کنفرانس بین‌المللی مهندسی برای جهان پایدار
مجلهٔ فیزیک: مجموعه کنفرانس‌ها. سال ۲۰۱۹-قسمت اول

بررسی اجمالی فرایند تولید و خواص ورق‌های گالوانیزه سقفی

خلاصه

به دنبال تحقیق جهت پاسخگویی به چالش‌های ناشی از تخریب ورق‌های فولاد سقفی در آب و هوای نامساعد، گالوانیزهٔ ورق‌های فولادی به منظور پوشش سقف ساختمان‌ها و سایر سازه‌های مهندسی، راه چارهٔ ارزشمندی به حساب می‌آید. در سال‌های اخیر، گالوانیزهٔ ورق‌های فولادی به عنوان مانعی فیزیکی برای به حداقل رساندن نفوذ آلودگی ناشی از یون سولفید و کلرید در نظر گرفته شده است. روکش فولاد از روی، استراتژی موفقیت‌آمیزی است که در کاربردهای گسترده مؤثر است. ورق‌های فولادی گالوانیزه به‌طور گسترده مورد استفادهٔ شرکت‌های تولیدی مختلف قرار می‌گیرند. به دلیل اوضاع نامساعد اقتصادی کنونی، جایگزینی گاه‌و بیگاه فولاد با فلزات دیگر مانند آلومینیوم، مقرون به صرفه نیست. این امر جایگزینی فولاد گالوانیزه را دشوار می‌کند. ما در این بررسی مختصر، شناخت خود دربارهٔ فرایند تولید، مراحل و خواص ورق‌های فولادی گالوانیزهٔ سقفی مورد استفاده در نیجریه و بیشتر کشورهای آفریقایی را ارائه می‌دهیم.

۱ ــ مقدمه

جلوگیری از آسیب ورق‌های فولاد گالوانیزهٔ سقفی، چالشی دایمی و دشوار برای منافع جهانی شده است. خراب شدن ورق‌ها به‌طور طبیعی، ناشی از میل به بازگشت به وضعیت پایدار و اکسیدهٔ اولیه‌شان است. مقدار و شدت خرابی ورق‌های فولاد گالوانیزهٔ سقفی، تنها تابعی از مادهٔ مورد استفاده‌شان نیست، بلکه به عملکرد محیطی آن‌ها نیز بستگی دارد. هزینهٔ جهانی جابه‌جایی ورق‌های سقفی در اقتصادهای توسعه‌یافته و نوظهور، نجومی است. ورق‌های فولاد گالوانیزه با داشتن روکش قربانی روی در بیرونی‌ترین لایه‌شان، در مقابل آسیب‌های محیطی که منجر به چاله‌چوله‌دار کردن

سطحشان می‌شود، مقاومت می‌کنند. سازه‌های فولادی گالوانیزه در سازه‌های بیرونی به‌صورت جدول‌های خیابان، تیرهای چراغ برق، نرده‌ها، ساختمان‌ها، نماها و بام‌ها در جوامع کلان شهری معاصر به‌طور گسترده استفاده می‌شوند. استفاده از فلز روی، بر سطوح فلزی با فرایند غوطه‌وری گرم یا فرایند آبکاری الکتریکی انجام می‌شود. ورق فولاد گالوانیزهٔ گرم غوطه‌ای توسط نورد سرد یا گرم در مسیر خط تولید روکش پیوستهٔ روی، به‌صورت کلاف به‌دست می‌آید. ضخامت ورق تولیدی نورد گرم از ۲/۰۱ تا ۳ میلیمتر و نورد سرد بین ۰/۲۷ تا ۲ میلیمتر متغیر است.

حفاظت سازه‌های فولادی به کمک گالوانیزه در برابر خوردگی، به مقدار زیادی افزایش پیدا کرده است. این حفاظت بر مبنای روکش‌های روی-پایه درنتیجهٔ تأثیر گالوانیکی است، چرا که روی نسبت به آهن آندی است و در نتیجه به‌عنوان فلز قربانی در محیط آبی یا مرطوب عمل می‌کند. با این حال، مقاومت در برابر انحطاط سطحی می‌تواند با ادغام روکش فوقانی سطح گالوانیزه افزایش یابد. همچنین، ورق‌های فولادی گالوانیزه به دلیل سطح براق عالی و ویژگی‌های شکل‌پذیری، در کنار مقاومت در برابر پوسته‌پوسته و ذوب شدن روکش سطح فولادی معروفند.

سقف از جنس فولاد گالوانیزه برای عمر طولانی طراحی شده است. نزدیک به ۵۰٪ از تولید سالانهٔ جهانی روی که حدود ۳ میلیون تُن است، مصرف فولاد گالوانیزه می‌شود تا میزان خوردگی فولاد در محیط‌های خورنده را به حداقل برساند. به‌دلیل توانایی روی در تشکیل لایهٔ محافظ اکسید و هیدروکسید که به‌عنوان مانعی در برابر تخریب محیط عمل می‌کند، گالوانیزه بزرگترین استفادهٔ منحصر به فرد این فلز شده است. معمولا حضور آب، سرعت خوردگی را افزایش می‌دهد و هیدروکسید روی، محصول اولیهٔ این خوردگی است که بیشتر از طریق تأثیر برخی آلاینده‌های هوا تبدیل می‌شود. با این حال، توجه به این نکته بسیار مهم است که رطوبت محیط بر رویِ محافظت‌نشده نفوذ می‌کند و فولاد را در معرض خوردگیِ روی سفید قرار می‌دهد که به‌عنوان «لکهٔ ذخیرهٔ رطوبت»، یا «زنگ سفید» نیز شناخته می‌شود. زنگ سفید نتیجهٔ واکنش الکترولیتی است که در ورق‌های فولادی، زمانی که آب بدون اکسیژن وجود دارد، رخ می‌دهد. «زنگ قرمزرنگ» زمانی رخ می‌دهد که روکشِ روی، به‌طور کامل از پشت زیرلایهٔ فولادی جدا شود. این چالش‌ها به‌طور مداوم باعث کاهش طول عمر و همچنین افزایش هزینه به‌خاطر تعویض ورق‌ها شده است.

علاوه بر این، خوردگی ورق فولادی گالوانیزه می‌تواند به‌واسطهٔ واکنش شیمیایی یا الکتروشیمی رخ دهد. تخریب به‌خاطر خوردگی الکتروشیمیایی و از طریق تأثیر محلول الکترولیت بر فلز ورقه رخ می‌دهد. محلول الکترولیت رسانا مانند محلول نمک یا محلول اسیدی می‌تواند به دلیل عبور جریان از

ناحیهٔ آندی به ناحیه کاتدی، در اشکال مختلف خوردگی چون یک‌شکل، سوراخ‌سوراخ یا فرسایش روکشِ روی منجر شود. ریزش باران اسیدی بر ورق گالوانیزهٔ سقفی می‌تواند بیش از اندازه مخرب باشد. باران اسیدی حاصل واکنش جوی دی‌اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن با اکسیژن موجود در هواست که اسید سولفوریک و اسید نیتریک با pH ۵ یا کمتر از آن را تشکیل می‌دهد و به شکل باران، برف یا غبار بر سقف می‌ریزد. دی‌اکسید گوگرد عمدتاً از کوره‌های ذوب فلز و نیروگاه‌ها که زغال‌سنگ استفاده می‌کنند، به‌دست می‌آید. شعله‌ور شدن گاز، اگزوز خودروها و سوزاندن بوته‌ها منابع اصلی آلودگی جوی هستند که منجر به باران اسیدی می‌شوند. از آنجا که محلول الکترولیت برای انجام خوردگی لازم است، هرجا که آب باران اسیدی و/ یا میعانات به خارج جریان پیدا نکند یا مهار نشود، ورق‌های سقفی معمولا دچار خوردگی می‌شوند. با این حال، ورق‌های فولاد گالوانیزه در صورت استفاده در محیط‌های مناسب می‌توانند مدت زمان بسیار طولانی عمر کرده و دچار خوردگی نشوند. ورق‌های سقفی گالوانیزه می‌توانند ۱۵ - ۱۸ سال در مناطق روستایی و ۳ - ۸ سال در مناطق صنعتی (به‌ویژه در منطقهٔ دلتای نیجر واقع در نیجریه) دوام بیاورند. این نشان می‌دهد که ورق‌های گالوانیزه در مقایسه با ورق‌های فولادیِ بدون روکش، عمر مفید بسیار بیشتری دارند. تست مقاومت در برابر آب و هوا، به‌وضوح نشان داده است که ورق‌های فولادی گالوانیزه ۵ تا ۳۰ برابر کندتر از ورق‌های فولادی دچار خوردگی می‌شوند.

کاربردهای متعددی وجود دارد که استفاده از فولاد گالوانیزه را به دلیل شکل‌پذیری آنها ضروری کرده است. با این حال جذابیت عمده در انتخاب فولاد گالوانیزه، به زمینهٔ توانایی مقاومت در برابر خوردگی روی برمی‌گردد. هر چند، ورق‌های فولاد با روکش روی را در صورت کنترل پارامترهای پردازشی مانند ترکیب حمام روی، می‌توان با مقاومت بیشتری در برابر خوردگی و با درجهٔ شکل‌پذیری بالاتری به دست آورد. برای ارزیابی شکل‌پذیری ورق فولادی، از نتایج آزمایش کششی و آزمایش شبیه‌سازی‌شده استفاده شد. دو پارامتر مهم ورق، یعنی ناهمسانگردی سخت‌گردانی و ضریب توان کار را می‌توان با آزمایش کششی تعیین کرد. این دو پارامتر به ترتیب در مقابل پارامترهای تنگ‌شدگی و باریک‌شدگی هنگام تغییر شکل پلاستیک ملاک قرار می‌گیرند. علاوه بر این، تحقیقات انجام شده، انتشار ترک و عمل گسیختگی یا شکست ورق فولاد گالوانیزه را روشن می‌سازد. به این ترتیب مشخص می‌شود که در روکش‌های گالوانیزه، بر اثر تنش‌های حرارتی، ترک‌ها نزدیک سطح مشترک لایهٔ روکش فولادی ایجاد می‌شوند و در نهایت به سمت لایهٔ بیرونیِ روکش گسترش می‌یابند. با این حال، حساسیت لایهٔ روکش‌های گالوانیزه به انتشار ترک براثر تنش حرارتی را می‌توان با افزایش ضخامت

روکش به حداقل رساند.

به‌طور کلی، روکش فولاد برای جلوگیری از تخریب در محیط آلوده استفاده می‌شود. با این حال، اکنون مشخص شده است که تنها روکش‌های فولادی با فلز روی، به اندازه ورق‌های فولادی گالوانیزه با روکش معدنی و آلی مؤثر نیستند. روشن شد که آنها در شرایط آب و هوایی مخرب، از ویژگی‌های متالورژیکی منحصر به فرد و مقاومت بیشتری در برابر خوردگی برخوردارند. در همین راستا، ورق‌های فولادی با روکش گالوانوم (منظور فولاد روکش داده شده با درصدی از آلومینیوم ـ روی است) نیز خواص مکانیکی و الکتروشیمیایی بهتری چون تنش تسلیم، مقاومت کششی، ازدیاد طول کلی کمتر و مقاومت در برابر خوردگی درمقایسه با ورق‌های فولادی گالوانیزه از خود نشان می‌دهند. همچنین ورق‌های فولادی با روکش گالوانوم نسبت به ورق‌های فولادی گالوانیزه، در محدودهٔ دمایی بالاتری ظاهرشان را به‌دست می‌آورند. علاوه بر این، مطالعهٔ مقایسه‌ای رفتار خوردگی فولاد گالوانیزه فاش ساخت که ورق فولاد گاوانیزهٔ سقفی در محیط‌های شبیه‌سازی‌شدهٔ کربناته و کلریدی ضعیف عمل کرده و جواب ندارند. این نظر و تحقیقات بعدی، انگیزه‌ای برای یافتن مواد جایگزین بهتر و کارامدتر، به‌خصوص در مناطق صنعتی شد که امکان آلودگیِ کلریدی یا کربناتی وجود دارد. اخیراً استفاده از محصولات فولادی گالوانیزه با روکش ارگانیک و غیرارگانیک در حوزهٔ وسیعی از صنایع گوناگون به دلیل نیازهای فزاینده به عملکرد، رشد چشمگیری داشته است. بر اساس این تحقیقات، مواد مورد استفاده برای سقف‌سازی باید از ویژگی‌های ضروری از جمله شکل‌پذیری، ضد خوردگی و ظاهری با کیفیت بالا برخوردار باشند. همینطور، سازگاری با محیط زیست مواد از ضروریات است. ارتقای ورق فولادی روکش‌دار آلیاژ ۵۵٪ آلومینیوم ـ روی، با روکش ترکیب آلی از پیشرفت خوردگی و ترک‌های سطحی برجسته در ورق‌های فولاد سقفی با روکشِ روی یا روی ـ آلومینیوم جلوگیری می‌کند. روکش‌های کامپوزیتِ آلی به‌طور غریزی لایه‌ای محافظ شکل می‌دهند، تا مکانیسم خوردگی شروع‌شده در فولاد را حتی در سخت‌ترین شرایط محیطی مثل باران اسیدی، یا وجود محلول‌های نمکی مهار کنند. بعلاوه، مخلوط رنگدانه‌ای از فسفات با رنگدانه‌ای از کلسیم، باعث مهارِ خوردگی به میزان قابل توجهی در فولاد گالوانیزه در محیط تا حدودی اسیدی می‌شود.