مهندسی خوردگی در تاسیسات آبکاری الکتریکی

مقدمه:

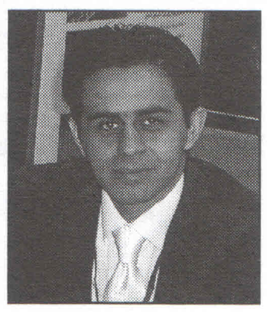
انواع بسیار متنوعی از مواد شیمیایی گوناگون در عرصه آبکاری الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند که جهت ایجاد پوشش‌های فلزی مورد نیازند.

این امر نیاز به انتخاب مواد خاصی برای پوشش‌های حفاظتی برای موارد به شرح زیر را لازم می‌کند:

۱) مخازن عملیات اولیه
۲) مخازن آبکاری الکتریکی
۳) مخازن عملیات ثانویه
۴) مخازن مربوط به فاضلاب صنعتی
۵) مخازن نگهداری مواد شیمیایی
۶) مخازن ترکیب و اختلاط

کف‌ها و دیوارهای کارگاه‌ها و انبارهای تاسیسات آبکاری الکتریکی شامل: کانال‌های تخلیه، مجراهای لوله‌کشی و پیت‌ها، مکان‌هایی هستند که در مهندسی خوردگی باید مد نظر قرار گیرند.

این بخش به مسائل نمونه مهندسی خوردگی در این صنعت و راه حل‌های اثبات شده در کاربردهای عملی می‌پردازد.



تهیه و تنظیم: مهندس پوریا آذربخت
مدیر عامل شرکت مهندسین مشاور آذران پوشش بسپار
azarbakht@azaranpoushesh.com

شرح مواد مورد استفاده در آبکاری الکتریکی و کاربردهای آن‌ها:

تنوع مواد و ترکیبات مواد مورد استفاده در آبکاری الکتریکی از نقطه نظر آبکاری الکتریکی می‌تواند در تعداد به نسبت کمی از گروه‌ها طبقه‌بندی شود.

مشخصات و کاربردهای مخازن که فقط از مواد ترموپلاستیک و ترموست ساخته شده‌اند در این مقاله مورد بررسی قرار نمی‌گیرند.

سرامیک لاینینگ با استفاده از ملات‌های رزینی:

روش متعارف که در عین حال پرهزینه‌ترین روش است، شامل اجرای یک حایل یا بازدارنده غیرقابل نفوذ بر روی سازه آهنی یا بتونی بوده که بر روی آن از یک لایه آجرکاری و یا کاشی‌کاری ضداسید استفاده می‌شود.

البته لازم به ذکر است که مواد بر پایه سرامیک‌ها به وسیله سیالاتی که یک واکنش قلیایی ایجاد می‌کنند یا حاوی اسید فلوئوریدریک هستند، مورد حمله قرار می‌گیرند. آجرها و کاشی‌های ضد اسید سرامیکی پخته شده، در مقابل سیالات قلیایی حاوی هیدروکسید سدیم تا غلظت حدود ۵٪ در دمای محیط و تا غلظت ۱٪ هیدروکسیدسدیم در دمای ۶۰ °C در عملیات پیوسته به طور کامل مقاومند. سیالات حاوی اسید فلوئوریدریک حتی می‌توانند در غلظت‌های کمتر از ۰/۰۱ ٪ به آجرهای سرامیکی حمله کنند.

مشخصات نمونه ملات‌های مورد استفاده برای اجرای آجرها یا کاشی‌های سرامیکی ضد اسید در تأسیسات آبکاری الکتریکی به شرح ذیل است:

- ملات‌های بر پایه رزین پلی‌استر ولی با کیفیت بالا مقاومت بسیار خوبی در برابر مواد شیمیایی اکسیدکننده نظیر اسیدکرومیک تا ۴۰٪ و اسیدنیتریک تا ۴۰٪ از خود نشان می‌دهند.
- هیدروکسیدسدیم تا غلظت‌های ۲۰٪ الی ۳۰٪ مشکلی برای این نوع از ملات‌ها به‌وجود نمی‌آورد. ضمن این که مقاومت خوبی در برابر اسیداستیک (صرفه‌نظر از غلظت آن) وجود دارد.
- تقریباً همه حلال‌های آلی به ویژه هیدروکربن‌های کلردار به شدت به ملات‌های پایه رزین پلی‌استر حمله می‌کنند.

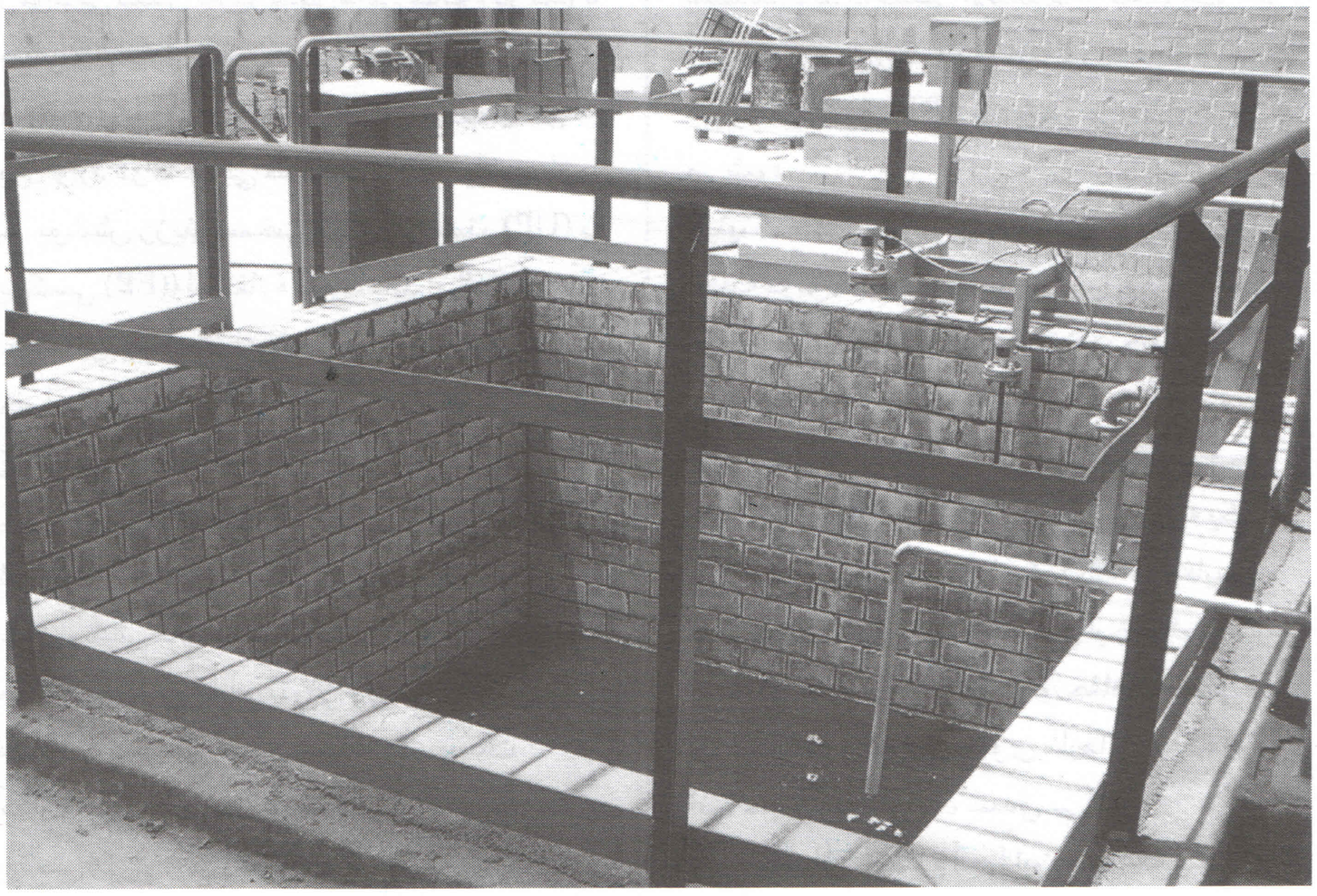
ملات‌های بر پایه رزین فنولیک در برابر اسیدکرومیک و اسیدنیتریک مقاوم نیستند. محلول‌های قلیایی به ملات‌های فنولیک حمله خواهند کرد مگر آن که بندهای اجرا شده با این ملات با عملیات حرارتی عمل‌آوری شده باشند.

این ملات در برابر اسیدهای قوی بسیار خوب است. مقاومت دائمی در برابر اسید سولفوریک تا غلظت ۸۰٪ و مقاومت موقتی در برابر

اسیدسولفوریک غلیظ از مشخصات خوب این ملات به‌شمار می‌آید.
در عملیات کاشی‌کاری و یا آجرکاری ضد اسید داخل پیت‌ها و مخازن، یکی از بهترین انتخاب‌ها ملات بر پایه زرین فنولیک است. مقاومت خوب در برابر بسیاری از حلال‌های آلی بر پایه هیدروکربن‌های کلردار از نکات برجسته این ملات است.
ملات‌های بر پایه رزین فوران مشخصاتی شبیه ملات‌های فنولیک از خود نشان می‌دهند ولی آن‌ها بدون نیاز به عملیات حرارتی، بندها در برابر قلیاها مقاومند.
ملات‌های بر پایه رزین اپوکسی در مقابل مواد شیمیایی اکسیدکننده و اسیدهای آلی مقاوم نیستند. در مقابل اسیدها و قلیاهای غیرآلی در دمای محیط مقاومت خوبی وجود دارد.
ملات‌های بر پایه رزین وینیل استر از نظر مقاومت شیمیایی با ملات‌های پلی استر تقریبا مشابه‌اند ولی مقاومت بهتری در مقابل قلیاها و حلال‌های آلی به ویژه هیدروکربن‌های کلردار از خود نشان می‌دهند.
برای اجرای سیستم آجرهای ضداسید از لایه‌های حایل یا بازدارنده مختلفی بر حسب نوع مواد شیمیایی خورنده و سایر عوامل، استفاده می‌شود که در مقاله‌های قبلی به آن‌ها اشاره شده است.
علاوه بر حداکثر مقاومت در مقابل حملات شیمیایی مورد انتظار، سازگاری این لایه با ملات رزینی انتخاب شده از نظر چسبندگی و نیز زمان مورد نیاز برای اجرای لایه حایل بر روی سازه اصلی باید به عنوان یک عامل اقتصادی مهم مورد ملاحظه قرار گیرد.

لاینینگ‌های چندجزئی قابل انعطاف

به طور معمول، بارهای شیمیایی و تنش‌های مکانیکی که در تأسیسات آبکاری الکتریکی وجود دارند آن قدر شدید نیستند که استفاده از لایه‌های حایل با کیفیت بالا (مانند ورق‌های ترموپلاستیک برپایه PIB و یا رابرهای سنتزی مانند IIR یا CR) در زیر سیستم کاشی‌کاری ضداسید، اجباری باشد. پوشش‌های بدون درز بر پایه رزین‌های پلی‌اورتان و یا تار اپوکسی‌ها که مشخصات الاستومری آن‌ها از مزایای مهم آنهاست در این گونه موارد با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته‌اند.
این گروه از مواد نسبت به پوشش‌های بر پایه رزین‌های اپوکسی و پلی‌استر که به نسبت سخت و شکننده‌اند، دارای خواص بهتری بوده و می‌توانند تغییر شکل‌های ایجاد شده در سازه اصلی را بدون ترک خوردن، تحمل کنند.
پوشش‌های ۲ جزئی بر پایه پلی‌اورتان با مقاومت خوب شیمیایی به عنوان ورق‌های ریخته‌شده‌درجا شناخته می‌شوند.
در سال‌های اخیر این نوع از پوشش‌ها بنا به دلایل ذکر شده در بالا به طور فزآینده‌ای در مهندسی خوردگی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و در بسیاری از کاربردها به طور گسترده‌ای جایگزین ورق‌های پرهزینه بر پایه ترموپلاستیک‌ها یا الاستومرهای غیرقابل نفوذ در زیر کاشی‌کاری و یا آجرکاری ضد اسید شده‌اند.
مقاومت آنها در مقابل حمله شیمیایی برای کاربردهای آبکاری الکتریکی کاملاً کافی است ولی در صورت حمله دائمی به‌وسیله اسیدکرومیک و حلال‌های آلی، پلی‌اورتان‌ها توصیه نمی‌شوند. اسیدسولفوریک، اسیدکلریدریک، اسیدنیتریک و هیدروکسیدسدیم با غلظت‌های ۲۰٪ تا ۵۰٪ حتی در طولانی مدت به ورق‌های ریخته شده درجا آسیبی نمی‌رسانند.
انبساط در نقطه شکست حدود ۱۰۰٪ و برحسب نوع مواد آنها، حتی بیشتر نیز خواهد بود.
در صورتی که ترک‌های ناشی از سازه اصلی بتونی بین صفر تا یک میلیمتر باشند، به وسیله ورق‌های ریخته شده درجا (پلی‌اورتان‌ها) به ضخامت ۳ میلیمتر پوشش داده می‌شوند.
تمام ملات‌های رزینی، به ورق‌های ریخته شده درجا بر پایه پلی‌اورتان و نیز شامل انواعی که با تارهای ویژه مخلوط شده‌اند، چسبندگی خوبی دارند. این در صورتی است که بر روی پوشش پلی‌اورتان قبل از خشک شدن، سیلیس پاشی شده باشد تا اتصال مکانیکی بین ملات و پوشش ایجاد شود.
در مهندسی خوردگی، پوشش‌های ۲ جزئی بدون حلال بر پایه یک تار اپوکسی به طور گسترده‌ای جایگزین ترکیبات ماله‌کشی بر پایه قیر شده‌اند.
آنها در مقایسهٔ با ترکیبات قیری، از مقاومت شیمیایی بهتری برخوردار بوده و از حالت پلاستیکی کمتری بهره می‌برند که به هر حال برای اغلب کاربردهای عملی کافی است.
انبساط طولی در نقطه شکست برای پوشش‌های بدون حلال بر پایه EPT که به ویژه برای مقاصد مهندسی خوردگی ساخته شده‌اند، تقریباً ۳٪ است. یعنی حتی از سیستم‌های سخت و دارای اتصالات عرضی قوی، بهتر است. پوشاندن ترک‌های روی سازه اصلی تا تقریباً ۰/۲ میلیمتر با یک لایه به ضخامت ۳ میلیمتر تضمین می‌شود.
همه ملات‌های رزینی معمولی به خوبی به سطح سیلیس پاشی شده می‌چسبند.
۲ نوع لایه حایل بیان شده در بالا می‌توانند با کمی تغییر برای حفاظت سطوح دیوار مورد استفاده قرار گیرند.
در صورتی که هیچ ترک ناشی از حرکت در سازه اصلی وجود نداشته باشد، لایه‌های آب‌بندی



شکل (۲)

بسیار مقاوم بر پایه رزین پلی‌استر می‌توانند در مواردی که حملات شیمیایی بسیار سخت قابل انتظار باشد (به عنوان مثال در نزدیکی حمام‌های آبکاری کروم) اجرا شوند. الیاف سوزنی یا بافتنی شیشه‌ای قرار داده شده در لاینینگ می‌توانند به میزان قابل توجهی خطر ایجاد ترک را کاهش دهند.

پوشش‌های رزین سخت که به عنوان لایه حایل مورد استفاده قرار می‌گیرند در اغلب موارد، ضخامت ۲ تا ۳ میلیمتر دارند.

لاینینگ‌های رزینی بر پایه UP (رزین‌های پلی‌استر غیر اشباع)، EP (رزین‌های اپوکسی) و VER (رزین‌های وینیل‌استر) به طور گسترده‌ای به جای کاشی‌کاری ضد اسید برای حفاظت سطوح کف و دیوار کارگاه‌ها و انبارها و نیز برای حفاظت مجراهای لوله‌کشی و پیت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. دلایل این امر قیمت خوب این نوع از پوشش‌ها و امکان تعمیرات سریع آنهاست. این امر مربوط به لایه‌های آب‌بندی و لایه‌های نازک نمی‌شود بلکه مربوط به پوشش‌هایی با ضخامت حدود ۳ میلیمتر است.

نوع پوشش و ضخامت آن باید به دقت و بر مبنای موازین مقاومت شیمیایی و تنش مکانیکی که به هنگام بهره‌برداری پدید می‌آیند انتخاب شوند.

ضخامت پوشش در محل‌هایی که احتمال رفت و آمد خودرو در آنها وجود دارد (صرفه‌نظر از نوع پوشش)، نباید کمتر از ۵ میلیمتر باشد.

پوشش‌های مخازنی که به طور دائم حاوی مایعات هستند باید علاوه بر مقاومت شیمیایی، از توانایی تحمل تغییر شکل‌هایی خاص در سازه اصلی و تشکیل ترک، بدون صدمه زدن به لایه آب‌بندی برخوردار باشند. بنابراین در بسیاری از این موارد در صورتی که قصد داشته باشیم از یک پوشش رزینی سخت (نظیر پلی‌استر (UP) یا اپوکسی (EP)) استفاده کنیم، باید از الیاف شیشه‌ای جهت مسلح شدن و تقویت رزین مورد نظر استفاده شود.

رزین‌های انعطاف‌پذیر مانند پوشش بر پایه EPT یا پلی‌اورتان (PUR) اغلب بدون تقویت الیاف شیشه‌ای اجرا می‌شوند.

انواع پوشش‌های یاد شده در بالا، اغلب برای حفاظت حوضچه‌های بتونی ویژه کار بر روی فاضلاب صنعتی خارج شده از تأسیسات آبکاری الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پوشش‌های رزینی خودتراز به ضخامت ۳ تا ۴ میلیمتر در بسیاری از موارد برای حفاظت سطوح بدون رفت آمد خودرو یا سایر تنش‌های مکانیکی کفایت می‌کنند. آنها همچنین از این مزیت برخوردارند که به راحتی تمیز می‌شوند و یک سطح زیبا و صاف را ارائه می‌کنند.

پوشش‌های خودتراز بر پایه رزین وینیل‌استر (VER) در تأسیسات آبکاری الکتریکی برای حفاظت سطوح کف در کارگاه‌های در معرض شرایط ذکر شده، به طور کامل با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته‌اند زیرا آنها از مقاومت شیمیایی گسترده‌ای در مقابل تقریباً تمام عوامل موجود در تأسیسات آبکاری الکتریکی برخوردارند.

یک سازه بتونی با سطحی محکم و زبر از شرایط مهم برای حفاظت با دوام با این نوع پوشش‌هاست.

پوشش‌های رزینی یاد شده در بالا نسبت به بارهای حرارتی پدید آمده در تأسیسات آبکاری الکتریکی حساس نیستند ولی نباید در مکان‌هایی که درجه حرارت آن بیش از ۶۰ °C به صورت دائمی باشد، از آنها استفاده شود. پوشش‌های رزینی در دمای بالاتر از حد تحمل آنها، از روی سطوح بتونی کنده می‌شوند. از آنجا که تأثیر ضریب انبساط حرارتی و مدول الاستیسیته بسیار زیاد است، امکان دارد نیروهای برشی بین بتون و پوشش، از نیروهای پیوند دهنده فراتر رود.

سطوح کف نزدیک حوضچه‌های پر از مایعات داغ (مخازن چربی‌زدایی داغ) باید کاشی‌کاری ضداسید با ملات رزینی شوند. لایه حایل زیر آن سیستم باید پوششی الاستیک به ضخامت ۲ تا ۳ میلیمتر بر روی یک ورق PUR ریخته شده درجا یا پوشش بر پایه EPT یاد شده در بالا توصیه می‌شود.

لاینینگ مخازن با دمای عملیات بالا و کانال‌های تخلیه مربوطه به همین طریق اجرا می‌شود. در این حالت به جای کاشی‌ها، از بلوک‌های سرامیکی کانال استفاده می‌شود.

برای مجاری لوله یعنی مجاری زیرزمینی محل عبور لوله‌های تخلیه، پوشش‌هایی بر پایه یک پلی‌استر (UP) یا وینیل استر (VER) کفایت می‌کند زیرا تنها حمله شیمیایی ایجاد شده ناشی از نشتی است. این مورد برای حفاظت سینی‌های حوضچه‌ها و مخازن حاوی مایعاتی که دمای آنها خیلی زیاد نیست صدق می‌کند.

یک روش اثبات شده اجرا این است که ابتدا بر روی سطوح دیوار (شامل شیارهای بین دیوار و کف) یک لایه ترکیب وینیل‌استر یا پلی‌استر به ضخامت تقریبی ۳ میلیمتر اجرا کنیم سپس سطح کف با یک لایه خودتراز از همان مواد پوشانده می‌شود.

سینی‌ها، کانال‌ها و سامپ‌ها را می‌توان به روشی مشابه با لایه‌های الاستیک بدون حلال بر پایه PUR یا EPT پوشاند به شرط آن که حمله شیمیایی و بار حرارتی اجازه انجام این کار را بدهند.

رابر لاینینگ‌ها Rubber Linings

مدت‌هاست که لاینینگ مخازن فولادی انواع حمام‌های آبکاری الکتریکی در درجه اول با ورق‌های رابر سخت اجرا می‌شود.

رابر سخت از جنس رابر طبیعی، در زمره قدیمی‌ترین مواد ضداسید قرار دارند. آنها از مجموعه‌ای از مقاومت شیمیایی و حرارتی به انضمام مشخصات مکانیکی برخوردارند که آنها را حتی امروز نیز در این کاربرد در دنیا بی‌رقیب می‌سازد.

مزیت آنها در مقایسه با انواع رابر نرم در اتصالات عرضی قوی‌تر حاصل از فرآیند ولکانیزاسیون است که باعث مقاومت بیشتر در مقابل نفوذ و دمای بهره‌برداری بالاتر می‌شود.

انواع رابر سخت با سختی 75-78 Shore D که بخشی از آنها بر پایه بوتادین‌استایرن (SBR) و اکریلونیتریل‌بوتادین (NBR) و یا مخلوط‌هایی با رابر طبیعی نیز هستند، چنان در مقابل ضربات مقاومند که تحت شرایط بهره‌برداری معمولی از تاسیسات آبکاری الکتریکی، هیچ صدمه مکانیکی نمی‌تواند ایجاد شود.

انواع مناسب رابر سخت می‌توانند به جز مخازن مربوط به آبکاری کروم برای تمام تأسیسات آبکاری الکتریکی دیگر شامل آن‌هایی که مربوط به چربی‌زدایی و شستشوی داغ هستند، انتخاب شوند.

بر روی سطوح خارجی مخازن نیز باید برای رسیدن به حفاظت ضدخوردگی بادوام، لایه‌ای از رابر اجرا شود.

سایر لاینینگ‌ها

لاینینگ مخازن آبکاری کروم باید با ماده‌ای متفاوت اجرا شود زیرا هیچ نوع رابر سخت در مقابل اسیدهای اکسیدکننده قوی مقاوم نیست.

لاینینگ‌های سربی که پیش‌تر استفاده می‌شد، امروزه به ندرت به کار گرفته می‌شوند. دلایل این

امر، هزینه بسیار زیاد و فن‌آوری مشکل لاینینگ آنهاست. از اهمیت پوشش‌های چند لایه از امولسیون‌های اسپری شده بر پایه پلیمرهای مشترک PVC-PVDC نیز در سال‌های اخیر کاسته شده است. اگر چه روش‌های اجرا به نسبت ساده‌اند ولی هیچ درزی در آن‌ها موجود نیست و مقاومت آن‌ها در مقابل محلول‌های اکسیدکننده عالی است.

این روش برای غلظت‌های اسید کرومیک تا ۴۰٪ تا دمای ۵۰ °C قابل اجراست، بنابراین حفاظت کافی در مقابل حملاتی که معمولاً در حمام‌های آبکاری کروم رخ می‌دهد وجود دارد. به علاوه مقاومت خوبی در برابر اسیدنیتریک تا ۵۰٪ و اسیدسولفوریک تا ۷۰٪ در دمای محیط وجود دارد. این لایه‌ها همچنین برای حمام‌های حاوی اسیدفلوئوریدریک و نیز حمام‌های اسیدشویی از جنس فولاد ضدزنگ حاوی مخلوطی از اسیدنیتریک و اسید فلوئوریدریک مناسبند.

مشخصات این لاینینگ‌ها به میزان زیادی وابسته به دماست. شکنندگی در کمتر از دمای محیط افزایش می‌یابد. این در صورتی است که ضربه یا تغییر شکل ناشی از سازه اصلی می‌تواند باعث نواقصی در لاینینگ شود.

این معایب در ورق‌های برپایه انواع ویژه PVC نرم شده ظاهر نمی‌شوند. نرم کردن حتی در دمای خیلی کم محیط نیز مؤثر است. با این وجود الزامات سختی از نظر کیفیت اجرا و دانش فنی ویژه در این روش اجرای لاینینگ باید برای رسیدن به یک لاینینگ با دوام با این ورق‌ها تامین شوند. به ویژه درزهای اجرا شده با روش جوشکاری هوای گرم باید به طور کامل آب‌بند باشند. مقاومت در مقابل حمله شیمیایی با مشخصات لاینینگ‌های PVC-PVDC قابل مقایسه است درحالی که حداکثر دمای بهره‌برداری ۶۵ °C بنابر نقطه نرم شدن مواد ترموپلاستیک قطعی است که در بالاتر از آن مقاومت شیمیایی نیز کاهش می‌یابد. مقاومت در مقابل برخی مواد شیمیایی نظیر قلیاهای قوی و بسیاری از مواد شیمیایی آلی نظیر الکل‌ها و روغن‌ها، فقط تا دمای بالاتر از محیط تضمین می‌شود.

پایداری محدود در مقابل دما به علت ویژگی‌های ترموپلاستیک PVC و PVC-PVDC می‌تواند به هنگام بهره‌برداری از حمام‌های آبکاری کروم در محدوده دمای رفتار پلاستوالاستیک آن مواد و نداشتن توانایی در جلوگیری از خطر صدمه مکانیکی ناشی از عناصر با آبکاری الکتریکی، یک عیب باشد.

یک درمان ساده شامل اجرای لاینینگ کف مخزن با کاشی‌هایی از جنس PVC سخت به عنوان جذب‌کننده شوک است.

مخلوط‌های الاستومر ویژه بر پایه یک IIR (بوتیل) به شکل ورق‌های مربوط به لاینینگ مخازن آبکاری کروم در دماهای بالای بهره‌برداری در مقابل صدمه مکانیکی به حساسیت ورق PVC نیستند زیرا مشخصات الاستیک آنها در طیف وسیعی از دما بدون تغییر باقی می‌ماند.

۲ روش متفاوت با استفاده از چنین موادی مورد پذیرش کلی قرار گرفته‌اند. یکی از آنها شامل اجرای لاینینگ مخزن فولادی با مخلوط بوتیل ویژه است که در یک اتوکلاو به طور کامل ولکانیزه شده است و بنابراین یک لاینینگ رابر نرم همگن با مقاومت شیمیایی بالا با سختی تقریبی Shore A 60 را ایجاد می‌کند. این نوع لاینینگ علاوه بر مقاومت بهتر مکانیکی نسبت به ورق PVC، در حمام‌های آبکاری کروم نیز پایداری بیشتری در برابر دما از خود نشان می‌دهند.

امکان دیگر این است که ورق‌های ۲ لایه ولکانیزه را که سطح بالایی آنها از انواع رابر مقاوم در مقابل اسیدکرومیک تشکیل شده باشد اجرا کنیم. با این وجود در این حالت پایداری در برابر دما به میزان نوع رابری که در یک اتوکلاو به طور کامل ولکانیزه شده، نیست. همچنین مساله چسبندگی و اتصال پیوند ۲ رابر نیز وجود دارد. بر روی سطوح خارجی مخزن فولادی که آنها نیز باید در مقابل خوردگی حفاظت شوند یک پوشش بر پایه پلی‌استر (UP) اجرا می‌شود.

بخارات تولید شده به وسیله حمام در آبکاری کروم و نیز در سایر مخازن به وسیله تسهیلات دودکشی خارج می‌شوند که مواد آنها در اغلب موارد از PVC تشکیل می‌شوند.

در آخر باید به مواد لاینینگی اشاره شود که برای حفاظت مخازنی به کار می‌روند که در معرض حملات شیمیایی و تنش‌های حرارتی بسیار شدیدی قرار دارند و مواد بحث شده در بالا در آنجا توانایی ندارند.

این مواد فلوئوروپلیمر PVDF هستند که اجرای آن در میان تمام مواد شیمیایی فلوئور می‌تواند اقتصادی‌تر انجام شود. این مواد می‌تواند با مقاومت شیمیایی تقریباً شبیه به PTFE به طور کامل جوشکاری شود و توسط چسب‌های رزین اپوکسی ویژه با یک لامینیت پارچه‌ای که توسط سازنده ورق بر روی یک سمت آن قرار داده شده است به اساس فلزی بچسبد. مخازنی که لاینینگ آنها به این شیوه اجرا می‌شود به علت دمای استفاده بالای چسب‌ها در مقابل تمام عوامل موجود (مثلاً برای پلاستیک‌های آبکاری الکتریکی تا تقریباً ۱۰۰ °C) مقاومند.

این بحث نشان می‌دهد که مهندسی جدید خوردگی باید انواع فراوانی از مواد و روش‌های اجرای لاینینگ مختلف را در اختیار داشته باشد تا الزامات حفاظت تأسیسات در حال کار را برآورده سازد. ☒

شکل (۳)