تبعات کاهش ویسکوزیته روغن

کاهش ویسکوزیته روغن توربین، مشکلات زیر را در پی دارد:

- کاهش ضخامت فیلم روغن
- افزایش احتمال برخورد شفت به بابیت یاتاقان توربین
- افزایش اثر مخرب آلودگی‌ها روی بابیت یاتاقان توربین
- افزایش احتمال از بین رفتن فیلم روغن در بارهای زیاد (High Load) و سرعت‌های پایین، یعنی موقع دور دادن (Start-up) و متوقف شدن (Coast-down) توربین
- افزایش احتمال شکست حرارتی روغن
- شکست فیلم روغن در دماهای بالا در شفت توربین

تصویر (۴-۴): تبعات تغییرات ویسکوزیته روغن توربین

توربین‌سازهای مختلف در مورد محدوده مجاز تغییرات ویسکوزیته روغن توربین اظهار نظر کرده‌اند. به عنوان مثال زیمنس و مپنا تغییرات ٪۱۰± را برای ویسکوزیته روغن توربین، معرفی کرده‌اند.

پیشنهاد میشود ویسکوزیته روغن توربین را ماهیانه اندازه‌گیری نمایید. حجم روغن مورد نیاز برای اندازه‌گیری مطابق با پروتکل استاندارد **ASTM D 445** برابر با **۲۵ ml** می‌باشد.

برای مشاهده فایل ویدئویی این بخش، به لینک زیر مراجعه کنید و یا بارکد را اسکن نمایید.

https://goo.gl/iK2X7h

مدیریت تعمیرات خطوط لوله فراساحلی

بخش دوم

علی شقاقی مقدم
استادیار مکانیک
shaghaghi@radcofix.com

چکیده

در خطوط لوله انتقال گاز فراساحل خرابی‌های متعددی در زمان پیش‌راه‌اندازی و بهره‌برداری گزارش شده است. بعد از گزارش هرگونه خرابی در خط لوله، عملیات متناسب جهت برطرف کردن آن می‌باست انجام شود تا مجدداً خط به سرویس برگردد. در تعمیر خرابی خطوط لوله زنجیره‌ای از فعالیت‌ها می‌بایست انجام شود تا تعمیر بدرستی صورت پذیرد. در راستای تعمیر خرابی در خطوط لوله روش‌های مختلفی وجود دارد. در روش‌های قدیمی‌تر، لوله‌گذاری قسمت آسیب دیده بسیار متداول می‌باشد که این روش هم نیازمند شناورهای خاص و هم اینکه هزینه تعمیرات بالا می‌باشد. امروزه تکنولوژی‌های جدیدتری برای تعمیر خطوط لوله ارائه شده است که هزینه و عملیات مورد نیاز برای تعمیر خط لوله را به حداقل می‌رساند. در تکنولوژی‌های نوین، نیاز به شناورهای خاص کمتر بوده و همچنین زمان عملیات زیر سطحی برای نصب تجهیزات به حداقل می‌رسد. علاوه بر اینکه وابستگی صحت تعمیرات خط لوله به مهارت غواص کمتر شده و در نتیجه اطمینان از تعمیر بیشتر می‌گردد. در این مقاله مقدمه‌ای بر روش‌های جدید برای تعمیر خطوط لوله به همراه تکنولوژی‌های مربوطه ارائه می‌گردد. در ادامه نتایج هیدروتست یک نمونه اسمارت فلنج ۴ اینچ ساخته شده نیز ارائه می‌گردد.

۴-۱. تکنیک‌های تعمیر خط لوله

با توجه به بررسی آماری خرابی‌های مشاهده شده در خطوط لوله پارس جنوبی، نوع خرابی‌های متداول برای خطوط مختلف قابل استخراج می‌باشد. عمدتاً برای خطوط لوله در پارس جنوبی، نشتی، برخورد لنگر و گسیختگی خطوط لوله احتمال رخداد بیشتری دارند. بررسی علل بروز این خرابی‌ها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد چرا که با اصلاح رویه بهره‌برداری ممکن است احتمال بروز چنین رخدادهایی کمتر شود. در این قسمت در مورد روش‌های تعمیر خط لوله در زمان بروز حادثه مطالب ارائه خواهند شد.

• گسیختگی کامل خط لوله

در صورت بروز پارگی در خطوط لوله فراساحلی روند تعمیر به این صورت می‌باشد که بهره‌برداری از خط متوقف می‌شود. سپس یک شناور به محل حادثه رفته و با اعزام غواص به عمق مربوطه (در پارس جنوبی عمدتاً خطوط لوله تا عمق در حدود ۸۰ متر می‌باشند) محل خرابی را شناسایی نموده و طولی از خط که دچار پارگی شده است را اندازه‌گیری می‌کند. سپس به دو سمت خط لوله که آزاد می‌باشد تجهیزی به نام Recovery head وصل می‌کند و کابل قوی را به آن متصل می‌کند. انتهای کابل به وینچ روی شناور متصل می‌باشد. عملیات بازیابی خط لوله شروع شده و خط لوله به روی شناور کشیده می‌شود.

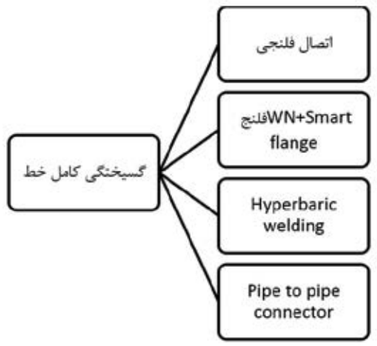
در روی شناور انتهای خط بریده شده و یک فلنج روی آن جوش داده می‌شود و مجدد به کف دریا منتقل می‌شود. این عملیات برای سمت دیگر لوله نیز انجام می‌شود. بعد از اینکه به هر دو سمت لوله فلنج جوش داده شد و به بستر دریا منتقل گردید، غواص فاصله بین دو فلنج را اندازه‌گیری کرده و به همان طول یک قرقره که به دو سمت آن فلنج جوش داده شده است تهیه شده و به بستر دریا منتقل می‌گردد. سپس غواص قرقره را از هر دو طرف به خط لوله متصل می‌کند. این عملیات در تعمیرات فراساحل بسیار متداول می‌باشد اما فرایند ریکاوری خط لوله به روی شناور بسیار زمان بر و هزینه بر می‌باشد.

در راستای کاهش هزینه و حذف عملیات ریکاوری خط لوله، استفاده از اسمارت فلنج گزینه مناسبی می‌باشد. اسمارت فلنج به این صورت می‌باشد که با دارا بودن مکانیزم خود قفل کن و نشت بند، به سرآزاد خط لوله وصل می‌شود. مکانیزم اسمارت فلنج به این صورت می‌باشد که در صورت بستن پیچ‌های آن، اسمارت فلنج هم به روی خط لوله قفل می‌شود و هم اینکه دارای سیستم نشت بند بسیار قوی می‌باشد که می‌تواند تا فشارهای ۳۰۰ بار را تحمل کند. بنابراین برای عملیات تعمیر پارگی خط لوله، عملیات ریکاوری لوله به روی شناور حذف می‌شود و تنها با استفاده از اسمارت فلنج و اتصال آن به خط لوله، اتصالی مانند اتصال جوش ایجاد می‌گردد که هم نشت بند می‌باشد و هم لوله را قفل می‌نماید و امکان جابجایی خط لوله را نمی‌دهد. (لازم به ذکر است که عملیات جوش‌کاری در زیر آب Hyperbaric welding بسیار گران‌قیمت بوده و به همین خاطر به ندرت از آن تکنولوژی استفاده می‌شود.)

از آنجایی که مشخصات هندسی خط لوله در زمان عمر خود به خاطر علت‌های مختلف ممکن است تغییر کرده باشد (تغییر ضخامت، بیضوی شدن مقطع و ..)، اسمارت فلنج می‌بایست این توانایی را داشته باشد که برای یک محدوده از عیوب هندسی خط لوله، قابلیت ایجاد اتصال مکانیکی و نشت‌بندی را داشته باشد. لغت اسمارت در این فلنج‌ها نیز به همین دلیل می‌باشد که مکانیزم درون آن بگونه‌ای باشد که بتواند تعادلی بین حالت قفل کن به لوله و نشت بند را ایجاد نماید تا در فشار طراحی (۲۷۰ بار) و همچنین ممان خمشی و نیروی محوری تحمل لازم را داشته باشد. تا بحال مدل‌های مختلفی از اسمارت فلنج‌ها توسط شرکت‌های معتبر طراحی شده که در زیر به نمونه‌هایی از آنها اشاره می‌شود.

شکل ۱: نمونه‌هایی از اسمارت فلنج

در شکل ۲ روش‌های متداول برای تعمیر گسیختگی کامل خط لوله نشان داده شده است.



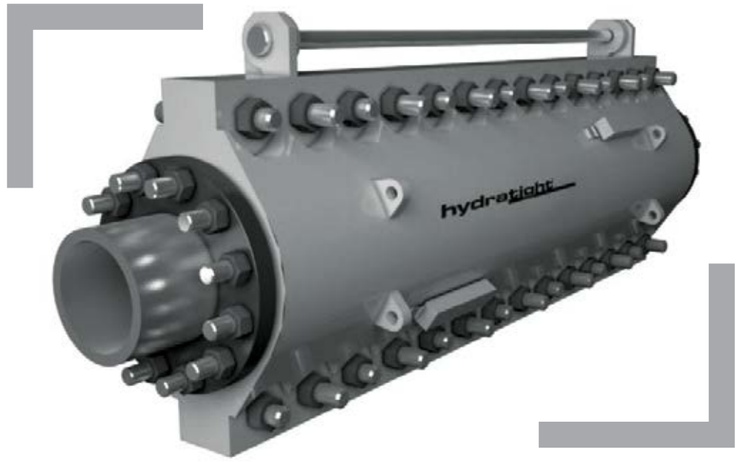
شکل ۲ : روش های تعمیر برای گسیختگی کامل خط لوله

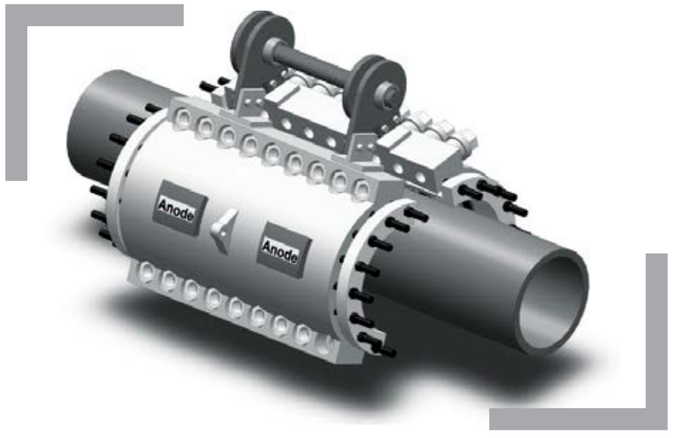
در شکل ۲ روش‌های موجود برای تعمیر گسیختگی کامل خط لوله نشان داده شده است. روش جوشکاری hyperbaric welding، بخاطر هزینه بر بودن معمولاً کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. اتصال pipe to pipe در قسمت بعد توضیح داده خواهد شد.

• تعمیر نشتی در خطوط لوله

وجود نشتی در خط لوله باعث افت فشار و در بعضی شرایط باعث توقف تولید می‌گردد. در صورتی که جنس عیب از نوع ترک محیطی باشد، ترک تحت اثر فشار داخلی، ممان خمشی و نیروی محوری رشد کرده و باعث گسیختگی کامل خط لوله شده و به اصطلاح full bore rupture اتفاق می‌افتد. بروز نشتی در خطوط سایز پایین بسیار معمول می‌باشد. در صورتی که عمق خرابی زیاد باشد، قسمتی از خط لوله که دچار آسیب دیدگی اساسی شده است از بستر دریا خارج شده و مجدد لوله‌گذاری انجام می‌پذیرد. در صورتی که خرابی بصورت نشتی باشد، یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای تعمیر استفاده از کلمپ‌های نشت‌بند می‌باشد. این کلمپ‌ها دارای مکانیزم نشت بند می‌باشد بطوری که بعد از بسته شدن روی خط لوله توسط غواص، قابلیت تحمل فشار طراحی خط لوله را داشته باشند.

از آنجایی که در بعضی موارد هندسه خرابی از نوع سوراخ و pin hole نبوده و بصورت ترک می‌باشد، استفاده از کلمپ‌های نشت بند تنها به عنوان راهکار موقت بحساب می‌آیند. چرا که تحت اثر ممان خمشی، نیروی محوری و فشار داخلی امکان رشد ترک محیطی و طولی وجود خواهد داشته که در نتیجه باعث از کار افتادن عملکرد کلمپ می‌گردد. در راستای حفظ یکپارچگی خط لوله و همچنین نشتی‌گیری ، در اختراع حاضر ایده استفاده از اسمارت کلمپ بیان مطرح می‌گردد. در این ایده، با بستن پیچ‌های طولی و شعاعی در زمان نصب اسمارت کلمپ توسط غواص، مکانیزم نشت‌بندی و اتصال مکانیکی (گریپر) هر دو با هم فعال می‌شوند. لغت اسمارت در این کلمپ‌ها نیز به همین دلیل می‌باشد که مکانیزم درون آن بگونه‌ای باشد که بتواند تعادلی بین حالت قفل‌کن به لوله و نشت‌بند را ایجاد نماید تا در فشار طراحی (۲۷۰ بار) و همچنین ممان خمشی و نیروی محوری تحمل لازم را داشته باشد. از آنجایی که مشخصات هندسی خط لوله در زمان عمر خود به خاطر علت‌های مختلف ممکن است تغییر کرده باشد (تغییر ضخامت، بیضوی شدن مقطع و ..)، اسمارت کلمپ می‌بایست این توانایی را داشته باشد که برای یک محدوده از عیوب هندسی خط لوله، قابلیت ایجاد اتصال مکانیکی و نشت‌بندی را داشته باشد. نمونه‌هایی از اسمارت کلمپ‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است.

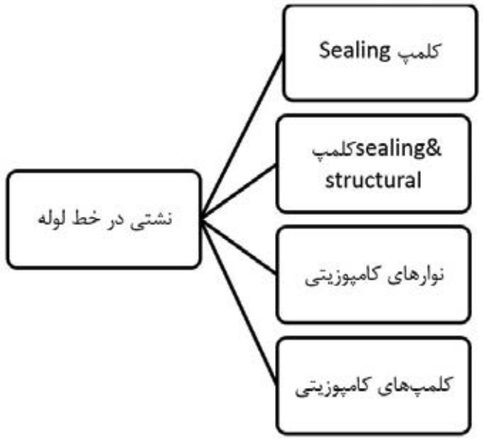




شکل ۳: کلمپ نشت‌بند برای دما/ فشار بالا HP/HT

شکل ۴: اسمارت Elbow & Tee

در شکل ۴ مدل‌هایی از اسمارت بند و اسمارت تی نشان داده شده است.
بطور کلی روش‌های متداول برای تعمیر نشتی در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل۵ : روش‌های تعمیر برای نشتی در خط لوله

نوارهـای کامپوزیـت بـرای رفـع نشـتی در فشـارهای تـا حـدود ۱۰۰ بـار مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیرنـد کـه در بعضـی از پروژه‌هـای پـارس جنوبـی از ایـن روش بـرای رفـع نشـتی اسـتفاده شـده اسـت. کلمپ‌هـای کامپوزیتـی، مدل‌هـای جدیـدی می‌باشـند کـه بـه تازگـی معرفـی شـده‌اند.

هیدروتست اسمارت فلنج ۴ اینچ

فشـار بهره‌بـرداری خـط ۴ اینـچ در حـدود ۲۱۰ بـار و فشـار هیدروتسـت آن در حـدود ۲۷۰ بـار می‌باشـد. در شـکل ۶ نمونـه اسـمارت فلنـج و اسـمارت کانکتـور هیدرولیـک لولـه بـه لولـه سـاخته شـده نشـان داده شـده اسـت.

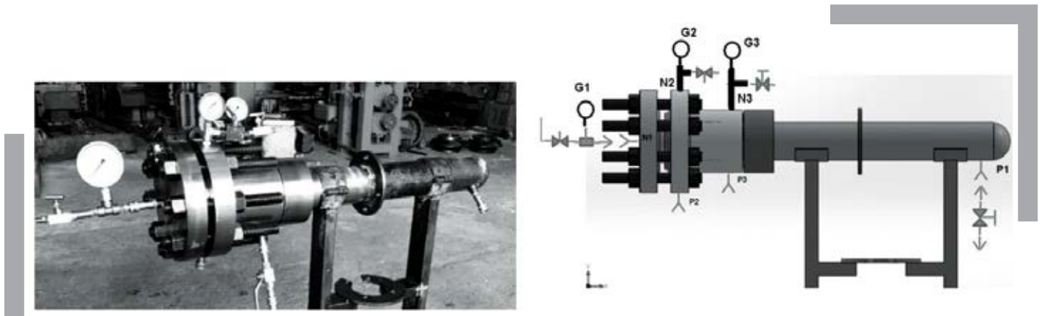
الف) اسمارت کانکتور هیدرولیک لوله به لوله

ب) اسمارت فلنج ۴ اینچ

شکل ۶: نمونه‌ای تجهیزات ساخته شده

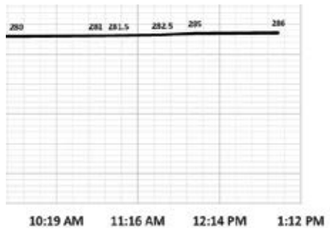
در شکل۷ ست آپ هیدروتست اسمارت فلنج نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود اسمارت فلنج حاضر با توجه به لایه‌های مختلف الاستومر قابلیت هیدروتست آنولوس از دو ناحیه را دارا می‌باشد. چند لایه بودن مکانیزم نشت بند این اطمینان را ایجاد می‌کند که اگه در زمان بهره‌برداری مشکلی برای یکی از نشت بندها اتفاق افتد، فشار روی لایه‌های باقیمانده تقسیم شده و در نتیجه خللی در بهره‌برداری اسمارت فلنج ایجاد نگردد.

با توجه به بروز حوادث مختلف در اسمارت فلنج‌ها، بخصوص اکستروژن الاستومر در زمان بهره‌برداری، در طرح حاضر ایده استفاده از مکانیزم‌های بک آپ الاستومر ارائه شده است تا فضایی برای اکستروژن الاستومر ایجاد نگردد.

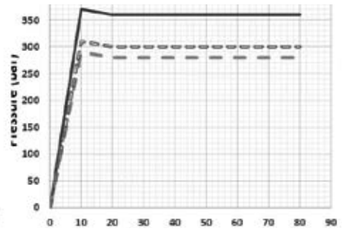


شکل ۷ : ست آپ هیدروتست و محل قرارگیری فشار سنج‌ها

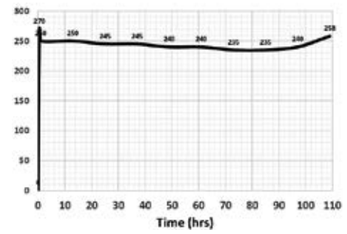
در زمان هیدروتست، بدلیل اثر End Cap نیرویی در حدود ۶۰ تن به اسمارت فلنج وارد می‌شود. برای اندازه‌گیری اثر این نیرو در جابجایی نسبی فلنج روی لوله، از یک ساعت میکرومتری استفاده شده است که در یک سمت به لوله و در سمت دیگر به اسمارت فلنج نصب شده است. بطور معمول تست‌ها در مدت زمان یک ساعت انجام می‌گردد. اما زمان هیدروتست با توجه به نیاز کارفرما ممکن است متغیر باشد. در این تحقیق برای ارزیابی قابلیت اطمینان اسمارت فلنج، تست‌های بسیار متنوعی در زمان نگهداری مختلف انجام شده است. هیدروتست برای مدت زمان نگهداری یک ساعت تا ۱۰۸ ساعت با بارگذاری‌های مختلفی انجام شده که در شکل ۸ بطور مختصر چند نمودار از هیدروتست‌ها نشان داده شده است.



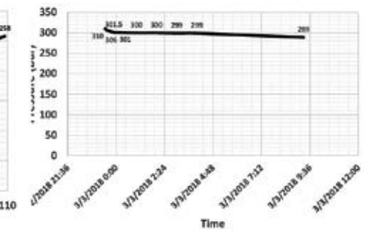
ب) نتایج هیدروتست اصلی برای مدت سه ساعت و نیم
(شروع تست ساعت نه و نیم صبح، اتمام یک بعد از ظهر)



الف) نمودار هیدروست اصلی و آنولوس برای مدت زمان تست یک ساعت



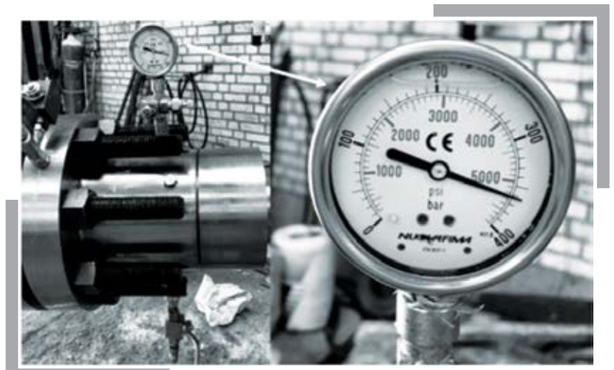
ت) نتایج هیدروتست اصلی برای مدت زمان ۱۰۸ ساعت (۴ روز و نیم)
(شروع تست: شنبه ۸ صبح، خاتمه تست: چهارشنبه ۸ شب)



پ) نتایج هیدروتست اصلی (شروع تست ۱۱:۳۰ ، اتمام تست ۹:۳۰ صبح)

شکل ۸ : نمودارهای هیدروتست اصلی و آنولوس برای حالت‌های مختلف

برای ارزیابی اطمینان اسمارت فلنج، هیدروتست آنولوس تا فشار ۳۶۰ بار (۷۰ درصد بیشتر از فشار بهره‌برداری) نیز انجام گردید که در شکل زیر قطعه تحت این فشار نشان داده شده است.



شکل ۹: هیدروتست آنولوس با فشار ۳۶۰ بار

در جدول زیر نتایج هیدروتست اصلی و آنولوس بطور مختصر نشان داده شده است.

جدول ۲: نتایج هیدروتست اصلی و آنولوس

Test type	Test pressure (bar)	Hold time (min)	Initial pressure (bar)	Stabilized pressure (bar)	Final pressure (bar)	Dial micrometer (mm)
Main test	275	30	300	294	294	0.15
Annulus test 3	275	30	360	360	360	NA
Annulus test 2	275	30	302	299	299	NA

نتیجه گیری

در خطوط انتقال گاز پارس جنوبی شایع‌ترین خرابی، نشتی و گسیختگی خط لوله می‌باشد. با توجه به سایز نشتی، شناسایی محل نشتی ممکن است چالش بزرگی باشد. بعد از شناسایی محل خرابی، تکنیک مناسبی جهت تعمیر خط بایستی اتخاذ گردد. یکی از متداول‌ترین روش‌ها، ریکاور نمودن خط لوله و استفاده از فلنج دائم و نصب یک اسپول میانی می‌باشد. در این روش نیاز به شناور لوله گذار می‌باشد. این روش علیرغم هزینه بالاتر، یک روش دائمی به حساب می‌آید. البته در خطوط سایز بالاتر، ریکاور نمودن خط لوله نیازمند دی واتر کردن خط می‌باشد. از روش‌های دیگری که برای تعمیرخرابی مورد استفاده قرار می‌گیرد استفاده از کلمپ، اسمارت کلمپ و اسمارت فلنج می‌باشد. هر چند این روش‌ها نسبت به روش قبلی نیاز به زمان و هزینه کمتری دارند ولی تجربیات ناموفقی در این روش‌ها گزارش شده است که اطمینان نسبت به آنها کم می‌باشد. خرابی‌های دیگری که در خط لوله ممکن است اتفاق افتد Full bore rupture خط لوله می‌باشد که باعث توقف کامل تولید می‌گردد. تعمیر این نوع خرابی نیازمند تمهیدات خاصی می‌باشد. بطور کلی برای حصول به روش تعمیر مناسب، زنجیره‌ای از عملیات بایستی بدرستی انجام شود. در اولین مرحله بایستی اطلاعات کامل از محل خرابی و شرایط طراحی خط لوله در محل مزبور استخراج گردد. مواردی از جمله قطر خط لوله، ضخامت، Ovality، خوردگی، عمر خط، محتوای داخل خط و ... می‌بایست مستند گردد. در مرحله بعد با توجه به اطلاعات طراحی مشخصاتی از جمله ممان خمشی روی خط در محل خرابی، نیروی محوری مربوطه، فشار داخلی و خارجی، دما در محل خرابی و ... می‌بایست دسته‌بندی گردد. با جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، می‌بایست تجهیز مناسب برای تعمیر انتخاب گردد. در صورتی که تجهیز مربوطه بدون آنالیز محل خرابی انتخاب گردد، تعمیر ممکن است حتی باعث آسیب بیشتر به خط لوله گردد. در مقاله حاضر دست آوردهای ساخت دو نمونه تجهیزات تعمیری خط لوله، اسمارت فلنج ۴ اینچ و اسمارت کانکتور هیدرولیک لوله به لوله، نیز ارائه گردید. تجهیزات مربوطه به طور کامل داخلی طراحی و ساخته شده است.

مراجع

[1] Otegui JL, Fazzini PG, Márquez A. Common root causes of recent failures of flanges in pressure vessels subjected to dynamic loads. Eng Fail Anal 2009;16:1825–36

[2] Hussain K, Shaukat A, Hassan F. Corrosion cracking of gas-carryinng pipelines. Materials Performance 1988:13.

[3] Zheng JY, Zhang BJ, Liu PF. Failure analysis and safety evaluation of buried pipeline due to deflection of landslide process. Eng Fail Anal 2012;25:156–68.

[4] E. Gamboa a, V. Linton a,⁎, M. Law, "Fatigue of stress corrosion cracks in X۶۵ pipeline steels", International Journal of Fatigue 30 (2008) 850–860

[5] P.F. Liu; J.Y. Zheng; B.J. Zhang; P. Shi, "Failure analysis of natural gas buried X65 steel pipeline under deflection load using finite element method", Materials and Design 31 (2010) 1384–1391

[6]- Ali Shaghaghi Moghaddam, Saeid Mohammadnia, Three dimensional finite element analysis of offshore pipeline with Abaqus, Fifth Iranian Pipe & Pipeline Conference, Dec 2013

[7]- Ali Shaghaghi Moghaddam, Saeid Mohammadnia and Mohammad Sagharichiha" Analysis of offshore pipeline laid on 3D seabed configuration by Abaqus", Ocean Systems Engineering Volume 5, Number1, 2015, pages 31-40

[8]- Ali Shaghaghi Moghaddam, Saeid Mohammadnia, Finite element analysis of offshore pipeline with Abaqus, 1395 و نشریه تخصصی شرکت مهندسی ساخت و تاسیسات دریایی ایران

[9]- Ali Shaghaghi Moghaddam and Saeid Mohammadnia," Three dimensional finite element analysis of 4 inch smart flange on offshore pipeline", Ocean Systems Engineering Volume 4, Number 4, December 2014, pages 279-291.

[۱۰] علی شقاقی مقدم، سعید محمدنیا ، مدل‌سازی المان محدود اسمارت فلنج ۴ اینچ برای خطوط فراساحل و بررسی خرابی آن، ششمین کنفرانس خط لوله ، ۱۳۹۵

[۱۱]علی شقاقی مقدم، سعید محمدنیا، بررسی خرابی در خطوط لوله فراساحل، روش‌های شناسایی و تکنیک‌های تعمیر نشریه اروند، ۱۳۹۶

[۱۲] سید صالح موسوی، علی شقاقی مقدم، سعید محمدنیا، آنالیز خرابی خطوط لوله خورده شده با نشریه تخصصی اروند، شماره ASME B31.G 66 استفاده از استاندارد

[۱۳] سید صالح موسوی، علی شقاقی مقدم، سعید محمدنیا، تخمین فشار شکست لوله‌های خورده شده هشتمین کنفرانس بین المللی لوله و ASME B31.G فولادی با استفاده از نسخه های متفاوت استاندارد خطوط انتقال نفت و گاز، ۲۰۱۷

[۱۴] علی شقاقی مقدم، سعید محمدنیا، طراحی، ساخت و هیدروتست اسمارت فلنج ۴ اینچ با قابلیت تست آنولوس، نشریه فراساحل انرژی، شماره ۶، اردیبهشت ۱۳۹۷

[15] Ali Shaghaghi Moghaddam, Saeid Mohammadnia, "Design Consideration of Subsea Smart Connectors with Annulus Test Port", 1st conference on Asset Integrity Management in Oil & Gas, 2018