الکتروشیمیایی متعددی جهت ارزیابی کارایی پوششها در محیطهای خوردنده به کار می‌رود که از میان آنها می‌توان به آزمونهای مه نمک (Salt Spray) و ایمپدانس جریان متناوب (Ac Impedance) اشاره نمود. آزمون سالت‌اسپری معمولاً جهت ارزیابی مقاومت خوردگی پوششها به صورت شتاب داده شده (accelerated) به کار می‌رود اساس این آزمون پاشش بخارات محلول نمک در دمای ثابت و مطالعه رفتار پوشش از لحاظ نفوذ و تاول و جدایش فیلم رنگ از سطح و نهایتاً خوردگی سطح فلز میباشد.

EIS بهترین افزار و سیستم برای مطالعهٔ روکش‌ها می‌باشد. سه مزیت برتر EIS نسبت به تکنیک‌های DC عبارتند از:

۱ - میدان نوسانی کوچک

از مزیت‌های EIS آن است که می‌توان از یک مدل الکترونیکی برای نمایش سل الکتروشیمیایی استفاده می‌کرد. الکترودهای بکار رفته در یک واکنش الکتروشیمیایی نوعاً با یک مدار الکترونیکی قابل قیاس هستند و بصورت اجزاء خصوصی همچون مقاومتها و خازن‌ها در نظر گرفته می‌شوند. به همین دلیل است که می‌توانیم اجزاء سیستم الکتروشیمیایی را به صورت یک مدار معادل نمایش دهیم. بطور کلی فیلم رنگ به تنهایی از عبور جریان از سطح به فلز جلوگیری می‌کند. بنابراین تغییر در مقاومت فیلم می‌تواند جهت اندازه‌گیری درجه شکست با توجه به عبور الکتریسیته به کار می‌رود. به صورت مشابه ایمپدانس ممانعت در برابر عبور فیلم رنگ جریان متناوب است. ایمپدانس به فرکانس جریان بستگی دارد. خازنها در فرکانس بالا بصورت باز عمل می‌کنند ولی در فرکانس پایین جریان را مسدود می‌کنند. هنگامی که آب در فیلم رنگ جمع شود مقاومت خازنی فیلم رنگ تغییر می‌کند. زیرا نواحی یونی داخل فیلم رنگ به وجود می‌آید. ایمپدانس جریان متناوب نقطه‌ای که در آن فیلم رنگ به حد کافی جهت عبور جریان رسانا می‌شود را حس کرده و در آن صورت خوردگی پاسخ الکتروود (فلز) به تغییرات پتانسیل متناوب یا جریان در فرکانسهای مختلف است. [2]

منحنی‌های ایمپدانس رفتار شیمیایی سیستم را پیش‌بینی می‌کنند. یکی از این منحنی‌ها Nyquist می‌باشد. این منحنی گرافی از جزء موهومی امپدانس (Z'') در مقابل جزء حقیقی امپدانس (Z') را در هر فرکانس تحریک شده نشان می‌دهد. منحنی دیگر منحنی Bode می‌باشد که یکسری مزایای بیشتری را نسبت به منحنی Nyquist دارد. وقتی که فرکانس بر روی یکی از محورها پدید می‌آید براحتی می‌توانیم از روی منحنی چگونگی وابستگی ایمپدانس به فرکانس را متوجه شویم. منحنی حاصله لگاریتمی از فرکانس است و این اجازه را به ما می‌دهد که منحنی در یک محدوده فرکانسی بسیار وسیع رسم شود.

۱- بخش تجربی

جهت ساخت پوشش اپوکسی GF به صورت جامد بالا از مواد زیر استفاده شده است:

(A) رزین اپوکسی با درصد جامد ۱۰۰ و وزن معادل اپوکسی برابر با ۱۸۷/۲ [10]

(B) رزین پلی‌آمین با درصد جامد ۱۰۰ و ارزش هیدروکسیل برابر با ۱۳۰ - ۱۱۰

(C) پیگمنت تیتانیوم دی‌اکساید

(D) اکستندر تالک [11]

(E) عامل اتصال دهنده سیلانی با عاملیت اپوکساید [12]

(F) مخلوط حلالی

(G) پرک شیشه با طول حدود ۳۵۰ - ۲۵۰ میکرون و ضخامت ۵/۵ - ۳/۵ میکرون [13]

(H) افزودنی ضد کف

(I) عامل تیکسوتروپیک

ابتدا جهت دستیابی به PVC کاربردی یک فرمولاسیون رنگ اپوکسی پلی‌آمین بدون حلال و پرک شیشه ساخته شد و متعاقب آن با افزایش نسبت GF، تغییرات ویسکوزیته پوشش اندازه‌گیری گردید و از این تغییرات نقطه ایتیمم ۱۰٪ جهت GF بدست آمد و با محاسبات مربوط به PVC با دانستن مقادیر دانسیته و وزن؛ PVC پوشش با حدود ۱۵٪ محاسبه گردید.

در فرمولاسیون مذکور با تغییر درصد اکستندر سیلیکاتی (تالک) و GF و هم‌چنین تغییر درصد عامل اتصال دهنده سیلانی پوششهای متنوعی با درصد GF از ۰ تا ۲۰ درصد ساخته شد و پس از اعمال بر روی سطوح فولادی ST37 [14] به ابعاد ۱۲۰×۸۰ میلی‌متر که با روش حلالی و براساس استاندارد ASTM D609-95 تمیزکاری شده بودند، عملیات پخت به مدت ۱۰ روز در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

آزمون سالت‌اسپری معمولاً جهت ارزیابی مقاومت خوردگی پوششها به صورت شتاب داده شده (Accelerated) به کار می‌رود. متد پایه‌ای جهت ارزیابی پوشش عبارتند از سیستم محلول نمک طعام (NaCl) با استاندارد ASTM B117 صورت می‌پذیرند. محلول نمک مورد استفاده کلرید سدیم (NaCl) حدود ۵٪ وزنی می‌باشد. این نمک دارای کمتر از ۰.۱٪ یدید

سدیم می‌باشد. آب مورد استفاده به صورت مقطر می‌باشد. محلول در 95 درجه فارنهایت اتمایز می‌گردد و PH آن پس 6.5 تا 7.2 می‌باشد. هوای فشرده باید عاری از روغن و غبار و کثافت باشد و این امر با عبور هوا از یک جاذب محقق می‌گردد. سه نوع آریایی جهت پلینهای سالت اسپری وجود دارد:

الف) بررسی وجود تاول (brister)

ب) زنگ زدگی (rusting)

ج) خوردگی زیر برش (undercutting corrosioy)

در آزمون مزبور جهت پوشش GF پنج عامل زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

۱- اثر خوردگی زیر برش

۲- اثر افزایش درصد GF بر مقاومت سالت اسپری

۳- اثر افزایش عامل اتصال دهنده سیلانی بر مقاومت سالت اسپری

۴- اثر افزایش میزان عامل اتصال دهنده سیلانی بر مقاومت سالت اسپری

۵- اثر افزایش ضخامت پوشش بر مقاومت سالت اسپری

در آزمون الکتروشیمیایی ایمپدانس (EIS) سل تست شامل یک اتصال شیشه‌ای آلی است که به پلیت پوشش داده شده کلامپ می‌گردد. الکترولیتهای مورد استفاده جهت اینکار می‌توانند از آب مقطر تا محلولهای نمکی با PH پائین و خنثی باشند. در این سیستم به سل EIS اجازه داده می‌شود تا به تعادل توسط پتانسیل مدار باز برسد میدان القاء نوسان کوچکی در حد 5 تا 10 میلی‌ولت معمولاً به سیستم وارد شده و پاسخ اندازه‌گیری می‌شود. داده‌ها می‌توانند بصورت یک مدار الکتریکی شامل خازن و مقاومت مشابه‌سازی گردند. اطلاعات بدست آمده از مدار الکتریکی مدلی است که نشانگر واکنشهای الکتروشیمیایی صورت گرفته در سیستم پوشش می‌باشد و بطور خلاصه در تست EIS یک ولتاژ کوچک سینوسی بر روی نمونه اعمال و پاسخ جریان نمونه در آن فرکانس با آنالایزر تابع انتقال اندازه‌گیری می‌شود. این آزمایشها با دستگاه EG & G با مشخصات:

Potential state/gal vanostate model 273A & SI 1255
(HF Frequency response analyzer)

و نرم‌افزار M388 انجام شد.

اندازه‌گیرهای ایمپدانس در پتانسیل مدار باز (Open Circuit Potential) با ولتاژ AC و در محدوده فرکانس 0.005 HIZ تا 100KHIZ صورت گرفته است.

در سل الکتروشیمیایی از الکتروود $Ag/AgCl/KCl$ بعنوان الکتروود مرجع و از توری پلاتینی بعنوان الکتروود کمکی استفاده شده است در ضمن همه آزمایشات در دمای آزمایشگاه صورت گرفت و محلول مورد استفاده 0.5 M با PH $\cong 7$ بوده است در این آزمون دو عامل ضخامت و افزایش درصد GF و اثرات آن بر ایمپدانس مورد بررسی قرار گرفته است. البته ذکر این نکته ضروری است که این آزمایشات در زمان ۲۴ ساعت و با پتانسیل حدود 508 mv- صورت پذیرفته است. برای مشاهده نحوه آرایش پرکها داخل پوشش (Orientation) و هم‌چنین سطح مابین (Intererface) تصاویری با میکروسکوپ الکترونی (SEM) تهیه شده است.

۲- نتایج و بحث

۲-۱- نتایج آزمون مه نمک (SALT SPRAY) و تحلیل

بررسی اثر درصد GF و SCA بر خوردگی زیر برش و تاول

جدول (۱-۳) میزان پیشرفت خوردگی زیر برش ناشی از پیشرفت نفوذ و جدایش پوشش را بر حسب میلی‌متر در هر سیستم با گذشت زمان نشان می‌دهد.

جدول (۱-۳) پیشرفت نفوذ در پوششهای متفاوت GF در دستگاه سالت اسپری با گذشت زمان.

	250	500 h	750 h	1000 h	1250 h	1500 h	1750 h	2000 h
0GB	0	0	0	0	0	0	0	0
0GS	0	0	0	0	0	0	0	0
5GB	0	0	0	0	2	4	5	7
5GS	0	0	0	0	2	4	5	8
7GB	0	0	0	0	1	3	4	6
7GS	0	0	0	0	1	2	4	6
11GB	0	0	0	0	0	0	0	2
11GS	0	0	0	0	0	0	0	2
14GB	0	0	0	0	0	0	0	0
14GS	0	0	0	0	0	0	0	0
20GB	0	0	0	0	0	0	0	0
20GS	0	0	0	0	0	0	0	0

جهت بررسی تاول و زنگ زدگی پلیتهای پوشش GF با ضخامت 50 ± 370 پس از گذشت زمان ۱۰ روز در دمای 23 درجه سانتی گراد در دستگاه سالت اسپری ساعت ایجاد تاول و هم چنین زنگ زدگی در جدول (۲-۳) آورده شده است.

جدول (۲-۳) بررسی ایجاد تاول و زنگ زدگی پلیتهای پوشش.

	ساعت شروع زنگ زدگی	ساعت ایجاد تاول
0GB	-	-
0GB	-	-
5GB	1000	-
5GS	1100	-
7GS	1100	-
7GS	1900	-
11GB	1900	-
11GB	-	-
14GB	-	-
14GS4	-	-
20GS	-	-
20GS	-	-

بررسی اثر عامل اتصال دهنده سیلانی و ضخامت بر مقاومت مه نمک

اثر میزان عامل اتصال دهنده سیلانی بر مقاومت پوشش با درصد مشخص از GF (10%) و ضخامت ثابت (30 ± 38) در جدول (۳-۳) آورده شده است.

جدول (۳-۳) بررسی اثر میزان عامل اتصال دهنده سیلانی بر مقاومت خوردگی.

درصد عامل اتصال دهنده در فرمولاسیون	ساعت شروع خوردگی	ساعت شروع تاول
0%	-	-
0.25%	-	-
0.75%	-	-
1%	-	-

با توجه به نتایج جدول (۳-۳) این نکته محرز می‌شود که در طی زمان قرارگیری پلیت‌ها در کابینت سالت‌اسپری میزان عامل اتصال دهنده سیلانی هیچ‌گونه تأثیری بر مقاومت شیمیایی پوشش‌ها نداشته است. علاوه بر ضخامت پوشش بر مقاومت خوردگی در یک درصد ثابت (10%) و استفاده از عامل اتصال دهنده سیلانی (S) در جدول (۳-۴) آورده شده است

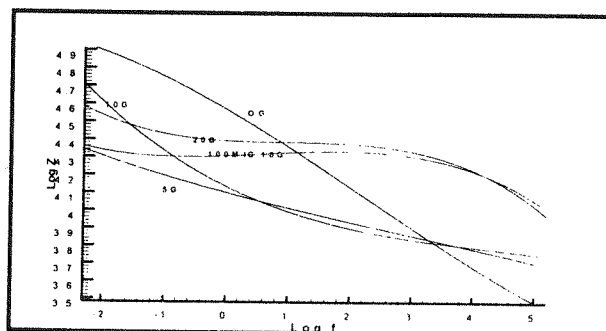
جدول (۳-۴) بررسی اثر افزایش ضخامت بر مقاومت خوردگی

ساعت شروع خوردگی	ساعت ایجاد تاول	Dft(micron)
1100	-	200
1300	-	250
1900	-	380
-	-	410

با توجه به جداول (۱-۳) و (۲-۳)، نتایج مبین آن است که در درصد‌های GF بین ۵ و ۱۰ درصد میزان مقاومت خوردگی پوشش‌ها کمتر از میزان مقاومت خوردگی سایر درصد‌های GF می‌باشد. همچنین جدول (۳-۳) نشان دهنده آن است که عامل اتصال دهنده سیلانی و میزان آن اصولاً تأثیر چندانی بر مقاومت خوردگی پوشش نداشته و این احتمالاً ناشی از ناکارایی و خرابی این افزودنی می‌باشد. جدول (۴-۳) نشان می‌دهد که کاهش ضخامت موجب تسریع در شروع خوردگی در کابینت سالت‌اسپری می‌گردد. در ضخامت‌های پایین احتمال وجود پرکهای کج شده (Misangled) و عدم موازی قرار گرفتن پرکها وجود دارد و هر یک از این پرکها خود به معبری جهت نفوذ یونها و عوامل خوردنده به سطح فلز تبدیل شده و زمان شروع خوردگی تسریع می‌شود از طرفی با بالا رفتن میزان ضخامت احتمال هم‌پوشانی (Overlap) پرکها و ایجاد سدی در برابر عبور پرکها بیشتر شده و بالتبع ساعت شروع خوردگی به تأخیر می‌افتد.

۲-۲- نتایج آزمون الکتروشیمیایی ایمپدانس جریان متناوب (AC Impedance)

جهت انجام آزمون الکتروشیمیایی ایمپدانس پوشش‌های 0G و 5G و 10G و 20G همچنین پوشش 10G با ۵۰ میکرون ضخامت مورد ارزیابی قرار گرفته است. منحنی BODE برای پوشش‌های مذکور در شکل (۱-۳) نشان داده شده است.



شکل (۱-۳) مقاومت ایمپدانس سیستم‌های مختلف پوشش GF.

همانگونه که در شکل (۳-۱) مشخص است میزان ایمپدانس پوششهای مختلف در فرکانسهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به اینکه میزان ایمپدانس در فرکانسهای پائین مشخص کننده مقاومت پوشش می باشد و هر چه LogZ در فرکانس پائین، بیشتر باشد میزان عبور کمتر می باشد. بنابراین پوشش دارای مقاومت بیشتری بوده و مقابله به خوردگی در آن بهتر می باشد با توجه به این منحنی روند مقاومت پوششها به شرح ذیل می باشد:

$$0G > 10G > 20G > 1x10G > 5G$$

با توجه به روند مذکور متوجه می شویم که پوشش اپوکسی دارای 5 درصد GF (5G) دارای پائین ترین مقاومت بوده و احتمالاً روند خوردگی سطح فلز سریعتر اتفاق خواهد افتاد. علت این امر آن است که با توجه به نتایج بدست آمده از نتایج جدول (۳-۳) و هم چنین آزمونهای مکانیکی این سیستم [9] عامل اتصال دهنده سیلانی کارائی از خود نشان نداده است. پس پوشش دارای پلیمری پرک شیشه می باشد که بصورت غیر یکنواخت در سیستم وارد شده است و احتمالاً یکسری قطرات و مناطق نفوذ علی الخصوص در اطراف این پرکها به وجود آمده است که ناشی از عدم چسبندگی در interface می باشد و این موضوع در تصاویر میکروسکوپ الکترونی (تصاویر (۳-۱) و (۳-۲) و (۳-۳)) نیز به وضوح مشهود می باشد و بطور کلی یکسری منافذ جهت نفوذ آب و سایر عوامل خوردنده محلول به سطح سابستریت فلزی به وجود آمده است که موجب کاهش ممانعت در برابر عبور عوامل خوردنده شده است. نمونه دارای ده درصد GF (10G) و نیز بیست درصد GF (20G) دارای میزان ایمپدانس بیشتری نسبت به نمونه پنج درصد GF (5G) می باشد و علت آن هم پوشانی ورقه های شیشه (GF) بر روی هم می باشد که موجب افزایش ایمپدانس نسبت به نمونه 5G می باشند و به هر حال یک سری منافذ عبور و حفره ها توسط هم پوشانی گرفته شده است حال علت آن که نمونه 20G دارای ایمپدانس کمتری نسبت به نمونه 10G می باشد، به احتمال فراوان مربوط به حلال گیر افتاده در داخل سیستم پوشش می باشد. زیرا این حلال گیر افتاده کارائی مقاومت شیمیایی پوشش را تحت تأثیر قرار می دهد و این عمل از طریق نرم شدگی سیستم رزین پوشش (ماتریس) اتفاق می افتد و در این حال نفوذ عوامل خوردنده و رطوبت به داخل پوشش و رسیدن به سابستریت با سهولت صورت می گیرد [9].

بهر حال عاملی که سبب می شود ایمپدانس سیستم بدون GF نسبت به سایر سیستم های دارای GF بیشتر باشد ایجاد مناطق عبور جدید در پوشش ناشی از ورود GF می باشد که احتمالاً از عدم چسبندگی کامل GF و ماتریس در سطح مابین (interface) ناشی می شود. البته تصاویر میکروسکوپ الکترونی گویای مدعای فوق می باشند. چسبندگی کامل در interface با توجه به عدم همگن بودن ذاتی شیشه و پلیمر ماتریس باید با عامل SCA باشد زیرا که دارای طبیعتی آلی/معدنی بوده و موجب افزایش دوام و عمر پوشش و چسبندگی اکستندرها با رزین ماتریس می شود و از آنجا که SCA در این سیستم کارائی لازم را از خود نشان نداده است بنابراین نتایج فوق قابل پیش بینی می باشند.

هم چنین سیستم پوشش با ضخامت پائین حدود 150 میکرون؛ با توجه به پائین بودن ضخامت و امکان عبور بهتر عوامل خوردنده و احتمال انحراف پرکهای شیشه (Misaligned) و ایجاد پلی جهت نفوذ عوامل خوردنده به سطح، ایجاد ایمپدانس پائین می نمایند و هم پوشانی پرکهای شیشه با توجه به سیستم فوق نمی تواند کارائی سیستم پوشش را تا حد زیادی بالا ببرد. بعلاوه در اینجا عامل SCA کارائی خاصی از خود نشان نمی دهد.

بطور کلی در منحنی (۳-۱) عدد LogZ دارای مقادیر نسبی کمی می باشد (حدود 4.5-5.1) و بالا بردن این اعداد و در نتیجه مقاوم نمودن مواد پوشش در برابر عوامل خوردنده، علی الخصوص در پوشش GF نیازمند فرمولاسیون دقیق با انتخاب صحیح رزین و هاردنر هم چنین استفاده از عوامل اتصال دهنده سیلانی مناسب می باشد.

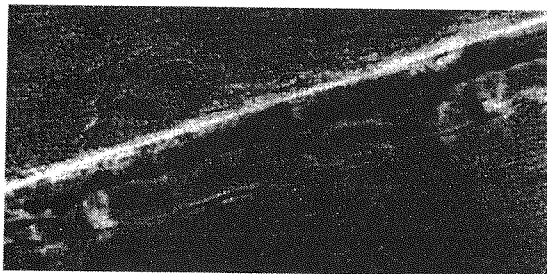
هم چنین میزان ایمپدانس باید در بازه زمانی چند ماه غوطه وری صورت گیرد و با توجه به منحنی Bode و Nyquist، میزان جذب آب و ظرفیت خازنی پوششها و مدار معادل آنها ترسیم گردد تا اظهار نظر در باره کارائی این پوششها دارای صحت و دقت باشد. هم چنین سطح فلز بستر باید با سیستم سندبلاست آماده سازی گردد تا میزان چسبندگی پوشش به آن بیشتر شود و در نتیجه امکان رشد فاز اکسیدی در سطح مابین پوشش فلز کاهش یابد و هم چنین شمائی از کارائی عملی پوشش و استفاده عملیاتی آن مورد آزمون قرار گیرد.

۳ - نتیجه گیری

استفاده از GF در پوششها علاوه بر مقاومت‌های بالای شیمیایی موجب افزایش خواص مکانیکی پوشش می‌گردد ولی تکنولوژی استفاده از این ماده باید با در نظر گرفتن سایر شرایط خاص اینگونه پیگمنتها باشد. در این خصوص آزمایشات مذکور مؤید نتایج ذیل می‌باشند:

استفاده از GF و نوع خاص آن با توجه به ضخامت، طول و نیز پیش‌عملیات (Pretreatment) صورت گرفته بر روی پرکها بوده و نهایتاً ضخامت پوشش و روش اعمال آن و محیط قرارگیری پوشش باید مد نظر باشد. در استفاده از GF حتماً باید از عامل متناسب اتصال سیلانی با توجه به نوع پلیمر استفاده شود و کارائی آن و زمانی تولید و شرایط نگهداری این ماده کنترل شود.

از آن‌جا که پوششهای مذکور دارای ویسکوزیته بالاتری نسبت به سایر سیستم‌های سنتی (Conventional) می‌باشد بنابراین جهت اعمال آنها بصورت محتوی جامد بالا (High solid) تمهیداتی نظیر ایرلس‌اسپری با قدرت زیاد استفاده شود. زیرا استفاده از اسپری معمولی نیازمند استفاده بیش از حد حلالها بوده و در ضخامت‌های زیاد، حلالهای مذکور در سیستم بصورت گیر افتاده باقی مانده و کارائی شیمیایی پوشش را در مقابل عوامل خورنده تحت تأثیر قرار خواهد داد. با توجه به محیط خورنده‌ایکه پوشش در آن قرار می‌گیرد باید ضخامت مناسبی از پوشش با رعایت سایر مسائل اعمال ویسکوزیته، بدون حلال بر روی سطوح اعمال شود تا هم‌پوشانی پرکها بر روی هم صورت پذیرفته و نهایتاً مقاومت شیمیایی پوشش بالا برود.



تصویر (۲-۳) قرارگیری پرکهای شیشه در پوشش اپوکسی GF با ۳۶۰۰ برابر بزرگنمایی.



تصویر (۱-۳) قرارگیری پرکهای شیشه در پوشش اپوکسی GF با ۶۷۰۰ برابر بزرگنمایی.



تصویر (۳-۳) قرارگیری پرکهای شیشه در پوشش اپوکسی GF با ۲۵۰۰ برابر بزرگنمایی.

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1- Glass flake | 6- epoxy equivalent weight |
| 2- high solid | 7- Hydroxyl value |
| 3- silan coupling Agent ((SCA)) | 8- Pigment Volume Concentration |
| 4- Micoceous iron oxide | 9- Solvent Fre |
| 5- high solid | |

مراجع

- [1] G. Greenwood-sole and C. watkinson; Flakeglass coating; toward the next century, protective coating Europe conference; The Hauge; 1997; p-1
- [2] B. M. Fitzsimons; putting glassflake epoxy to the test; protective coating Europe; 4 (April 1999), PP 20-28
- [3] L. Holloway; Glass reinforced plastics in construction engineering aspects;glasgow; 1978
- [4] READE Advanced materials catalog; Glass flake and granule; 1999
- [5] A.A. Griffith; Phil. Trans. Roy. Soc.; 163 (1920) A 221
- [6] A.A. Lirad; NASA, Doc, N 63-20121; 64 (1963)
- [7] M. Yassen; Permeation properties of organic coatings in the control of metallic corrosion in corrosion control by organic coatings ed. By H. Leidheiser; NACE; TEXAS; 1981; P 24-27
- [8] FRP Cataloge 1996; C-glass flake; 2000
- [9] علی اصغر سرابی و همکاران؛ بررسی خواص یک نوع پوشش ضد خوردگی؛ سایش و ضربه بر پایه اپوکسی-پرک شیشه؛ اولین سمینار ملی خوردگی، علوم و فناوری رنگ؛ ۲۹-۳۱ اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۰؛ ص ۳۹-۵۲
- [10] Shel chemical Catalog, Epikote Solvent free paints; EK2.2.4
- [11] کاتالوگ شرکت پودرسازان؛ پودر تالک میکرونیزه؛ ۱۳۷۹
- [12] WITCO catalog; Silquest® silane; method of application of coupling agents; 1997
- [13] Glass flake limited catalog; Glass flake; 2000
- [14] قربانعلی سعادت؛ کلید فولاد؛ نشر حجت اصفهان؛ اصفهان؛ ۱۳۷۰؛ ص ۱۰