

سازگاری نوار سرد با پوشش کول تار اعمال شده روی خطوط لوله ی گاز

بهرام بروغنی^۱، منصور فرزام^{۲*}، داوود زارعی^۳، ایمان دانایی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی بازرسی فنی، دانشکده صنعت نفت، آبادان، ایران

^۲ دانشیار، گروه مهندسی بازرسی فنی، دانشکده صنعت نفت، آبادان، ایران

^۳ استادیار، گروه پلیمر، دانشکده فنی، شاخه ی تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۴ استادیار، گروه مهندسی بازرسی فنی، دانشکده صنعت نفت، آبادان، ایران

* نویسنده مسئول: farzammansour@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۰۴

چکیده:

در این مقاله، در مورد مقایسه ی سازگاری نوارهای سرد اجرا و گرم اجرا با پوشش کول تار فرسوده ی لوله های گاز، توسط آزمونهای چسبندگی و جدایش کاتدی در دمای محیط بحث می شود که نشان می دهد مشکل ذاتی در استفاده از نوار سرد در فرآیند ترمیم و پوشش سرجوش ها وجود ندارد ولی مهم ترین نکته آماده سازی دقیق و صحیح و تسطیح کامل سطوح زیرین با استفاده از پرایمر مناسب می باشد. نتایج آزمون جدایش کاتدی نشان دهنده ی اتصال نسبتا بهتر نوار سرد بر روی فلز پایه با میانگین شعاع جدایش کاتدی ۲۳ میلی متر و اتصال نسبتا بهتر نوار گرم بر روی نقاط هم پوشانی شده روی کول تار با شعاع جدایش کاتدی ۱/۵ میلی متر بود. نتایج آزمون چسبندگی نیز، همانند آزمون جدایش کاتدی بیانگر عملکرد بهتر نوار سرد بر روی فلز پایه با میانگین سرعت کنده شدن ۲/۳۳ میلی متر بر دقیقه و چسبندگی بهتر نوار گرم بر روی نقاط هم پوشانی شده روی کول تار با میانگین سرعت کنده شدن ۱ میلی متر بر دقیقه بود.

کلمات کلیدی: خطوط لوله ی انتقال گاز، پوشش اتصال، نوار سرد اجرا، نوار گرم اجرا، آزمون چسبندگی، آزمون جدایش کاتدی

Compatibility of cold applied tapes with coal tar applied on gas pipelines

B. Borooghani¹, M. Farzam^{2*}, D. Zaarei³, I. Danaee⁴

¹ M.Sc. Student, Technical Inspection Eng. Department, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran

² Associate professor, Technical Inspection Eng. Department, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran

³ Assitance professor, Polymer department, Technical faculty, south Tehran branch, Islamic azad university, Tehran, Iran

⁴ Assistance professor, Technical Inspection Eng. Department, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran

* Corresponding Author: farzammansour@gmail.com

Submission: 2014, 02, 24 Acceptance: 2014, 05, 25

Abstract:

In this research, compatibility of cold and hot applied tape with rusty coal tar gas pipelines was investigated by cathodic disbonding and adhesion tests in room temperature which reveals that using of cold applied tapes at weld joints and repairing region have not inherent problems, but they required to carful and correct surface preparations with using of suitable primer. Cathodic disbonding results presented better performance of cold applied tapes on weld joints by average cathodic disbonding radius of 23 millimeter, and better performance of hot applied tapes on damaged regions by average cathodic disbonding radius of 1.5 millimeter. Adhesion results like cathodic disbonding results were explanatory of better performance of cold applied tapes on weld joints by peeling speed of 2.33 mm/min and better adhesion of cold applied tapes on damaged regions by peeling speed of 1 mm/min.

Keywords: Gas pipeline, Field joint coating, Cold applied tape, Hot applied tape, Adhesion test, Cathodic disbondig test

۱- مقدمه

انرژی یکی از اساسی ترین نیازهای حیات بشری است و نقش انرژی فسیلی شامل نفت و گاز بر توسعه جوامع بشری بی بدیل می باشد. ایمن ترین و موثرترین وسیله انتقال نفت خام یا گاز طبیعی از چاه ها، خطوط لوله زیر زمینی یا زیر دریایی است که با توجه به استحکام و خواص، معمولاً از فولاد به عنوان جنس لوله استفاده می شود. فولاد بدون پوشش علی رغم خواص و ویژگیهای فوق العاده، در معرض خوردگی ضعف دارد و برای حل این معضل از روش توامان حفاظت کاتدی با جریان الکتریکی و پوشش ها استفاده می شود [۱-۴].

پوششهای خطوط لوله از مواد مختلفی ساخته و اعمال می شوند که در کشور ما برای لوله های انتقال گاز، پوشش از جنس قطران ذغال سنگ یا کول تار یکی از پرمصرفترین آن ها می باشد. پوششهای کول تار با اجزا و تقویت کننده های خاص خود به صورت کارخانه ای بر روی لوله ها اعمال می شوند و در انتهای عملیات اعمال پوشش بر روی لوله ها، بخشی از دو سر انتهایی لوله ها به منظور عملیات جوشکاری بدون پوشش باقی می ماند که در محل اتصال می بایستی پوششکاری شوند. همچنین لازم است تا ترمیم بر روی این پوششها به دلایلی نظیر صدمات مکانیکی نصب، اتصالات سر جوشها، انشعابات جدید و ... صورت پذیرد [۵-۹].

برای پوشش دهی سر جوشها و نقاط نیازمند ترمیم، در استانداردها استفاده از نوار گرم بیتومنی توصیه شده است [۱۰-۱۴]. در حال حاضر به دلیل مشکلات متعددی نظیر گرما و مشکلات نگهداری و کاربرد و اعمال و دستیابی، شرکت ملی گاز در برخی استانها از نوارهای سرد ترمیمی پلیمری بر پایه سینتتیک رابر (لاستیک مصنوعی) به جای نوار گرم بیتومنی استفاده میکند و استفاده از روش نسبتاً مرسوم فعلی (یعنی استفاده از نوارهای سرد بر پایه سینتیک رابر) به صورت شفاف و واضح در استانداردهای داخلی IGS و IPS تصریح نشده است هر چند در استانداردهای اروپایی برای تعمیر و بخش اتصالات پوشش های کولتار و بیتومنی مجاز می باشد [۱۰-۱۴]. به همین دلیل این مقاله به بررسی مسئله سازگاری نوار سرد با پوشش اصلی لوله (کول تار) در قیاس با نوار گرم بیتومنی می پردازد تا مشخص شود آیا نوار سرد می تواند جایگزین نوار گرم در اتصالات و همچنین نقاط نیاز به تعمیر خطوط لوله پوشش دار شده با کول تار شود یا خیر، اگرچه همانطور که در مطالب بالا ذکر شد، نوارهای سرد اجرا از نظر تئوری نباید با کولتار مشکلی داشته باشند.

۲- نوارهای سرد اجرا بر پایه لاستیک مصنوعی (سینتتیک رابر)

نوارهای سرد دستی شامل یک لایه پلی اتیلن پایدار به عنوان ماده پستی و یک لایه چسب لاستیک مصنوعی (بیوتیل رابر) می باشند که معمولاً با پرایمر مخصوص خودش روی سطوح اعمال می شوند، هر چند که بدون پرایمر هم قابل اعمال هستند [۱۵-۱۷]. این نوارها اگر به

درستی اعمال شوند و چسبندگی مناسب بین نوار با لوله یا متعلقات آن و با لایه های زیرین و موجود فراهم شود دوام بالایی خواهند داشت؛ چرا که نوارهای دارای پلی اتیلن، مقاومت الکتریکی، مکانیکی و یونی خوبی داشته و در برابر نفوذ بخار آب بسیار مقاومند [۵]. اما عمده مشکلات این نوارها و عدم عملکرد صحیح آنها در حفاظت از حوزه ای ایجاد می شود که چسبندگی ناکافی باشد. مهمترین علل نقص در چسبندگی و عدم کارایی این نوارها عبارتند از:

- تمیزکاری و آماده سازی ناصحیح سطح زیری
- استفاده از پرایمر ناصحیح یا عدم استفاده از پرایمر
- نیروی کشش نامناسب ضمن نواریابی
- اعمال ناصحیح نوار که باعث ایجاد چروکیدگی در نوار شود
- ناهمواری و عدم تسطیح سطوح زیرین توسط ماستیک
- صدمات مکانیکی
- تنش خاک و تنشهای حرارتی
- دمای کاری بالا
- وجود باکتریهای احیا کننده سولفات (SRB) [۱۸، ۱۹].

۳- نوارهای گرم اجرا

نوارهای گرم اجرا شامل یک لایه پلی اتیلن پایدار به عنوان ماده پستی و یک لایه چسب از جنس ترکیب بیتومنی می باشند که معمولاً با پرایمر مخصوص خود روی سطوح اعمال می شوند، هر چند که بدون پرایمر هم قابل اعمال هستند. همانطور که از اسم این نوارها مشخص است، این سیستم ها با استفاده از شعله و فرآیند ذوب به پوشش یا خطوط لوله اتصال می یابند که به همین علت حساسیت کمتری به آماده سازی سطوح زیرین اتصال نسبت به نوارهای سرد اجرا دارد [۱۷، ۱۳].

۴- روش انجام آزمایش

۱-۴ تهیه مواد و تجهیزات

۱- نوارهای سرد دستی لاستیک مصنوعی (سینتتیک رابر) نسبتاً رایج شرکت گاز خوزستان تحت عنوان NST-H 1000 و به پهنای ۱۰۰ میلی متر به همراه پرایمر مخصوص خود با کد NSP-27(A) که مشخصات آن در جدول ۱ آمده است، از شرکت نیاشیمی تهیه شدند.

۲- تهیه ی نوار قیری از جنس بیتومن با کد pipe wrap-B1 محصول شرکت Altene از شرکت نفت و گاز پارس جنوبی انجام شد. پرایمر این نوار نیز از شرکت نیاشیمی تحت عنوان NSP-27(B) که مشخصات آن در جدول ۲ آمده است تهیه شد.

۳- حلال تولوئن برای رقیق کردن پرایمر که از محصولات مورد استفاده در شرکت گاز استفاده شد.

مکانیکی توسط برس سیمی، نمونه ها متناسب با طولشان به روش دستی و با الکتروود همه کاره E6013 در کارگاه انجمن جوشکاران حرفه ای آبادان، دو به دو جوش داده شدند و یا اینکه وسط هر نمونه یک جوش محیطی زده شد [شکل ۲].

به منظور بررسی سازگاری نوارهای سرداجرای پلاستیک مصنوعی (سینتتیک رابر) با پوشش کول تار نمونه ها و نیز امکان مقایسه ی نتایج عملکرد این نوارها با یک نمونه شاهد، در تمام آزمونهای آزمایشگاهی، نمونه های شاهد نوار بیتومنی بر روی فلز دارای پوشش کول تار انتخاب شدند. بعد از انتخاب نمونه شاهد و انجام مرحله نمونه سازی، نوارهای سرد از جنس لاستیک مصنوعی (سینتتیک رابر) و نوارهای گرم بیتومنی به ترتیب توسط شرکت گاز آبادان و

۴- لوله های فولادی از جنس فولاد 25Cr Mo4 با طول های حدود نیم متر و قطر ۸ اینچ کاربردی در شرکت گاز استان خوزستان که از مبادی میدانی اطراف آبادان) خط لوله انتقال گاز اهواز-آبادان) تهیه شد. لازم به ذکر است که پوشش لوله های مذکور از جنس کول تار بود و برای شبیه سازی نسبتاً کامل شرایط ترمیم، این لوله از نمونه هایی پوشش شده و سالها در خاک مدفون شده استفاده شد. این لوله ها در شکل ۱ نشان داده شده اند.

بعد از تحویل مواد، به دلیل حساس بودن خطوط لوله در سرجوش ها و نیز به منظور بررسی اثر ناهمواری بر جدایش نوارها، پس از کندن پوشش ها در قسمت انتهایی لوله ها با طول کمتر یا قسمت میانی لوله ها با طول بیشتر و همچنین تمیز کردن سطح فولادی به روش

جدول ۱- مشخصات پرایمر NSP-۲۷(A)

مشخصات	NSP27	واحد	استاندارد ها
حداقل مجموع مقدار جامد	۲۷	درصد وزنی	ASTM D2369
ویسکوزیته در دمای اتاق	۳۵	ثانیه	ASTM D1200
حداقل چگالی	۰/۸۷	گرم بر سانتی متر مکعب	ASTM D1475
محدوده دمایی اعمال محدوده دمایی شرایط کاری	۶۰ تا ۲۰- ۷۰ تا ۳۰+	درجه ی سانتیگراد	---
دمای فلش	۱۶	درجه ی سانتیگراد	ISO1523
زمان نگهداری در انبار	۲۴	ماه	---
رنگ	مشکی	---	---
بیشترین زمان برای خشک شدن در دمای اتاق	۴-۷	دقیقه	---

جدول ۲- مشخصات پرایمر NSP-۲۷(B)

مشخصات	NSP27	واحد	استاندارد ها
حداقل مجموع مقدار جامد	۲۷	درصد وزنی	ASTM D2369
ویسکوزیته در دمای اتاق	۳۵	ثانیه	ASTM D1200
حداقل چگالی	۰/۹	گرم بر سانتی متر مکعب	ASTM D1475
محدوده دمایی اعمال محدوده دمایی شرایط کاری	۴۵ تا ۵+ ۶۰ تا ۵-	درجه ی سانتیگراد	---
دمای فلش	۱۶	درجه ی سانتیگراد	ISO1523
زمان نگهداری در انبار	۲۴	ماه	---
رنگ	مشکی	---	---
بیشترین زمان برای خشک شدن در دمای اتاق	۴-۷	دقیقه	---

دمای محیط، ولتاژ پلاریزاسیون کاتدی اعمالی ۱/۵- ولت به سلی که شامل الکترولیت ۳٪ NaCl، الکتروود کمکی پلاتین، الکتروود مرجع کالومل و نمونه های آماده شده ۱۰*۱۰ سانتیمتری به عنوان الکتروود کار بود، اعمال شد (شکل ۴). لازم به ذکر است که قطر و عمق حفره مصنوعی ایجاد شده در مرکز هر نمونه به ترتیب ۶ و ۵/۰ میلیمتر بر اساس استاندارد بود.

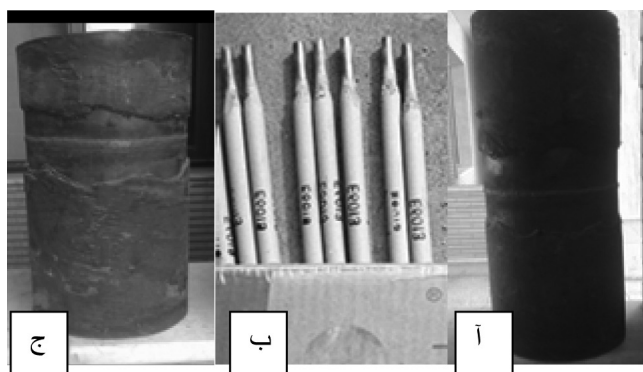
شرکت ایزوگام کاری خرمشهر مطابق با استاندارد گاز ایران، روی نمونه ها اعمال شدند (شکل ۳).

۳-۴- انجام آزمون جدایش کاتدی

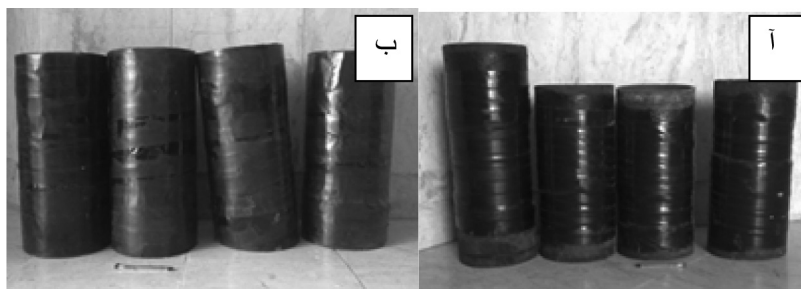
به منظور بررسی مقاومت به جدایش نوارهای سرد و گرم اعمال شده روی نمونه های تحت پلاریزاسیون، این آزمون طبق استاندارد ISO 21809-3 [۲۰]، در ناحیه ترمیم شده ی پوشش کول تار و سرجوش انجام شد. طبق استاندارد مذکور، به مدت ۲۸ روز و در



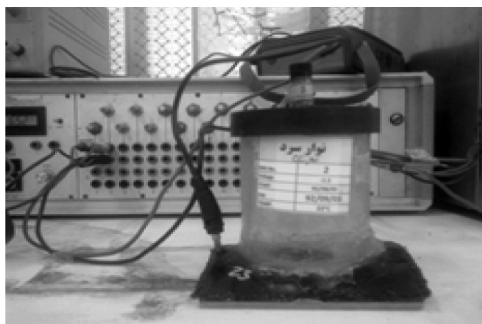
شکل ۱: نمونه لوله های فولادی انتقال گاز دارای پوشش کولتار فرسوده



شکل ۲: دو نمونه جوش داده شده به هم (T) و (ج)، الکتروود همه کاره E6013 (ب)



شکل ۳- نوارپیچی با نوارهای سرد اجرای نمونه ها (T)، نوارپیچی با نوارهای گرم اجرای نمونه ها (ب)



شکل ۴- بستن سل جهت آزمون جدایش کاتدی

دقیقه و تحت بارگذاری های مختلف، محاسبه و در نهایت میانگین گرفته شد. که تصاویر آن در شکل ۶ آورده شده است.

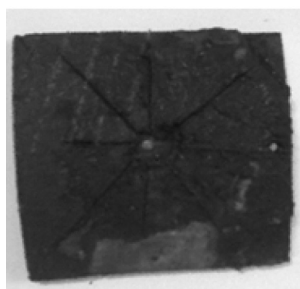
۶-۴- ارزیابی میدانی لوله های مدفون ترمیم شده با نوار سرد از جنس لاستیک مصنوعی

جهت ارزیابی واقعی عملکرد فرآیندهای جاری شرکت گاز که ظاهراً چند سال در جریان می باشد و از نوار سرد لاستیک مصنوعی در ترمیم و سرجوشهای کول تار استفاده می کند، در خرداد ماه سال ۱۳۹۲ یک بازدید میدانی از خط لوله انتقال گاز از اهواز به ماهشهر انجام شد. در این بازدید قصد انجام آزمون چسبندگی بر اساس استاندارد BS-EN10329 در Annex D بر روی لوله مدفون ترمیم شده طی بازه حدود ۸ سال بود.

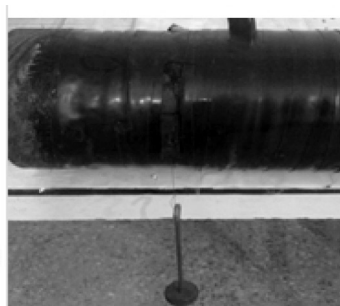
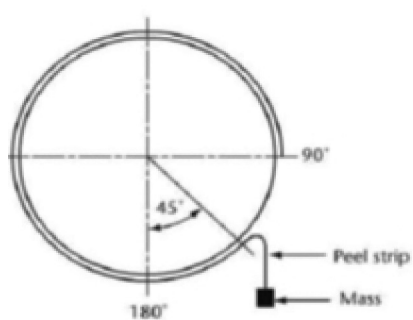
۵- نتایج و بحث

۱-۵- نتایج آزمون جدایش کاتدی

با توجه به شرایط گفته شده در بخش انجام آزمون جدایش کاتدی، نتایج آزمون بر حسب میلی متر برای هر دو نوار سرد و گرم و برای هر دو ناحیه ی جوش و پوشش ترمیم شده ی کول تار لوله در جدول ۳ آورده شده است.



شکل ۵- نمونه ای از اندازه گیری آزمون جدایش کاتدی



شکل ۶- نحوه ی آزمون چسبندگی به روش جرمهای آویزان

جدول ۳- میانگین جدایش کاتدی نوارها و کول تار روی دو قسمت سرجوش و پوشش ترمیم شده در دمای ۲۳ درجه سانتی گراد

پوشش ها	میانگین شعاع جدایش کاتدی (میلی متر)
نوار سرد روی سرجوش	۲۳
نوار گرم روی سرجوش	رد شده (شکل ۷)
نوار سرد ترمیمی روی پوشش کولتار	۲/۸
نوار گرم ترمیمی روی پوشش کولتار	۱/۵

۲-۵- نتایج آزمون چسبندگی

جداول ۵ تا ۸ نتایج چسبندگی نوار سرد و گرم را بر روی فلز سرجوش و پوشش ترمیم شده ی کول تار لوله در دمای اتاق و بر اساس روش جرمهای آویزان نشان می دهد.



شکل ۷- نمونه ی رد شده ی نوار گرم بیتومنی روی سرجوش



شکل ۹- آزمون جدایش کاتدی نمونه ی نوار گرم از کول تار

برای تطابق نتایج چسبندگی جداول فوق با استاندارد CAN/CSA Z245.21-06 و بررسی کمی، سرعت متوسط کنده شدن هر نوار بر حسب واحد میلی متر دقیقه به صورت میزان تبدیل شد که نتایج آن در جدول ۹ آورده شده است.

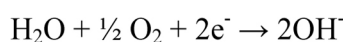
معیار پذیرش چسبندگی در استاندارد CAN/CSA Z245.21-06، نرخ کنده شدن پوشش ۱۰ میلی متر بر دقیقه در دمای اتاق (دمای ۲۳ درجه سانتی گراد) می باشد. به جز مورد نوار گرم روی سرجوش در دمای محیط، چسبندگی ها در دامنه ی پذیرش استاندارد یاد شده قرار دارند. باید گفت که این آزمایش بیشتر از نظر مقایسه ای قابل استناد می باشد که نشان می دهد چسبندگی نوار سرد به سرجوش بهتر از نوار گرم بوده است. علت این امر ممکن است اعمال بهتر این نوار به فولادی که روی آن پرایمر اعمال شده است، باشد به نحوی که هیچ چروکیدگی در نوار وجود نداشته و نیروی کافی جهت کشش نوار اعمال شده باشد. متقابلاً چسبندگی نوار گرم به کولتار بیشتر از نوار سرد بوده است. علت چسبندگی بیشتر نوار گرم به کول تار نسبت به نوار سرد همانند نتیجه جدایش کاتدی، سازگاری بیشتر بیتومن و کول تار و نیز نفوذ آنها در اثر حرارت می باشد.

با توجه به جدول ۳، ویژگی جدایش کاتدی نوار سرد روی سرجوش با میانگین ۲۳ میلی متر نسبت به نوار گرم بیتومنی بهتر می باشد، هرچند با در نظر گرفتن معیار پذیرش این آزمون در استاندارد ISO 21809-3 در مورد نوار گرم بیتومنی اعمال شده روی سطح فولاد که باید کمتر از ۱۵ میلی متر باشد [۲۰]، عملکرد این نوار هم روی سرجوش قابل قبول نمی باشد. علت رد شدن عملکرد هر دو نوار روی سرجوش می تواند آماده سازی نامناسب سطح لوله و یا اعمال ناصحیح نوار و پرایمر باشد. همچنین علت اینکه مقاومت جدایش کاتدی نمونه نوار سرد لاستیک مصنوعی، نسبت به نمونه نوار گرم بیتومنی روی سرجوش و سطوح فلزی بهتر است می تواند سازگاری بهتر آن با حفاظت کاتدی باشد.

همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می شود، با توجه به معیار پذیرش این آزمون طبق استاندارد ISO 21809-3 که برای نوار سرد از جنس لاستیک مصنوعی و نوار گرم بیتومنی - که به عنوان نوار تعمیراتی استفاده می شوند - به ترتیب باید کمتر از ۱۵ و ۲۰ میلی متر باشد، عملکرد هر دو نوار در قسمت صدمه دیده ی پوشش کول تار مورد تایید می باشد. با این وجود، علت عملکرد ضعیف نوار سرد از جنس لاستیک مصنوعی نسبت به نوار گرم بیتومنی در ناحیه ی صدمه دیده، سازگاری بهتر بیتومن با کول تار از لحاظ ساختار و جنس می باشد.

یکی دیگر از دلایل جدایش کاتدی بهتر نوار گرم بیتومنی، می تواند ترکیب شدن بیتومن با کول تار، پر کردن منافذ در اثر اعمال حرارت باشد.

یکی از اهداف مهم این مقاله این بود که تشخیص دهیم سازگاری کدامیک از نوار سرد یا نوار گرم با کول تار بیشتر است. به همین علت قبل از پوست کنی کولتار برای اندازه گیری میانگین جدایش کاتدی، میزان جدایش صرفاً روی اتصال بین نوار ها و کول تار انجام شد (شکل ۸) که نتایج آن در جدول ۴ نتایج آورده شده است. لازم به ذکر است که این قسمت آزمون فقط برای بررسی بیشتر و مقایسه صورت گرفت و از استاندارد خاصی تبعیت نشده بود. نتایج جدول ۴ نشان می دهد که میانگین جدایش بین کول تار و بیتومن با مقدار ۲ میلی متر، کمتر از جدایش بین کول تار و لاستیک مصنوعی با مقدار ۸ میلی متر می باشد. علت این امر می تواند انجام بیشتر واکنش های احیا بین نوار سرد و کول تار باشد به نحوی که این واکنش ها منجر به احیا اکسیژن و افزایش PH در ناحیه ی جدایش می شوند (معادله ۱).



یون های هیدروکسیل تولید شده، در حضور و حرکت سدیم در ناحیه ی جدایش به زیر پوشش جدا شده نفوذ می کنند و منجر به جدایش بیشتر می گردند.

جدول ۴- میانگین جدایش نوارهای سرد و گرم از کول تار روی پوشش ترمیم شده در دمای ۲۳ درجه سانتی گراد

پوشش ها	میانگین جدایش کاندی (میلی متر)
نوار سرد ترمیمی روی پوشش کول تار	۸
نوار گرم ترمیمی روی پوشش کول تار	۲

جدول ۵- نتایج آزمون چسبندگی به روش جرم آویزان نوار سرد روی پوشش ترمیم شده ی کول تار

میزان کنده شدن (سانتی متر)	وزنه (کیلوگرم)	زمان (دقیقه)
۱	۱	۵
۱/۲	۱/۵	۵
۲/۵	۲	۵

جدول ۶- نتایج آزمون چسبندگی به روش جرمهای آویزان نوار گرم روی پوشش ترمیم شده ی کول تار

میزان کنده شدن (سانتی متر)	وزنه (کیلوگرم)	زمان (دقیقه)
۰	۱	۵
۰/۸	۱/۵	۵
۱/۲	۲	۵

جدول ۷- نتایج آزمون چسبندگی به روش جرم آویزان روی نوار سرد در ناحیه سرجوش

میزان کنده شدن (سانتی متر)	وزنه (کیلوگرم)	زمان (دقیقه)
۰	۱	۵
۲	۱/۵	۵
۱/۵	۲	۵

جدول ۸- نتایج آزمون چسبندگی به روش جرم آویزان روی نوار گرم در ناحیه سرجوش

میزان کنده شدن (سانتی متر)	وزنه (کیلوگرم)	زمان (دقیقه)
۵	۱	۵
۵/۵	۱/۵	۵
۶	۲	۵

جدول ۹- میانگین سرعت متوسط کنده شدن هر نوار تحت بارگذاری مختلف در آزمون چسبندگی به روش جرمهای آویزان

پوشش ها	سرعت متوسط (میلی متر/دقیقه)
نوار سرد روی سرجوش	۲/۳۳
نوار گرم روی سرجوش	۱۱
نوار سرد ترمیمی روی پوشش کول تار	۳/۱۳
نوار گرم ترمیمی روی پوشش کول تار	۱

۳-۵- نتایج بازدید میدانی

بعد از حفاری و پیدا کردن بخش تعمیر شده با نوار سرد از جنس لاستیک مصنوعی همانطور که در شکل ۹ مشاهده می شود انتهای نوار تعمیری به پوشش نچسبیده و آزاد بود. تصاویری از نوار گرفته شد و ارزیابی ترمیم به صورت چشمی از طریق کنترل چسبندگی نوار به کول تار صورت گرفت.



شکل ۹- انتهای آزاد نوار سرد

لازم به ذکر است در ساعت ۶ لوله، بعد از کندن نوار مقدار قابل توجهی خاک وجود داشت که احتمالاً تنشهای حرارتی لوله و تنشهای خاک اطراف لوله موجب نوعی شل شدن یا نرم شدن نوار مخصوصاً در ساعت ۶ بوده است که بعد از مدتی در اثر فشار یا تنش و همچنین حرکت خاک، ذرات خاک لا به لای نوار نفوذ کرده بود. با این وجود نمی توان به قطعیت در چسبندگی نه چندان دلخواه نوار سرد به پوشش کول تار در بخش تعمیرات، خصوصیات ذاتی نوار سرد را مقصر قلمداد کرد. سهل انگاری هنگام نوارپیچی دستی و اعمال نیروی کم، باعث نقص در چسبندگی بویژه در ساعت ۶ لوله می گردد. این امر شاید در دراز مدت منجر به SCC در pH نزدیک به خنثی در لوله شود و حداقل آسیب آن برای خط لوله این است که نوار جدا شده در ناحیه پایینی خط لوله سپر حفاظت کاتدی می گردد. وجود این عیب در ساعت ۶ لوله از این جهت خطرناکتر

است که پیل اختلاف دمشی اکسیژن به وجود آمده و این ناحیه به صورت ترجیحی دچار خوردگی می گردد. به طور کلی چسبندگی نوار سرد در این بازدید دلخواه نبود، اما رد هم نمی توان کرد. مطالعه دقیق و عمیق میدانی در خطوط لوله و عدم اکتفا به یک نمونه بسیار کار گشا خواهد بود.

۶- نتایج

پس از انجام آزمون های آزمایشگاهی با آزمونهای چسبندگی، جدایش کاتدی و بازدید میدانی لوله های حاوی پوشش کول تار، جوشکاری و ترمیم، به نتایج زیر دست یافتیم:

۱- دلیل مشخص و واضحی به لحاظ ساختار شیمیایی ترموپلاست جهت عدم سازگاری نوار سرد ترمیمی با پوشش کول تار یافت نشد، هر چند برای اطمینان از صحت این نتیجه، بهتر است از آزمون FTIR استفاده کنیم.

۲- نتایج آزمایشگاهی تفاوت فاحشی بین عملکرد دو نوع نوار بیتومنی گرم و نوار از جنس لاستیک مصنوعی نشان نداد، هر چند که نوارهای گرم بیتومنی روی ترمیم پوشش کول تار و نوارهای سرد از جنس لاستیک مصنوعی روی سرجوش ها عملکرد بهتری داشتند.

۳- کیفیت اعمال و نیز آماده سازی سطحی، مهمترین عوامل در عملکرد نوارهای گرم و سرد می باشند به نحوی که در نوارهای گرم به دلیل وجود حرارت (و از بین رفتن آلودگیهای سطحی و همچنین اثر وجود شعله، نفوذ لایه های پوشش اصلی و نوار گرم داخل هم بهتر و بیشتر می باشد و در نوارهای سرد این عامل با استفاده ی دقیق و کامل از پرایمر و حلال متناسب آن و همچنین آماده سازی دقیق سطوح و زدایش عوامل خارجی و تسطیح سطوح زیرین (علی الخصوص با استفاده از ماستیک) بستگی دارد و ایرادات احتمالی نوارهای سرد به نوع اعمال و آماده سازی باز می گردد در حالیکه ذات فرایند گرم خود به خود موجب انجام یکسری مقدمات در عملیات ترمیم و زدایش آلودگی می باشد و وابستگی کیفی کمتری دارد.

مراجع

- [1] M. Wilmott, J. Highams, R. Ross and Kopystinski, Coating and Thermal Insulation of Subsea or Buried Pipelines, Journal of protective coatings & linings (JPCL), vol. 17, no. 11, 2000, Pp. 47-54.
- [2] Phil., Hopkins, The structural integrity of oil and gas transmission pipelines, Comprehensive Structural Integrity, Elsevier Publishers Penspen Ltd., Berlin, 2002.
- [3] محمدرضا حافظ نیا، خلیج فارس و نقش استراتژیک تنگه هرمز، انتشارات سمت، چاپ دوم، ۱۳۷۸
- [4] آیدا شهریاری، پنجمین کنفرانس لوله خطوط انتقال گاز، مرکز همایش بین المللی شهید بهشتی، تهران، ۱۳۹۲
- [5] C. R. Reeves, "Pipeline rehabilitation using field applied tape systems," Corrosion NACE, vol. 1, no. 615, 1998, Pp. 1-6,

- [6] D. Tailor, W. Hodgins and N. Gritis, "field joint developments and compatibility considerations," in 15th International Conference on Pipeline Protection, Bedford, 2003.
- [7] AGA (American gas association), 2004, " Natural gas101- An introduction to the natural gas industry."
- [8] نریمان شریفی نسب، مقایسه ی فنی پوشش های ضد خوردگی بیتومن انامل و پوشش ۲ لایه اپوکسی در پروژه های فراساحل در همایش صنایع دریایی، انجمن مهندسی دریایی ایران، ۱۳۹۱، ص ۲۹
- [9] Uffana Riaz, "High performance corrosion protective DGEBA/polypyrrole composite coatings," progress in organic coating, elsevier, vol. 59, no. paper No. 2, 2007, Pp. 138-145.
- [10] Papavinasam, Sankara, R. Winston Revie, and Michael Attard, "Selection of external coatings for northern pipelines: laboratory methodologies for evaluation and qualification of coatings." 2004 International Pipeline Conference, American Society of Mechanical Engineers, Houston, 2004.
- [11] IGS-R-TP-024 (Iranian Gas Standard), 2009, "Recommended practice for selection of suitable external coatings for underground (buried) gas pipeline."
- [12] IPS-M-TP-314 (Iranian Petroleum Standard), 1994, "Material standard for hand-applied laminated tape (suitable for hot-applied coating systems)."
- [13] IGS-M-TP-14-5(Iranian Gas Standard), 2010, "Hand-applied two layer bituminous tape."
- [14] BS-10329 (British Standard), 2006, "Steel tubes and fittings for onshore and offshore pipelines- external field joint coatings."
- [15] IGS-M-TP-14-4(Iranian Gas Standard), 2010, "Hand-applied two layer bituminous tape."
- [16] IPS-M-TP-310 (Iranian Petroleum Standard), 1994, "Material standard for cold-applied plastic tape as inner layer tape for tape coating system of buried steel pipes."
- [17] G. Gedeon, "coating types and characteristics," in Engineering and Design - Painting: New Construction and Maintenance, Continuing Education and Development, United States, 1995, Pp. 1-24.
- [18] R. Norsworthy, "Addressing Soil Stress and CP Shielding by Using a Woven Geotextile Fabric Backed Tape System with a Rubber Modified Bituminous Compound." in corrosion-national association of corrosion engineers annual conference-, NACE, 2000.
- [19] A. N. Moosavi, Advances in Field Joint Coating for Underground Pipelines, CORROSION 2000, NACE, 2000.
- [20] ISO 21809-3 (International Organization for Standardization), 2008, "Petroleum and natural gas industries – external coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation systems-."
- [21] CAN/CSA Z245.21-06 (Canadian Standard), 2006, "External fusion bond epoxy coatings for steel pipe/ External polyethylene coatings for pipes."