



تشکیل هیدرات درون خطوط انتقال گاز و نقش آن در آغاز فرآیند خوردگی داخلی

حامد منصوری^۱، داریوش مولا^۲، فریدون اسماعیل زاده^۳

کارشناس ارشد عملیات و بهره برداری - شرکت نفت و گاز زاگرس جنوبی

استاد دانشکده نفت، گاز و مهندسی شیمی دانشگاه شیراز

استاد دانشکده نفت، گاز و مهندسی شیمی دانشگاه شیراز

چکیده

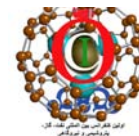
تشکیل هیدرات در خطوط انتقال گاز بعنوان یک تهدید جدی در کاهش عمر مفید خط لوله محسوب می شود. اگر بعد از مراحل اولیه هسته سازی و شکل گیری کریستالهای هیدرات زمان کافی وجود داشته باشد، پلاگ های هیدرات تشکیل شده و منجر به مسدود شدن مسیر جریان و حتی پارگی خط لوله می شوند. این معضل سالیانه هزینه های سنگینی را به صنعت نفت وارد می آورد. تا کنون مقالات زیادی درخصوص هیدرات ها منتشر شده است اما آنچه که کمتر مورد توجه قرار گرفته، توانایی هیدرات ها در آغاز فرآیند خوردگی داخلی خط لوله است. خوردگی داخلی خطوط لوله در دراز مدت سبب زوال و از کار افتادگی کامل آن می شود. توانایی هیدرات ها در آغاز فرآیند خوردگی بمرتب مهمتر از مشکل پارگی خط لوله و مسدود کردن جریان است. بعضی از عناصر تشکیل دهنده هیدرات از جمله متان، دی اکسید کربن، سولفید هیدروژن و آب براحتی وارد واکنش های شیمیایی و الکتروشیمیایی با سطح داخلی خط لوله شده و این آغازی برای فرایند خوردگی داخلی خط لوله است. در این مقاله به بررسی نحوه تاثیر هیدرات ها روی انواع خوردگی داخلی خط لوله و همچنین پیامدهای زیست محیطی، اقتصادی و سیاسی ناشی از نشت نفت و گاز از خطوط لوله پرداخته می شود.

واژه های کلیدی: هیدرات گازی، خطوط انتقال گاز طبیعی، خوردگی، محیط زیست، اقتصاد

1- شیراز- بلوار زند-ساختمان نفت-شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی (hmansoori1361@gmail.com)

2- دانشگاه شیراز-دانشکده نفت، گاز و مهندسی شیمی (dmowla@shirazu.ac.ir)

3-دانشگاه شیراز-دانشکده نفت، گاز و مهندسی شیمی (esmaeil@shirazu.ac.ir)



1- مقدمه

تقاضا برای گاز طبیعی خصوصاً جزء اصلی آن یعنی متان، در جهان رو به افزایش است. علت را می توان در حجم بالای ذخیره درجای گاز طبیعی و دوست دار محیط زیست بودن (انرژی پاک) نسبت به سایر سوخت های فسیلی دانست. ترکیب اجزاء گاز طبیعی در میادین مختلف متغیر بوده و ممکن از منطقه ای به منطقه دیگر با هم متفاوت داشته باشد. جدول 1 ترکیب درصد سه میدان گازی مختلف را نشان می دهد. گاز طبیعی بطور گسترده در کاربرد های خانگی و صنعتی استفاده می شود. در بخش صنعت، گاز طبیعی مهمترین منبع برای تولید الکتریسیته است. در اکثر کشور های توسعه یافته از گاز طبیعی بعنوان یک سوخت پاک و کار آمد در سیستم حمل و نقل استفاده می شود. امروزه تحقیقات اساسی جهت گاز سوز کردن سیستم حمل و نقل هوایی در حال انجام است. همچنین گاز طبیعی در ساخت مواد پلاستیکی، ضد یخ ها، سوخت کارخانجات مواد غذایی، پالایشگاههای نفتی و ... کاربرد دارد. علاوه بر تمام کاربردهای ذکر شده برای گاز طبیعی، این نکته را نیز در نظر بگیرید که هر یک از اجزاء تشکیل دهنده گاز طبیعی خود بتهنهایی مصارف و کاربرد خاصی دارند که این موضوع اهمیت گاز طبیعی را دو چندان می کند. گاز طبیعی در حجم زیادی در جهان وجود دارد. در سال 2000 میزان ذخایر گاز طبیعی و بهره برداری شده در جهان بترتیب در حدود 150/19 و 2/4223 تریلیون متر مکعب برآورد شد. کشور روسیه بیشترین حجم درجای ذخایر نفت و گاز جهان (در حدود 38 درصد از کل منابع) را در اختیار دارد. تا سال 2006 میزان کل حجم درجای نفت و گاز برای کشور روسیه بترتیب در حدود 69/1 میلیارد بشکه و 48/14 تریلیون متر مکعب برآورد شد [1]. آمار ها نشان می دهد که تنها در سال 2003 میزان تقاضای گاز طبیعی برای کشورهای ایالات متحده آمریکا در حدود 786/32 میلیارد متر مکعب بوده است. در سال 2007 بیش از 36 تریلیون فوت مکعب گاز طبیعی از طریق خطوط انتقال گاز بین ایالتی در کشور آمریکا جایجا شده است [2]. جدول 2 بیانگر میزان تقاضای گاز طبیعی در کشورهای اروپایی تا سال 2010 و همچنین پیش بینی آن تا سال 2020 می باشد. آمار و ارقام ارائه شده در بالا جهت بیان اهمیت و جایگاه گاز طبیعی در جهان است. در ادامه به بررسی مشکلات و معضلات پیش روی این صنعت خصوصاً در مبحث انتقال گاز از طریق خط لوله پرداخته می شود.

جدول 1: ترکیب درصد گاز طبیعی در سه میدان مختلف

Chemical Compound	بر اساس درصد مولی		
	Gas Field 1	Gas Field 2	Gas Field 3
Methane	68/42	90/19	68/14
Ethane	7/65	6/94	14/22
Propane	11/27	2/09	10/27
N-butane	4	0/361	3/23
I-butane	4/42	0/414	2/38
N-pantane	0/94	0/005	0/75
I-pantane	1/55	0/007	1/07
Hexane	0/18	-	-
Nitrogen	0/16	-	-
Carbon-dioxide	1/02	-	-



جدول 2: میزان تقاضای گاز طبیعی برای کشورهای اوپایی بر حسب میلیارد متر مکعب

سال	1999	2010	2020
EU 15 ^a	386	500	597
EU 30 ^a	462	642	777
EU 15 ^b	386	420-650	533-650
EU 30 ^c	-	580-690	610-900

منبع: ^a OME(2002); ^b IEA(2002); ^c Stem(2001)

توجه:

EU 15=Austria, France, Belgium, Greece, Germany, Italy, Luxemburg, Netherlands, Portugal, Spain, Ireland, UK, Denmark, Sweden, Finland.

EU 30= EU + Turkey, Bulgaria, Romania and twelve other countries.

2- انتقال گاز طبیعی و معضل تشکیل هیدرات

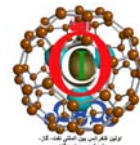
راههای مختلفی جهت انتقال گاز طبیعی از محل استخراج آن تا مقصد نهایی وجود دارد که از جمله کاربردی ترین آنها می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

1. خطوط لوله
2. مایع سازی (LNG)
3. فشرده سازی (CNG)
4. تبدیل به متانول

از موارد بالا، استفاده از خطوط لوله و مایع سازی گاز بطور گسترده استفاده می شود. انتقال گاز طبیعی از طریق خط لوله برتری ویژه ای نسبت به LNG دارد چرا که هزینه مایع سازی گاز بسیار بالا است و همچنین فرآیند انتقال آن بوسیله کشتی های مخصوص حمل LNG، با خطرات ایمنی و زیست محیطی فراوانی مواجه است. هر چند که هزینه واحد در انتقال گاز بوسیله فرآیند فشرده سازی گاز (CNG) و تبدیل به متانول تقریباً برابر با هزینه واحد در انتقال با خط لوله می باشد اما این دو گزینه در حال حاضر بیشتر جنبه تئوری داشته و کمتر در مقیاس تجاری مورد استفاده قرار گرفته اند. گاز طبیعی ممکن است از میادین گازی (خشک یا تر) و یا همراه با نفت تولیدی بدست آمده باشد. گاز طبیعی جهت نم زدایی و شیرین سازی (در صورت همراه داشتن گازهای اسیدی) به پالایشگاه گازی فرستاده شده و پس از انجام مراحل مختلف پالایش جهت ارسال به مصرف کننده نهایی به خط لوله انتقال گاز تزریق می شود. اجزاء پارافینی و سبک گاز طبیعی (بوتان، متان، پروپان، نرمال بوتان و ایزو بوتان) و همچنین گازهای نامطلوب همراه با آن مثل نیتروژن، دی اکسید کربن و سولفید هیدروژن به همراه بخار آب ممکن است در طی فرآیند انتقال گاز طبیعی از طریق خط لوله، تشکیل هیدرات داده و در نهایت منجر به مسدود شدن خط لوله و قطع جریان گاز گردد [3]. شکل 1 تصویری مفهومی از نحوه تشکیل هیدرات و انسداد در یک جریان چند فازی نفت و گاز را نشان می دهد. هیدرات های گازی ترکیباتی جامد و کریستالی هستند که ساختاری شبیه به یخ دارند. شرایط تشکیل

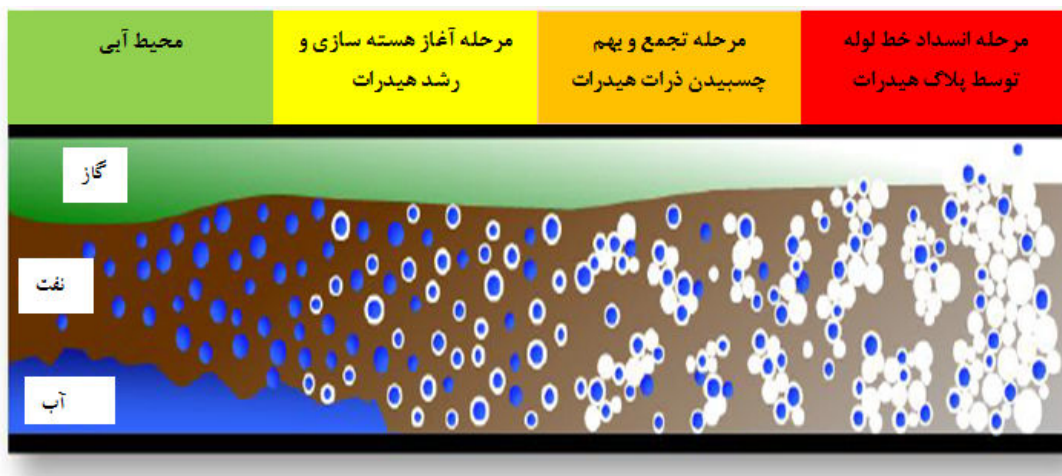
اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

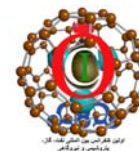
مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



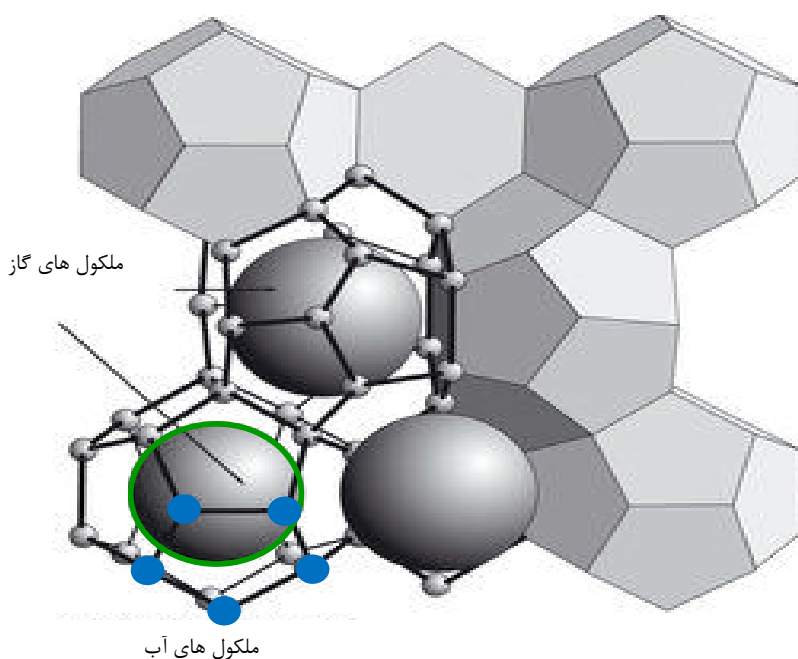
این ترکیبات در دماهای پایین و فشارهای بالا مهیا می شود. ساختار جامد هیدرات مشتمل بر گازهای سبک با قطر ملکولی کوچک است که درون شبکه بلوری حاصل از پیوند هیدروژنی بین ملکول های آب، به دام افتاده است. در شبکه هیدرات، ملکول های گاز نقش میهمان و ملکول های آب نقش میزبان را بازی می کنند (شکل 2). تقریباً 85٪ شبکه بلور هیدرات توسط ملکول های آب و 15٪ دیگر توسط ملکول های گاز اشغال می شود. هیدرات ممکن است در فشار های بالا (در حدود 14 مگاپاسکال) و در دماهایی کمی بالاتر از نقطه ذوب نرمال یخ (بالاتر از 277/15 درجه کلوین) تشکیل شود. تشکیل هیدرات در این دما و فشار را می توان به ایجاد نیروهای ضعیف واندروالس بین ملکولهای گاز و آب و همچنین خصوصیات پیوند هیدروژنی که بین ملکول های آب شکل می گیرد، نسبت داد [4]. خطوط انتقال نفت و گاز در زیر دریا معمولاً شرایط ترمودینامیکی مناسبی جهت تشکیل هیدرات دارند، هیدرات تشکیل شده اگر سریعاً برطرف نشود منجر به مسدود شدن کلی و یا جزئی قطر داخلی خط لوله گردیده و انتقال سیال را متوقف می کند. انسداد خط لوله سبب بالا رفتن فشار در بالادست منطقه ای که هیدرات تشکیل شده است می شود از طرفی بدلیل قطع جریان سیال، دمای خط لوله کاهش میابد در این وضعیت شرایط جهت توسعه هیدرات و سخت شدن آن فراهم شده و ممکن است در نهایت منجر به ترکیدن خط لوله شود [5]. نشت نفت و گاز به محیط پیرامون سبب بار آمدن زیانهای زیست محیطی جبران ناپذیر می گردد. تشکیل ناخواسته هیدرات گازی در قسمتهای مختلف صحت نفت سالانه خسارات و هزینه های زیادی را بهمراه دارد. این هزینه ها شامل تعمیر و یا تعویض تجهیزات آسیب دیده و همچنین هزینه کاهش و یا توقف تولید است [6]. تاثیر منفی تشکیل هیدرات در خطوط انتقال گاز نسبت به دیگر بخش های صنعت نفت، نمایان تر است چراکه خطوط انتقال آخرین حلقه از فرآیند فروش گاز پس از مراحل اکتشاف، حفاری، تولید و پالایش است. در واقع می توان گفت که معضل تشکیل هیدرات چالش انگیز ترین جنبه در بحث تضمین جریان است. در صنعت نفت سالانه میلیارد ها دلار صرف مقابله و کاهش اثرات مخرب تشکیل هیدرات می شود ولی تا کنون راحل اساسی و همیشگی برای این منظور ارائه نشده است [7].

شکل 1- تصویر مفهومی از مراحل تشکیل هیدرات و انسداد خط لوله در جریان چند فاز





شکل 2- در ساختار کریستالی هیدرات، ملکول های آب نقش میزبان و ملکول های گاز نقش میهمان را بازی می کنند.



3- تشکیل هیدرات و شروع خوردگی داخلی خطوط انتقال گاز

هیدرات ها براحتی می توانند روی انواع خوردگی داخلی خط لوله اعم از شیمیایی و فیزیکی تاثیر گذار باشند. میزان این تاثیر گذاری به عوامل مختلفی وابسته است که مهمترین آنها عبارتند از:

1. حجم و ابعاد هیدرات شکل گرفته درون لوله
2. مدت زمان تماس با سطح داخلی لوله
3. میزان تخریب لایه محافظ روی خط لوله
4. نوع گاز های درون شبکه هیدرات

خوردگی داخلی خط لوله (ناشی از تشکیل هیدرات و یا عوامل دیگر) موجب زوال لوله و تحمیل هزینه های سنگین تعمیر و یا جایگزینی قسمت های آسیب دیده می گردد. مکانیزم های خوردگی می تواند فیزیکی و یا شیمیایی باشد.

4- تشکیل هیدرات و آغاز خوردگی داخلی تحت مکانیزم های فیزیکی

دی اکسید کربن و سولفید هیدروژن از جمله گازهای اسیدی در ساختار هیدرات هستند که نقش آنها در خوردگی داخلی خط لوله به اثبات رسیده است. متان جزء اصلی گاز طبیعی، بعنوان یک عامل کاهنده (reducing agent) می تواند به



فرآیند خوردگی فلز کمک کند. آب از دیگر عناصر تشکیل دهنده هیدرات است که نقش خوردندگی آن روی فلزها بر همگان مشخص است. خوردگی های فیزیکی که ممکن است در اثر تشکیل هیدرات درون خطوط لوله رخ دهد عبارتند از:

1. کاویتاسیون (cavitation)
2. سایش (erosion)
3. گالوانیک (galvanic)
4. تنشی-کرکینگ (stress-cracking)

1-4- کاویتاسیون

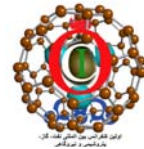
اولین مرحله از فرایند شکل گیری هیدرات گاز، ایجاد پیوندهای هیدروژنی بین ملکول های آب و تشکیل حفره هایی جهت قرار گیری ملکول های گاز با قطری کمتر از قطر حفره ها درون آن است. این مرحله را مرحله نیمه جامد گویند چرا که شبکه بلور هیدرات هنوز بطور کامل شکل نگرفته است در واقع هر چه تعداد بیشتری از ملکول های گاز درون حفره ها جای بگیرند، ساختار جامد هیدرات تکمیل تر می شود. در این مرحله حفره های تو خالی ممکن است به راحتی به سطح فلز عزیمت کرده و در انجا منهدم شود این عمل سبب ایجاد شک به سطح فلز گردیده و ممکن است لایه محافظ روی سطح فلز آسیب ببیند [8]. چنین آسیب های مکانیکی به سطح فلز را پدیده کاویتاسیون گویند (شکل 3).

شکل 3- تخریب های رخ داده روی سطح پره های یک پمپ ناشی از پدیده کاویتاسیون



2-4- سایش-خوردگی

پس از گذشت زمان کافی از مرحله نیمه جامد (شکل گیری حفره ها)، ملکول های گاز به درون حفره ها نفوذ کرده و دانه های ریز هیدرات جامد شکل می گیرند اما هنوز استحکام زیادی نداشته و بصورت پراکنده و جدا از هم قرار دارند. این ذرات جامد درون سیال جریانی حرکت کرده و در صورتی که با سرعت و انرژی کافی با دیواره لوله برخورد مداوم داشته باشند، می توانند منجر به وقوع پدیده سایش روی سطح فلز گردند. فرایند سایش سطح فلز می تواند در اثر جریان مایع یا گاز با سرعت بالا درون خط لوله اتفاق افتد. اگر سیال جریانی حاوی ذرات جامد در آن صورت میزان تخریب مکانیکی شدیدتر خواهد بود. در این مکانیزم جهت تخریب و جدا شدن ماده از سطح فلز، نیاز به بمباران مداوم فلز توسط ذرات مایع و یا جامد است در این



حالت فیلم محافظ روی سطح فلز از بین رفته و سطح فلز تازه در معرض خوردگی بیشتر قرار می گیرد این فرآیند که حاصل همکاری مکانیزم های سایش و خوردگی است را پدیده سایش-خوردگی گویند(شکل 4). عواملی مثل آشفتگی جریان، پدیده کاویتاسیون، اثر اصابت ذرات(impingment) و تاثیر گالوانیگی می تواند به شدت تخریب ها در پدیده سایش-خوردگی کمک و حتی در شرایطی منجر به پارگی خط لوله شود[9].

شکل 4- نمونه تخریب ایجاد شده روی یک لوله توسط پدیده خوردگی-سایش



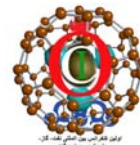
3-4- خوردگی فرسایشی

فرایند رشد هیدرات و بزرگتر شدن دانه های آن مستلزم انتقال انرژی بیشتر از سطح دیواره به سطح هیدرات است این انتقال انرژی سب القا حرکت نسبی بین هیدرات و دیواره لوله در محل تماس با یکدیگر می گردد این اتفاق نقطه ای برای شروع خوردگی فرسایشی است. حتی در شرایط عاری از هیدرات، خوردگی فرسایشی می تواند در نواحی از لوله که سطح زبری دارند، رخ می دهد در این حالت سرعت بالای جریان و حرکت مداوم روی سطح زبر فلز به خوردگی فرسایشی می انجامد[10]. این شرایط را می توان شبیه حرکت و لرزش دو سطح (زبر) فلز که در تماس با هم هستند دانست در این حالت لرزش سطوح روی هم سبب ایجاد فرسایش می شود.

3-5- تشکیل هیدرات و آغاز خوردگی داخلی تحت مکانیزم های شیمیایی

در صورت تشکیل هیدرات و مسدود شدن جزئی خط لوله و عدم موفقیت در بر طرف کردن آن، شرایط جهت بر هم کنش اجزاء خورنده ساختار هیدرات با سطح فلز در تماس با آن فراهم می گردد. هرچه مساحت و زمان تماس هیدرات با سطح فلز بیشتر باشد، واکنش های شیمیایی و الکتروشیمیایی صورت گرفته منجر به خوردگی گالوانیک و الکترولیتی می گردد. نرخ خوردگی در این حالت تابع عوامل گوناگونی از جمله؛ زمان، ترکیب هیدرات، PH و خصوصیات ترمودینامیکی مثل دما، فشار و ... می باشد.

1-5- خوردگی الکتروشیمیایی:



تشخیص اینکه در کدام مرحله از فرآیند تشکیل هیدرات، خوردگی های الکتروشیمیایی رخ می دهد تا حد زیادی به ترکیب هیدرات وابسته است. این نوع از خوردگی ها معمولاً بشکل گالوانیکی و الکتrolیتی هستند. در این شرایط واکنش اکسایش روی آند و کاهش روی سطح کاتد اتفاق می افتد. واکنش های اکسایش-کاهش در خوردگی های الکتروشیمیایی رخ می دهد. واکنش های خود به خودی در سل گالوانیکی و واکنش های غیر خود به خودی در سل الکتrolیتی انجام می شود.

2-5- خوردگی گالوانیکی:

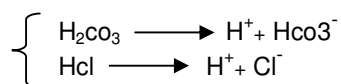
مرحله نیمه جامد از فرآیند تشکیل هیدرات، می تواند آغازی برای خوردگی گالوانیک باشد (شکل 5). در این مرحله حضور ملکول های آب سبب ایجاد نقاط آندی و کاتدی روی دیواره لوله شده و زمینه را برای انتقال الکترون و شکل گیری یک سل گالوانیکی فراهم می کند. شکل گیری سل گالوانیکی بوسیله تجزیه ملکول آب به H^+ و OH^- و انتقال آن در جهت های مخالف در حالی که آند حامل بار منفی است، میسر می شود [11].

شکل 5- نمونه ای از تخریب های ایجاد شده توسط خوردگی گالوانیک

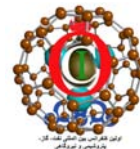


3-5- تاثیر PH روی خوردگی الکتrolیتی

گاز طبیعی شامل گازهای CO_2 و H_2S است. در بیشتر اوقات کلر با آب آزاد موجود در زمان تشکیل هیدرات واکنش داده و اسیدهایی را بوجود می آورد در ادامه این اسیدها تجزیه می شوند:



قطب آند در یک سل الکتrolیتی، آنیون های موجود در محلول را جذب می کند از اینرو بار آند مثبت است اما در یک سل گالوانیکی آند دارای بار منفی است چرا که واکنش اکسیداسیون در آند اتفاق افتاده و منبع بار منفی در سل می باشد. در هر دو سل گالوانیکی و الکتrolیتی، واکنش های اکسیداسیون در آند اتفاق افتاده و الکترون ها از آند به کاتد جریان دارند. این نوع از خوردگی ها می توانند باعث زوال و از کارافتادگی طولی از خط لوله شوند. اگر ذرات جامد هیدرات به سطح داخلی خط لوله بچسبند، احتمال رخداد واکنش های شیمیایی و الکتروشیمیایی و در نتیجه شروع خوردگی گالوانیکی و حتی حفره ای وجود دارد.



6- پیامدهای خوردگی داخلی خطوط انتقال نفت و گاز

اگر چه تشکیل هیدرات ناخواسته همانند کابوسی برای صنعت نفت و گاز است اما شروع خوردگی ناشی از تشکیل هیدرات یک پیامد بمراتب بدتر محسوب می شود. شروع و گسترش خوردگی نه تنها موجب از کارافتادگی خط لوله و قطع جریان می شود بلکه در مواردی زوال کلی خط لوله را بهمراه داشته و لازم است کل طول لوله تعویض شود. بطور کلی پیامدهای از کار افتادگی خط لوله را می توان در سه گروه دسته بندی کرد؛ اقتصادی، زیست محیطی و انسانی.

1-6- پیامدهای اقتصادی

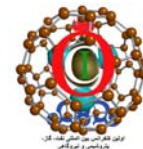
پیامد اقتصادی پارگی و زوال خط لوله شامل موارد ذیل می شود:

1. هزینه از دست دادن محصول
2. هزینه ترمیم و جایگزینی خط لوله
3. هزینه پاکسازی و بازیافت محصول نشت کرده به محیط

هزینه ها مهمترین بخش در دسته بندی پیامدهای پارگی و از کارافتادگی خط لوله محسوب می شود. بخش عمده هزینه ها شامل توقف تولید و پاکسازی محیط زیست از آلودگی های بوجود آمده می شود. تشکیل هیدرات یکی از جنبه های چالش برانگیز در بحث تضمین جریان در خط لوله است. اگر تشکیل هیدرات درون تجهیزات در همان زمانهای اولیه برطرف نشود، گذشت زمان سبب گسترش آن و انسداد کامل خط لوله می شود. انسداد خط لوله سبب بالا رفتن فشار در بالا دست ناحیه تشکیل پلاگ هیدرات می شود این شرایط می تواند از لحاظ ایمنی برای کارکنان بهره بردار و محیط زیست با خطرات فراوان همراه باشد. مبارزه با تشکیل ناخواسته هیدرات و یا کاهش اثرات مخرب آن، سالیانه میلیاردها دلار هزینه روی دست صنایع مختلف می گذارد. شرکت های بهره بردار در نقاط دور از ساحل بمنظور جلوگیری از تشکیل هیدرات، سالیانه به ازاء هر مایل از خطوط انتقال هیدروکربن در زیر دریا، تقریباً یک میلیون دلار هزینه صرف عایق کاری می کنند. اکثر متون علمی و تلاش های صورت گرفته در زمینه هیدرات روی توانایی آنها در مسدود کردن خط لوله و قطع جریان متمرکز شده است و کمتر به توانایی آنها در شروع فرآیندهای خوردگی داخلی توجه شده است. تشکیل هیدرات در بدترین شرایط منجر به پارگی موضعی خط لوله می شود که این معضل براحتی طی یک برنامه جوش کاری و یا تعویض بخش آسیب دیده برطرف می شود این در حالی است وقوع خوردگی داخلی منجر به زوال تدریجی خط لوله شده و در نهایت به بخش عمده ای از آن آسیب می رساند. حتی پس از رفع گرفتگی ناشی از هیدرات در صورتی که فرآیند خوردگی شروع شده باشد، احتمال زوال و از کارافتادگی خط لوله پس از گذشت زمان کافی وجود دارد. معضل خوردگی فلزات سهم قابل توجه ای از اقتصاد صنعتی را به خود اختصاص می دهد. برآوردها حاکی از آن است که در حدود 5٪ از درآمد صنعتی یک کشور صرف مبارزه با خوردگی، نگهداری و تعویض تجهیزات آسیب دیده می شود [6].

2-6- مشکلات زیست محیطی

نشت از خطوط انتقال نفت و گاز علاوه بر تحمیل هزینه به صنعت، پیامدهای زیست محیطی گاهها جبران ناپذیری بهمراه خواهد داشت. نشت مواد نفتی می تواند منجر به آلودگی، انفجار و مرگ انسانی شود. نشت از خطوط خشکی و دریا زندگی گیاهی و جانوری را به خطر می اندازد.



3-6- تلفات انسانی

تلفات انسانی یکی از آثار تاسف بار در حوادث صنعت نفت است. در گذشته تجربه های تلخی از نشت و انفجار در خطوط لوله که منجر به وقوع تلفات انسانی شده، ثبت شده است. حادثه انفجار در خطوط دریایی سکوی piper alpha در دریای شمال به سال 1998 بعنوان مرگبارترین حادثه در سکوهای دریایی شناخته می شود. در آن حادثه 165 نفر از 226 نفر انسان روی عرشه سکو، جان خود را از دست دادند. حوادث اینچنینی در صنعت نفت کم نیستند.

7- جلوگیری از تشکیل هیدرات

اگر چه در شرایط خشکی با طراحی مناسب خط لوله و تغییر شرایط عملیاتی با استفاده از تزریق بازدارنده های هیدرات و نم زدایی سیال جریانی، سعی بر آن است تا خط لوله در شرایطی به دور از شرایط تشکیل هیدرات بهره برداری شود اما اینگونه اقدامات برای خطوط دریایی چندان کارآمد و اقتصادی نیست [12]. در شرایط دور از ساحل امکان نم زدایی کامل هیدروکربن مهیا نیست بنابراین همواره فاز آب قابل توجه ای با سیال منتقل می شود. حضور فاز آب درون خط لوله و سردی محیط پیرامون در اعماق دریا، شرایط را جهت تشکیل هیدرات مهیاتر می کند لذا معضل هیدرات برای خطوط دریایی همواره جدی تر از خطوط خشکی است. آشفستگی در جریان سبب سرعت بخشیدن به فرآیند تشکیل کریستال های می شود از آنجایی که همواره در مراحل ابتدایی راه اندازی خطوط لوله یک آشفستگی ناخواسته در جریان وجود دارد لذا می بایست تا حد امکان برای خطوطی که به شرایط تشکیل هیدرات نزدیک هستند، از ایجاد آشفستگی در جریان (در اثر توقف و برقراری جریان) از خودداری کرد. یک ایده جدید در کاهش اثرات گازهای خورنده درون شبکه انتقال خط لوله، انتقال آنها در قالب هیدرات و به شکل دوغاب درون لوله است در این حالت از تماس مستقیم گازهای خورنده با سطح لوله کاسته می شود. البته باید توجه داشت که فرآیند تشکیل هیدرات در مرحله دوغاب باقی مانده و رشد هیدرات و توسعه آن سبب مسدود شدن خط لوله نگردد. علاوه بر این می بایست راهکاری جهت جلوگیری و یا کاهش اثرات سایشی هیدرات جامد، کاویتاسیون و خوردگی فرسایشی در خط لوله اندیشیده شود.

8- نتیجه گیری

تاکنون تمرکز جهانی روی توانایی هیدرات ها در مسدود کردن و پاره گی خط لوله و یافتن راهی جهت برطرف کردن فوری و یا جلوگیری از تشکیل آن بوده است و کمتر به نقش آن در شروع فرآیند خوردگی داخلی توجه شده است. تمام دستورات عملی ها و روش ها در زمینه هیدرات، پیشگیرانه هستند لذا می بایست راهکاری مطمئن در برطرف کردن سریع هیدرات (در صورت تشکیل ناخواسته) مورد مطالعه قرار گیرد که این مهم بدون همکاری موثر و حمایت های مالی شرکتهای نفتی میسر نخواهد شد.

مراجع

[1] Gelb, B.A. (2006), "Russian Oil and Gas Challenges", Congressional Research Service, Report Order Code RL 33212, Washington, USA, pp. 1-15

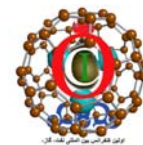
[2] IEA (2001), "World Energy Outlook – 2001 Insights, Assessing Today's Supplies to Fuel Tomorrow's Growth", International Energy Agency, October 2001

[3] منصوری، حامد، محمدی، ابوالحسن، مولا، داریوش (1390)، "ذخایر هیدرات گاز طبیعی- منابع انرژی نامتعارف"، ماهنامه اکتشاف و

تولید/شماره 84/آبان ماه 90

اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



- [4] M.R. Talaghat, F. Esmaeilzadeh, J. Fathikaljahi(2009), "Experimental and theoretical investigation of simple gas hydrate formation with or without presence of kinetic inhibitors in a flow mini-loop apparatus", *Fluid Phase Equilibria* 279 (2009) 28–40.
- [5] Jamaluddin, A.K.M., Kalogerakis, N and Bishnoi, P.R. (1991), "Hydrate Plugging Problems in Undersea Natural Gas Pipelines under Shutdown Conditions", *J. Pet. Sci. Eng.*, 5: 323-335
- [6] Battelle (1996), "Economic Effects of Metallic Corrosion in the United States: A 1995 Update. Battelle Institute.
- [7] Gbaruko, B.C., Igwe, J.C., Gbaruko, P.N. and Nwokeoma, R.C. (2007), "Gas Hydrates and Clathrates: Flow Assurance, Environmental and Economic Perspectives and the Nigerian Liquefied Natural Gas Project", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 56, Is. 1-3, pp. 192-198
- [8] CHCMT (2009), "Erosion and Cavitation Corrosions", *Cli Houston Corrosion Material Technology*, Texas, USA

- [9] مفیدی، جمشید، (1377)، "اصول خوردگی و حفاظت فلزات"، انتشارات دانشگاه تهران.
- [10] گلغذار، محمد علی، (1387)، "روش های بازرسی و نظارت بر خوردگی"، انتشارات ارکان دانش اصفهان.
- [11] گلغذار، محمدعلی، ریاحی، احمدرضا، (1378)، "دل. پیرون، الکتروشیمی خوردگی"، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- [12] منصوری، حامد، میرزایی، رضا (1390)، "بررسی و مقایسه روش های بازیابی متان از ذخایر هیدرات گاز طبیعی"، اولین کنفرانس ملی هیدرات ایران، اردیبهشت 90