

## پوشش های ضد خوردگی جهت محافظت سطوح بتونی بر حسب نوع مواد خورنده

نیروگاه های حرارتی در تصفیه خانه های و باتری خانه ها استفاده می شود. تولید این اسید در بسیاری از واحدهای بزرگ و کوچک صنعتی و سنتی انجام می شود. همچنین این اسید به عنوان یک محصول جانبی در واحدهای تولیدی مس و روی نیز تولید می شود. کلیه سطوح بتونی و فلزی محتوی اسید سولفوریک در غلظت های مختلف و یا در معرض ریزش این اسید در غلظت های متفاوت باید در برابر این اسید محافظت گردند. به غیر از اسید سولفوریک با غلظت ۹۶ تا ۹۸ درصد که بر روی سطوح آهنی خوردگی ایجاد نمی نمایند، (به دلیل ایجاد لایه ای غیر فعال). سایر غلظت ها بسیار خورنده بوده و همچنین سایر سطوح خورده می شوند.

در خصوص مخازن و برج های کربن استیل که محتوی اسید سولفوریک در غلظت های مختلف می باشند، بسته به غلظت اسید، دما و تنش های مکانیکی، استفاده از انواع آجرکاری ضد اسید، رابرلاینینگ و ترموپلاستیک لاینینگ، Glass لاینینگ و سایر پوشش های خاص توصیه می گردد که بحث این مقاله نمی باشد.

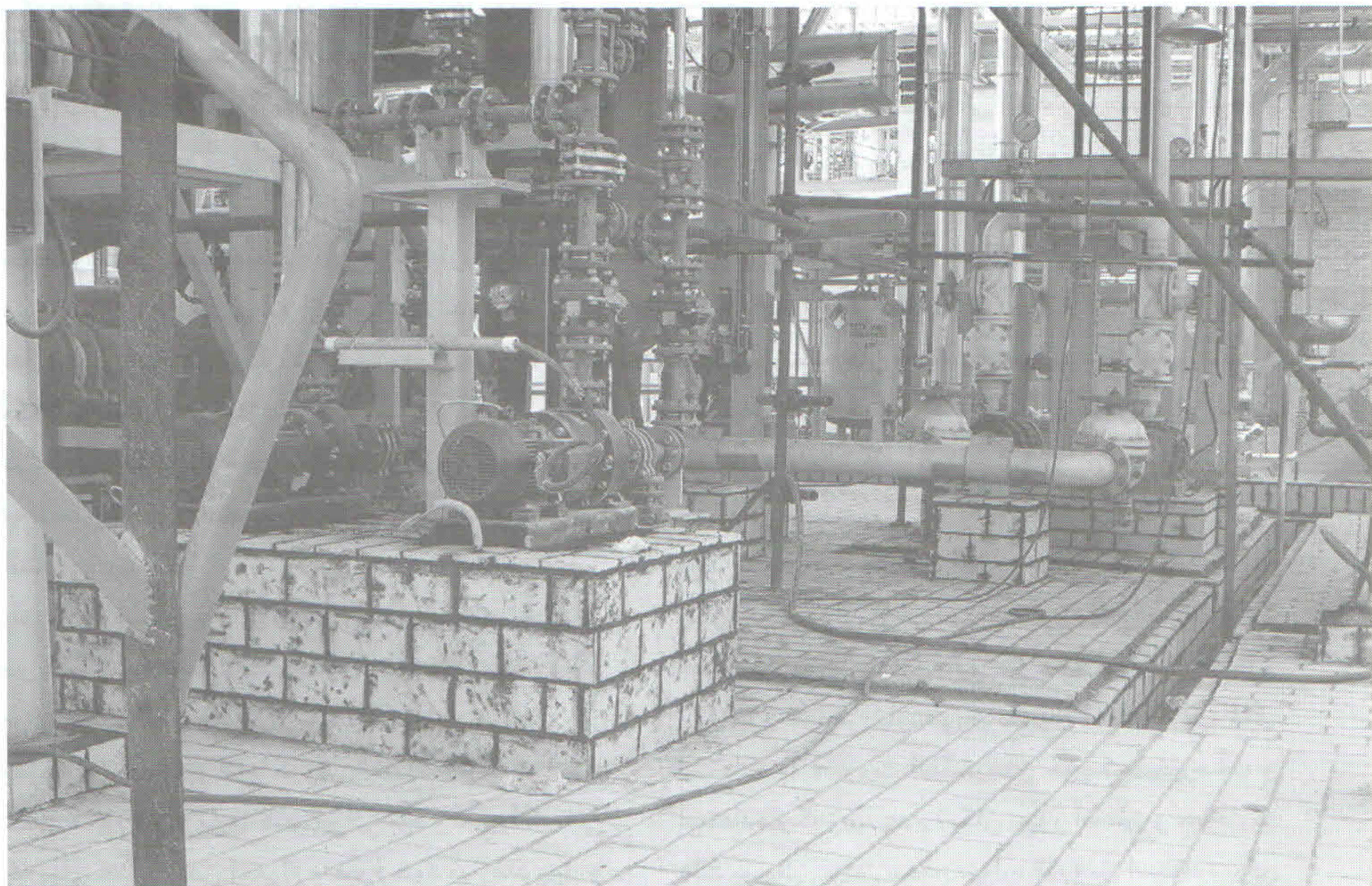
در خصوص محوطه هایی که مخازن، برج ها، راکتورها، پمپ ها و سایر تجهیزات در آنها مستقر و نصب می باشند، کلیه سطوح بتونی باید در برابر این اسید محافظت گردند.

این سطوح بتونی شامل سطوح کف، دیواره ها، سقف واحدهایی می باشد که تجهیزات تولید اسید و یا واحدهایی که این اسید در فرآیند تولید آنها مورد استفاده قرار می گیرد.

مخازن و برج ها و نیز پمپ ها بر روی فونداسیون بتونی نصب می گردند و اسید پس از ریزش بر روی سطوح به سمت کانال ها و در نهایت سامپ ها و پیت ها که همه از جنس بتون است، هدایت می شود.

در خصوص محافظت سطوح بتونی اشاره شده در بالا استفاده از دو روش برای سطوح بتونی پیشنهاد می شود که شامل کاشی کاری و آجرکاری ضد اسید و پوشش های رزینی یکپارچه می باشد. هر چند استفاده از برخی از پوشش های دیگر مانند انواع ترموپلاستیک لاینینگ و پوشش های فلزی در داخل کانال ها و پیت ها نیز توصیه می گردد.

استفاده از کاشی کاری ضد اسید با استفاده از کاشی های ضد اسید سرامیکی، انواع ملات های ضد خوردگی و انواع لایه بازدارنده در زیر



▲ کاشی کاری ضد اسید در واحد تغلیظ اسید سولفوریک پتروشیمی اروند

تهیه و تنظیم: مهندس پوریا آذربخت  
مدیر عامل شرکت مهندسین مشاور آذران پوشش بسیار



در مقاله های مندرج در مجلات قبلی ماهنامه مواد شیمیایی بطور اجمالی در خصوص انواع پوشش های ضد خوردگی شامل انواع کاشی کاری ضد اسید، آجرکاری ضد اسید، پوشش های رزینی یکپارچه، انواع پوشش های ترموپلاستیک و انواع پوشش های لاستیکی صحبت به میان آمد. در این مقاله به بررسی علمی، عملی و تجربی در خصوص مقاومت انواع پوشش های اجرا شده بر روی سطوح بتونی در برابر چند ماده شیمیایی خورنده می پردازیم.

هدف از تدوین این مقاله راهنمایی کارفرمایان، تولیدکنندگان مواد شیمیایی و مصرف کنندگان مواد شیمیایی می باشد که جهت سطوح بتونی خود که در معرض مواد خورنده به خصوص انواع اسیدها قرار دارند از چه پوششی باید استفاده کنند.

برابر بارهای شیمیایی، مکانیکی و حرارتی از آنها محافظت گردد.

مصرف و تولید برخی از مواد شیمیایی که بسیار خورنده نیز می باشند در صنایع بسیار زیاد بوده که از آن جمله می توان به اسیدهای سولفوریک، نیتریک، کلریدریک، فلوئوریدریک استیک و لاکتیک اشاره نمود.

#### اسید سولفوریک:

پرمصرف ترین اسید در صنعت که مقدار تولید و مصرف آن معیار صنعتی بودن یک کشور را نشان می دهد. از این اسید در بسیاری از صنایع مانند واحدهای شیمیایی و پتروشیمی برای تولید سایر مواد شیمیایی، واحدهای تولید مس، سرب و روی در فرآیندهای الکترولیز و لیچینگ،

به طور کلی یک واحد تولیدی و صنعتی که در معرض مواد شیمیایی خورنده قرار دارد یا مواد خورنده شامل انواع اسیدهای معدنی و آلی، بازها و حلال ها را مانند صنایع شیمیایی و واحدهای پتروشیمی تولید می کند یا از مواد شیمیایی خورنده مانند نیروگاه های حرارتی، صنایع تولید مس، روی و سرب و واحدهای تولید آهن و فولاد استفاده می نماید و یا مواد خورنده به طور اجتناب ناپذیر مانند صنایع تولید لبنیات تولید می شود.

در کلیه صنایع و واحدهای تولیدی سطوح بتونی شامل سطوح کف، دیواره ها، سقف، فونداسیون مخازن، برج ها و راکتورها، فونداسیون پمپ ها، کانال ها و ترنج ها، سامپ ها و پیت ها می باشد که در صورت وجود و ریزش مواد خورنده باید در

کاشی‌کاری ضد اسید مطمئن‌ترین و مقاوم‌ترین پوشش جهت محافظت سطوح بتونی در برابر اسید سولفوریک می‌باشد.

کاشی‌های ضد اسید سرامیکی که بیشتر مواد تشکیل شده آنها  $SiO_2$  و  $Al_2O_3$  می‌باشد در انواع مختلف موجود بوده که در حال حاضر انواع آلمانی، انگلیسی، چینی، هندی و ایرانی آن در ایران موجود و یا قابل تهیه است. این نوع کاشی‌ها در برابر اسید سولفوریک مقاومت دائم دارند.

انواع آلمانی که از شناخته شده ترین این نوع کاشی‌ها در ایران می‌باشند، مستطیل شکل بوده و در رنگ‌های سفید و کرم به ضخامت‌های ۱۸ تا ۴۰ میلیمتر قابل استفاده می‌باشند. قسمت زیرین این نوع از کاشی‌ها دارای شیارهایی است که باعث باندینگ مکانیکی ملات و کاشی می‌شود. این نوع از کاشی‌ها بدون لعاب هستند. تولید این کاشی‌ها با استفاده از دستگاه اکسترودر انجام می‌شود. تاکنون این نوع از کاشی‌ها در ایران به صورت استاندارد تولید نشده است.

بدلیل گران بودن کاشی‌های ضد اسید وارداتی، در برخی از پروژه‌های کاشی‌کاری ضد اسید از کاشی‌های ضد اسید ایرانی مربع شکل با ضخامت‌های ۹ و ۱۲ میلیمتر استفاده می‌شود. این نوع از کاشی‌ها در برابر اسید سولفوریک مقاومت دارند ولی مقاومت مکانیکی و نیز ضربه‌پذیری پایینی دارند.

استفاده از انواع ملات‌های معدنی و رزینی در برابر ریزش اسید سولفوریک توصیه می‌گردد که شناخته شده ترین ملات، ملات معدنی بر پایه سیلیکات پتاسیم بوده و سایر ملات‌ها، رزینی و بر پایه رزین‌های فوران، فنولیک، وینیل استر و پلی استر غیر اشباع می‌باشند.

ملات سیلیکات پتاسیم یا آب شیشه در برابر کلیه غلظت‌های اسید سولفوریک مقاوم می‌باشد ولی در برابر آب و مواد قلیایی مقاومت ندارد به همین دلیل از این ملات نمی‌توان در داخل بندهای بین کاشی استفاده کرد.

ملات‌های بر پایه رزین وینیل استر و پلی استر غیر اشباع در برابر اسید سولفوریک تا غلظت ۸۰٪ تقریباً پایدار می‌باشند و از آنها می‌توان به عنوان ملات نصب و بندکشی استفاده نمود. ضعف این ملات‌ها، اجرای مشکل آنها در هوای گرم و نیز مدت زمان کوتاه نگهداری و اجراست.

ملات بر پایه رزین فوران نیز در برابر اسید سولفوریک تا غلظت ۷۰٪ مقاومت دارد و از آن

می‌توان در نصب و بندکشی کاشی ضد اسید استفاده نمود.

با توجه به موارد مطروحه در بالا، این سؤال پیش می‌آید که در صورت ریزش اسید سولفوریک با غلظت بالا چه می‌توان کرد؟

در صورتی که محدودیت نگهداری ملات وینیل استر وجود نداشته باشد، استفاده از این ملات جهت نصب و بندکشی و شستشوی دائم محوطه در معرض ریزش اسید تا پایین آمدن غلظت آن توصیه می‌شود. لازم به ذکر است که این ملات در ایران تولید نمی‌شود و ساخت آن نیز مانند ملات بر پایه رزین اپوکسی آسان نیست.

روش دیگر پیشنهادی؛ استفاده از ملات بر پایه سیلیکات پتاسیم به عنوان ملات نصب و ملات فوران به عنوان ملات بندکشی است ولی باید سطوح کاشی‌کاری شده به طور دائم و روزانه با آب شستشو شود تا غلظت اسید به کمتر از ۵۰ تا ۷۰ درصد برسد.

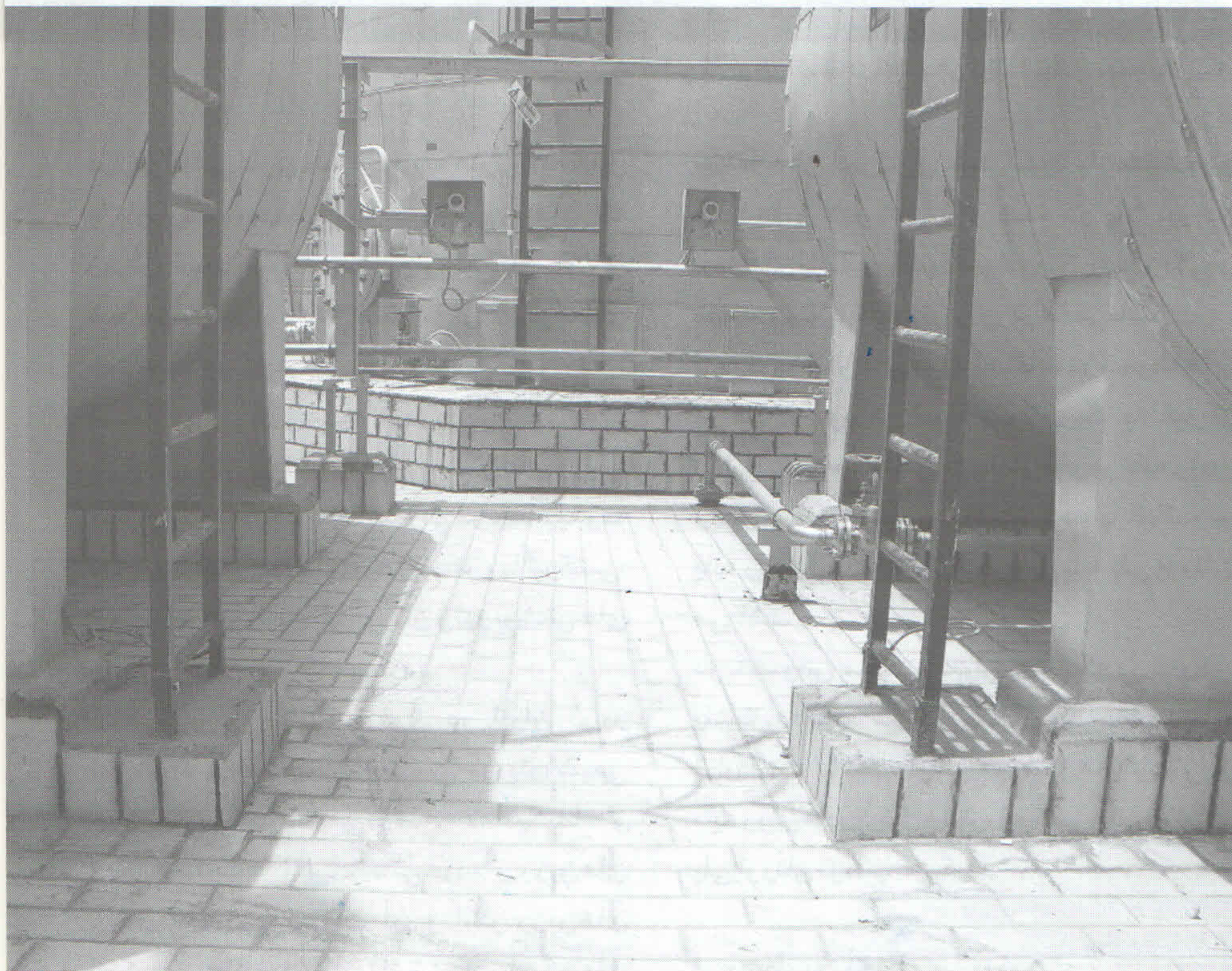
می‌باشند.

لازم به ذکر است که ملات‌های بر پایه رزین فوران و سیلیکات پتاسیم تا به حال در ایران تولید نشده‌اند، هرچند تولید ملات سیلیکات پتاسیم به نسبت ساده می‌باشد.

دوباره یادآوری می‌شود که استفاده از ملات بر پایه سیلیکات پتاسیم در داخل بندها مجاز نیست چون این ملات در برابر آب در دراز مدت مقاوم نمی‌باشد. تعداد اندکی از شرکت‌های خارجی وجود دارند که این ملات را با اضافه کردن ترکیباتی در برابر آب مقاوم می‌نمایند که این مورد باید توسط خود سازنده تایید گردد ولی ملات‌های دو جزئی سیلیکات پتاسیم در برابر آب مقاوم نیستند.

نکته بسیار مهم عدم استفاده از ملات اپوکسی در برابر اسید سولفوریک می‌باشد.

به دلیل جذب رطوبت کاشی‌های ضد اسید در دراز مدت و نیز درصد بالای پرکننده‌ها در



▲ کاشی‌کاری ضد اسید در محوطه مخازن اسید سولفوریک غلیظ و رقیق پتروشیمی اروند

ملات‌های ضد خوردگی، مواد خورنده به سطح کاشی‌کاری شده نفوذ کرده و در صورت اجرای ملات و کاشی به طور مستقیم بر روی سطوح بتونی، باعث خوردگی سطوح بتونی و از بین بردن چسبندگی ملات با بتون می‌شوند. در این حال است که استفاده از یک پوشش آب بند

ملات‌های بر پایه رزین فوران شرکت‌های آلمانی، انگلیسی و هندی از شناخته شده ترین ملات‌های فوران بوده و انواع آلمانی آن در ایران قابل تهیه است.

ملات‌های بر پایه سیلیکات پتاسیم نیز در انواع آلمانی، انگلیسی و هندی در ایران موجود

شرایط آزمایشگاهی ۳۷٪ بوده ولی در صنعت حداکثر بین ۳۲ تا ۳۶ درصد خواهد بود. کلیه سطوح بتونی شامل کف، دیواره ها، سقف، فونداسیون مخازن و پمپ ها، کانال ها، سامپ ها و پیت ها باید در برابر این اسید موزی محافظت گردند. این اسید به غیر از خوردگی و تخریب سطوح بتونی، بدلیل کوچک بودن مولکول خود، بسیار نفوذ پذیر می باشد به همین علت در انتخاب پوشش مناسب باید دقت بیشتری داشت.

استفاده از کاشی کاری ضد اسید، یکی از مناسب ترین و مقاوم ترین پوشش ها در برابر خوردگی و نفوذ اسید کلریدریک می باشد.

استفاده از کاشی های سرامیکی ضد اسید شرح داده شده در بخش اسید سولفوریک به همراه ملات بر پایه رزین های فوران و فنولیک، بهترین پیشنهاد برای محوطه های بتونی است که در برابر ریزش این اسید قرار دارند. استفاده از پوشش مسلح شده بر پایه رزین فوران نیز به عنوان لایه حایل یا بازدارنده در زیر کاشی کاری ضد اسید نیز یکی از بهترین پیشنهادات می باشد.

البته استفاده از ملات بر پایه رزین های وینیل استرن نیز از دیگر پیشنهادات مقاوم در برابر اسید کلریدریک می باشد که در زیر کاشی و ملات از پوشش مسلح شده با الیاف بر پایه رزین وینیل استر استفاده می شود.

به غیر از کاشی کاری ضد اسید، استفاده از انواع پوشش های رزینی به تنهایی نیز در برابر اسید کلریدریک پیشنهاد می گردد که از آن جمله می توان به پوشش های مسلح شده با الیاف بر پایه رزین های وینیل استر و فوران اشاره نمود. استفاده از پوشش های رزینی فوق به همراه انواع flake در آنها جهت جلوگیری از نفوذ مولکول این اسید به داخل پوشش نیز از دیگر روش های موفق در برابر خوردگی این اسید می باشد.

در خصوص سقف و دیواره هایی که در معرض پاشش اسید کلریدریک و یا بخارات آن قرار دارند، استفاده از انواع پوشش های رزینی بر پایه رزین های وینیل استر، اپوکسی های خاص توصیه می گردد.

#### اسید نیتریک:

اسیدی بسیار خورنده و خطرناک در صنعت که به شدت اکسید کننده است. در تولید برخی از مواد شیمیایی مورد استفاده در صنایع نظامی، واحدهای تولید کودهای شیمیایی، واحدهای اسید شویی مجتمع های تولید فولاد ضد زنگ و



▲ کاشی کاری ضد اسید در کف سالن تولید لبنیات مودستو آمریکل

استفاده از آجرکاری ضد اسید با استفاده از ملات ها و لایه های ذکر شده در بالا نیز در محل های بارگیری اسید سولفوریک رایج و یکی از مناسب ترین و مقاوم ترین روش ها می باشد.

از دیگر پوشش های مورد استفاده در محوطه های در معرض ریزش اسید سولفوریک به غیر از کاشی کاری ضد اسید، پوشش های بر پایه رزین وینیل استر به صورت مسلح شده با الیاف، بر پایه رزین اپوکسی نووالاک و بر پایه پلی اورتان می باشد.

در خصوص سقف و دیواره هایی که در معرض پاشش اسید سولفوریک و یا بخارات آن قرار دارند، استفاده از انواع پوشش های رزینی بر پایه رزین های وینیل استر، اپوکسی های خاص و پلی اورتان توصیه می گردد.

#### اسید کلریدریک:

یکی دیگر از اسیدهای مورد استفاده در صنعت، اسید کلریدریک می باشد که در صنایع پتروشیمی و فولاد یکی از شناخته شده ترین و در عین حال خطرناکترین اسیدها است. در واحدهای پتروشیمی تولید PVC، واحدهای اسید شویی مجتمع های تولید فولاد و همچنین بسیاری از واحدهای تولید مواد شیمیایی، از این اسید استفاده می شود. حداکثر غلظت این اسید در

در زیر کاشی کاری ضد اسید، به عنوان لایه حایل یا بازدارنده توصیه می گردد. در پروژه هایی که ریزش اسید سولفوریک بر روی کاشی کاری ضد اسید وجود دارد، استفاده از لاستیک های ضد اسید بر پایه کلرو بوتیل و یا برموبوتیل، استفاده از ورق های ترموپلاستیک مانند پلی ایزوبوتیلن (رپانول)، انواع پوشش های رزینی مسلح شده با الیاف Mat سوزنی در چند لایه و نه توری بر پایه رزین های وینیل استر و اپوکسی، پوشش بر پایه رزین پلی اورتان و نیز پوشش های بر پایه بیتومن توصیه می گردد.

کلیه مواد ذکر شده در فوق در ایران تولید نمی شوند و فقط رزین اپوکسی در پتروشیمی خوزستان تولید می گردد. لاستیک ها و ترموپلاستیک ها اغلب آلمانی بوده و رزین های وینیل استر و مشتقات آن و اکثر رزین های اپوکسی و هاردنرهای آنها از تولیدات شرکت های آسیایی و اروپایی می باشند.

یک کاشی کاری ضد اسید جهت سطوح بتونی در برابر مواد خورنده در صورتی عمر طولانی خواهد داشت که بتون اجرا شده نیز بر اساس استاندارد DIN 28052 Part II اجرا شده باشد که از مهمترین موارد آن می توان به اجرای بتون مسلح با شیب ۱/۵٪ به سمت کانال ها و مسیرهای خروجی اشاره نمود.

برخی از صنایع دیگر کاربرد دارد. حداکثر غلظت این اسید در صنعت ۶۵٪ می باشد.

در واقع سیستم مقاوم کاملی در برابر این اسید در غلظت حداکثر ۶۵٪ وجود ندارد ولی در غلظت‌های پایین ترمی توان از برخی پوشش‌ها استفاده نمود. استفاده از کاشی‌کاری ضد اسید با استفاده از کاشی‌های ضد اسید که با ملات سیلیکات پتاسیم بهبود یافته، نصب و بندکشی می‌شوند در برابر این اسید تا غلظت ۶۵٪ مقاوم می‌باشد ولی در صورت عدم وجود ملات سیلیکات پتاسیم به اصلاح شده، ملات عادی سیلیکات پتاسیم به دلیل عدم مقاومت در برابر شستشو با آب در داخل بندها توصیه نمی‌گردد به همین علت استفاده از ملات سیلیکات پتاسیم به عنوان ملات نصب و ملات بر پایه رزین وینیل استر جهت بندکشی توصیه می‌گردد. البته شستشوی دائم و پیوسته محیط با آب تا رقیق کردن اسید لازم و ضروری است.

در خصوص لایه‌های بازدارنده مورد استفاده در زیر کاشی‌کاری ضد اسید، برای محوطه‌های در معرض ریزش اسید نیتریک محدودیت‌های زیادی وجود دارد و تنها رزین مناسب در این خصوص، رزین‌های وینیل استر است. البته در غلظت‌های پایین‌تر این اسید می‌توان از پوشش پلی اورتان نیز استفاده نمود.

در صورتی که غلظت این اسید بین ۴۰ تا ۵۰ درصد باشد، استفاده از ملات بر پایه رزین وینیل استر جهت نصب و بندکشی کاشی‌های ضد اسید نیز دارای تجربه‌های موفق بوده است.

لازم به ذکر است که ملات‌های بر پایه رزین‌های فوران، فنولیک و اپوکسی به هیچ وجه در برابر این اسید مقاومت ندارند.

#### اسید فلوئوریدریک:

اسیدی با جرم مولکولی بسیار پایین و مولکول بسیار ریز که حلال شیشه بوده و تنها اسیدی است که مواد سرامیکی در برابر آن مقاوم نیست به همین دلیل پوشش‌های معمول در برابر این اسید مقاوم نیستند. اسید فلوئوریدریک در واحدهای تولیدی ترکیبات و کودهای فسفاته و نیز صنایع وابسته به انرژی هسته‌ای کاربرد فراوان دارند.

کلیه ترکیبات دارای سیلیس  $SiO_2$  که شامل کاشی و آجرهای ضد اسید سرامیکی و پرکننده‌های داخل رزین ملات که همگی دانه‌بندی‌های مختلف سیلیس بوده و همچنین

الیاف از جنس پشم شیشه در برابر این اسید مقاومت ندارند.

سطوح بتونی که در برابر ریزش این اسید قرار دارند، باید با ترکیبات کربنی محافظت گردند، استفاده از انواع کاشی و آجر کربنی با استفاده از ملات‌های بر پایه رزین فوران ولی با پرکننده‌های کربنی توصیه می‌گردد. لایه‌های بر پایه بیتومن یکی از پیشنهادات مناسب جهت لایه بازدارنده در زیر کاشی‌کاری ضد اسید می‌باشد. در عین حال استفاده از انواع لاستیک ضد اسید نیز به عنوان لایه حایل پیشنهاد می‌شود.

از سیستم کاشی‌کاری ضد اسید کربنی اشاره شده در بالا جهت سطوح کف، دیواره‌ها، فونداسیون مخازن و پمپ‌ها، کانال‌ها، سامپ‌ها و پیت‌ها استفاده می‌شود.

جهت سطوح کف در صورتی که ریزش این اسید در حد بالایی نباشد، امکان استفاده از پوشش رزینی یکپارچه بر پایه رزین وینیل استر مسلح شده با الیاف کربنی و یا سنتزی نیز پیشنهاد می‌گردد.

#### اسید استیک:

اسیدی آلی با جرم مولکولی پایین که در برخی از صنایع شیمیایی و پتروشیمی کاربرد دارد. همچنین این اسید در صنایع غذایی نیز تولید

شده و یا مصرف می‌گردد. به طور کلی اسیدهای آلی به دلیل ضعیف بودن پایه اسیدی آنها نسبت به اسیدهای معدنی، خوردگی کمتری ایجاد می‌نمایند ولی اسیدهای آلی با جرم مولکولی پایین‌تر مانند اسید استیک بر روی برخی از مواد پلیمری اثر نامطلوب و تخریبی می‌گذارند لذا در زمان انتخاب پوشش جهت سطوح بتونی در معرض ریزش اسید استیک، دقت به این موضوع بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

جهت حفاظت سطوح بتونی شامل کف، فونداسیون مخازن و پمپ‌ها، کانال‌ها، سامپ‌ها و پیت‌ها، استفاده از کاشی‌کاری ضد اسید به همراه ملات بر پایه رزین فوران توصیه می‌گردد. لایه حایل مورد استفاده در زیر سیستم کاشی‌کاری ضد اسید می‌تواند یکی از دو پوشش رزینی مسلح شده با الیاف بر پایه رزین‌های فوران و وینیل استر باشد.

استفاده از پوشش بر پایه رزین وینیل استر نوولاک نیز بدون استفاده از کاشی‌کاری ضد اسید بر روی آن نیز در برخی از صنایع متداول می‌باشد. ولی استفاده از پوشش‌های بر پایه رزین اپوکسی به هیچ وجه در چنین واحدهایی پیشنهاد نمی‌گردد. [X]



▲ کاشی‌کاری مقاوم به تنش‌ها و بارهای مکانیکی در کف تعمیرگاه اتومبیل در دیترویت آمریکا