هشتمین همایش صنایع دریایی
۹ لغایت ۱۱ آبانماه ۱۳۸۵
استان بوشهر

تعمیر پوشش های ناحیه پاشش آب سکوهای دریایی و رایزرهای نفت به روش Cladding

عباس آقاجانی[۱]

اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مواد

aghajani@cc.iut.ac.ir

چکیده

خوردگی یکی از فاکتورهای مهم در طول عمر سازه های دریایی می باشد. در محیط دریایی و در شرایط عادی خوردگی فولاد در ناحیه پاشش آب معمولا در محدوده 0.5-1.5 mm/yr قرار دارد. نفت خام از طریق چاه های نفت از اعماق بستر دریا اسخراج می شود و بنابراین هنگام رسیدن به سطح زمین دارای دمای حدود ۱۰۰ درجه سانتی گراد است. این موضوع باعث بالا رفتن دمای رایزرهای نفت تا حدود ۹۰ درجه سانتی گراد خواهد شد. قبل از بهره برداری از رایزرهای نفت و در شرایط کارگاهی، اعمال پوشش های با کیفیت بالا مشکل چندانی ندارد. در حوزه نفتی سلمان در خلیج فارس که بین ایران و چند کشور عربی مشترک می باشد، خوردگی چاه های نفت موجب انفجار و توقف تولید نفت می شودو بنابراین حفاظت ناحیه پاشش آب چاه های نفت از لحاظ ملی و اقتصادی اهمیت بالایی دارد. بررسی و اجرای این پروژه طی قراردادی از طرف شرکت ملی نفت ایران به دانشگاه صنعتی اصفهان واگذار گردید. در این مقاله روش اعمال Cladding فلزی در حفاظت ناحیه پاشش آب رایزرها و سکوهای دریایی توضیح داده می شود. این روش بطور موفقیت آمیز در حوزه نفتی سلمان اجرا شده است.

کلمات کلیدی: رایزر-سکو-خوردگی-تعمیر-روکش

۱- عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان(مربی)

۱- مقدمه

نیاز به نفت خام هر روز رو به افزایش است. برخی منابع نفتی در مناطق دریایی قرار دارند. برای استخراج نفت در مناطق دریایی ایران، نیاز به حفر چاه های نفتی و سکوهای دریایی می باشد. پس از استخراج نفت از چاه های نفتی، تصفیه ابتدایی در سکوهای دریایی بر روی آنها انجام شده و سپس توسط خطوط لوله به ساحل جهت عملیات تکمیلی و یا صادرات ارسال می شود.

نفت خام از اعماق بستر دریا استخراج می شود و بنابر این وقتی به سطح دریا می رسد، دمای سطح خارجی رایزر نفت حدود ۹۰ درجه سانتی گراد خواهد بود. محیط خلیج فارس یکی از خورنده ترین محیط های دریایی میباشد. ناحیه غوطه وری سکوهای دریایی و رایزرهای نفتی بخوبی و با بکارگیری حفاظت کاتدی، در برابر خوردگی محافظت می شود. ناحیه جزر ومدی و پاشش آب یکی از خورنده ترین نواحی محسوب می شوند. این ناحیه بطور مداوم تحت تاثیر ضربات آب دریا، تر و خشک شدن، غلظت بالای اکسیژن و دمای بالای رایزر قرار دارد. از طرفی آماده سازی سطحی جهت اعمال پوشش در ناحیه مزبور با مشکلات اجرایی متعددی روبرو می باشد. بنابر این یکی از راه حل ها بکارگیری پوشش های با کارآیی و طول عمر بالا(high-performance) قبل از نصب سکو و یا رایزر نفتی می باشد. بدین ترتیب در شرایط کارخانه و یا کارگاه، امکان اجرای پوشش های با کیفیت بالا بخوبی فراهم است. در این رابطه سیستم های پوششی متعددی ارائه شده است که بسیاری از آنها در شرایط مزبور بخوبی عمل میکند. سکوهای دریایی و رایزرهای نفت و گاز ایران در ناحیه خلیج فارس با مشکل تعمیرات پوشش روبرو هستند. به عبارت دیگر پوشش ناحیه پاشش آب و ناحیه جزر و مدی به دلایل مختلف از بین رفته و یا دچار آسیب های شدیدی شده است و بنابر این قادر به حفاظت ناحیه مزبور نمی باشند. خوردگی رایزرهای نفتی بحدی است که در موارد متعدد منجر به انفجار چاه نفتی شده است. با توجه به اینکه سکوها و رایزرها در حال بهره برداری می باشند و یا به عبارت دیگر نصب شده اند، بنابر این امکان تعمیر پوشش در شرایط کارگاهی وجود ندارد. از طرفی توقف چاه نفتی و قطع رایزر آن و جایگزین کردن آن با رایزر پوشش دار نیز مجاز نمی باشد زیرا برخی حوزه های نفتی ایران با کشورهای عربی مشترک بوده و این موضوع منجر به توقف چاه نفتی در حد سه روز می شود و از لحاظ اقتصادی به منافع ملی ایران آسیب های جبران ناپذیری وارد می کند[۲].

با توجه به نیاز مبرم رایزرهای نفتی ایران به حفاظت خوردگی ناحیه پاشش آب و ناحیه جزر و مدی، این پروژه به دانشگاه صنعتی اصفهان واگذار گردید. پس از مطالعه منابع موجود و انجام برخی آزمایشات، دو نمونه در شرایط واقعی در ناحیه خلیج فارس و در حوزه نفتی سلمان بر روی رایزر نفت و گاز انجام گردید. نتایج بدست آمده دلالت بر مقاومت خوردگی-مکانیکی عالی سیستم بکار رفته می باشد. Cladding رایزرهای نفت و یا پایه های سکوهای دریایی با استفاده از فلزی مثل ورق های آلیاژCopper-nickel، فولاد زنگ نزن و یا ورق های غیر فلزی مثل PVC و یا پلی اتیلن انجام می شود. همچنین می توان ازپوشش بتن توام با اعمال حفاظت کاتدی نیز استفاده کرد. هر کدام از این روشها در قسمت های بعدی توضیح داده شده است. روش بکار گیری Cladding فلزی بطور موفقیت آمیز توسط نویسنده مقاله در حوزه نفتی سلمان اجرا شده است. این روش با جزئیات بیشتری ارائه شده است[۱].

۲- بکارگیری Copper-nickel clad

آلیاژ های Copper-nickel (UNS C70600) 90/10 و آلیاژ (UNS C71500) 70/30 در محیط های دریایی دارای مقاومت خوردگی خوبی هستند. از طرفی مس و آلیاژ های مس به دلیل آزاد کردن یون مس، دارای خاصیت آنتی فولینگ هستند. بنابر این اعمال روکشی از آلیاژ مذکور بر روی رایزرهای نفتی و یا سکوهای دریایی در ناحیه جزر و مددی و ناحیه پاشش آب، بخوبی می تواند نواحی مذکور را در برابر خوردگی حفاظت کند. اعمال روکش تحت شرایط زیر قابل بررسی می باشد[۷].

الف) در شرایط کارگاهی و قبل از نصب رایزر و یا سکوی دریایی

ب) در شرایط دریایی و پس از نصب رایزر و یا سکوی دریایی

در شرایط کارگاهی اعمال روکش براحتی انجام می شود. در این حالت ورقی از آلیاژهای مذکور و به ضخامت ۳ الی ۴ میلی متر رول شده و سپس بطریق جوشکاری به پایه سکو و یا رایزر نفتی متصل می شود. اگر روکش ارتباط الکتریکی با سایر نواحی داشته باشد، خاصیت آنتی فولینگ آن در ناحیه جزر و مددی تضعیف و یا از بین می رود. به عبارت دیگر حفاظت کاتدی مانع از آزاد شدن یون مس می شود. بنابر این ناحیه جزر و مددی و پاشش آب که دارای روکش آلیاژ مس/نیکل هستند بایستی توسط فلنج های ایزوله از سایر قسمتها ایزوله الکتریکی شود[۳].

همانطور که قبلا اشاره شد، اعمال روکش در شرایط کارگاهی بسهولت قابل انجام است. در شـرایط واقعـی و در ضمن بهره برداری از رایزرهای نفت و گاز امکان انجام چنین حالتی وجود ندارد. جوشکاری بر روی رایزرهای نفـت و گاز خطرناک بوده و مجاز نمی باشد. از طرفی جوشکاری از ناحیه پائین جزر و مددی، نیاز به جوشکاری زیر آب دارد و در نتیجه مشکلات متعددی را بهمراه خواهد داشت. از طرف دیگر نصب فلنچ های ایزوله در شـرایط بهـره بـرداری نیاز به توقف چاه نفت دارد و بنابر این از لحاظ اقتصادی امکان پذیر نمی باشد. بنابر این نصب روکش در شرایط بهره برداری بایستی با بهره گیری از تکنولوژی ویژه ای انجام پذیرد. در این رابطه در قسمت های بعدی بحث خواهد شد.

۲- بکارگیری Stainless steel clad

از فولاد زنگ نزن ۳۱۶ می توان به عنوان روکش جهت حفاظت خوردگی ناحیه پاشش آب و ناحیه جزر و مـدی استفاده کرد. مشابه حالت قبل اعمال روکش می تواند در شرایط کارگاهی و یا ضمن بهره برداری سکوهای دریایی و رایزرهای نفتی انجام شود. اینکار در شرایط کارگاهی بسهولت قابل انجام است ولی در شرایط واقعی و یـا بـه عبـارت دیگر در ضمن بهره برداری با مشکلات متعددی روبرو می باشد. در قسمت های بعدی روش نصب روکـش در ضـمن بهره برداری توضیح داده می شود[۵].

۳- بکارگیری پوشش بتن در ناحیه جزر و مد، همراه با اعمال حفاظت کاتدی بتن

همانطور که در قسمت های قبلی اشاره شد، در ناحیه جزر و مـد، الکترولیـت مـداوم و همیـشگی بـرای اعمـال حفاظت کاتدی وجود ندارد. اعمال پوشش بتن در ناحیه مزبور، موجب بوجود آمدن الکترولیت مداوم و همیـشگی در اطراف پایه سکو و یا رایزر نفتی می شود. در چنین حالتی امکان اجرای حفاظت کاتدی وجود دارد. آنـدهایی کـه در بتن بکار می رود می تواند از نوع فدا شونده و یا اعمال جریان باشد. آنـد هـای فـدا شـونده معمـولا از جـنس روی و آندهای اعمال جریان به شکل توری سـیمی و از جـنس تیتـانیوم بـا روکـش MMO (Mixed Metal Oxide) هستند. با داشتن سطح لوله در ناحیه جزر و مد و پاشش آب و نیز مشخص بودن دانسیته جریان لازم جهت حفاظت فولاد در بتن، کل جریان لازم محاسبه می شود.

همچنین با استفاده از برخی فرمول های تجربی موجود در خصوص مقاومت آندها، امکان محاسبه مقاومت آند وجود دارد. با مشخص بودن نیروی محرکه بین آند و کاتد و مقاومت آند، تعداد کل آندها از طریق تقسیم کل جریان مورد نیاز بر جریان خروجی از هر آند محاسبه می شود. پارامتر دیگری که در طراحی سیستم حفاظت کاتدی بتن دخالت دارد، طول عمر سیستم حفاظت کاتدی می باشد. به عنوان مثال اگر طول عمر طراحی سیستم حفاظت کاتدی ۲۰ سال باشد، وزن کل آندها و یا به عبارت دیگر تعداد کل آندها بگونه ای طراحی می شود که در طول عمر طراحی بتواند جریان مورد نیاز را فراهم آورد. با قرار دادن الکترود مرجع Ag/AgCl در داخل بتن، پتانسیل حفاظت از طریق Test Box های مربوطه قابل اندازه گیری و مانیتور کردن می باشد[۴].

۴- روش اعمال روکش در شرایط بهره برداری سکوها و رایزرها

روشی که اکنون توضیح داده می شود بطور موفقیت آمیز در حوزه نفتی سلمان اجرا شده است. این سیستم بخوبی با نمونه های آمریکایی قابل رقابت بوده و حتی از لحاظ استحکام مکانیکی و مقاومت خوردگی برتریهای ویژه ای نسبت به آنها دارد. مراحل انجام این روش به شرح زیر است.

۱- سند بلاست

اگر ناحیه آسیب دیده در زیر آب قرار داشته باشد، نیازی به سند بلاست آن نمی باشد. در این حالت سطح لوله به کمک غواص و با ابزار مکانیکی تمیز کاری می شود. سپس نمدی آغشته به بازدارنده های خوردگی در اطراف لوله پیچانده شده و در نهایت روکش فلزی و یا پلیمری بطور کاملا آب بند بر روی آن بسته می شود. این حالت در شکل(۱) مشاهده می شود. بدین ترتیب بازدارنده خوردگی در محیط کاملا بسته بین لوله و روکش قرار گرفته و از خوردگی محل مزبور جلوگیری می کند.

روکش اعمال شده در ناحیه جزر و مد و پاشش آب بایستی علاوه بر مقاومت خوردگی، دارای مقاومت مکانیکی و حرارتی مناسب باشد(دمای سطح رایزرها حدود ۹۰ درجه سانتی گراد است). بنابر این بکارگیری سیستم قبلی برای ناحیه مزبور مناسب نمی باشد زیرا در معرض ضربات مکانیکی و حرارت رایزر قرار دارد(سطح ناحیه زیر آب توسط آب دریا خنک می شود).

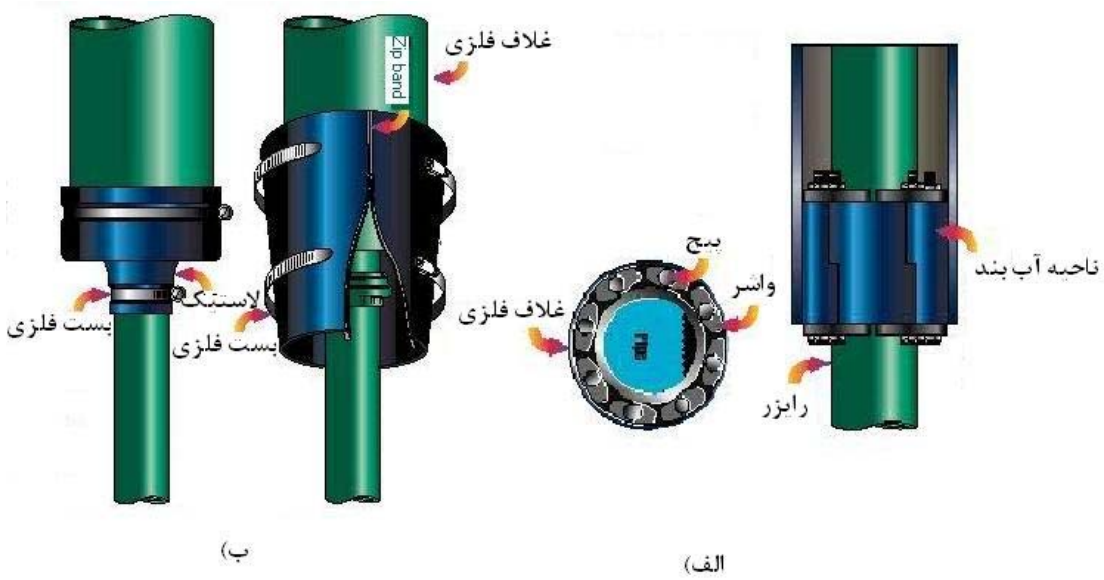
شکل۱- در این شکل اعمال بازدارنده خوردگی و نیز روکش در زیر آب مشاهده می شود.

امکان سند بلاست ناحیه جزر و مد و پاشش آب وجود دارد ولی پاشش آب موجب بروز مشکل در سند بلاست و خوردگی مجدد سطح می شود. این موضوع مشکلی در روند اجرای روکش ایجاد نمی کند و با اجرای عملیات آماده سازی بعدی بخوبی برطرف می شود(در قسمت های بعدی توضیح داده می شود). اگر هدف اعمال پوشش از ناحیه پائین جزر و مد باشد، به دلیل وجود آب، سند بلاست این ناحیه کمی با مشکل روبرو خواهد بود. برای برطرف کردن این مشکل، محفظه خشک کوچکی در اطراف رایزر ایجاد می شود.

۲- بستن روکش در اطراف رایزر

روکش بکار رفته می تواند فلزی و یا غیر فلزی باشد. با توجه به استحکام بیشتر روکش های فلزی و مقاومت بیشتر آنها در برابر ضربه و حرارت، روکش رایزرها از ورق رول شده فولاد زنگ نزن ۳۱۶ انتخاب گردید. رول کردن ورق می تواند مطابق شکل(۲) انجام شود. لبه اتصالات مزبور بخوبی توسط مواد مناسب، آب بند می شود. انتهای پائینی و بالایی روکش توسط فشردن مکانیکی لاستیک و یا با بکار بردن لاستیک های آب بند با اتصالات مکانیکی بخوبی آب بند می شود(شکل(۳)). قبل از رول کردن ورق، یک طرف آن سند بلاست می شود و سپس بگونه ای رول می شود که سطح سند بلاست شده به طرف داخل قرار گیرد.

شکل۲- در این شکل نوع دیگری از روکش رایزر و یا پایه سکو با اتصال طولی مشاهده می شود. محل اتصال توسط مواد مناسب آب بند می شود.



شکل۳- آب بند کردن ناحیه بالایی و پائینی روکش، به کمک فشردن مکانیکی لاستیک (شکل(الف)) و یا از طریق اتصالات مکانیکی (شکل(ب)) انجام می شود.

۳- خارج کردن آب داخل روکش

پس از بستن و آب بند کردن روکش ها، آب داخل آنها از طریق اعمال فشار هوا، تخلیه می شود(در بالاو پائین روکش محلی برای اعمال فشار هوا و خروج آب در نظر گرفته شده است). سپس نوعی محلول اسیدی به منظور اسید شویی سطح خارجی لوله، وارد آن می کنند. این اسید بقایای خوردگی پس از عملیات سند بلاست را برطرف می کند. سپس با اعمال فشار هوا و مشابه حالت قبل، محلول اسیدی خارج می شود. بدنبال آن عملیات شستشو توسط آب شیرین(خوراکی) با PH متمایل به حالت قلیایی انجام می شود. پس از تخلیه آب، با عبور هوا از محفظه بین روکش و لوله، سطح لوله خشک می شود و بدلیل آنکه آب شستشو متمایل به قلیایی بوده بنابر این عبور هوا موجب زنگ زدن سطح لوله نخواهد شد.

۴- پر کردن فضای بین روکش و لوله

فضای بین روکش و لوله رایزر به کمک نوعی کامپوزیت مقاوم در برابر حرارت و دارای استحکام مکانیکی و مقاومت خوردگی عالی پر می شود. این سیستم به دلیل آنکه شامل مجموعه ای از اجزاء فلزی، غیر فلزی و پلیمری می باشد دارای استحکام مکانیکی و مقاومت خوردگی عالی می باشد. علاوه بر این سطح خارجی این سیستم فلزی می باشد، بخوبی در برابر پرتوهای UV آفتاب مقاومت می کند. در شکل(۴) نمونه ای از رایزر نفت که در حوزه نفتی سلمان روکش شده است مشاهده می شود.

شکل۴- نمونه ای از رایزر نفت که در منطقه نفتی سلمان توسط دانشگاه صنعتی اصفهان روکش شده است.

همانطور که قبلا گفته شد، حرارت رایزرهای نفت حدود ۹۰ درجه سانتی گراد است. درچنین دمایی امکان رشد فولینگ های دریایی بر روی سطح روکش وجود ندارد. پایه های سکوهای دریایی چنین حالتی ندارند و دمای آنها با دمای آب دریا برابر است. بنابر این روکش آنها از ورق آلیاژهای نیکل (Copper-nickel 90/10 یا 70/30) و به ضخامت ۳ میلی متر انتخاب می شود.

بر اساس آزمایشات بعمل آمده در منطقه نفتی سلمان، کامپوزیت پلیمری بکار رفته جهت پر کردن فضای خالی بین لوله رایزر و روکش، به تنهایی می تواند ناحیه جزر و مد و پاشش آب را در برابر خوردگی محافظت نماید. در این آزمایش، پس از پر کردن پشت روکش توسط مواد کامپوزیتی، روکش مزبور باز شد و مواد کامپوزیتی بطور مستقیم و به مدت ۳ سال در معرض آب دریا قرار گرفت و در این مدت هیچگونه آثار خوردگی مشاهده نشد. با توجه به اینکه روکش فلزی موجب افزایش طول عمر و نیز ازدیاد مقاومت مکانیکی و خوردگی سیستم می شود، بنابراین در سایر موارد چنین اقدامی انجام نشد و مورد اشاره شده فقط به منظور سنجش مقاومت خوردگی مواد کامپوزیتی بکار رفته انجام شد.

از آنجائیکه شرایط رایزرهای نفتی بسیار حاد می باشد و چنین حالتی با گذشت زمان باعث کاهش استحکام چسبندگی مواد روکش می شود، بنابر این پس از گذشت ۲ سال، استحکام چسبندگی مواد کامپوزیتی به سطح رایزر در شرایط واقعی مورد آزمایش قرار گرفت. در این آزمایش با ضربات شدید چکش، فقط مقدار جزئی از مواد کامپوزیتی بسختی کنده شد. این موضوع دلالت بر چسبندگی بالای این مواد به سطح رایزر و تاثیر نداشتن شرایط حاد محیطی بر خواص آن می باشد[۳].

۵- نتیجه گیری

بر اساس آزمایشات بعمل آمده و اجرای عملی در شرایط واقعی، روش Cladding بخوبی می تواند ناحیه پاشش آب رایزرهای نفت و سکوهای دریایی را در برابر خوردگی حفاظت کند.

۶-منابع

۱- عباس آقاجانی " حفاظت سکوهای دریایی در برابر خوردگی" پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۷۴

2-A. Aghajani," Corrosion Protection of Oil and Gas Risers in Splash zone", 12th International Congress on Marine Corrosion and Fouling, 2004

3- Jamecoke, R. "Protective coatings for offshore equipment and structures" Materials performance, 1990

4-Francis L. Laque," Marine Corrosion, Causes & Prevention", Wiley, 1975

5-S. A. Campbell, N. Campbell, F. C. Walsh,"Developments in Marine Corrosion", Royal Society of Chemistry 1998

6- Kirk, W. "Metallic sheathing for protection of steel in sea water" Materials performance 1987