

آنالیز تخریب لوله‌های ۷ اینچ خارج شده از چاه تزریقی پساب کارخانه نمکزدایی نفت خام

اعظم عسکری نیا^{۱*}، احسان پاپن^۱

^{*}کارشناس ارشد شیمی فیزیک

*E-mail: a.askarynia@gmail.com

شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب - اداره بازرسی فنی و خوردگی فلزات ستاد

چکیده

در این پژوهش، علل تخریب لوله‌های ۷ اینچ خارج شده از چاه تزریق پساب کارخانه نمکزدایی نفت خام بررسی گردید. در این راستا ضمن تحقیق و بررسی میدانی لوله‌های خارج شده از درون چاه در هنگام استقرار دکل، ارزیابی شکل و میزان آسیب رخ داده، بررسی ارتباط آسیب رخ داده با ریزساختار، بررسی کیفیت آلیاژ از طریق آنالیز شیمیایی و سختی سنجی انجام گردید. همچنین با بررسی سوابق تاریخچه عملیات انجام شده جهت بهبود تزریق پذیری چاه و بررسی خوردگی سیال پساب تزریقی کارخانه نمکزدایی در مجموع شواهد و یافته‌های حاصل شده برای تحلیل علل آسیب رخ داده استفاده شده و راهکارهایی برای کاهش احتمال خرابی در تجهیزات مشابه ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی:

چاه تزریق پساب، ریزساختار، سختی سنجی، بررسی کیفیت آلیاژ، عملیات اسیدکاری چاه نفت، خوردگی

۱ - مقدمه

این مقاله به بررسی علت آسیب دیدگی لوله‌های ۷ اینچ خارج شده از چاه تزریقی پساب واحد نمک زدایی می‌پردازد. در این راستا فعالیت‌هایی چون بازدید از لوله‌های خارج شده از درون چاه در هنگام استقرار دکل، ارزیابی شکل و میزان خوردگی رخ داده، بررسی‌های متالورژیکی، تشخیص آلیاژ لوله‌ها، سختی سنجی، ارزیابی خوردگی سیال و بررسی سوابق موجود مرتبط به تجهیز و در نهایت تحلیل دلایل آسیب صورت پذیرفته است.

همراه نفت خروجی از چاه‌های نفت، مقداری آب شور وجود دارد که در کارخانه‌های موسوم طی فرآیند چند مرحله‌ای از نفت خام جدا می‌شود، از جمله روش‌های دفع پساب، تزریق مجدد آن به چاه‌های نفتی به دلیل جلوگیری از افت فشار و همزمان جلوگیری از آلودگی زیست محیطی است.

گفتنی است که از یک سو سیال پساب تزریقی کارخانه‌های نمکزدایی نسبتاً خورنده محسوب می‌شود و از سوی دیگر با توجه به سوابق موجود برای این چاه تاثیر اسیدکاری‌های متعددی که برای بهبود تزریق پذیری چاه انجام شده است، باید در نظر گرفته شود. لذا در این مقاله تلاش شده است که نقش اسیدکاری‌های متعدد از نقش خوردگی سیال پساب تفکیک و علل خوردگی رخ داده تحلیل شود و راهکارهایی برای کاهش احتمال خرابی در تجهیزات مشابه پیشنهاد گردد.

۲ - مواد و روش تحقیق

۲-۱- تاریخچه و اطلاعات فنی:

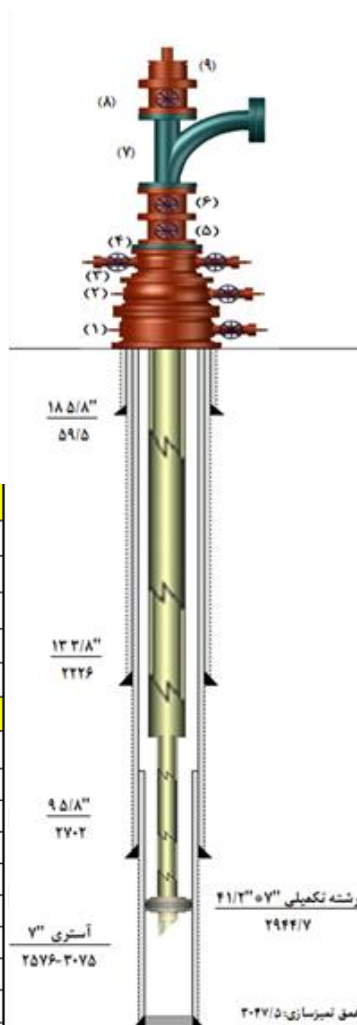
۲-۱-۱- سابقه عملیات حفاری و تعمیرات انجام شده بر روی چاه

بر طبق اطلاعات دریافتی، به طور خلاصه چاه مذکور با هدف رفع آبهای آزاد واحد نمکزدایی و کسب اطلاعات بیشتر از سطوح تماس سیالات مخزن، حفاری و با ایجاد چهار شبکه در لایه‌ام-۲ (۲۹۸۷-۳۰۴۳/۵ متر حفار) تکمیل گردید لیکن از همان ابتدا به دلیل عدم تزریق پذیری مناسب، چاه معلق گردیده است. دو سال بعد تکمیل چاه، اسیدکاری گسترده به منظور بهبود پتانسیل تزریق پذیری انجام شد و چاه در مدار بهره‌برداری قرار گرفت و سپس چاه تحت تعمیر توسط دکل تعمیراتی قرار گرفت، در این عملیات راندن رشته تکمیلی مخصوص چاه‌های تزریقی آبهای زائد، تمیزسازی تا عمق ۳۰۷۵ متر حفار و انجام آزمایش تزریق پذیری (با حداکثر فشار ۲۵۰۰ پام دبی تزریق به میزان ۲۱ بشکه در دقیقه) انجام شده است. رشته تکمیلی به صورت مشبک در حدفاصل ۳۰۴۳/۵-۲۹۸۷ مترحفار (۴ردیف) لایه‌ام-۲ سازند می‌باشد.

شماتیک چاه پس از اولین تعمیر منجر به نصب رشته تکمیلی در شکل-۱ نشان داده شده است.

۲-۱-۲- با توجه به افت تزریق پذیری چاه، به دفعات عملیات اسیدکاری این چاه انجام شده است. گفتنی است که دو نوع عملیات اسیدکاری در چاه‌های تزریقی انجام می‌شود. (۱) اسیدکاری با لوله مغزی سیار که نهایتاً حجمی معادل ۱۰-۶ هزارگالن اسید (عموماً اسیدکلریدریک ۲۸ و ۱۵٪) بوسیله دستگاه لوله مغزی و به صورت مستقیم درون شبکه‌ها تزریق می‌گردد که این عملیات ۱۱ بار در دوره بهره‌برداری چاه انجام شده است و (۲) اسیدکاری با حجم بالا که حدوداً به میزان ۲۰-۱۰ هزار گالن (عموماً اسید کلریدریک ۲۸، ۱۵ و ۵٪) توسط پمپ تراک و از سرچاه تزریق می‌گردد که ۱۷ بار انجام شده است.

فاصله تولیدی				
ردیف	فاصله عمقی	ضخامت	لایه	جنس و وضعیت
۱	۳۰۰۲	۲۹۸۷	۱۶-م	ماسه باز
۲	۳۰۱۲.۵	۳۰۱۰.۵	۲-م	ماسه باز
۳	۳۰۱۹	۳۰۱۵	۲-م	ماسه باز
۴	۳۰۴۲.۵	۳۰۲۵.۵	۸-م	ماسه باز
مشخصات تاج چاه				
	نوع	مشخصات		
۱	سرحداری مبنا	۲۰۰۰-۲۰"		
۲	مانوره سر لوله جداري	۲۰۰۰-۱۲" - ۲۰۰۰-۲۰"		
۳	مانوره سر لوله مغزی	۲۰۰۰-۱۰" - ۲۰۰۰-۱۲"		
۴	تبدیل پر کننده	۲۰۰۰-۶" - ۱۰"		
۵	شیر اصلی تحتانی	۲۰۰۰-۶"		
۶	شیر اصلی فوقانی	۲۰۰۰-۶"		
۷	زانوی تولید	۲۰۰۰-۳" - ۶" - ۶"		
۸	شیر عمقی	۲۰۰۰-۳"		
۹	درپوش تاج چاه	۲۰۰۰-۳"		



شکل ۱- شماتیک رشته تکمیلی چاه

در نهایت به دلیل مشاهده نشتی خارجی شدید از فلنج بالایی تبدیل دو سر پیچ دو آکند (DSAP)، چاه از مدار تزریق خارج و نسبت به خارج سازی DSAP معیوب اقدام شد که به علت خوردگی شدید پیچ و مهره های آن موفقیت آمیز نبوده است. لذا با توجه به شرایط ناایمن چاه با هدف ایمن سازی و تعویض قسمت های معیوب تاج چاه توسط دکل در دستور کار تعمیر قرار گرفت. در این عملیات برداشتن تاج چاه و برپایی شیرهای فورانگیر، خارج سازی رشته تکمیلی موجود از درون چاه، تمیزسازی چاه تا عمق ۳۰۴۷/۵ متر حفار (بالای سیمان)، بررسی لوله های پوششی، بررسی قسمت پایینی تاج چاه و فلنج های زیرین به همراه قسمت بالایی جداري ها و در صورت مشاهده نشت و یا خوردگی، راندن رشته تکمیلی ۷\"۱/۲ * ۷\" مخصوص چاههای تزریق پساب مجهز به شیر ایمنی درون چاهی تا عمق ۲۹۵۰ متر حفار (قسمت عمده رشته تکمیلی ۷\" باشد و درون آستری ۷\" از لوله های ۷\" ۱/۲ * ۴ استفاده گردد)، برپایی تاج چاه استاندارد و آزمایش فشار آن و اخذ تزریق پذیری مناسب در صورت نیاز اسیدکاری چاه مد نظر قرار گرفت.

۱-۲- عمده لوله های رانده شده با اندازه ۷\" و ۲۰۹ شاخه بوده است که گرید آنها API 5CT L80 و به وزن ۳۵ پوند/ فوت (حدود ۱۳ mm ضخامت) می باشد.

۴-۱-۲- آنالیز شیمیایی آب چاه به همراه برخی خواص مرتبط در جدول های ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱: ترکیبات آب چاه

ترکیبات	میلی گرم در لیتر	اکی والان درصد
سدیم برحسب Na	۷۱۱۶۳٫۲۴	۳۶٫۲۱
پتاسیم برحسب K	۱۲۸۰۰	۳٫۸۴۱
کلسیم	۱۱۸۰۰	۶٫۹۰۴
منیزیم	۳۱۵۹	۳٫۰۴
آهن کل	۰٫۹	-
کلراید	۱۵۰۸۷۵	۴۹٫۷۴
سولفات	۱۰۵۰	۰٫۲۶
بی کربنات	۲۴٫۴	۰٫۰۰۵
جمع	۲۵۰۸۷۲٫۵۴	۱۰۰

جدول ۲: نتایج آنالیز شیمیایی آب چاه

شرح نمونه	pH	قلیائیت کل بر حسب CaCO_3	هدایت الکتریکی (ms/cm)	سختی کل بر حسب CaCO_3	شوری بر حسب NaCl	کل مواد جامد محلول در ۱۸۰۰C (mg/l)
آب چاه	5.75	20	181	42500	248625	249020

۲-۱-۵- بر طبق اطلاعات دریافتی، از مشکلات واحد فرآوری بالادستی چاه تزریق پساب می‌توان مشکلات زیر را نام برد؛ (مدت زمان ادامه این مشکلات مشخص نمی‌باشد)

- ۰ خارج از سرویس بودن فیلترهای شنی سیستم تصفیه پساب به دلیل تعمیرات
- ۰ عدم تزریق مواد شیمیایی ضد خوردگی، ضد رسوب و تعلیق شکن معکوس به پساب تولیدی
- ۰ فرسودگی و از سرویس خارج شدن تجهیزات سیستم تصفیه پساب جهت تعمیرات مکرر و عبور نفت همراه با پساب

۲-۲- مشاهدات :

۲-۲-۱- بازدید از لوله‌های خارج شده از چاه در محل استقرار دکل تعمیراتی انجام گرفت. در شکل‌های ۲-۳ و ۳ تصویر نمونه‌های خارج شده از چاه در زمان استقرار دکل مشاهده می‌شود.



شکل-۲: نمایی از لوله‌های خارج شده از چاه در زمان استقرار دکل، خوردگی شدید در نزدیکی سر لوله (ناحیه رزوه‌ها) قابل مشاهده است.



شکل-۳: نمایی دیگر از لوله‌های خارج شده از چاه در زمان استقرار دکل، خوردگی شدید در میانه لوله

همان طور که در تصاویر دیده می‌شود، بر روی جداره بسیاری از لوله‌ها هم در ناحیه رزوه (هم پین و هم باکس) و هم در ناحیه میانی سوراخهایی مشاهده می‌شود. با وجود به پیگیری انجام شده در محل دکل، از عمق دقیق لوله‌های خارج شده از چاه اطلاعی ثبت نشده است.

۲-۲-۲- با توجه به آلودگی شدید لوله‌های خارج شده از چاه، بعد از تمیزکاری، پنج قطعه لوله ۷ اینچ، هر کدام به طول تقریبی یک متر و نیم جهت انجام آزمون‌های موردنظر دریافت گردید که تصویر برخی از نمونه‌های دریافتی در شکل-۴ قابل مشاهده است.

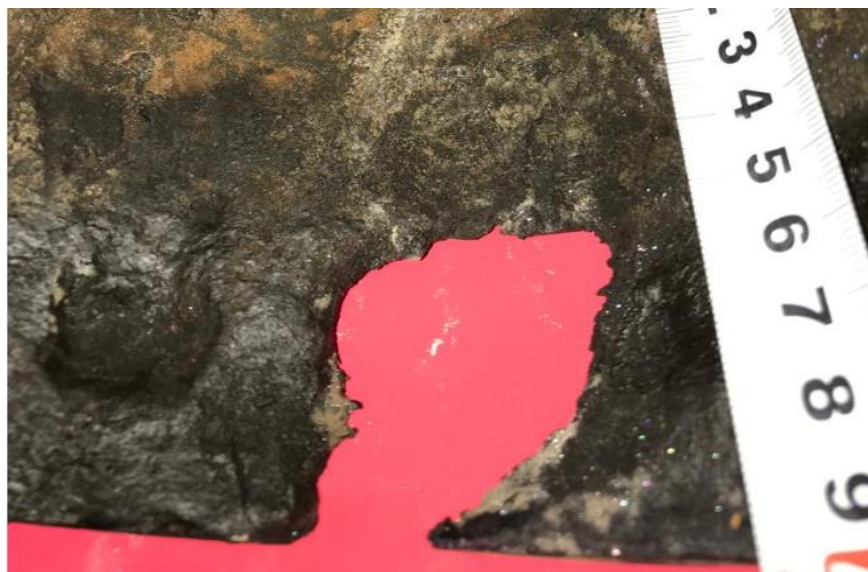


شکل-۴: نمایی از برخی از لوله‌های دریافت شده از چاه تزریقی پساب

۳-۲-۲- خوردگی داخلی لوله‌ها کاملاً چشمگیر می‌باشد. لوله‌های دریافتی در محل رزوه‌ها دچار سوراخ شدگی و خوردگی شدید هستند (شکل-۵). در شکل-۶ نحوه خوردگی از نمای داخل برای یکی از نمونه‌های شکل-۵ (نمونه سمت چپ) نشان داده شده است، به وضوح مشخص است که رخداد خوردگی از سمت داخل به بیرون بوده است و همچنین حفره نسبتاً عمیقی که هنوز به سوراخ منجر نشده است در کنار سوراخ اصلی دیده می‌شود.

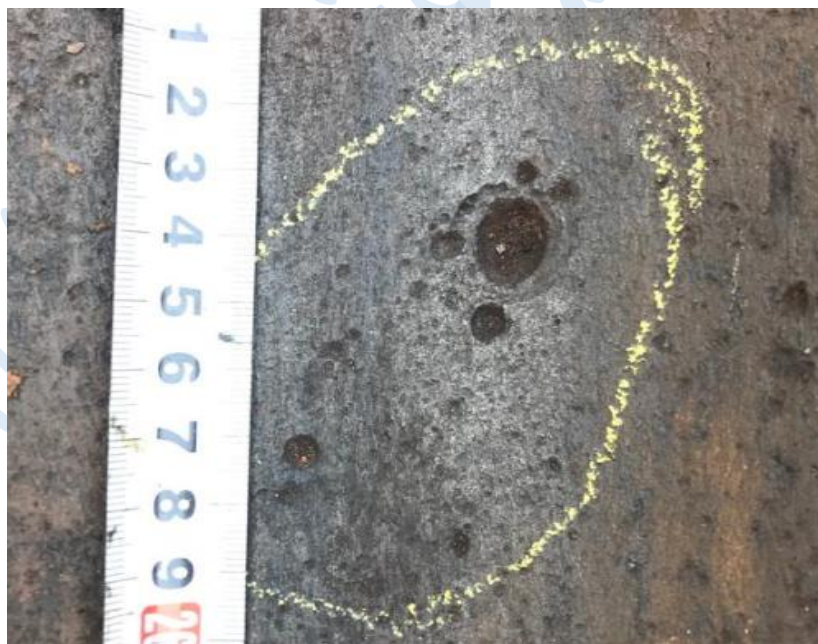


شکل-۵: خوردگی شدید در قسمت رزوه‌های نمونه دریافتی



شکل ۶- خوردگی داخلی در نمونه سمت چپ در شکل ۵-

علاوه بر محل رزوه‌ها در سایر قسمتهای بدنه لوله نیز خوردگی داخلی به صورت عمومی و موضعی مشاهده می‌شود. خوردگی عمومی در نواحی بیرون از خوردگی موضعی خفیف بوده و با توجه به ضخامت اسمی نمونه‌ها حداکثر ۰,۵ mm برآورد می‌شود اما خوردگی موضعی بسیار شدید بوده و در بسیاری از موارد تا حد سوراخ شدگی لوله پیش رفته است. در شکل ۷- نمونه‌ای از خوردگی داخلی لوله در این نقاط مشاهده می‌شود. نکته جالب توجه در این شکل رخداد حفرات خوردگی درون حفرات قبلی است که به صورت چشمی نیز به شکل دوایر درهم قابل تشخیص است.



شکل ۷- خوردگی داخلی به شکل خوردگی عمومی و حفرة‌ای

۴-۲-۲- در سرتاسر جداره بیرونی لوله نیز خوردگی عمدتاً به صورت حفرة‌ای مشاهده می‌شود. این حفرات هم به صورت مجزا^۱ و هم به صورت خوشه‌ای^۲ بر روی سطح خارجی نمونه قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۸-).

^۱ Isolated

^۲ Cluster



شکل ۸- خوردگی خارجی بر روی لوله‌های دریافتی

جدول ۳- ابعاد و عمق خوردگی خارجی بر روی نمونه‌های دریافتی

ردیف	شماره قطعه	عمق خوردگی mm	ابعاد خوردگی mm ²	ردیف	شماره قطعه	عمق خوردگی mm	ابعاد خوردگی mm ²
1	1	3.5	6*7	16	3	3.6	35*22
2		2	9*20	17		3.3	6*8
3		2.7	6*6	18		1.8	40*21
4		2.5	7*8	19	4	1	35*20
5		1.8	11*15	20		1.1	15*25
6		4	13*16	21		4.9	45*22
7		3	3*2	22		2.1	2*3
9	2	1.7	32*21	23		1.4	4*8
10		1.9	8*9	24	5	2.3	22*30
11		1.5	2*4	25		2.5	4*6
12	3	2.8	2*3	26		2	50*45
13		1.5	15*17	27		2.4	22*20
14		2.2	5*6	28		2.3	23*18
15		2.3	7*9	29		2.5	17*19

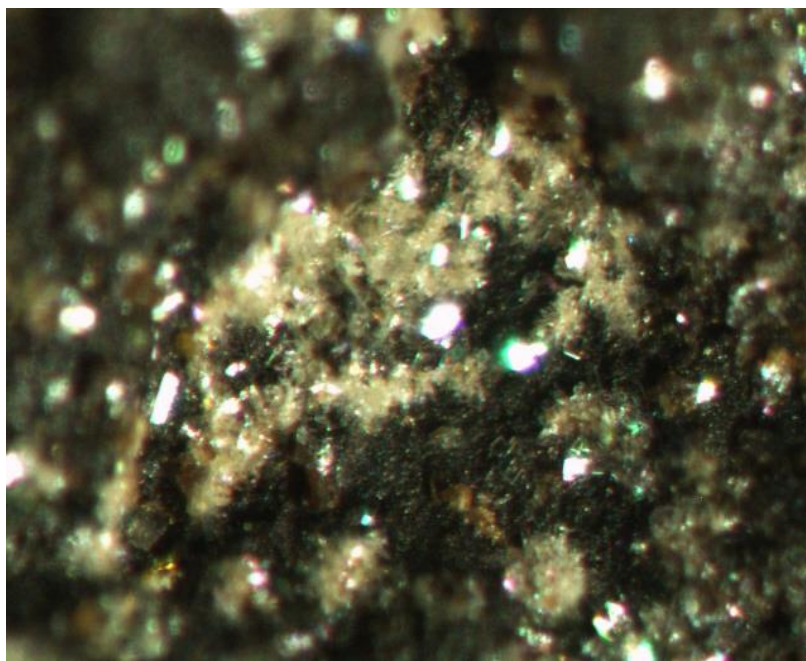
میزان خوردگی بر روی سطح خارجی ۵ نمونه دریافتی به دقت اندازه‌گیری گردید و در جدول ۳- عمق و ابعاد حفره‌ها ارائه شده است. مطابق این جدول حداکثر خوردگی خارجی تا عمق ۴,۹ mm بر روی این نمونه‌ها مشاهده شد. به طور کلی خوردگی خارجی

نمونه‌ها در مقایسه با خوردگی داخلی کمتر است. خوردگی تنها به صورت موضعی و حفره‌ای مشاهده می‌شود و قسمتهای کنار حفرات دست نخورده باقیمانده است.

۲-۲-۵- با وجودی که سطح نمونه (به خصوص سطح خارجی) شسته شده است (با استفاده از گازوئیل) بر روی سطح داخلی و خارجی، باقیمانده نمک به خصوص تجمع نمک در حفرات خوردگی قابل مشاهده است (شکل-۹). تصویر نمونه‌ای از این نمک‌ها در زیر میکروسکوپ دو چشمی در شکل-۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۹- تجمع نمک بر روی سطح خارجی خصوصا در حفرات



شکل ۱۰- شکل نمک بر روی سطح خارجی در زیر میکروسکوپ دو چشمی

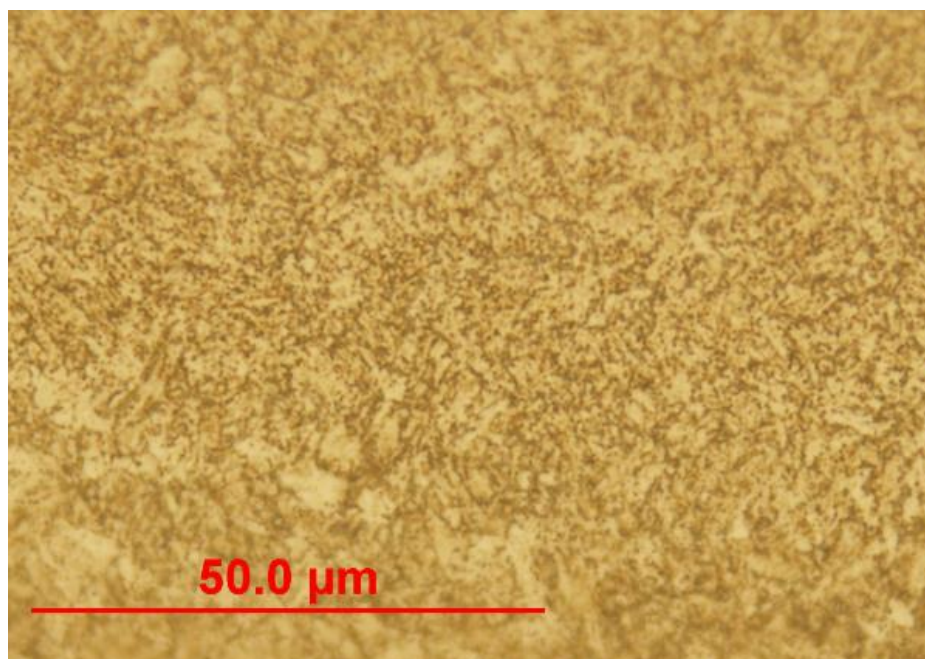
۳-۲- آزمون‌ها

- ۳-۱- با انجام متالوگرافی، آنالیز شیمیایی و سختی سنجی تشخیص رده آلیاژی لوله صورت پذیرفت.
- ۳-۲- با تهیه مقطع از محل حفرات، شکل حفرات خوردگی و ارتباط احتمالی آنها با ریزساختار بررسی گردید. همچنین شکل حفرات و نمک باقیمانده بر روی سطح با استفاده از میکروسکوپ دوچشمی بررسی شد.

۳- نتایج و بحث

• نقش آلیاژ:

بر مبنای تشخیص آلیاژ انجام شده، آلیاژ لوله با استاندارد مورد انتظار، API 5CT L80 Type 1 قابل انطباق می باشد. باید دانست که طراحی آلیاژ و همچنین آزمونهای ذکر شده در این گرید آلیاژی ناظر به استحکام لوله می باشند و به طور مستقیم مشخصات فنی استاندارد ارتباطی به مقاومت به خوردگی ندارد. به عبارت دیگر حتی در صورتی که آلیاژ کمی از استاندارد مینا انحراف داشته باشد، انتساب خرابی لوله ها به غیر استاندارد بودن آلیاژ دشوار است که به هر حال در این مقاله موضوعیت ندارد. تصویر ریز ساختار نمونه در شکل - ۱۱ نشان داده شده است که مارتنزیت تمپر شده می باشد و با ریزساختار مورد نظر از این آلیاژ همخوانی دارد.



شکل - ۱۱: ریزساختار نمونه ای از لوله (ظاهر ساز: نایتال ۲ درصد)

• تاثیر اکسیژن در رخداد خوردگی:

واکنش الکتروشیمیایی خوردگی فلزات از چهار جزء، واکنش آندی، واکنش کاتدی، جابجایی الکترون‌ها درون فلز بین آند و کاتد و جابجایی یونها درون سیال بین آند و کاتد تشکیل می شود که کندترین مرحله که معمولا واکنش کاتدی است کنترل کننده سرعت کل واکنش خوردگی می باشد. واکنشهای کاتدی متفاوتی در هنگام خوردگی به طور همزمان در جریان می باشد، با این وجود اصلی ترین واکنش به حضور اکسیژن محلول در آب بر می گردد و لذا مهار ورود اکسیژن به سیستم، اصلی ترین راه کنترل خوردگی داخلی در صنعت نفت محسوب می شود [۱].

با توجه به اینکه به طور طبیعی، آب، نفت و گاز تولیدی از چاههای نفت و گاز حاوی اکسیژن نمی باشند [۲]، ورود اکسیژن به سیستم یا از طریق نشتی هوا (مثلا در پمپها) در حین عملیات فراورش و یا از طریق اکسیژن محلول در آب صنعتی ورودی به فراورش کارخانه ها قابل تصور است. البته تجهیزات اکسیژن زدایی و پایش به طور معمول در واحدهای تامین آب صنعتی وجود دارد و باید اکسیژن محلول در حد مجاز در تصفیه خانه آب صنعتی کاهش یابد.

اهمیت میزان اکسیژن در خوردگی تنها مختص به صنعت نفت نمی باشد و مثلا در مراجع، داده های مربوط به مقاومت به خوردگی آلیاژها در برابر اسیدها معمولا به دو صورت تفکیک شده، هوازده^۳ و غیر هوا زده^۴ ارایه می شود. بنا بر این نقش حضور اکسیژن هم در مورد خوردگی ناشی از سیال پساب و هم در مورد خوردگی ناشی از اسیدکاری مهم و قابل بررسی است [۳].

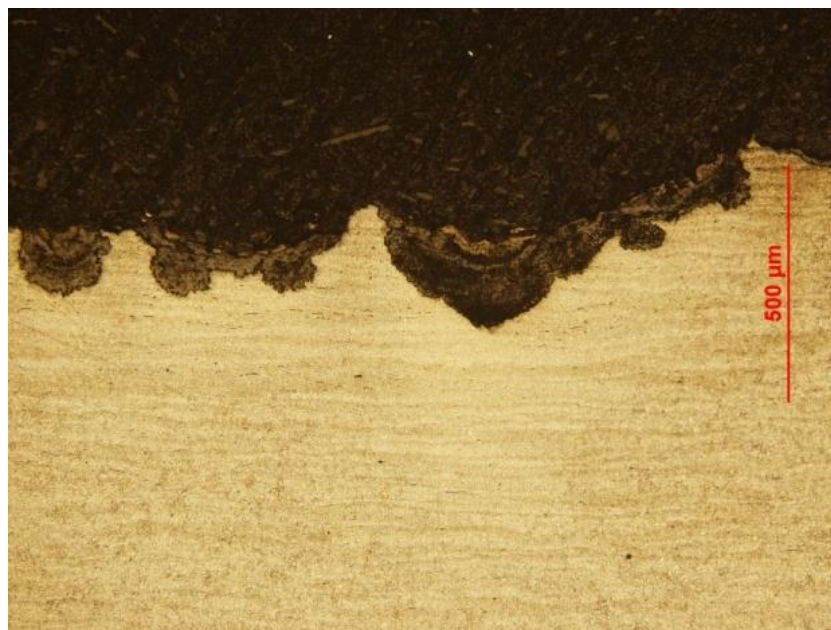
با توجه به اینکه خوردگی ناشی از سیال پساب بر خلاف خوردگی ناشی از اسیدکاری مختص به درون چاه تزریقی نمی باشد و در تاسیسات سطح الارضی نیز قابل ردیابی است، مقایسه خوردگی در تاسیسات سطح الارضی با خوردگی درون چاهی سر نخ مهمی محسوب می شود.

با توجه به پیگیری انجام شده از شرکت بهره برداری، خوردگی در خط لوله سطح الارضی این چاه مسبوق به سابقه می باشد. دقت در گزارش پیش گفته که به بررسی شرایط خط لوله در انتهای سال ۹۴ پرداخته است؛ موارد زیر را نشان می دهد؛

³ Aerated

⁴ Non aerated

- طول خط لوله حدود ۷۰۰ متر بوده که وضعیت خوردگی در ۴۰۰ متر ابتدایی « بسیار نامطلوب تر » گزارش شده بود.
 - خط لوله در بیش از ۱۵۰ نقطه دچار نشتی شده که به وسیله گیره موقت و وصله جوشی مهار شده بود.
 - ضخامت لوله ها ۴,۶-۷,۲ mm گزارش شده و تعدادی از لوله ها ضخامت بالاتر ۸,۱۰ mm داشته اند.
 - پیشنهاد شده بود که برای کاهش مشکلات خوردگی از لوله های ضخامت بالا (Casing Pipe) در تعمیر استفاده شود.
- موارد زیر از گزارش خوردگی سطح الارضی قابل نتیجه گیری است؛
- خوردگی داخلی مختص به لوله های درون چاهی نمی باشد اما با توجه به ضخامت پایین تر لوله های سطح الارضی از یک سو (لوله ها با ضخامت ۷ میلیمتر در مقایسه با لوله های ۱۳ میلی متر)، و از سوی دیگر قابل مشاهده و ردیابی بودن خط لوله سطح الارضی، خرابی ناشی از خوردگی در خط لوله سطح الارضی سریعتر آشکار شده است.
 - به طور تجربی همکاران بازرسی فنی استفاده از لوله های با ضخامت بالاتر جداری را در کاهش نرخ خوردگی موثر می دانند.
 - نکته قابل توجه دیگر کاهش نرخ و احتمال خوردگی با دور شدن از کارخانه نمکزدایی به سمت چاه می باشد که این امر با توجه به نقش پیش گفته برای اکسیژن و توجه به مصرف شدن تدریجی اکسیژن همراه در طی مسیر قابل توجیه می باشد.
- شکل خوردگی و حفرات
- حفره دارشدن نوعی خوردگی شدید موضعی است که بر روی سطحی دست نخورده و یا با خوردگی به نسبت کمتر رخ می دهد. برای ایجاد تفاوت نرخ خوردگی بین محل حفره و سطح بیرونی آن، اغلب پوشش سطح حفره با محصولات خوردگی و یا رسوبات دیگر یا پوشش سطح بیرونی با فیلم غیر فعال لازم است. در حالت اول، پوشش سطح حفره باعث می شود که محیط خورنده درون حفره با محیط خورنده بیرون آن متفاوت شود که می تواند منجر به pH بالاتر، غلظت بالاتر یون کلر و همچنین غلظت متفاوت یون اکسیژن منجر شود که در مجموع سطح درون حفره را نسبت به سطح بیرونی آندی می کند. بنا بر این وجود محصولات خوردگی برای خوردگی حفره ای در حالت اول ضروری است و مثلاً تمیز کردن سطح و زدودن محصولات خوردگی، خوردگی را از حالت حفره ای به حالت خورگی یکنواخت سوق می دهد، به همین دلیل است که خوردگی در حالت سکون سیال به حفره ای شدن مستعد تر است و در عوض سرعت بیشتر سیال احتمال رخداد خوردگی حفره ای را کاهش می دهد [۱].
- حالت دوم زمانی رخ می دهد که فلز به طور طبیعی فیلم غیر فعال تشکیل دهد (مانند فولادهای زنگ نزن) و یا زمانی که ممانعت کننده ها فیلم غیر فعال بر روی فلز ایجاد کرده باشند که به هر دلیلی در ناحیه حفره این فیلم دچار نقص شود. در چنین حالتی سطح بیرون حفره معمولاً دست نخورده می ماند.
- شکل حفره تا حدودی می تواند مکانیزم رشد حفره را روشن کند. در شکل-۱۲ مقطعی از شکل رشد حفرات بر روی سطح داخلی لوله قابل مشاهده است. به وضوح مشخص است که شکل رشد به صورت ناپیوسته بوده یعنی در حالی که معمولاً در حالت سکون سیال، حفره به شکل نیم کره و یکنواخت رشد می کند اما در این تصویر حفراتی درون حفره بزرگتر اتفاق افتاده اند که با تصویر ماکروبی که قبلاً در شکل-۶ نشان داده شده است همخوانی دارد.



شکل-۱۲: نحوه رشد حفرات بر روی سطح داخلی لوله‌ها

به طور کلی با توجه به اینکه در محل رخداد حفرات ناهمگونی ساختاری خاصی دیده نمی شود، مکانیزم حفره دار شدن باید مستقل از متریکال در نظر گرفته شود. بنابراین تکرار حفرات درون حفرات قبلی از تغییر شرایط سیال نشأت گرفته است، به عبارت دیگر به احتمال زیاد با اسید کاریهای متعدد همخوانی دارد تا سیال پساب جاری درون لوله.

- تحلیل خوردگی خارجی

با توجه به مطالب مورد اشاره در قسمت مشاهدات، خوردگی خارجی هر چند با شدت کمتر از خوردگی داخلی بر روی سطح لوله مغزی قابل مشاهده است. با توجه به اینکه سیال درون دالیز از یک سو با سطح بیرونی لوله مغزی و از سوی دیگر با سطح داخلی لوله آستری در تماس است، مشاهده این خوردگی احتمال رخداد خوردگی حفره ای بر روی سطح داخلی لوله آستری را افزایش می دهد. به احتمال زیاد نشت سیالات خورنده درون لوله بعد از ایجاد سوراخهای متعدد، سبب رخداد خوردگی در بیرون لوله نیز شده است.

- مقایسه میزان خوردگی در سایر چاههای تزریق پساب این کارخانه

از آنجایی که مشکلات مربوط به اسیدکاری بر خلاف خوردگی پساب کارخانه منحصر به چاه می باشد. مقایسه رخداد خوردگی چاههای مختلف تزریق پساب کارخانه می تواند راهگشا باشد. بر طبق اطلاعات دریافت شده، چاه های دیگر تزریقی پساب واحد نمکزدائی نیز به تازگی تحت تعمیر با دکل قرار گرفته است اما در گزارشات روزانه تعمیر با دکل چاه مذکور، موردی مبنی بر مانده گذاری و خوردگی شدید لوله مغزی ذکر نشده است. این در حالی است که نوع سیال تزریقی چاه مذکور و چاه دیگر یکسان می باشد که این موضوع نیز احتمال تاثیر خوردگی ناشی از اسیدکاری را تقویت می نماید.

- کنترل خوردگی در هنگام اسید کاری

با توجه به شناخته شده بودن احتمال آسیب زا بودن عملیات اسیدکاری در هنگام عملیات اسیدکاری علاوه بر کوتاه نگه داشتن زمان اسیدکاری به طور معمول از افزایه های ضد خوردگی نیز استفاده می شود.

بر طبق اطلاعات دریافتی از مهندسی بهره برداری، برای کوتاه نگه داشتن زمان اسیدکاری، قبل از عملیات اسیدکاری، تا زمان آماده شدن تجهیزات، تزریق پساب قطع نمی شود. در هنگام عملیات نیز به محض اتمام تزریق اسید، جهت به حداقل رساندن زمان ماند

اسید در لوله مغزی و جداری، آب به اندازه ۱/۵ برابر حجم ستون چاه با دبی بالا بولهد می‌گردد و بلافاصله بعد از این مرحله نیز چاه در مدار تزریق پساب قرار داده می‌شود.

همچنین دستورالعمل عملیات اسیدکاری معمولاً شامل استفاده از افزایش‌های مختلفی می‌شود، به عنوان مثال، در هنگام اسیدکاری استفاده از افزایش ضد خوردگی، افزایش معلق‌کننده ذرات، و افزایش کنترل‌کننده یون آهن در نظر گرفته می‌شود. به طور اصولی نقش و صحت عملکرد افزایش‌های ضد خوردگی همیشه باید با پایش مداوم، کنترل گردد اما در هنگام تزریق (بر خلاف چاههای تولیدی) امکان پایش‌های خوردگی معمول دشوار به نظر می‌رسد، همچنین در مورد تحت بررسی در این گزارش با توجه به اینکه خوردگی مشاهده شده بر روی قطعه از تجمیع تاثیر عملیتهای متعدد حاصل می‌شود، نمی‌توان رعایت موارد مرتبط با بکارگیری صحیح این افزایش‌ها را پیگیری نمود. به هر حال، قدر مسلم این است که هر چه میزان عملیات اسیدکاری بر روی چاه، به خصوص اسیدکاری در حجم بالا در چاه بیشتر شود، ریسک تخریب چاه بیشتر خواهد شد.

پیشتر به نقش ورود اکسیژن (هوازدهی) به اسید در میزان خوردگی آن اشاره شد. از نحوه کنترل اکسیژن در هنگام اسیدکاری چاه اطلاعی در دست نمی‌باشد، اینکه آیا دستورالعمل مشخصی برای کاهش هوازدهی اسید تزریقی وجود دارد و مهمتر اینکه با توجه به طول عمر و تعداد دفعات زیاد اسیدکاری، میزان رعایت کلیه دستورالعملها قابل بررسی نمی‌باشد.

۴ - نتیجه‌گیری

با توجه به مجموعه شواهد موجود، با وجودی که آسیب خوردگی بر روی بخش سطح الارضی نیز مشاهده شده است لیکن با توجه به کاهش نرخ خوردگی در بخش سطح الارضی با دور شدن از کارخانه مبدا و همچنین عدم گزارش خوردگی در چاه تزریق دیگر که پساب همین کارخانه را تزریق می‌کند؛ به نظر می‌رسد که عامل اصلی تخریب لوله مغزی، خوردگی ناشی از عملیات اسیدکاری متعدد در این چاه می‌باشد.

با توجه به موارد ذکر شده در بندهای بحث و نتیجه‌گیری، موارد ذیل پیشنهاد می‌گردد؛

۱- به طور کلی اصلی‌ترین پیشنهاد در رابطه با کاهش خوردگی در خطوط پساب، بهره‌برداری بدون اکسیژن ۱ می‌باشد که تخطی از آن تبعات بسیار جدی را به همراه خواهد داشت. توصیه می‌شود که اول تجهیزات مرتبط با حذف اکسیژن تا حد مجاز، تعمیر و به روزآوری شود و دوم میزان اکسیژن (در حد ۰.۰۰۱ ppm) و همچنین باکتری در پساب خروجی کارخانه نمکزدایی و سرچاه به صورت دوره‌ای پایش شود.

۲- تزریق اکسیژن زدا و ضد رسوب در خط لوله پساب خروجی واحد نمکزدایی در نظر گرفته شود.

۳- کارکرد صحیح پمپ‌ها و تزریق مناسب ماده ممانعت‌کننده خوردگی و باکتری کش درون واحد بررسی گردد. تزریق این مواد به گونه‌ای لحاظ شود که اثرات آن در کل خط لوله پساب و سرچاه قابل تشخیص باشد (از طریق اندازه‌گیری مقدار باقیمانده این مواد ۲). در صورت عدم حصول نتیجه مناسب، برای خط لوله آب پساب در خروجی واحد، نقطه تزریق ماده ممانعت‌کننده و باکتری کش لحاظ گردد.

۴- نقاط پایش خوردگی در ابتدای خطوط لوله پساب و سرچاه در نظر گرفته شود و اطلاعات آن به صورت دوره‌ای پایش شود.

۵- تزریق ممانعت‌کننده و باکتری کش بسته به نوع سیال پکر در فضای دالیز بالای پکر در نظر گرفته شود.

۶- حتی‌الامکان، از اسیدکاری گسترده اجتناب شود و اسیدکاری از طریق لوله مغزی سیار انجام گردد.

۷- در صورتی که عدم حذف مواد هیدروکربوری از پساب در کاهش تزریق‌پذیری چاه موثر تشخیص داده شود، ضروری است که فیلتراسیون این مواد در بالادست اصلاح گردد.

۸- پس از بررسی موارد فوق، در صورت عدم حصول نتیجه مناسب، به منظور افزایش عمر لوله مغزی، اعمال پوشش داخلی FBE بررسی و لحاظ گردد.

تشکر و قدردانی

مراتب تشکر و قدردانی خود را از کلیه پرسنل محترم آزمایشگاه خدمات فنی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب به ویژه همکارانی که در انجام آزمون ها و تحلیل های مربوطه، همکاری صمیمانه داشتند، ابراز می داریم.

مراجع

Book:

[1] Heidersbach, R., (2011), Metallurgy and Corrosion Control in Oil and Gas Production, Hoboken , Wiley, p:4,84

Book:

[2] ASM Metals Handbook Vol 13. Corrosion, (1987),9th Ed, ASM international. p: 1232

Book:

[3] Corrosion Data Survey, Houston, (1985) 6th Ed, NACE.

Failure analysis of 7 inch pipes removed from the wastewater injection well of a crude oil desalination plant

*Azam Askarynia¹, Ehsan Papan¹
* Master's degree in physical chemistry
* a.askarynia@gmail.com

^{1*}Ahvaz- National Iranian South Oil Company- Inspection and Corrosion Engineering

Abstract:

This research investigates the damage to 7 inch pipes removed from the water injection unit of a desalination plant. This study involved field investigation and research on the sections of pipe remove from service. In order to analyze the mechanism of failure, the microstructure quality of the alloy through chemical analysis and hardness testing was investigated. In addition, by examining the historical record of operations carried out to improve the well's injectability and examining the corrosiveness of the waste water injection fluid of the desalination plant, the evidence and findings obtained were used to analyze the causes of the damaged and solutions were presented to reduce possibility of failure in similar equipment.

Keywords:

water injection well, microstructure, hardness test, alloy quality, pickling operation, oil well, Corrosion