

## بررسی ترک های هیدروژنی موجود در بدنه شیرکنترل در اثر سرویس دهی در گاز ترش

جواد مستوفی فخرایی<sup>۱\*</sup>، حسین هنرور خدابخش<sup>۲</sup>، صادق هوشمند زعفرانی<sup>۳</sup>

1. رئیس اداره بازرسی فنی و خوردگی فلزات، شرکت بهره برداری نفت و گاز شرق، خانگیران

2. رئیس اداره بازرسی فنی، شرکت بهره برداری نفت و گاز شرق، خانگیران

3. کارشناس ارشد بازرسی فنی، شرکت بهره برداری نفت و گاز شرق، خانگیران

ارائه دهنده: صادق هوشمند زعفرانی

### چکیده

گاز ترش یکی از منابع عظیم گازی در میهن عزیزمان ایران می باشد. با توجه به حضور هیدروژن در گاز ترش، مکانیزم های تخریب متفاوتی از جمله ترک خوردگی هیدروژنی<sup>۱</sup> (HIC) و ترک خوردگی هیدروژنی تنش<sup>۲</sup> (SOHIC) حاصل می گردد. در این مقاله به بررسی تخریب های حاصل از گاز ترش بر روی بدنه یک عدد شیر کنترل مورد استفاده در مسیر جریان گاز ترش پرداخته شده است. مطالعات انجام شده بر روی مقاطع خروجی، نشیمنگاه و انتهای گلدانی نشان می دهند که قسمت خروجی و نشیمنگاه بوسیله جوش تعمیر شده اند و فلز جوش حاصل دارای حفره ها و ترک های فراوانی بوده که در حضور گاز ترش، وجود این ترک ها و حفره ها میتواند مکان های مناسبی برای تجمع هیدروژن بوده و منجر به تشدید ترک خوردگی گردد. بررسی های میکروسکوپی از سطح تماس با گاز ترش مربوط به فلز جوش در قسمت خروجی شیر کنترل بیانگر وجود ترک های هیدروژنی پله ای<sup>۳</sup> (HIC/SWC) بوده و در فلز جوش قسمت نشیمنگاه هر دو نوع پله ای (HIC/SWC) و القا شده هیدروژنی تنش جهت دار (SOHIC) مشاهده گردید. از طرف دیگر، عدم مشاهده ترک در قسمت انتهای گلدانی که فاقد جوشکاری تعمیری بوده، بیان گر عدم انجام صحیح فرایند جوشکاری تعمیری در بخش های خروجی و نشیمنگاه می باشد. ناحیه انتهای گلدانی دارای خوردگی سایشی یکنواختی بوده که شدت سایش و از بین رفتن سطح بدلیل تغییر جهت گاز و اغتشاش در این ناحیه بیشتر از نواحی دیگر شیر میباشد. علاوه بر این، در این ناحیه حضور جریان اغتشاشی و در نتیجه کاهش جذب هیدروژن اتمی در سطح، از ایجاد ترک های هیدروژنی جلوگیری می کند.

واژه های کلیدی: گاز ترش - شیرکنترل - ترک هیدروژنی - آخال

1- اداره بازرسی فنی و خوردگی فلزات شرکت بهره برداری نفت و گاز شرق [Eng\\_j\\_mostofi@yahoo.com](mailto:Eng_j_mostofi@yahoo.com)

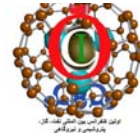
2- اداره بازرسی فنی و خوردگی فلزات شرکت بهره برداری نفت و گاز شرق [honarvar.engineer@yahoo.com](mailto:honarvar.engineer@yahoo.com)

3- اداره بازرسی فنی و خوردگی فلزات شرکت بهره برداری نفت و گاز شرق [S-hooshmand@hotmail.com](mailto:S-hooshmand@hotmail.com)

1. Hydrogen Induced Cracking

2. Step-wise Cracking

3. Stress Oriented Hydrogen Induced Cracking



## 1 مقدمه

از جمله عوامل موثر در ایجاد خسارت هیدروژنی میتوان به غلظت هیدروژن، دما، عملیات حرارتی، ریز ساختار، میزان تنش و ترکیب محلول اشاره نمود. ترک خوردگی تنش ناشی از هیدروژن که به آن خستگی استاتیکی نیز گفته می شود از عوامل اصلی از کار افتادگی فولادها در محیط هیدروژن دار است که این نوع خسارت شامل شکست ترد یک آلیاژ چقرمه در حضور هیدروژن می باشد (1).

در محیط های حاوی گاز ترش،  $H_2S$  به  $H^+$  و  $S^-$  تبدیل شده و یون  $H^+$  براحتی بدرون فولاد نفوذ کرده و یون  $S^-$  با سطح فولاد واکنش می دهد و لایه سولفیدی آهن متخلخل ایجاد می کند که این لایه سولفیدی آهن بعنوان یک کاتالیست، میزان جذب یون های  $H^-$  را افزایش می دهد (2).

معمولاً در فولاد هایی با استحکام کمتر از 700 MPa کاهش انعطاف پذیری و یا تاول زدن از اثرات خسارت هیدروژنی میباشد که در این شرایط با کاهش چقرمگی، رشد و گسترش حفره ها بیشتر می شود و جدایش زمینه از ذرات کاربیدی و آخال ها رخ می دهد. از طرف دیگر در فولاد هایی با استحکام بالاتر، مکانیزم تردی هیدروژنی غالب است. در مقادیر بالاتر هیدروژن بدون حضور تنش بخصوص در محیط  $H_2S$ ، تاول زدن یا ترک در حضور آخال های زمینه می باشد. دو فاکتور مهم در تعیین حساسیت فولادها به ترک HIC، تمیزی فولاد و میزان جدایش عناصر آلیاژی می باشد. درجه تمیزی فولاد بدلیل آخالها و فصل مشترک های موجود بر روی تجمع هیدروژن تاثیر دارد در حالی که جدایش عناصر آلیاژی باعث تشکیل فازهای ناخواسته می گردد (3). در این زمینه و در مورد آثار عناصر آلیاژی بر خواص و مقاومت به ترک خوردگی هیدروژنی تحقیقات زیادی بر روی عواملی از جمله نیکل (4-8)، منگنز (9-11)، مولیبدن (12-13)، کروم (14)، تیتانیوم (15-16)، نایوبوم (17) و مس (18-19) صورت پذیرفته است.

در این مقاله به بررسی آسیب های موجود در بدنه شیر کنترل تعمیر شده بوسیله جوشکاری که در مسیر خط جریانی چاه گاز ترش وجود داشته، پرداخته شده است. شیر کنترل مورد بحث از جنس A216-WCB بوده و گاز عبوری دارای دمای 78 درجه سانتی گراد، نرخ جریان 50 میلیون فوت مکعب در روز و دارای ترکیباتی به شرح ذیل می باشد.

جدول 1: اجزای تشکیل دهنده گاز عبوری

میزان	اجزا تشکیل دهنده
35000ppm	سولفور ( $H_2S$ )
4600 ppm	دی اکسید کربن ( $CO_2$ )
4388 ppm	شوری ( $NaCl$ )
2663 ppm	کلراید ( $Cl$ )
1725 ppm	سدیم ( $Na$ )
26 ppm	سولفاتها ( $SO_4$ )
0/1 ppm	مجموع آهن ( $Fe$ )
6/39	pH

برای بررسی بخش های آسیب دیده شیر کنترل مذکور و همچنین علل و نوع این آسیب ها از تکنیک های مختلفی استفاده گردیده است. در ابتدا به منظور تهیه شناسنامه فنی قطعه، آزمون های کوانتومتری، کشش، سختی سنجی و در نهایت متالوگرافی صورت پذیرفته است. سپس به منظور تعیین نوع خوردگی، سطح خورده شده توسط میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد بررسی قرار گرفت.



## 2 نتایج آزمایشات

### 1-2 بررسی های متالوگرافی جنس فلز پایه

جدول 2 و 3 بیانگر نتایج آزمون کوانتومتری و آزمون کشش فلز بکار رفته در بدنه شیر کنترل می باشد.

جدول 2: آزمون کوانتومتری

عناصر	کربن	سیلیسیوم	منگنز	کروم	مولیبدن	نیکل	آلومنیوم	کبالت
مقادیر	0/23	0/47	0/78	0/18	0/02	0/31	0/027	0/008

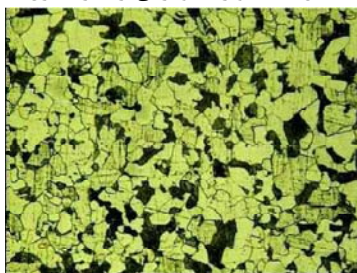
مس	نایوبیوم	تیتانیوم	وانادیوم	تنگستن	سرب	زیرکونیوم	آهن
0/05	0/01	0/07	0/01	<0/05	<0/1	<0/005	پایه

جدول 3: نتیجه آزمون کشش

استحکام تسلیم (MPa)	استحکام نهایی (MPa)	درصد ازدیاد طول نسبی
321	507	36

با بررسی و مقایسه نتایج کوانتومتری با استاندارد کلید فولاد مشخص گردید که جنس شیر کنترل از فولاد A216 گرید WCB می باشد. جهت بررسی ریزساختار، نمونه ای به ابعاد 2×2 سانتیمتر مربع تهیه شده و پس از مانع کردن، توسط سنباده زنی و پولیش آماده سازی شده و جهت حکاکی شیمیایی (اچ)، از محلول نایتال 2٪ استفاده گردیده است. در شکل 1 تصویر میکروسکوپ نوری از ریزساختار نمونه متالوگرافی نشان داده است. همانگونه که در شکل مشاهده می گردد ریزساختار فلز پایه شیر کنترل یک ریز ساختار فریت پرلیت می باشد.

شکل 1. تصویر متالوگرافی از شیر کنترل



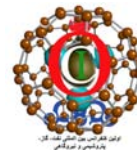
آزمون سختی نیز به روش ویکرز با نیروی 10 کیلوگرم انجام گرفته (جدول 4) که متوسط سختی بر روی شیر کنترل میزان 150 ویکرز ثبت گردید. این مقدار ثبت شده برای این جنس در بازه قابل پذیرش برای سرویس دهی در گاز ترش میباشد.

جدول 4: مقادیر سختی اندازه گیری شده فلز پایه

سختی متوسط (ویکرز)	سختی شماره 1 (ویکرز)	سختی شماره 2 (ویکرز)	سختی شماره 3 (ویکرز)
مقادیر	148	150	151

### 2-2 بررسی آسیب های موجود

شکل 2 بیان کننده مقطع برش خورده شیر کنترل مذکور میباشد که نشان میدهد سه ناحیه گلوگاه خروجی شیر، قسمت نشیمنگاه (Ring seat) و قسمت انتهای گلدانی دچار تخریب شده اند.



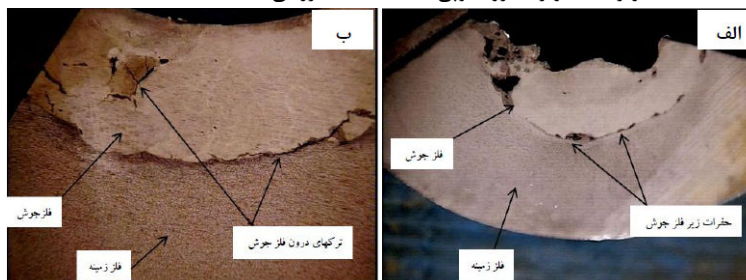
شکل 2. سطح تخریب شده : الف) سطح مقطع برش خورده ب) قسمت گلوگاه خروجی ، ج) انتهای گلدانی بدنه، د) قسمت نشیمنگاه.



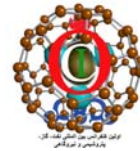
بر اساس شکل 2، خوردگی در قسمت خروجی بصورت سرتاسری و در برخی نقاط به صورت حفره (شکل ب-2)، در قسمت انتهای گلدانی به صورت سرتاسری و یکنواخت با جهت گیری (شکل ج-2) و در قسمت نشیمنگاه در یک ناحیه مشخص به صورت حفره هایی عمیق مشخص (شکل د-2) مشاهده می گردد.

از دو قسمت خروجی شیر و نشیمنگاه که دارای حفراتی عمیق می باشند مقطع هایی تهیه شده و پس از آماده سازی سطحی توسط سنگ مغناطیسی، ماکرو اچ توسط محلول اچ نایتال 2٪ انجام شد. تصویر ماکروسکوپی از برش قسمت خروجی در شکل (الف-3) ارائه شده است. همانگونه که در تصویر مشخص است سطح نمونه تعمیر شده بوسیله جوشکاری دارای اتصال ضعیفی بوده و همچنین حفرات و تخلخل های بزرگی در فلز جوش مشاهده می گردد. در شکل (ب-3) تصویر ماکروسکوپی از قسمت نشیمنگاه مشاهده می شود. اتصال جوش در قسمت نشیمنگاه شبیه به قسمت خروجی نمی باشد و اتصال ظاهری بدون حفرات زیر فلز می باشد ولی در قسمت فلز جوش ترک هایی مشاهده می شود که این ترک ها در سرتاسر فلز جوش مشاهده می گردد. در نهایت می توان بیان کرد که رعایت پارامترهای موثر در جوشکاری ضروری است، در غیر اینصورت وجود آخال ها و یا ناپیوستگی ها می تواند موجب شروع معایبی از جمله ترک می گردد.

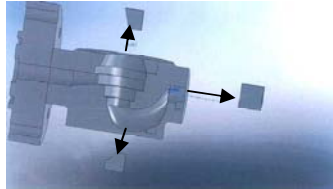
تصویر 3: تصاویر ماکروسکوپی، الف) قسمت خروجی، ب) قسمت نشیمنگاه



در ادامه از سه قسمت خروجی شیر، نشیمنگاه و قسمت انتهای گلدانی شیر کنترل نمونه هایی با ابعاد 2×2 سانتیمتر مربع تهیه شده و سطح تماس با گاز ترش توسط میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفت. در شکل 4 تصویر شماتیکی از تهیه نمونه از سه قسمت خروجی شیر، نشیمنگاه شیر و قسمت انتهای گلدانی شیر کنترل مشاهده می گردد.

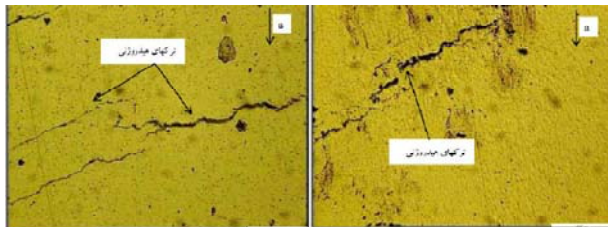


شکل 4: تصویر شماتیکی از تهیه نمونه از سه قسمت خروجی شیر، نشیمنگاه شیر و قسمت انتهایی گلدانی شیر کنترل



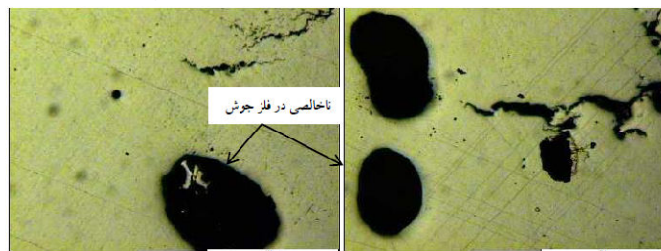
در شکل 5 تصویر میکروسکوپ نوری فلز جوش قسمت خروجی شیر کنترل مشاهده می گردد. همانگونه که مشاهده می گردد ترک ها به صورت پله ای موازی با سطح در تماس با گاز ترش می باشند.

شکل 5. تصویر میکروسکوپ نوری از ترکهای ایجاد شده در فلز جوش قسمت خروجی شیر کنترل.

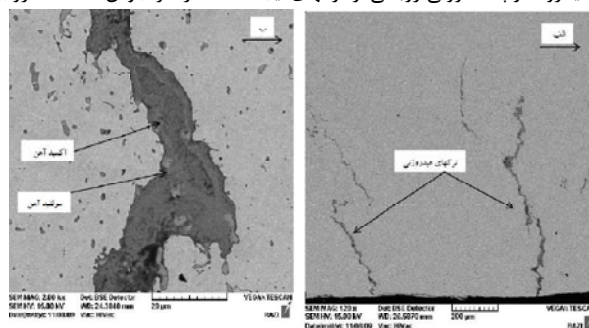


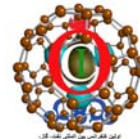
شکل 6 تصویر آخال های موجود در نزدیکی سطح فلز جوش قسمت خروجی شیر کنترل را نشان می دهد. این آخال ها با اندازه های بزرگ و با تعداد زیادی در ناحیه جوش قسمت خروجی شیر کنترل وجود دارند که در واقع زمینه مستعدی برای شروع ترک فراهم می کنند. شکل 7 نیز بیان کننده تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی فلز جوش قسمت خروجی شیر کنترل که تایید کننده وجود ترک های هیدروژنی بصورت پله ای می باشد.

شکل 6. تصویر آخال های موجود در فلز جوش قسمت خروجی شیر کنترل.



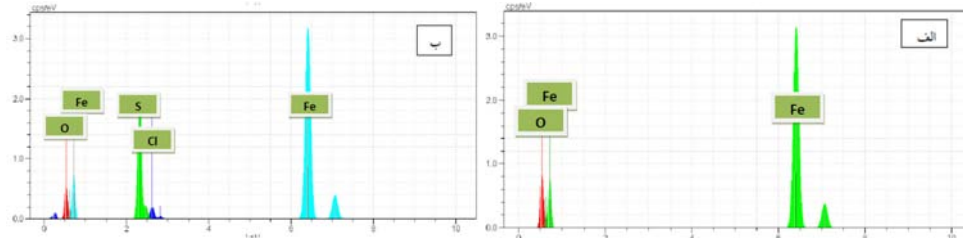
شکل 7. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از ترکهای ایجاد شده در فلز جوش قسمت خروجی شیر کنترل





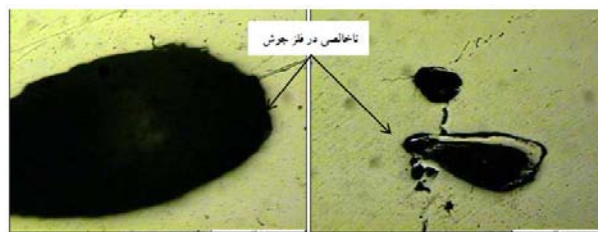
در ترک های موجود در قسمت خروجی شیر کنترل دو نوع محصولات خوردگی وجود دارد که آنالیز EDS (شکل 8) از محصولات خوردگی درون ترک ها نشان می دهد که محصولات خوردگی از سولفید آهن و اکسید آهن تشکیل شده است.

شکل 8. آنالیز EDS از محصولات خوردگی



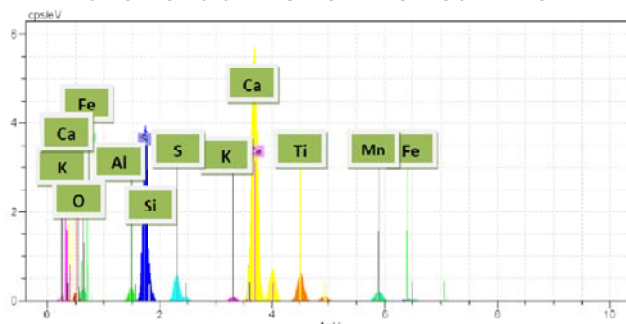
بررسی های میکروسکوپ نوری (شکل 9) بیانگر حضور آخال ها و سرباره ها را در ناحیه فلز جوش در قسمت نشیمنگاه شیر کنترل می باشد.

شکل 9. تصویر آخال های موجود در فلز جوش سطح قسمت نشیمنگاه شیر کنترل

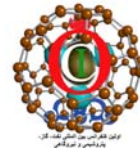


در شکل 10 تصویر آنالیز EDS از آخال های موجود در شکل 6 و 9 ارائه شده است که از اکسیدهای عناصر کلسیم، سیلیسیم و تیتانیوم تشکیل شده اند.

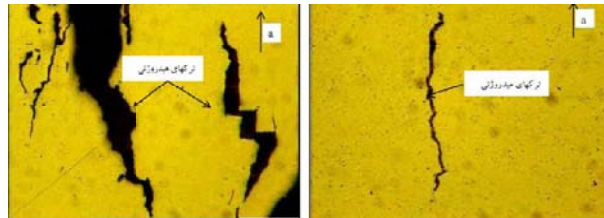
شکل 10. تصویر آنالیز EDS از آخال های موجود در شکل 6 و 7



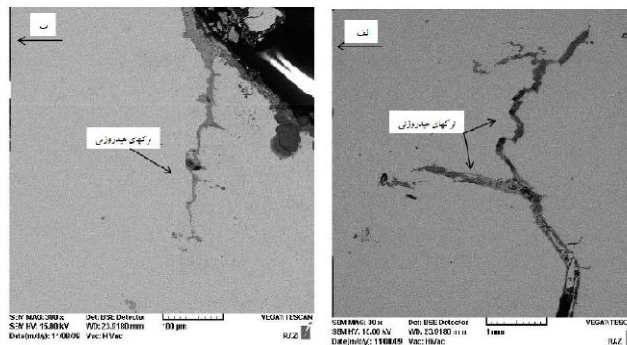
تصویر میکروسکوپ نوری (شکل 11) از فلز جوش قسمت نشیمنگاه شیر کنترل نشان دهنده وجود ترک ها به صورت پله ای عمود بر سطح تماس با گاز ترش می باشد. با مقایسه ترک های موجود در بدنه شیر کنترل مشاهده می گردد که ابعاد ترک ها در قسمت نشیمنگاه بزرگ تر از قسمت خروجی شیر کنترل می باشد. تایید نتایج میکروسکوپ نوری قسمت نشیمنگاه (شکل 11) توسط میکروسکوپ الکترونی در شکل 12 ارائه شده است که بیانگر وجود ترک های هیدروژنی پله ای می باشد.



شکل 11. تصویر میکروسکوپ نوری از ترکهای ایجاد شده در فلز جوش قسمت نشیمنگاه شیر کنترل

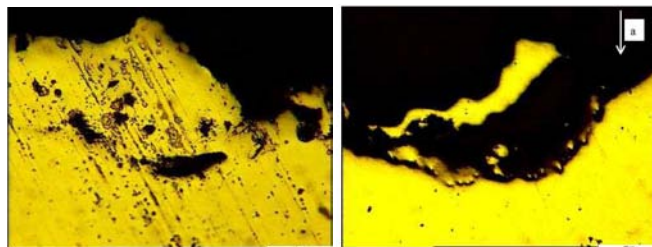


شکل 12. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از ترکهای ایجاد شده در فلز جوش قسمت نشیمنگاه شیر کنترل

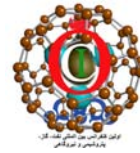


تصویر میکروسکوپ نوری از قسمت انتهای گلدانی شیر کنترل بیانگر عدم وجود ترک در بخش انتهای گلدانی می باشد (شکل 13). با توجه به بررسی چشمی از سطح در تماس با محلول خورنده از قسمت انتهای گلدانی (شکل ج-2) و همچنین بررسی میکروسکوپی نوری (شکل 13) این سطح مشاهده می شود که خوردگی این سطح از نوع سایشی می باشد. در ادامه بررسی سطح در تماس با گاز ترش توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی انجام گرفته است.

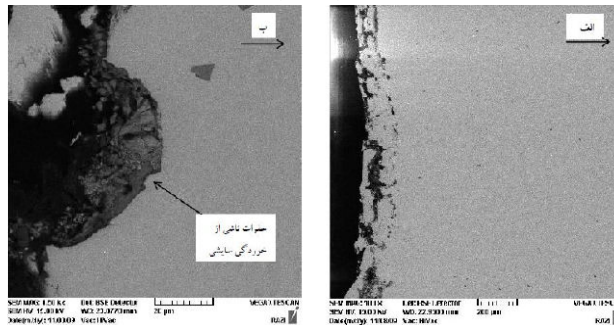
شکل 13. تصویر میکروسکوپ نوری از قسمت انتهای گلدانی شیر کنترل



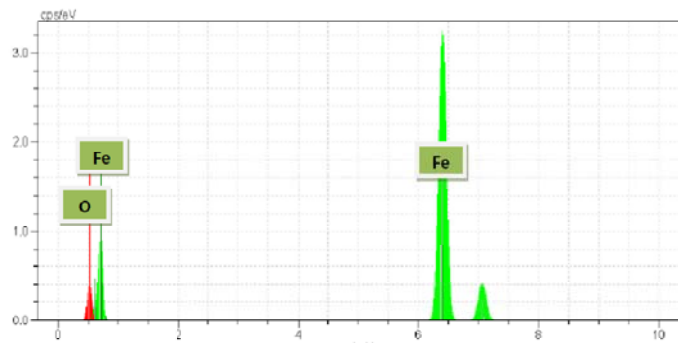
در شکل 14 تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از قسمت انتهای گلدانی شیر کنترل نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می گردد خوردگی و تخریب روی سطح به صورت یکنواخت بوده و با توجه به شکل ب-14 مشاهده می گردد که محصولات خوردگی درون حفرات، به صورت ناپیوسته وجود دارد. آنالیز EDS (شکل 15) از محصولات خوردگی روی سطح نشان می دهد که محصولات خوردگی، اکسید آهن می باشد.



شکل 14. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از قسمت انتهایی گلدانی شیر کنترل



شکل 15. آنالیز EDS از محصولات خوردگی روی سطح قسمت انتهایی گلدانی شیر کنترل

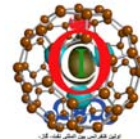


### 3 نتایج نهایی

مطالعات انجام شده بر روی مقاطع خروجی، نشیمنگاه و انتهای گلدانی نشان می دهد که قسمت خروجی و نشیمنگاه بوسیله فرایند جوشکاری تعمیر شده اند و فلز جوش حاصل دارای حفره ها و ترک های فراوانی بوده که در شرایط سرویس دهی گاز ترش، حضور این ترک ها و حفره ها درون فلز جوش، مکان های مناسبی برای تجمع هیدروژن بوده و منجر به تشدید خوردگی و یا شروع ترک می گردند. از طرف دیگر، عدم مشاهده ترک در قسمت انتهایی گلدانی که فاقد فلز جوش می باشد، نشان می دهد که جوشکاری تعمیری بدرستی انجام نشده است. در نتیجه رعایت موارد موثر بر جوشکاری جهت تولید فلز جوشی عاری از عیب نقش بسزایی را در افزایش عمر قطعه ایفا می کند. بررسی های میکروسکوپی ( شکل های 5 و 7) از سطح تماس با گاز ترش مربوط به فلز جوش در قسمت خروجی شیر کنترل بیانگر وجود ترک های هیدروژنی بوده که با توجه به شکل پله ای ترک ها و موازی بودن آنها با سطح بنظر می رسد که از نوع ترک های پله ای یا SWC می باشند.

بررسی های میکروسکوپی ( شکل های 11 و 12) از سطح تماس با گاز ترش مربوط به فلز جوش در قسمت نشیمنگاه نیز بیانگر وجود ترک های هیدروژنی بوده که بر اساس شکل موازی و عمود بر سطح بودن آنها، ترک ها از هر دو نوع پله ای (SWC) و القا شده هیدروژنی تنش جهت دار (SOHIC) می باشند. وجود این دو نوع ترک در قسمت نشیمنگاه، به علت حضور تنش های پیچیده اعمال شده در قسمت نشیمنگاه می باشد. بررسی های میکروسکوپی ( شکل های 14 و 15) از سطح تماس با گاز ترش در قسمت انتهایی گلدانی شکل بیانگر عدم حضور ترک های هیدروژنی در این ناحیه می باشد. این





ناحیه کارزای خوردگی سایشی به صورت یکنواخت و با جهت گیری یکسان بوده و شدت از بین رفتن سطح در این ناحیه از نواحی دیگر شیر بیشتر می باشد ( شکل ج-11). علت ایجاد این نوع خوردگی (سایشی) در قسمت انتهایی گلدانی، تغییر جهت گاز و اغتشاش بیشتر آن در این ناحیه می باشد. حضور جریان اغتشاشی و بدنبال آن کاهش جذب هیدروژن اتمی در سطح، از ایجاد ترک های هیدروژنی جلوگیری می کند.

بررسی نتایج آنالیز EDS از محصولات خوردگی نشان می دهد که محصولات خوردگی در قسمت خروجی (شکل 8) شامل سولفید آهن و اکسید آهن می باشد. بطوری که بر روی سطح یک لایه سولفید آهن قرار گرفته و روی سولفید آهن اکسید آهن قرار دارد و در قسمت انتهایی گلدانی نیز، محصولات خوردگی از نوع اکسید آهن می باشند. عدم ایجاد لایه سولفیدی در قسمت انتهایی گلدانی به علت وجود جریان اغتشاشی در این قسمت بوده که منجر به از بین رفتن لایه سولفیدی شده است.

با توجه با وجود آخال ها در زمینه فلز جوش و همچنین ترک های نزدیک به آنها و همچنین جوانه های ترک موجود در روی سطح آخال ها می توان به این نتیجه رسید که وجود آخال ها در فلز جوش نه تنها به عنوان مکانی برای تجمع هیدروژن میباشند بلکه به عنوان مکان هایی برای شروع ترک نیز بحساب می آیند. تحقیقات انجام شده در این زمینه علت جوانه زنی ترک از محل آخال ها را تفاوت ضریب انبساط حرارتی بین  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$  و زمینه فولادی بیان نموده است<sup>20</sup>.

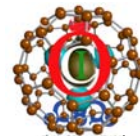
با توجه به وجود ترک های بزرگ در سطح داخلی شیر کنترل و همچنین وجود ترک هایی در فلز جوش، بایستی در انجام عملیات جوشکاری تعمیری دقت بالایی نمود چرا که وجود ترک در سطح داخلی شیر کنترل و پیشرفت آن در طول ضخامت می تواند منجر به شکست و ایجاد خسارت جانی و مالی فراوان شود.

مراجع

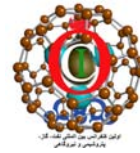
- [1]. Klyk-spyra, K.soanska, M.quantitative fractography of 2205 duplex stainless steel after a sulfide stress cracking test, Material characterization.56.2006.pp.384-388.
- [2].Don bush, welding of carbon steel materials for uses in sour services.
- [3]. ASM Handbook.corrosion.vol.13.1997.
- [4].G.M.Evans, The effect of nickel on microstructure and properties of C-Mn all-weld metal deposits, welding research abroad.41.1991.pp.70-83.
- [5]. S.D.Bhole, J.B.Nemad,L.Collins, C.Liu, effect of nickel and molybdenum addition on weld metal toughness in a submerged are welded HSLA line pipe steel. Journal of materials processing technology,173.2006.pp.92-100.
- [6] D.D.Crocket, J.A.Rhone,R.F.Young,D.C.Noerberg, Design consideraation for sbmerged are consumables inended for the manufacture of line pipe,pipeline technology,1995.pp.151-162.
- [7] A.ikedo,M.Kowaka, Stress corrosion cracking of low and high strength steels in wet hydrogen sulfide environment, chemical economy & engineering review, May/June 1978.pp.12-22.
- [8] k.s.Ro, Improvement on the sulphide stress corrosion cracking properties of hot rooled line pipe steels, Corrosion 100.2000, paper No.00382.
- [9]De souza, L.F.G., I., Jorge, J.C.F., Guimaraes, A.S., Paranhos, R.P.R., "Microstructure analysis of a single pass 2.25%Cr-1.0%Mo steel weld metal with different manganese contents" , Materials Characterization, 55, 2005,pp,19-27.
- [10]Surian, E., de Rissone, M.R., de Vedia, L., "Influence of molybdenum on ferrite high strength SMAW all weld metal properties" , Welding journal, 2005, pp. 53s-63s.
- [11]B. Beidokhti, A.H. Koukabi, A. Dolati, " Effects of alloying elements and microstructure on the susceptibility of the welded HSLA steel to hydrogen induced cracking and sulfide stress cracking ", Journal of Materials Processing Technology,2009.
- [12] I. Reformatskaya et al." The Effect of Nonmetallic Inclusions andMicrostructure on Local Corrosion of Carbon and Low-alloyed Steels", Protectionof Metals, vol. 40, no. 5, 2004, pp: 498-504.
- [13]Golovaneko, S.A., Zikeev, V.N., Serebyanaya, E.B., Popova, L.V., " Effect of alloying elements and structure on the resistance of structure steels to hydrogen embrittlement" , metal science and heat treatment, 20, 1978, pp. 3-14.
- [14]Jorgea , J.C.F., Souzaa, L.F.G., Rebello, J.M.A., "The effect of chromium on the microstructure and inclusion formation in HSLA multi-pass welds" , mater. Charact. 58, 2007, pp. 29-39.
- [15] B.Beidokhti,A.H.Koukabi, A.Dolati, Effect of titanium on the microstructure and inclusion formating, Hournal of materials processing technology,2008.
- [16] C.Shigna, Effect of steelmaking, alloying and rolling variable on the HAZ structure in micro-alloyed plate and line pipe, the mrtallurgy, welding and qualification of micro-alloyed steel weldment,AWS,1990,pp 327-350.
- [17] F.Heisterkamp, J.M.Gray, H.Stuar, Niobium as a toughening element in pipesteels:influence on weldment properties, International coferene on pipe welding, November 1979,pp 307-320

# اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



- [18] M.H. Avazkonandeh-Gharavol, M. Haddad-Sabzevar, A. Haerian, "Effect of copper content on the microstructure and mechanical properties", *Materials and Design* 30, 2009, pp. 1902–1912.
- [19]. Bernstein, M., Pressouyre, G.M., in: Orinia, R.A., Hirth, J.P., Smialowski, M. (Eds), *Hydrogen degradation of ferrous alloys*, Noyes, Park Ridge, NJ, USA, 1985, pp. 641-685.
- [20] A.V.Dub, Nonmetallic inclusion in low-alloy tube steel, *metallurgist*, vol49, no4.2005. pp.138-148.



# Investigation The HIC Mechanisms Which Occurred On Control Valve Body Due To Sour Gas Service

Javad Mostofi Fakhraei<sup>1\*</sup>, Hosein Honarvar Khodabakhsh<sup>2</sup>, Sadeq Hooshmand Zaferani<sup>3</sup>

*Presenter: Sadeq Hooshmand Zaferani*

1-East Oil and Gas Company, Khangiran, Iran. [Eng\\_j\\_mostofi@yahoo.com](mailto:Eng_j_mostofi@yahoo.com)

2- East Oil and Gas Company, Khangiran, Iran. [Honarvar.Engineer@yahoo.com](mailto:Honarvar.Engineer@yahoo.com)

3- East Oil and Gas Company, Khangiran, Iran. [S-Hooshmand@hotmail.com](mailto:S-Hooshmand@hotmail.com)

## Abstract

Sour gas is one of the most energy sources in Iran. Being of hydrogen in sour gas, causes various failure mechanisms such as Hydrogen Induced Cracking (HIC) and Stress Oriented Hydrogen Induced Cracking (SOHIC). In this paper the failures which occurred on control valve body due to presence of sour gas have been investigated. Results show that the outlet and also seat parts had been repaired by welding method and there are many cracks and inclusions in the weld metal. These defects can provide available palaces for accumulation of hydrogen and crack initiation. The microscopic studies show that there is Step-wise Cracking (SWC) in outlet part and also presence SWC and SOHIC in seat part. Otherwise no crack has been observed in the bottom of body which doesn't have any weld metal. This means that the repairing process had not been done according to appropriate welding process. Turbulent flows in the bottom part creat uniform erosion corrosion; therefore provide higher metal loss in comparison of two other parts. Furthermore these turbulent flows prevent of hydrogen adsorption and HIC have not been occurred.

**Keywords:** Sour gas, Control valve, HIC, Inclusions