

## تعمیر خط لوله ارتجاعی انتقال نفت سکوی WHP3 میدان مشترک هنگام در منطقه عملیاتی قشم شرکت نفت فلات قاره ایران

حیدر یارویی<sup>۱</sup>، شهسوار ارغش<sup>۲</sup>، افشین فلاحي<sup>۳</sup>، جلال صابری<sup>۴</sup>، عطا امیری یکتا<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس مهندسی مکانیک، شرکت نفت فلات قاره ایران، منطقه قشم، [hyarveicy@iooc.co.ir](mailto:hyarveicy@iooc.co.ir)

<sup>۲</sup> کارشناس مهندسی مکانیک، شرکت نفت فلات قاره ایران، منطقه قشم، [sarghash@iooc.co.ir](mailto:sarghash@iooc.co.ir)

<sup>۳</sup> کارشناس مهندسی مکانیک، شرکت نفت فلات قاره ایران، منطقه قشم، [afallahi@iooc.co.ir](mailto:afallahi@iooc.co.ir)

<sup>۴</sup> کارشناس مهندسی الکترونیک، شرکت نفت فلات قاره ایران، منطقه قشم، [jsaberi@iooc.co.ir](mailto:jsaberi@iooc.co.ir)

<sup>۵</sup> کارشناس ارشد مهندسی بازرسی فنی، شرکت نفت فلات قاره ایران، منطقه قشم، [aamiriyekta@iooc.co.ir](mailto:aamiriyekta@iooc.co.ir)

### چکیده:

در اثر برخورد لنگر کشتی با خط لوله ارتجاعی<sup>۱</sup> انتقال نفت، خط لوله دچار آسیب گردید و به منظور جلوگیری از نشت نفت به دریا، چاه‌های مستقر در سکوی تولیدی، تغذیه کننده خط لوله مذکور بسته شدند. با توجه به اینکه دانش تعمیر این گونه از لوله‌ها در انحصار چند شرکت خاص اروپایی می‌باشد و با در نظر گرفتن تحریم‌ها و عدم امکان استفاده از خدمات چنین شرکت‌هایی، تیمی از متخصصین منطقه قشم مسئولیت تعمیر خط لوله را به عهده گرفتند. نمونه‌ای از خط لوله به قشم منتقل گردید و ساختار آن مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که جهت تعمیر و اتصال قسمت جدا شده خط لوله ارتجاعی نیاز به ساخت و اتصال دو عدد End Fitting می‌باشد. تعمیر این لوله پس از نزدیک به دو ماه کار شبانه‌روزی و به دست آوردن دانش فنی ساخت End Fitting چنین لوله‌هایی برای اولین بار در ایران صورت پذیرفت و خط مذکور پس از گذراندن تست‌های مختلف در سرویس قرار گرفت. روش تعمیراتی که با الهام از استانداردهای انستیتو نفت آمریکا (API) و برای نخستین بار در کشور عملی گردید، در این مقاله ارائه شده است.

### کلمات کلیدی: لوله ارتجاعی، End Fitting، میدان هنگام

### مقدمه:

میدان هنگام در تنگه هرمز در بخش شرقی خلیج فارس واقع شده که حدود ۸۰ درصد آن در آب‌های ایران و باقی‌مانده در ناحیه دریایی کشور عمان قرار گرفته است. این میدان در ۴۰ کیلومتری جنوب جزیره قشم و ۳۰ کیلومتری جزیره هنگام و ۷۰ کیلومتری خط ساحلی ایران قرار دارد. میدان هنگام دارای نفت با درجه API حدود ۵۰ می‌باشد.

به منظور بهره‌برداری از میدان مشترک هنگام، شرکت نفت فلات قاره ایران سه سکوی با نام‌های WHP1، WHP2 و WHP3 را نصب نموده است. نفت استخراج شده از سکوی WHP2 و WHP3 با استفاده از لوله‌های ارتجاعی به سکوی مادر (WHP1) منتقل شده و از آنجا توسط خط لوله دریایی به تأسیسات بهره‌برداری خشکی منطقه قشم منتقل می‌گردد.

لوله‌های ارتجاعی به نحوی طراحی می‌گردند تا درعین داشتن استحکام و دوام لوله‌های فولادی صلب از قابلیت انعطاف‌پذیری نیز برخوردار باشند و در اکثر مواقع تنها جایگزین Riserها در محیط‌ها با نیروهای دینامیک می‌باشند. این لوله‌ها متشکل از چندین لایه تسمه‌های فلزی و پلیمری مارپیچ در هم تنیده می‌باشد (شکل ۱).

در شکل ۱ ساختار لوله ارتجاعی نشان داده شده است. وظیفه هر یک از لایه‌ها به شرح زیر می‌باشد:

لایه ۱ - بدنه داخلی<sup>۲</sup>: یک ساختار در هم قفل شده ساخته شده از نوارهای فولاد زنگ‌نزن<sup>۳</sup> می‌باشد. بدنه داخلی از شکسته شدن لایه پلیمری (لایه ۲) جلوگیری نموده و ضمن ایجاد مقاومت مکانیکی نقش لایه مقاوم در برابر خوردگی را نیز ایفا می‌نماید.

لایه ۲ - لایه پلیمری داخلی<sup>۴</sup>: لایه پلیمری می‌باشد که از نشت سیال داخل لوله به سایر لایه‌ها جلوگیری می‌کند.

لایه ۳ - لایه مقاوم به فشار<sup>۱</sup>: این لایه از تعدادی وایرها یا نوارهای فولادی مارپیچی در هم تنیده شده C شکل تشکیل شده است. مقاومت در برابر بارهای شعاعی از وظایف این لایه می‌باشد.

<sup>۱</sup> Flexible pipe

<sup>۲</sup> Carcass

<sup>۳</sup> Stainless steel

<sup>۴</sup> Inner polymer liner

لایه ۴ - لایه‌های مقاوم به کشش<sup>۱</sup>: این لایه‌ها از نوارهای فولادی مستطیل شکل تشکیل شده‌اند که به صورت مارپیچی در هم تنیده شده است. این لایه‌ها به در دو جهت خلاف یکدیگر روی هم قرار گرفته‌اند. این بخش از لوله مقاومت در برابر بارهای کششی محوری را فراهم می‌نماید.

لایه ۵ - غلاف بیرونی<sup>۲</sup>: همانند لایه ۲، این لایه نیز از جنس پلیمر می‌باشد. این لایه وظیفه حفاظت و جداسازی سایر اجزا داخلی لوله را از محیط دارد.



شکل ۱: ساختار لوله ارتجاعی

در روز حادثه، شناور تدارکاتی که برای تخلیه سیمان حفاری، کنار دکل پهلو گرفته و با انداختن لنگر به دکل مهار شده بود، پس از پایان عملیات تخلیه، شروع به جمع‌آوری زنجیر لنگر نموده و سپس اعلام می‌نماید لنگر شناور به شئی گیر نموده و بالا نمی‌آید و حباب‌های چرب به همراه مواد سبز رنگ در سطح آب مشاهده می‌شود (شکل ۲). با اطلاع موضوع به سکوی هنگام و عملیات دریایی سیری و مسئولین منطقه قشم، زنجیر لنگر بریده شد و لنگر رها می‌گردد و چاه‌های تغذیه‌کننده سکوی مذکور برای جلوگیری از نشت بیشتر نفت بسته می‌شود.



شکل ۲: لنگر کشتی تدارکاتی و خط لوله پس از برخورد لنگر

با توجه به در دسترس نبودن لوله ارتجاعی جایگزین و عدم همکاری شرکت‌های خارجی به دلیل وجود تحریم‌ها علیه صنایع نفت کشور، تیمی از متخصصین منطقه قشم تعمیر خط لوله را برای اولین بار در ایران به عهده می‌گیرند.

<sup>1</sup> Pressure armor

<sup>2</sup> Tensile armor

<sup>3</sup> Outer sheath

در این مقاله دستور العمل تعمیر و تست و راه اندازی خط لوله ارتجاعی آسیب دیده بیان خواهد شد.

به منظور تعمیر خط لوله ارتجاعی بین سکوهاى WHP1 و WHP3 میدان هنگام، پس از بالا کشیدن خط لوله توسط شناور غواصی، لوله از ناحیه آسیب دیده بریده شد و برنامه ریزی برای ساخت دو عدد End Fitting جهت اتصال قسمت بریده شده صورت پذیرفت. بنابراین پروژه تعمیر خط لوله در دو فاز طراحی و ساخت End Fittingها و نصب آنها بر روی خط لوله انجام گردید.

### طراحی و ساخت End Fittingها:

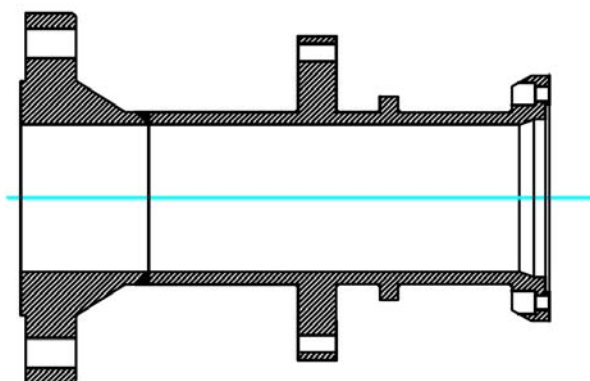
طراحی End Fittingها با اقتباس از استانداردهای انستیتو نفت آمریکا (API 17B و API 17J) [1, 2] و طرحهای پیشنهادی متخصصین منطقه قشم و چندین مورد آزمون و خطا در نهایت به صورت زیر صورت پذیرفت. شکل ۳ نمایانگر End Fitting ساخته شده و Clampsهای مربوطه می باشد.



شکل ۳: End Fitting و Clampsهای مربوط به آن

End Fitting ساخته شده از اجزا زیر تشکیل شده است:

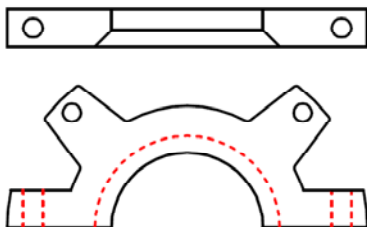
شکل ۴ Main End Fitting را به عنوان قطعه اصلی نشان می دهد. این قطعه به عنوان جزء اصلی End Fitting می باشد که توسط سایر اجزا که در ادامه توضیح داده خواهد شد به قسمت های انتهایی لوله ارتجاعی متصل می گردد.



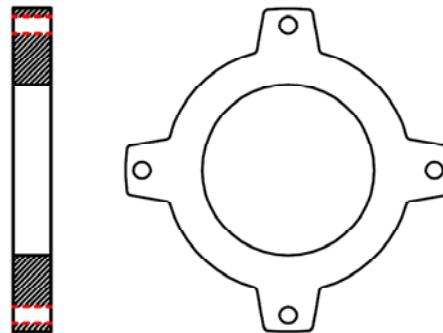
شکل ۴: Main End Fitting

در شکل ۵ Armored Fixed Tool نشان داده شده است که به کمک این قطعه حرکت خطی لوله Flexible در اثر فشار داخلی کنترل می شود. جهت نگه داشتن End Fitting به پوسته خارجی لوله ارتجاعی، از ابزاری به نام Retainer Tool استفاده می شود که در شکل ۶ نشان

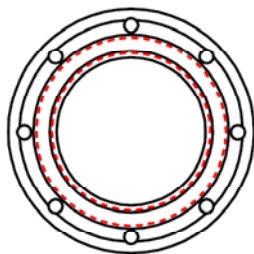
داده شده است. همچنین به منظور تحت کشش نگه داشتن Armorها بر روی Armor Ring از Armor Retainer (شکل ۷) استفاده می-شود. در شکل ۸ Sealing Flange نشان داده شده که به منظور ثابت نگه داشتن رینگ تفلونی (شکل ۹) به صورت نر و مادگی بر روی لایه تفلونی لوله ارتجاعی طراحی شده است.



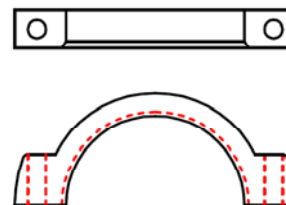
شکل ۶: Retainer Tool



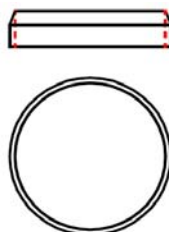
شکل ۵: Armored Fixed Tool



شکل ۸: Sealing Flange



شکل ۷: Retainer Armor



شکل ۹: رینگ تفلونی

### نصب End Fittingها

پیش انجام هرگونه عملیات تعمیراتی بر روی خط لوله ارتجاعی، می بایست از ایمن بودن خط لوله اطمینان حاصل می گردید. به همین منظور با استفاده از پمپهای تزریق آب دکل، کل خط لوله توسط آب شسته و با استفاده از دستگاههای H<sub>2</sub>S Detector از عدم وجود گاز H<sub>2</sub>S در خط لوله اطمینان حاصل شد. تیم غواصی نیز به منظور تعیین محل های دقیق نشتی، خط لوله را مورد بررسی قرار داد. پس از تعیین محل دقیق پارگی خط لوله، با توجه به اینکه حداکثر شعاع انحناء مجاز برای خط لوله ۳ متر می باشد، با استفاده از Spreader Bar به منظور توزیع بار و حفظ شعاع انحناء مذکور، جرثقیل های کشتی خط لوله را از بستر دریا تا سطح عرشه کشتی بالا کشیده شد. عملیات تعمیراتی خط لوله پس از ثابت شدن خط لوله، با برش طول آسیب دیده از خط لوله آغاز گردید. عملیات برشکاری خط با توجه به لایه لایه بودن ساختار لوله با نهایت دقت و با سرعت کم صورت پذیرفت (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: خط لوله ارتجاعی پس از بالا کشیدن از بستر دریا و ثابت شدن روی عرشه کشتی غواصی به منظور انجام تعمیرات

در این مرحله نصب End Fitting ها و Clamps های مربوطه به آنها آغاز شد (شکل ۱۱). همان طور که قبلاً نیز اشاره شد، هر یک از لایه های لوله بایستی توسط Clamps های مربوطه به End Fitting های ساخته شده به دقت و بدون هیچ گونه خطایی متصل می شود؛ چرا که هر گونه اشتباه یا نقص در نحوه اتصال لوله به End Fitting منجر به نشتی مجدد از محل اتصال می گردد.



شکل ۱۱: مراحل مختلف نصب End Fitting بر روی لوله ارتجاعی (ادامه دارد)



شکل ۱۱: مراحل مختلف نصب End Fitting بر روی لوله ارتجاعي

پس از نصب End Fitting ها به دو سر لوله بریده شده، خط لوله با فشار 3000 psi به مدت ۲ ساعت با موفقیت تحت تست هیدرواستاتیک قرار گرفت و پس از حصول اطمینان از سلامت خط لوله و اتصال End Fitting، جرثقیل های کشتی با نهایت دقت و با در نظر گرفتن نکاتی که هنگام بالا آوردن خط لوله مطرح شده بود، دو سر لوله را به بستر دریا منتقل نمودند.

جهت نزدیک کردن دو سر فلنج End Fitting ها به یکدیگر، بالشتک هایی به منظور شناور کردن خط لوله زیر خط قرار گرفت و جرثقیل ها، Face فلنج ها را به یکدیگر نزدیک کردند. فلنج ها در بستر دریا توسط دستگاه Bolt Tensioner به یکدیگر متصل شدند.

Seal کردن محل های اتصال End Fitting به لوله، با استفاده از کپسول های در برگیرنده این نواحی و پر شدن این کپسول ها با Epoxy Resin صورت پذیرفت (شکل ۱۲).



شکل ۱۲: Seal کردن محل های اتصال End Fitting به لوله

در انتها جهت حصول اطمینان از عدم نشتی اتصال فلنج ها به یکدیگر، تست نشتی با موفقیت صورت پذیرفت و با باز کردن چاه های نفت خط لوله در سرویس قرار گرفت.

## نتیجه‌گیری:

عملیات تعمیر و در سرویس قرار دادن خط لوله ارتجاعی میدان هنگام حاصل نزدیک به دو ماه کار شبانه‌روزی متخصصین منطقه قشم دستاوردهای بزرگی را برای کشور به ارمغان آورد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- دستیابی به دانش ساخت End Fitting لوله‌های ارتجاعی که در انحصار چند شرکت محدود غربی است
- تدوین دستورالعمل تعمیراتی لوله‌های ارتجاعی آسیب دیده
- صرفه‌جویی اقتصادی با جلوگیری از خروج ارز از کشور و کاهش قابل ملاحظه زمان تعمیرات نسبت به زمان پیشنهادی شرکت‌های خارجی (حداقل ۶ ماه)
- مطالعه ساختار لوله‌های ارتجاعی و امکان‌سنجی ساخت چنین لوله‌هایی با امکانات شرکت‌های داخلی

## مراجع:

- [1] API, Recommended practice for flexible pipe, API 17B, Washington, DC: American Petroleum Institute, 1998.
- [2] API, Specification for unbonded flexible pipe, API 17J, Washington, DC: American Petroleum Institute, 2000.