به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com

بسمه تعالي

صدمات مکانیکی در خطوط لوله وعوامل موثر در ارزیابی آنها

امور بازرسي فني
ايمني، بهداشت و محيط زيست

HSEQ

شرکت مهندسي و توسعه گاز ايران

دی ماه ۱۳۸۷

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

فهرست

عنوان	صفحه
پیش گفتار	۱
مقدمه	۲
Two forms of mechanical Damage	۵
Third party damage	۶
ارزیابیThird party damage	۹
Construction damage	۱۲
ارزیابیConstruction damage	۱۴
In Line Inspectionبازرسی حین سرویس	۱۷
نتیجه گیری	۲۲
ضمیمه شماره یک استانداردها و کدها	۲۳
ضمیه شماره دو مشخصات فنی شرکت ملی گاز	۲۴
ضمیمه شماره سه واژنامه	۲۸

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

بسمه تعالی

پیش گفتار

خط لوله به عنوان یکی از اصلی ترین و مهمترین روشهای حمل و نقل سیالات نفت ، گاز و آب می باشد. با توجه به اهمیت موضوع خطوط لوله و همچنین در نظر گرفتن کلیه هزینه هایی که از مراحل ساخت و تولید تا بهره برداری در یک خط لوله وجود دارد ضروری است که تا حد ممکن تلاش شود که این نوع لوله ها اولا" صحیح و سالم به مقصد برسند و ثانیا" در حین اجراء دقت کافی اعمال گردد که از کیفیت و سلامت خط لوله اطمینان حاصل گردد. لذا جهت رسیدن به یک سیستم سالم لازم است که به مجموعه عوامل اجرائی پروژه ها راهنمائیها و تذکرات لازم از طرف شرکتهای کارفرما داده شود.بنابر این به جهت نیل به سمت سیستم های خطوط لوله سالم و رسیدن به حداقل ریسک خطر پذیری مقاله حاضر به صورت خلاصه در خصوص آشنایی با صدمات مکانیکی ارائه می گردد. در این مقاله ابتدا ضمن اشاره به تعدادی از عواملی که به خطوط لوله صدمه میزند، دو مورد مصداق عملی در پروژه های جاری و همچنین روشهای ارزیابی و تعمیر آنها شرح داده می شود. در پایان جهت اطلاعات بیشتر چند ضمیمه از جمله استانداردها و کد ها، توصیه های مشخصات فنی شرکت ملی گاز و واژه نامه ارائه می گردد. امید است که با رعایت نکات فوق الذکر در پروژه ها و به حداقل رساندن صدمات مکانیکی ضمن داشتن خطوط لوله ای ایمن و سالم بتوانیم سهمی هر چند اندک در نگهداری از این سرمایه های ملی برای نسل های آینده داشته باشیم.

محمد عبدالوند

دی ماه ۸۷

www.iran-mavad.com

مرجع علمی مهندسی مواد

موضوع: صدمات مکانیکی در خطوط لوله و عوامل موثر در ارزیابی آنها

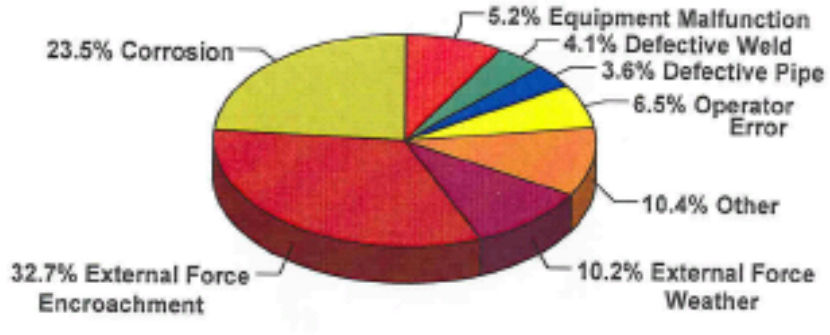
مقدمه:

عوامل متعددی باعث صدمه زدن و خسارت به خط لوله می شوند که با تعاریف و مثالهایی به شرح جدول زیرخلاصه شده است.

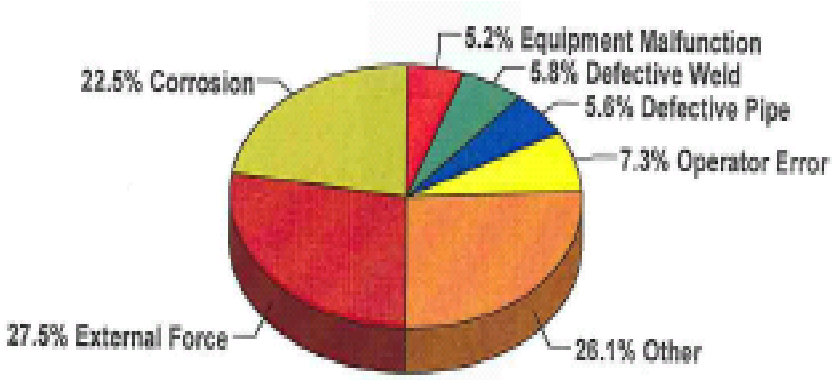
Threats to The pipeline	Definitions & (Examples)
Third party damage	Damage to a pipeline by an outside party other than those performing work for the operator. (road maintenance,horizontal drilling,excavations)
construction	Damage or deformation of pipe or pipe components during construction. (wrinkle bends,broken pipe,couplings,welds,fabrication)
Equipment	Pipeline facilities other than pipe and pipe component. (gasket/o-ring,valve seals,meters/regulators,compressors)
Manufacture	pipe and pipe components. (mill process,seam,age,joint,specification)
Environment	Threats related to normal operation of the pipeline. (stress craking,temp.,pres.,compression,black powder)
Weather related	Damage caused by precipitation,temperature,or lighthing. (flooding,freeze,lightning,hail,tornado/hurricane)
Corrosion related	Damage resulting from chemical,galvanic ,or microbiological influenced corrosion. (pitting,rust,microbial,metal loss,cathodic)
Incorrect operation	Failure to follow procedures. (temperature,pressure,repairs,product content)
Outside forces	Damage caused by natural force. (slumping,earthquake,erosion)

نمودارهای صفحات بعد پراکندگی و مشخصات تعدادی از این عیوب را نشان میدهد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



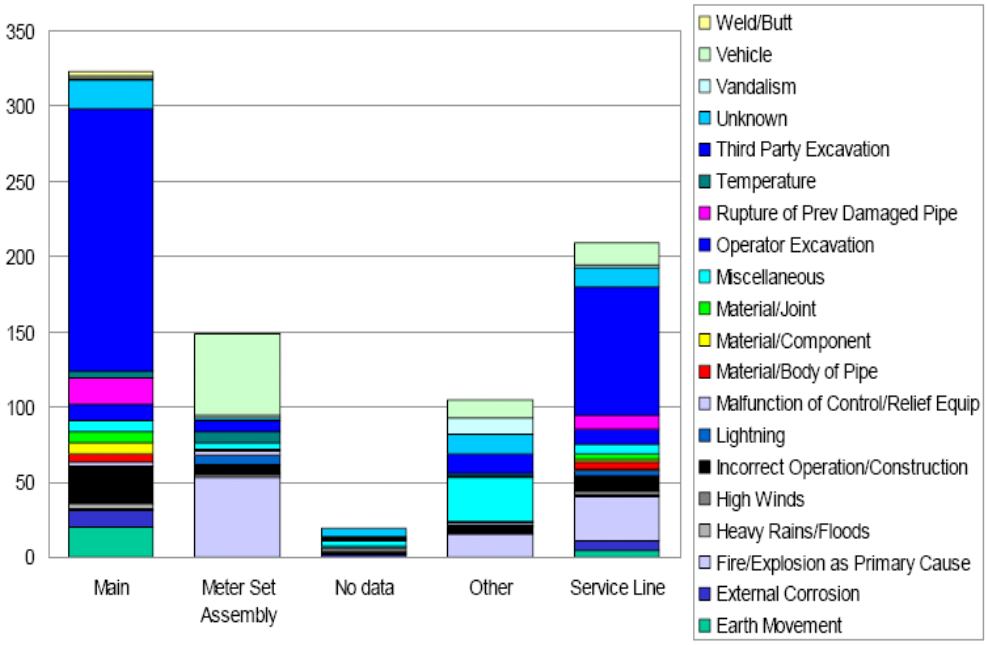
CAUSES OF FAILURES - GAS PIPELINES
(1985-1994)



CAUSES OF FAILURES - LIQUID PIPELINES
(1994-1996)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

Distribution Incidents (1999-2004)



Threat Identification

Time Dependent

- **External Corrosion**
- **Internal Corrosion**
- Stress Corrosion Cracking

Stable

- Manufacturing Related Defects
  - **Defective pipe seam**
  - **Defective pipe**
- Equipment
  - Gasket O-ring failure
  - Control/relief equipment malfunction
  - Seal/pump packing failure
  - Miscellaneous
- Welding/Fabrication Related
  - **Defective pipe girth weld**
  - Defective fabrication weld
  - Wrinkle bend or buckle
  - Stripped threads.broken pipe/coupling

Time-Independent

- Third Party/Mechanical Damage
  - Damage inflected by first, second or third parties (instantaneous.immediate failure)
  - Previously damaged pipe (delayed failure mode)
  - Vandalism
- Incorrect Operations
  - Incorrect operational procedure
- Weather Related and Outside Force
  - Cold weather
  - Heavy rains/floods
  - Lightning
  - **Earth movements**

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

در ادامه دو مورد ازموضوعات کلی ارائه شده که در پروژه های جاری نقش بیشتری دارند و تحت عنوان صدمات مکانیکی نامیده می شوند با شرح و جزئیات بیشتر ارائه می گردد.

Two forms of mechanical Damage

صدمات مکانیکی به عنوان عامل اصلی بروز حوادث و عیوب در خطوط لوله می باشند. حداقل علت اصلی یکی از هر سه حادثه ارائه شده به سازمان حمل ونقل آمریکا (Department of Transportation) طبق گزارشات واصله عامل صدمات مکانیکی می باشد. بررسی ویژگیهای صدمات مکانیکی یکی از موضوعات مورد مطالعه از سال ۱۹۵۰ می باشد. آمار منتشره از سازمان DOT از سال ۱۹۹۴ تا سال ۲۰۰۲ در مورد خسارتهای مربوط به خطوط انتقال نشان میدهد که در اثر ۲۳۷ حادثه مربوط به Third Party Damage تعداد ۸ کشته ،۳۸ مجروح و ۱۶۸ میلیون دلار خسارت مالی به وجود آمده است. بنابر این بهترین معیار ارزیابی پیشنهادی محققین پیشگیری از عیوب مکانیکی ساده است.

صدمات مکانیکی عموما" به دو صورت وجود دارند. اولین و جدی ترین آنها صدمه ای است که از تجهیزات حمل و نقل یا صدمات خارجی شخص ثالث(third party damage) حاصل می شود که معمولا" شامل یک فرورفتگی (dent) کم عمق پسماند به همراه لهیدگی (gouge) می باشد و بعضی اوقات هم عیب ترکیبی نامیده می شود. چون شامل یک پیچش هندسی و تمرکز دهنده تنش یا شکاف (Notch) می باشد.نام دیگر این عیوب Encroachment damage میباشد.

عامل مهم دیگر صدمه حاصل از ااجرا و احداث خطوط لوله می باشد.اغلب این عیوب فرورفتگی بارز و مهمی (Prominent) در نیمه پایینی خط لوله به وجود می آورند که غالبا" فرورفتگی صاف (Plain dents) نامیده می شوند..

صدمات مکانیکی باعث خطای فوری و تأخیری در خطوط لوله می گردند. Failure های فوری زمانی که تجهیزات اجرائی یک نشتی در زمان حادثه ایجاد می کنند، اتفاق می افتند ولی صدمات تأخیری ممکن است شروعی برای تشکیل یک ترک بوده و بعدا" منجر به Failure شوند. عیوب مکانیکی به طور عموم به دو گروه اصلی شامل Dent و Guoge تقسیم می شوند که معمولا" هر دو در دیواره لوله اتفاق می افتد و می توانند در نهایت منجر به ترک و در نتیجه Failure گردند. Dent معمولا" به صورت کروی و در زیر لوله شکل می گیرد ولی guoge به صورت طولی و در سطح لوله و بالای آن اتفاق می افتند. تقسیم بندی نتیجه عیوب معمولا به صورت plain dents,gouge,dents with gouges و rock dents میباشد..Third party damage معمولا" در طول حمل و نقل اتفاق می افتند و Excavation یکی از دلایل اصلی guoge می باشد. یک guoge ممکن است منجر به تغییر شکل، کار سخت سطحی و یا Metal loss گردد.

بنابر این در خطوط لوله باید تلاش کنیم که ریسک ایجاد خطای حاصل از صدمات مکانیکی را تا حد ممکن کاهش دهیم. با توجه به اینکه ریسک حاصل ضرب احتمال خطا در نتیجه آن است(R=P*C)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

لذا می بایست جهت کم کردن ریسک خطر پذیری در وهله اول از به وجود آمدن عامل خطا جلـوگیری نموده و در صورت وجود خطا در نهایت تلاش کنیم که نتیجه مخرب آن را به حداقل برسانیم.

حفاظـــت پیشـــگیرانه در مقابـــل صـــدمات یعنـــی رســـیدن بـــه ســـود و در نتیجـــه Integrity management و به عبارت دیگر:

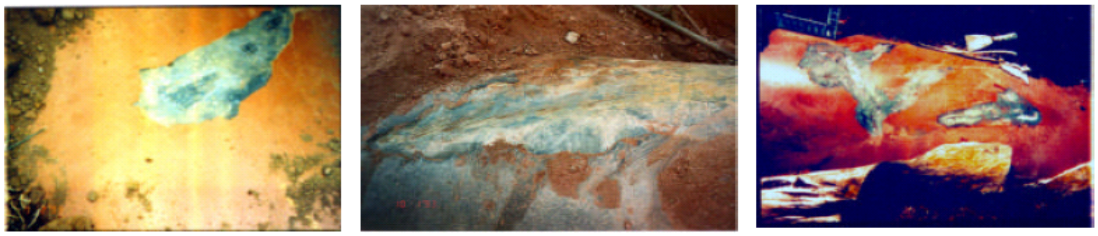
Pipe line production + protection=profit

جهت کشف یک عیب دو مرحله وجود دارد. ابتداء شناسائی و موقعیت یابی عیب و سپس مشخص کردن نوع آن که شناسایی عیوب مکانیکی توسط تکنیکهای Non Destructive Evaluation(NDE) مشخص می گردد.

ویژگیهای این دو نوع صدمه و روشهای مناسب برای برطرف کردن آنها هنگامیکه عیب مشخص شده باشد با جزئیات بیشتر به شرح زیر توضیح داده خواهد شد.

آسیب دیده گی حاصل از (Third Party damage)

شکل ۱ مثالهایی از این نوع صدمه را نشان می دهد.



شکل-۱ مثالهایی از صدمات مکانیکی در سایت

علت اصلی این نوع حوادث برخورد با لوله توسط دستگاههای سنگین مانند دستگاه حفاری، گریدر، ماشین حفاری، (Ditchers)، ماشین برف پاک کن، Plows، مته های حفاری و یا دقیقا" هر تجهیز دیگری که باعث حرکت یا نفوذ در خاک می شود. عموما" حفر کننده ها منبع مشترک عیوب هستند ولی هر چیزی که در انتقال لوله ها به سایت موثر است از جمله کارگران پیمانکار و افراد وابسته به آنها در خطوط لوله می توانند عامل صدمه به لوله باشند. معمولا صدمات مکانیکی شخص ثالث (third party damage) در خطوط لوله زیر دریایی (offshore) از تماس ستونهای کشتی باری و لنگرها به وجود می آیند.

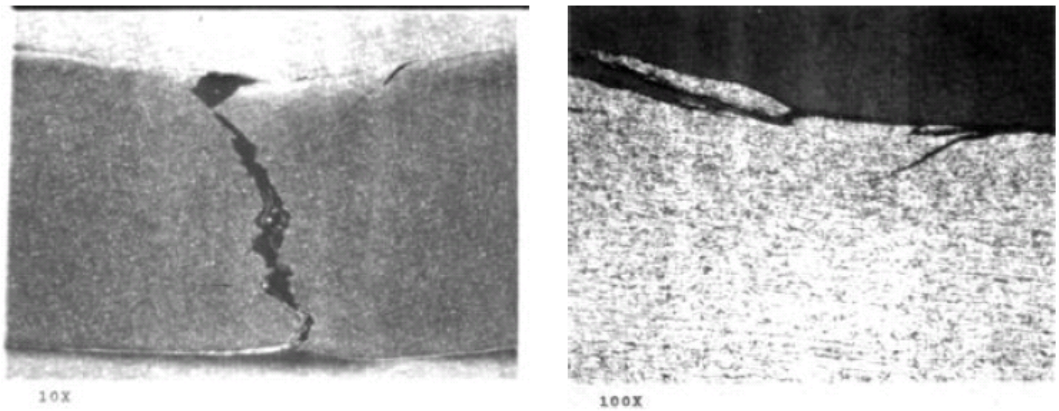
دو حالت مهم این نوع عیوب مکانیکی مخصوصا" برای خط لوله عبارتند از:

- صدمات متالورژیکی در خراشها و شیارها
- برگشت فرورفتگی (rerounding of dent) به حالت اولیه در اثر فشار داخلی

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

صدمات متالورژیکی جایی که یک شیئ خارجی با لوله در تماس بوده و روی سطح آن به صورت برشی کشیده می شود اتفاق می افتد. صدمه به صورت چشمی شبیه خراش یا شیاری می باشد و ممکن است خیلی شدید به نظر نرسد. اما در محدوده شیار یا خراش (Scrape or gouge) انتقال فلز، (Platic flow) و یا حتی ذوب مجدد ناشی از اصطکاک ممکن است در نقطه تماس اتفاق بیفتد.

در بعضی عمق های پایین تر از نقطه مورد نظر ریز ساختار خرد شده و کار گرم ،کاهش موضعی Ductility وtoughness شدیدا" اتفاق می افتد. این نوع صدمه در سطح مقطع ریشه Gouge آشکار است. شکل 2a یک سطح مقطع شکست در Gouge را نشان می دهد. شکل ۲b یک ریز ساختار شدیدا" فشرده شده را در شیار و دقیقا" زیر سطح لوله شبیه ترکهایی که اغلب بر اثر Rerounding شکل می گیرند را نشان می دهد.



(a) (b)

شکل۲سطح مقطع ترک در صدمات مکانیکی

همانطوریکه تماس اشیاء خارجی باعث صدمه و خراش در طول سطح لوله می شود، فشار داخلی لوله فورا" فرورفتگی (Dent) را به حالت قبل (the dent reround) بر می گرداند. هنگامیکه Dent به بیرون فشار داده می شود هر نوع Strain کششی بالا در ریشه شیار یا خراشیدگی توسعه پیدا کرده و ممکن است باعث ترکهایی به شکل کارسرد و کاهش Ductility فلز گردد. اگر به هر حال لوله دچار مشکل نشود (که عملا" برای 80% خطاهای Third party این اتفاق می افتد) ترک باقیمانده بعدا" در حین سرویس رشد میکند. این نوع ترک با چشم غیر مسلح دیده نمی شود. اگر چه Dent باقیمانده معمولا" خیلی کم عمق و سطحی است، آزمایشات نشان می دهد که dent هرگز به طور کامل reround نمی شود. این بدین معنی است که نوسانات dent (به درون و بیرون) با تغییرات فشار عملیاتی ادامه پیدا می کند، که این سیکل های فشار می تواند باعث فروریختگی(shake down) عملکرد ناحیه کشسان (elastic) گردد. این عمل

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

یعنی کرنش و تغییر شکل پلاستیک (plastic strain) می تواند تا منطقه صدمه دیده (damage area) ادامه پیدا کرده و درآنجا جمع گردد .

اگر Damage به صورت فروریختگی (Shake down) باقی بماند در نتیجه فرورفتگی (dent) باعث یک سیکل کششی با محدوده حرکتی کمتر شده و یک مکانسیم برای ادامه رشد ترک حاصل از خستگی در سرویس به وجود می آورد. به نظر می رسد اثر متقابل (تعامل بخش) عیوب متالورژیکی با رفتار Rerounding در روش فوق الذکر دلیل تأخیر Failure های صدمات مکانیکی را بیان می کند.این نوع عیوب (شخص ثالث) معمولا توسط چین و چروک حاصل از دستگاههای strinking equipments شبیه شکل ۳ به وجود می آیند.

شکل۳-عیب چروک شدن gouge

همان طوری که در شکل ۴ از درون لوله پیداست اغلب چین و چروکهای چند لایه ای در مناطقی که damage اتفاق می افتد به وجود می آیند.

شکل ۴ –چین و چروک چند جزیی در اثر backhoe

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ارزیابی و تعمیر صدمات شخص ثالث (Third Party damage)

هیچ روش قابل اطمینانی برای ارزیابی و محدوده زمانی و فشار عملیاتی و ایمنی خرابی (failure) لوله متأثر از صدمات مکانیکی شخص ثالث وجود ندارد.

هنگامی که یک Damage پیدا شود، اپراتور (منظور پیمانکار مجری) تا حد ممکن و هر چه سریعتر می بایست آن را تعمیر کند. اگر یک عیب **Encroachment** در داخل کانال اتفاق افتاده باشد اپراتور می بایست فشار خط را حداقل ۲۰٪ جهت رسیدن به مرز ایمنی کارگران کاهش دهد زیرا صدمه مکانیکی می تواند به طور غیر منتظره (literally) در هر زمان fail کند. برای اپراتور تعدادی روش تعمیر به صورت اختیاری وجود دارد. غلافهای فولادی طراحی شده برای تعمیر تحت فشار همیشه یک روش تعمیر مناسب است . تعمیرات با نوارهای Composite قابل پذیرش هستند به شرطی که مراحل زیر تأمین گردند.

- شیار یا خراش به صورت Ground down در یک سطح صاف باشد.
- ناحیه صدمه دیده جهت اطمینان از حذف ترک ابتدا Grinding شده و سپس بازرسی گردد.
- فرورفتگی (Indentation) باقیمانده با پر کن باسختی بالا و در زیر غلاف پر شود.

هنگامی که Damageکاملا پیداست ممکن است بتوان با grind ساده آن را برطرف نموده و عایق را تعمیر کرد.

مراحل تعمیر در خطوط لوله به شرح زیر میباشد

- ✓ قطعه محل Damage مشخص گردد.
- ✓ مشخص کردن نوع و شدت Damage (خوردگی، عیب مکانیکی و ...) و بررسی امکان تعمیر آن
- ✓ محاسبه مقدار نوار مورد نیاز
- ✓ تمیز کاری و آماده کردن لوله (تمیز کاری سطح)
- ✓ نصب Composit
- ✓ اجازه تعمیر برای Cure طبق توصیه سازنده
- ✓ برگرداندن شرایط محیطی قبلی خط لوله (ریختن خاک سرندی و Repressurize)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

مراحل تعمیر Mechanica damage با استفاده از Composite

۱- بازرسی Dent جهت مشخص کردن gouges و ترک

۲- سنگ زنی (Grinding) در ناحیه ترک

۳- اطمینان از حذف ترک با تستهای MT(Magnetic particle Test) یا PT(Penetration Test)

۴- پر کردن ناحیه Dent با Epoxy putty

۵- تعمیر ناحیه معیوب با استفاده از مقدار مناسب نوار (Wraps)

طول و عمق ایمن grinding (سنگ زنی) از فرمول زیر بدست می آید. (برای تمام سیستم های اندازه گیری)

Repair by Grinding Limitations

- **Gouge depth limitations**
  - Up to 40% of the wall thickness (use equation below that is from CSA Z662 for length limitation) – also in current edition of ASME B31.8

$$L \leq 1.12\sqrt{Dt}\sqrt{\left(\frac{a/t}{1.1\ a/t\ -\ 0.11}\right)^2 - 1}$$

L= طول grinding

a= عمق grinding

D=قطر لوله

T= ضخامت لوله

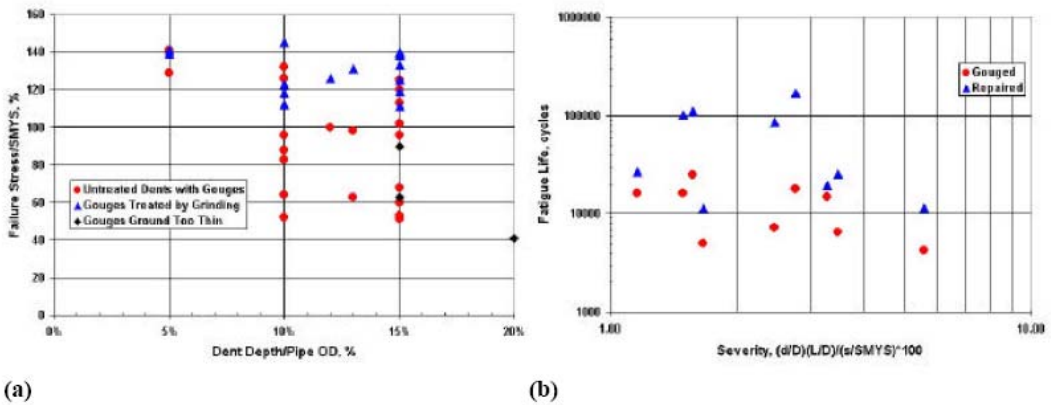
.حداکثر عمق ایمن برای grinding معادل 40% ضخامت دیواره می باشد. سطح لوله می بایست جهت اطمینان از حذف هر نوع ترک، و تعیین ضخامت باقیمانده بازرسی شود.

نمونه های که با سنگ زدن (Grinding) تعمیر شده اند دارای عمر حدود ۱۰ برابر بیشتر از *Dent و gouge تعمیر نشده بوده و عیوبی که توسط Composite و سنگ زدن تعمیر شده اند دارای* عمر حدود ۱۰۰۰ برابر بیشتر از dent و gouge تعمیر نشده میباشند.

اثر بخشی این تکنیک تعمیر(repair after grinding) در موارد ذکر شده در صفحه بعد توسط آزمایش ثابت می گردد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

- استحکام ترکیدگی (burst strength) لوله شامل صدمات ترکیبی که برای fail کردن در تنش های پایین کافی است می تواند تا ۱۰۰٪SMYS افزایش را به خوبی جواب دهد. (نمودار 5a)
- با پایان یافتن grinding عمر خستگی سیکل –فشار لوله شامل عیوب ترکیبی با یک فاکتور ۲ به ۱۰ افزایش پیدا میکند.(نمودار 5b)



شکل۵-اثرات مفید grinding روی الف-مقاومت ترکیدگی ب-عمر خستگی

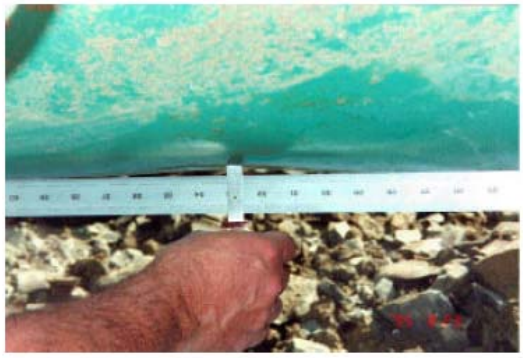
نمودار ۶ یک جفت خط فلر"۳۶ که هنگام افتادن Pipe rack در زمان upset شدن کارخانه صدمه دیده اند را نشان می دهد. همچنین عکس نشان می دهد که با رسیدن به یک شکل صاف در اثر grinding و آزمایشات NDE سطحی می توان عیوب را تعمیر کرد.

شکل۶-صدمات مکانیکی روی pipe rack و تعمیر با سنگ زدن

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

Construction Damage

شکل 7 مثالهایی از صدمات حاصل از اجرای ضعیف نصب لوله را نشان می دهد.



شکل ۷-نمونه هایی از فرورفتگی در اثر سنگ

در هر یک از تصاویر قبل لوله در برابر نشست روی سنگهای کف کانال به اندازه کافی محافظت نشده است. عموما" یورتان یا Styrofoam pillows برای محافظت لوله تحت وزن ترکیبی لوله ، over burden (بار بیش از حد) و آب هیدرواستاتیک یا سیال داخل لوله کافی نیستند. نوارهای Rock shield و پوششهای با پایه اپوکسی نازک محافظت موثری برای پوشش های حفاظت از خوردگی در خاک های سنگی به وجود می آورند اما نمی توانند جلو فرورفتگی لوله را در اثر وزن بگیرند. پوشش های سیمانی سنگین(۱ اینچ یا ضخیم تر) محافظت موثرتری را در مقابل rock تأمین می کنند. اما سنگهای نوک تیز (sharp rock) می تواند در آن نفوذ کند. مواد پر کننده ریز(مثلا" Sand) می تواند یک پشته (padding) کافی باشد به شرطی که کامل نصب شود. تنظیم لوله روی کیسه های شنی با فاصله های منظم درداخل کانال و ریختن پرکننده مناسب روی لوله باعث بوجود آوردن یک فاصله (gap) پر نشده در زیر لوله و فاصله ساپورتها و در نتیجه افتادن وزن لوله (settlement)در آن فاصله می گردد. بنابر این موثرترین روش جلوگیری از صدمه به لوله در کانال تلاش برای حذف کامل سنگها از کف کانال یا ریختن خاک نرم زیاد از (padding sand)یا ریزتر داخل کانال قبل از لوله گذاری می باشد. انواع دیگر صدمات مکانیکی حین اجراء علاوه بر فرورفتگی (indentation) می تواند شبیه به خراش (scratch) یا چین خوردگی(buckle) باشد. شیارها و dents ضرورتا" شبیه صدمات شخص ثالث Encroachment Damage که در سرویس هستند می باشند.

این عیوب اگر قبل از بهره برداری پیدا شوند می بایست بریده شده (cut out) و در صورتیکه بعدا" کشف شوند شبیه Encroachment Damage تعمیر گردند. سنگهای موجود در کف کانال یا Back fill نمی توانند صدمات متالورژیکی شبیه ضربات حاصل از کشیده شدن ضربات

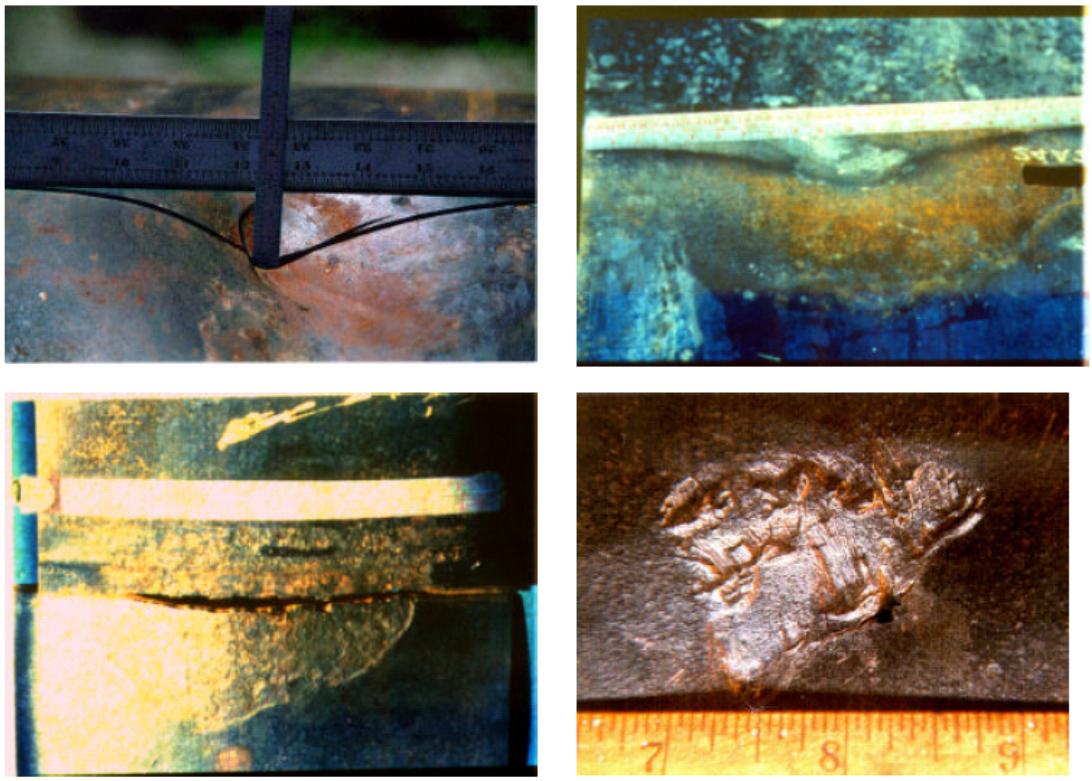
www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

Backhoe روی لوله تولید کنند.اما در صورتیکه سنگها سخت و نوک تیز باشند ممکن است بعضی صدمات به صورت موضعی به بدنه لوله وارد گردد.

همچنین فرورفتگی حاصل از سنگ با توجه به مهار توسط محیط زمین پیرامونی مجددا reround نمیشوند. بنابراین برخلاف Encroachment Damage، صدمات سنگ (Rock Damage) نمی توانند اثر منفی و فوری روی سلامت خط لوله بگذارند.ولی با توجه به شرایط احتمالی، بروز مشکلات زیر در طولانی مدت وجود دارد.

- صدمات عایق
- صدمه shielding از حفاظت کاتدی
- خوردگی
- ترکهای خوردگی تنشی Stress Corrosion Cracking(SCC) یا ترکهای هیدروژنی(HIC)
- نوسانات Puncture (سوراخ شدن توسط سنگ) مربوط به نشست های مداوم

شکل ۸ مثالهایی از مشکلات فوق را نشان میدهد.



شکل ۸-نمونه هایی از damage سوراخ شدن،خوردگی و صدمه به عایق،صدمه مکانیکی موضعی و ترک SCC (در جهت عقربه های ساعت از بالا سمت چپ)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

خطای حاصل از punctures شبیه نشتی اتفاق می افتد، خطای حاصل از خوردگی یا ترکهای محیطی که در نتیجه سنگها توسعه می یابند ممکن است شبیه ruptures (پارگی)اتفاق بیفتد . حداقل ٪۵ از incident(حوادث) گزارش شده منتج از خوردگی به علت وجود سنگها میباشد.

یک گروه دیگر از مشکلات غیر منتظره مجموعه ای از dent ها روی عملیات خطوط لوله می باشد که از جمله آنها ترک خستگی یا scc در ناحیه saddle- shaped بین فرورفتگی های نزدیک به هم می باشند.آزمایشات نشان می دهد که منطقه زینی شکل saddle- shaped در یک شعاع بزرگ نوسان دارد و از نظر انحناء محدودیت ندارد و یک مکانیسم برای رشد ترکهای سیکلی ایجاد می کند مشکل دوم اتفاق ترکهای خستگی در rock dent که گود شده اند (excavated) می باشد. صرفا حذف سنگ وتعمیر پوشش،Dent را به صورت مهار نشده رها می کند و نسبت به تغییرات فشار نوسان می کند و در نتیجه منجر به خستگی لوله در محل dent می شود (البته این مشکل فقط در خطوط لوله مایعات اتفاق می افتد که در مقایسه با گاز از عملیات سیکلی حساس تری برخودارند) در حقیقت آزمایشات نشان می دهند که عمر خستگی سیکل فشار dent هایی که توسط سنگها مهار می شوند، بیش تر از dent هایی است که توسط سنگ که مهار نمی شوند. بنابراین پیشنهاد می گردد که مجریان (اپراتورهای)خطوط لوله مایعات دقیق تر سنگها را از کف کانال جمع آوری نموده و حذف کنند و در ضمن روی بازرسی خوردگی و سایر کنترل ها تمرکز و حساسیت بیشتری داشته باشند.

ارزیابی و تعمیر صدمات اجرائی (construction damage)

صدمات حاصل از سنگها را می توان به چند روش به شرح زیر تعمیر نمود.

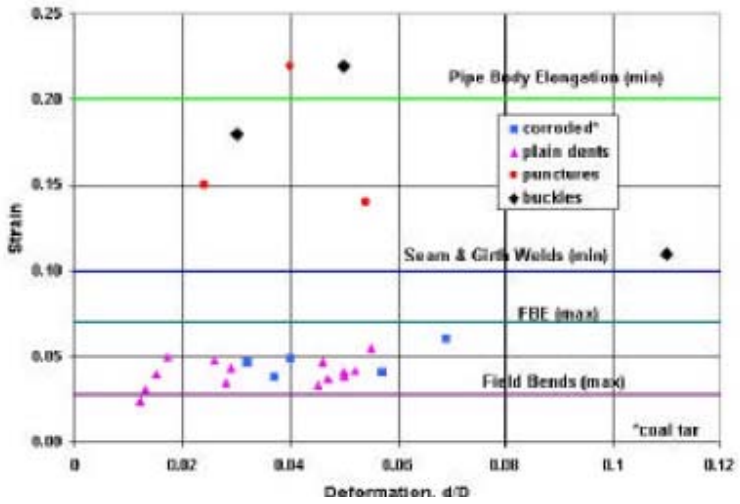
- غلافهای فولادی جوش شده welded steel sleeve برای فشار داخلی یا انتهایی که بدون جوش رها شده طراحی می شوند (یک فیلر سخت در فضای dent در هر حالت توصیه می شود).
- نوار composite تعمیر با فیلرپر کننده سخت در فضایdent
- فقط تعمیر عایق (مناسب برای خطوط لوله گاز)

قوانین معرفی شده (محلی) و کدهای صنعتی نشان می دهد که فرورفتگی dent های عمیق تر از 6% می بایست تعمیر شوند. سابقا" dentهای بیشتر از 6% قطر داخلی جهت اصلاح پیک رانی میشد.در صورتیکه معیار ٪۶ ممکن است منجر به تعمیر اکثر dentهای حاصل از سنگ گردد. شدت dent فقط تابع عمق نیست. نوسانات (punctures) و صدمات عایق می تواند در dent کمتر از 6% قطر D اتفاق بیفتد. برعکس تغییر شکل spread out در یک ناحیه بزرگ از خط که

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

روی سنگهایی در منطقه flat قرار دارند ممکن است صدمات قابل چشم پوشی روی فلز لوله و عایق حتی جایی که کاهش 6% قطر وجود دارد ایجاد کند.

یک آلترناتیو برای اندازه گیری عمق فرورفتگی(dent) استفاده از هندسه واقعی آن(که در سایت توسط تجهیزاتILI اندازه گیری می شوند)جهت تخمین strain به وجود آمده توسط dent میباشد.چون اندازه گیری صدمه مواد از طریقStrain انجام میشود. همانطور که شکل ۹ نشان می دهد، عمق dent وابسته به strain نیست. اما محدوده بعضی از انواع خطاها به strain مربوط میشود.



شکل ۹-نسبت سطح strain با محدوده عیب

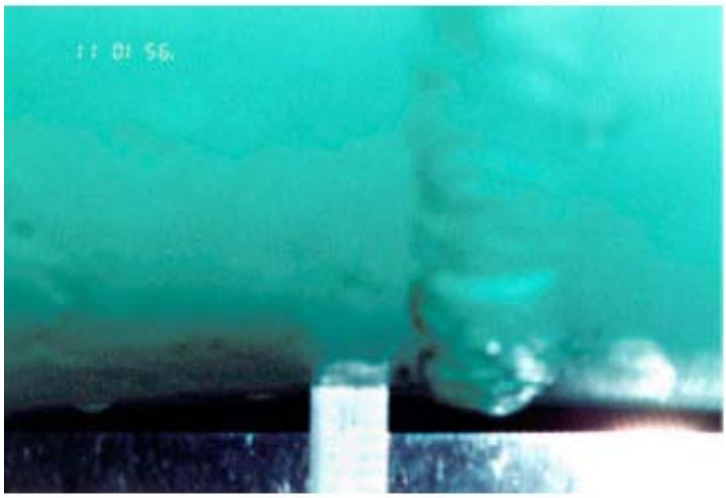
سوال اینجاست که چه مقدار strain مجاز است؟ معمولا که strain تا 3% قابل پذیرش است .چون این مقدار در خمهای(bends) سرد مجاز در سایت اتفاق می افتد. شواهد مربوط به dent های خوردگی (corroded dent)نشان می دهدکه coal tar (قیر) در strain حدود 4% الی 5% disbond میشود. مشخصات تست برای پوشش epoxy fuson –bonded محدوده strain مجاز بین ۲٪ الی ۳٪ را نشان میدهد. اما تست strapsمقاومت به ترک تا strain ۷٪ را نشان میدهد. در نهایت ترکهایی که درbuckles (چین خوردگی های) خط لوله مشاهده می شوند در کرنشی هستند که یک شکست بزرگ تغییر طول تک محوری ایجاد میکنند.بنابراین ماکزیمم strainحدود 6% می تواند یک فاکتور معقول ایمن در مقابل خرابی(failure) در یک dent مهار شده باشد. با این تعهد که مانیتورینگ خوردگی در طولانی مدت با توجه به نوع عایق ممکن است نیاز باشد.

کد ASME B31.8 محدوده مجازstrain تا ۶٪ را به عنوان یک آلترناتیو اختیاری برای محدوده عمق (depth-based limits) درنظرگرفته است.

جهت اطلاعات بیشتر چند استاندارد مرتبط در ضمیمه شماره یک آمده است.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

گاهی فرورفتگیهای سنگ (rock dents) روی محیط و درز جوش شبیه شکل ۱۰ پیدا میشود. الزامات کد فعلی ASME تعمیر این قبیل dent را لازم می داند.



شکل ۱۰-dent rock در یک جوش محیطی

به هرحال تست و آنالیز نشان می دهد که اگر یک جوش ductil و آزاد از عیوب کلی (gross defet)باشد و در شرایط بهره برداری سیکلی سختی نباشد،جوش می تواند dent را تحمل کند.کد ASME31.8 مجوز های جدیدی را برای dent های کم عمق در جوشهای با کیفیت در گرفته است.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

بازرسی حین سرویس (In-Line Inspectin)

در حال حاضر ابزار In Line Inspection (ILI) به عنوان بهترین تکنیکهای شناسایی عیوب می باشند. ابزار ILI یا Smart pigs پیگ های ابزار دقیقی هستند که درون خطوط لوله جاگذاری شده و قابل حرکت در درون لوله می باشند. عمومی ترین روشهای ارزیابی سلامت خطوط لوله (Pipe line Integrity Management) روشهای Magntetic Flux leakage (MEL) و آلتراسونیک می باشند. جهت اطلاعات بیشتر جزئیات روشهای شناسایی عیوب مکانیکی در خطوط لوله در جداول زیر وصفحات بعد آمده است.

PIPELINE MECHANICAL DAMAGE DETECTION METHODS

Method	Principle	Implementation Requirements	Measures Defect Profile on Pipe ID	Detects Re-Rounded Defects	Detects Gouges Without Dent	Detects Stresses from Defect	Potential for Determining Defect Severity	Response Adversely Affected by Defect Geometry
Geometry Pig	Measures defect profile using contact fingers or non-contacting sensors	Array of fingers or non-contacting sensors such as acoustic or eddy current	Yes	No	No	No	No	Measures geometry
Magnetic Flux Leakage	Measures disturbance of applied constant magnetic field caused by defect and stress	Separate large magnetizers supplying high and low magnetic fields and array of Hall-effect sensors. High and low field data subtracted to reduce defect geometry effect. Magnetizers and sensors in both axial and circumferential directions needed to detect defects in all orientations	Yes	Uncertain	Yes	Yes, but small effect and must separate from geometry signal	Yes	Yes
Nonlinear Harmonics	Stresses change amplitude of odd-numbered harmonic frequencies of applied alternating magnetic field	Array of small probes, each containing magnetic circuit and sensor. Requires only one probe orientation, but both axial and circumferential probes can be used for more detailed stress information.	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Minor effect

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

Method	Principle	Comments
	AVALABLE TECHNOLOGIES	
Caliper	Measures pipeline ovality and dents using mechanical fingers or non-contact acoustic or eddy current methods	Widely available. Simplest of useful pigs
Inertial Mapping	Uses accelerometers to locate and map the pipeline in 3 dimensions relative to survey marks	
Magnetic Flux Leakage	Uses massive magnetizers to magnetize the pipe and Hall effect sensor to measure flux leakage at defects.	Most common corrosion inspection method. Inexpensive, simple and vendors have lots of experience with it. *Good accuracy but not enough to avoid investigative digs.*
Ultrasonic	Uses ultrasonic transducers to accurately measure pipe wall thickness.	Very accurate Only good method for measuring and detecting cracks *Very expensive, especially the crack detection.*
Elastic Wave Vehicle	Uses liquid filled wheels to send ultrasonic waves around the circumference of the pipe. Developed for crack detection in gas pipes	Finds and measures cracks Finds disbanded coating *Too many false calls, but recent analysis improvements may greatly reduce them*
EMAT	Uses electromagnetic acoustic transducers to send ultrasonic waves around the circumference of the pipe. Developed for crack detection in gas pipes.	Finds and measures cracks Commercially available *Too many false calls?*
High-Low Field MFL	Determines stress levels and patterns by subtracting high field results from low field results. Used to find mechanical damage.	Characterizes mechanical damage *Qualitative results only* *Has not yet been used commercially*
Circumferential MFL	Uses circumferential magnetization to better measure long defects, and improve circumferential resolution. Used to find mechanical damage	Finds mechanical damage *Qualitative results only* *Has not yet been used commercially*

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

	UNDER DEVELOPMENT	
Nonlinear Harmonics	Uses changes in amplitude of the 3rd harmonic of the detected caused by changes in the magnetic hysteresis curve to determines stress levels and patterns	To be used in conjunction with High-Low field MFL or circumferential MFL to better characterize mechanical damage
Standard MFL	Analyze standard MFL signals to detect and characterize mechanical damage.	*Strictly experimental for now.*
Gas Coupled Ultrasonics	Uses specialized transducers to couple enough ultrasound into high pressure gas to enable ultrasonic inspection of gas pipelines.	Planned deployment for calibrating MFL pigs next year *Progress has been slow*
Remote Field Eddy Currents	Uses eddy currents at a defect to measure its severity. The primary use is for unpiggable pipelines. The drive coil is at least two pipe diameters from the inspection point	Commercially available for non pipeline use Precision comparable to MFL *Slow inspection speed* *Power consumption*
NoPig	Uses analysis of multiple frequency current impressed on a pipeline to detect and measure corrosion	Above ground method Only needs access to a pipeline at 1km intervals *Inspection is slow*
Remote Detection	Ultrasonic waves that reflect off defects are sent down the length of a pipeline. Reflection timing gives location. Reflection amplitude is a measure of severity.	Commercially available and in use at refineries and chemical plants R&D to increase the range and accuracy *Maximum range 100 feet and can be less than 10 feet.*
Acoustic Monitoring	Sound generated by a backhoe is detected up to several miles away	Undergoing field trials
Time Domain Reflectometry	Optical fiber detects the sound generated by machinery on the right of way	Being tested under field conditions with artificial simulations.
Other Right of Way Monitoring	Trip wires Infrared cameras Microwaves Ultrasonic motion detection Impedance spectroscopy Multi spectral satellite monitoring Radar satellite monitoring Backhoe mounted sensors	

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

یک dent باقیمانده به علت encranchment damage ممکن است یک عمق کمتر از 0.5% قطر خارجی داشته باشد و یک چالش جدی برای بدست آوردن پایداری و قابلیت اطمینان استفاده از نوع شکل هندسی در بازرسی حین سرویس (ILI) ایجادکند. بعضی اوقات صدمات یک سیکلهایی تولید میکنند که با تجربه ابزار بازرسی ILI از جمله نشتی جریان مغناطیسی وآلتراسونیک قابل تفسیر هستند.

به منظور تفسیر نشانه های احتمالی صدمه مکانیکی (encroachmont damage) اپراتور می بایست موارد زیر را در نظر بگیرد.

- نسبت عمق و طول شکل هندسی یا چند مشخصه نزدیک یا موازی شبیه به هم مثل چین وچروک هم شکل.
- وضعیت مکانی عیب اکثرضربات (encroachmont damage) از بالای لوله اعمال میشوند.
- کشیده شدن فیزیکی خط لوله در خم های مقعر در تقاطع های تخت در اثر خراش های حاصل از backhoe ممکن است باعث به هم خوردن موج ملایم bend در سایت گردد.
- مجاورت با سطح زمین جایی که حرکت زمین ممکن است اتفاق بیفتد به عنوان مثال نزدیک تقاطع جاده ها یا ساختمانهای اخیر.

فرورفتگیهای سنگ (rock dents) معمولا" با ابعاد (Size) شکل و وضعیت لوله شناخته میشوند.

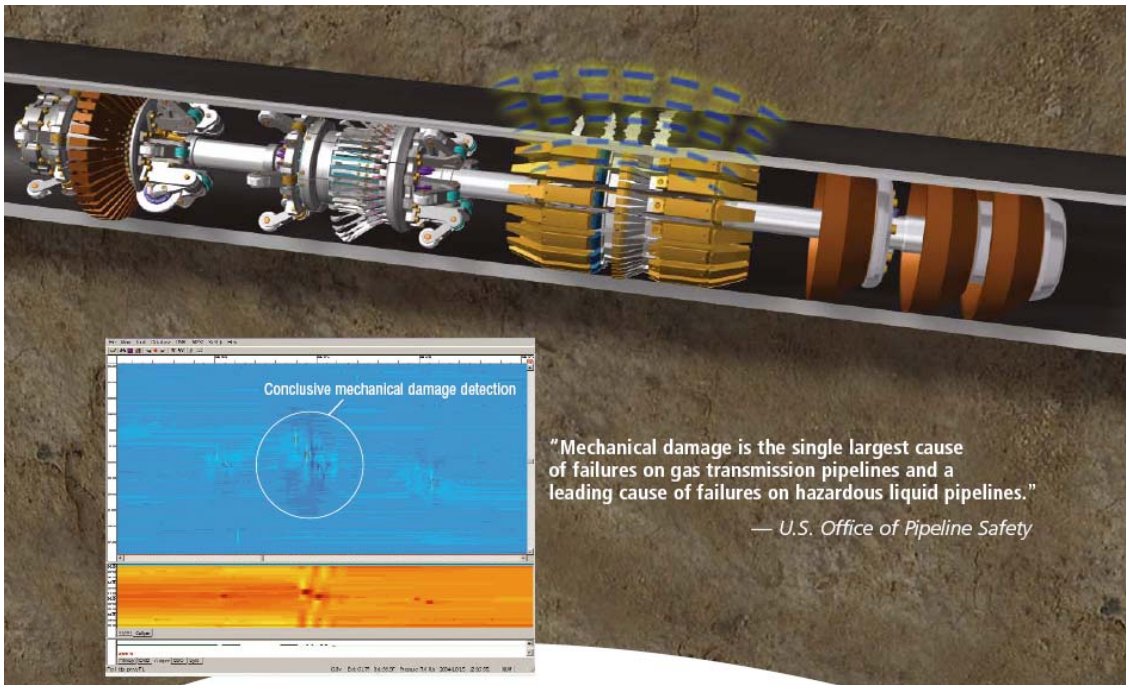
ویژگیهای بارزrock dent شامل موارد زیر هستند:

- عمق ٪۲ قطر خارجی(OD) یا بزرگتر
- وضعیت مکانی ،اکثر این عیوب اغلب در نیمه پایین لوله اتفاق می ا فتند .
- شکل، پروفیل بیشتر کروی است تا طولی و کم عرض
- کشیدگی (extent)، مقادیر مهم ovality یا Indentation روی چندین فوت از لوله کشیده میشود.

داده های گرفته شده از ابزار دقیق برای تغییر شکل (high-resolution deformation tool) می تواند جهت تخمین strain به عنوان یک روش برای ارزیابی شدت dent مورد استفاده قرار گیرد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

شکل A یک نوع پیک هوشمند که همزمان Metal loss (کاهش ضخامت داخلی در اثر خوردگی یا guoge)، تغییر شکل و عیب مکانیکی را مشخص میکند را نشان میدهد.



شکل A

این پیگ یک ابزارMagnetic flux leakage می باشد که اطلاعات محل دقیق عیب را مشخص می کند.

پیگ هوشمند بایک Run بازرسی کمی و کیفی را همزمان انجام می دهد. با این Pig می توان Geometry,metal loss و نقشه درونی را مشخص کرد. همچنین صدمات مکانیکی Dent به علت Metal loss را نشان می هد. مزیتهای این سیستم کاهش عملیات، حفاظت پرسنل و کاهش (تجهیزات، هزینه های حمل و نقل و زمان) می باشد. سیستم های جدیدی بنام Rock jacket طراحی شده اند که جهت کانالهای سنگی و یا مناطقی سنگی که خط لوله مستقیما" از آنها عبور می کند و همچنین Cross جاده استفاده می شودو همچنین دستگاهی با استفاده از تکنولوژی مکش بنام Vacuworx قادر است لوله ها را بدون وجود کوچکترین صدمه جابجا کند.یکی از مزیتهای دستگاه Vacuworx کاهش هزینه کارگر، کاهش صدمات و بهبود محصول کار می باشد. این سیستم نسبت به سیستم های فعلی سریع تر (Faster)، ایمن تر (Safer) و هوشمند تر (Smarter) می باشد.بنابراین جهت جلوگیری ازوارد آمدن صدمات مکانیکی قبل و بعد از construction و همچنین صرفه جوئی در هزینه ها میتوان از تکنولوژی های جدید از جمله rock jacket و دستگاه vacuworx استفاده کرد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

نتیجه گیری

توضیحات فوق الذکر براین واقعیت تاکید میکنند که صدمات مکانیکی در خطوط لوله یک موضوع پیچیده و جدی است .

شدت صدمه، مدل پتانسیل خطا و انتخاب روش مناسب تعمیر بستگی زیادی به این دارد که صدمه چطور بوجود آمده است. صدمات حاصل از شخص ثالث (third party damage) یک پتانسیل خطر فوری و بالفعل دارند در حالیکه عیوب صدمات مکانیکی حین ساخت یک پتانسیل بالقوه و نگرانی از نگهداری طولانی مدت ایجاد میکنند.لذا با توجه به اهمیت موضوع ضروری است که پیمانکاران محترم نهایت تلاش را جهت سلامت خطوط لوله بکار گیرند و علاوه بر نکات اشاره شده در مقاله حاضر به نکات مندرج در مشخصات فنی شرکت ملی گاز (ضمیمه شماره دو) توجه داشته باشندو همچنین جهت کاهش هر چه بیشتر صدمات مکانیکی و صرفه جوئی در هزینه هااستفاده از تکنولوژی های جدید و روز دنیا از جمله rock jacket برای مناطق سنگی و دستگاه vacuworx برای حمل و جابجایی و لوله گذاری و انبار داری و....استفاده گردد.

منابع:

- مشخصات فنی خطوط انتقال شرکت ملی گاز ایران
- مجلات Pipeline & gas journal
- گزارشهای بازرسی از پروژه های خطوط لوله
- مقالات برگرفته از اینترنت
- سایتهای اینترنتی از جمله:
  - www.vacuworx.com
  - www.pgionline.com
  - www.pipelineawareness.org
  - www.prci.org
  - www.brederoshaw.com

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ضمیمه شماره یک

Applicable Codes and Standards

- CFR 48 Parts 186 to 199 (October 1, 2004)
  - 192.309 (b)(3)(ii) In pipe's with 12-inch NPS and above operating at a hoop stress more than 20% SMYS, dents greater than 2 percent of the nominal pipe diameter
    - must be repaired using a method that permanently restores the serviceability of the pipe OR
    - the dent must be removed from the steel pipe
  - Reference to ASME B31.8 (1995 edition)
    - Per 841.243(c) All dents which exceed a depth of 2% of the pipe's outer diameter operating at a hoop stress more than 60% SMYS are not permitted. The damaged section shall be cut out as a cylinder.
    - Per 851.4(c), smooth dents do not require repair unless they exceed a maximum depth of 6% of nominal pipe diameter

- Per the 2003 edition of ASME B31.8, 851.41 (page 67), plain dents limited to a depth of 6% of the nominal pipe diameter
- Strain levels associated with the deformation cannot exceed 6 percent

Standards

- Foundation - ASME B31.8S
  - Addresses excavation damage as a specific threat
  - Emphasizes importance of prevention practices
- Enhancement - API 1166 - Monitoring of Excavations
  - Executives asked - how can we make greatest impact
  - Let's focus first on what we can control
  - Initiated task force to standardize practice
  - Required in HCAs for natural gas transmission
- Enhancement - API 1162 - Communication and Public Outreach
  - Communication at the interfaces with stakeholders

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ضمیمه شماره دو

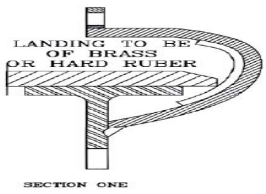
دستورالعمل اجرای پروژه های خطوط انتقال گاز

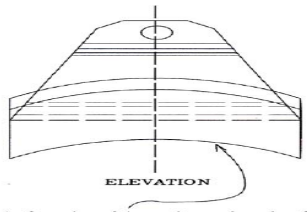
حمل و نقل

۲-۱- پیمانکار می بایست در هنگام بارگیری، حمل، تخلیه از ابزار و وسائل مورد لزوم به نحوی استفاده نماید که به کیفیت فنی و عینی اجناس و مصالح عهده کارفرما هیچگونه صدمه ای وارد نگردد.

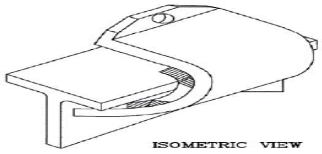
۳-۱- اجناس و مصالح در هنگام حمل و نقل نبایستی انداخته شده و یا به موانعی برخورد نماید که موجب خسارت به آنها یا به عایق و بسته بندی آنها گردد، بلکه باید توسط وسائل و ابزار مناسب ازیک ارتفاع به ارتفاع دیگر منتقل شوند. به طور مثال برای بارگیری و تخلیه لوله ها باید از قلابهای مخصوص که دارای یک صفحه فلزی خم شده با انحنای مساوی انحنای داخلی لوله باشد (مشابه آنچه که در نقشه نشان داده شده) استفاده گردد و همچنین برای حمل لوله ها می بایست از چاکی (زین) های مناسب جهت زیر لوله ها و بالشتکهای لاستیکی و یا چاکی برای بین لوله ها به تعداد مورد نیاز استفاده گردد.

۴-۱- برای مهار کردن لوله ها روی تریلر با زنجیر یا سیم بکسل بایستی در محل تماس آنها با لوله به منظور جلوگیری از صدمات مکانیکی از وسائل پلاستیکی و یا لاستیکی استفاده شود. به طور کلی در عملیات مربوط به حمل و نقل، تماس فلز با فلز لوله مجاز نمی باشد.





دارای انحنای مساوی با انحنای داخلی لوله



www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

انبار کردن

۴-۲- لوله ها بایستی طوری قرار گیرند که در یک باند سی (۳۰) متری دو ردیف لوله با فاصله لازم استقرار یابد و طرفین آن عرضی برابر ده (۱۰) متر جهت تردد ماشین آلات بارگیری، حمل و تخلیه در نظر گرفته شود.

۵-۲- برای چیدن لوله ها بایستی قبلاً در زمین تسطیح شده پشته سازی با مقطع ذوزنقه ای شکل که قاعده بزرگ آن یکصد و بیست (۱۲۰) و قاعده کوچک آن چهل (۴۰) و ارتفاع آن پنجاه (۵۰) سانتیمتر باشد شود و روی قاعده کوچک پشته ها می بایست یک ردیف تراورس چوبی به ارتفاع ۱۵ و عرض ۲۰ سانتیمتر تعبیه گردد.

۷-۲- در موقع حمل و انبار نمودن لوله ها درزهای طولی لوله باید به طریقی قرار گیرند که محل درز تحت حداقل تنش قرار گرفته و زاویه ای حدود ۴۵ درجه با قائم تشکیل دهد. در هیچ حالتی درز طولی لوله نباید در تماس با لوله مجاور باشد.

ریسه کردن و خم کاری لوله ها

ریسه کردن

۳-۱ لوله هائیکه ریسه می شوند اعم از اینکه عایقکاری کارگاهی شده یا آستری پرایمر خورده باشند برای زیر هر شاخه لوله دو عدد پشت خاکی به ارتفاع مناسب احداث و روی آنها از کیسه های پر از (کاه سبوس، خاک اره، پوشال و غیره) و یا چوب (در مواردی که لوله ها عایقکاری شده اند چوب در زیر دو سر لولهٔ پوشش نشده قرار می گیرند) استفاده شود، بطوریکه لوله از سطح زمین ارتفاع مناسبی داشته و هیچگاه سطح لوله یا عایق آن با زمین در تماس نباشد. استقرار هر شاخه لوله بایستی چنان باشد که از لغزش احتمالی آن جلوگیری به عمل آید.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

خم کاری

۲-۲ لوله ها بایستی به ترتیبی خم گردند که با انحنای کانال مطابقت داشته و کلیهٔ خمهای محدب و مقعر (در صفحهٔ قائم) در خطوط لوله بایستی آنچنان باشد که لوله کاملاً در وسط و در کف کانال خوابیده و وزن آن به طور گسترده به کف کانال در تمام نقاط وارد شود به علاوه رعایت عمق معین خاکریز روی لوله ها الزامی می باشد.

۲-۳ خم کاری موکداً باید به طور سرد، یکنواخت و بدون کشیدگی و چروک خوردگی و یا کم شدن ضخامت لوله ها انجام شود. کلیهٔ خمها می بایست با بزرگترین شعاع ممکن انجام گرفته و هیچ خمی در فاصلهٔ کمتر از ۲ متری سر لوله مجاز نمی باشد. خم کاری لوله های عایق شده مجاز نبوده و خمهای فارسی نیز مردود است.

لوله گذاری و خاک ریزی

۱- پیمانکار موظف است کلیه ماشین آلات و ابزارلازم برای بلند کردن، جابجاکردن، خواباندن لوله در کانال را طبق نظر مهندس یا نماینده اوتهیه و نگهداری نماید تعداد و قدرت دستگاههای بلند کننده متناسب با قطر و وزن لوله بوده بطوریکه اطمینان حاصل گردد که لوله ها تحت تنش قرار نگرفته و در موقع خواباندن لوله در کانال عایق آنها صدمه نبیند.

۲- قبل از لوله گذاری میبایست کف و دیواره کانال پرداخت گردیده و عاری از هرگونه پایه – چاکی، کلوخ درشت، سنگ، ریشه درخت ودیگر اشیا گردد تا از وقوع هرگونه صدمه از قبیل خراش یا سوراخ روی عایق لوله جلوگیری بعمل آید.

۳- قبل از لوله گذاری بایستی درکف کانال بالشتک هایی از خاک نرم (خاک سرندی باقطر چشمه های حداکثر ۱۰میلیمتر)بعرض ۴۰ سانتیمتر و بفاصله ۵متر از یکدیگر ایجاد گردد ارتفاع خاک نرم سرندی بالشتک ها بایستی چنان باشد که پس از استقرار لوله برروی آنها فاصله زیر لوله تا کف کانال حدود ۲۰ سانتیمتر باشد .

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۶- خط لوله نباید در هیچ نقطه تحت تنش قرار گیرد و موقعیکه مهندس ناظر تشخیص بدهد که دمای محیط مناسب نیست میتوانـــد از پیمانکـــار بخواهـــد که عمـــل لـــوله گـــذاری را متوقف کند SLACK LOOPSنباید در صبح و یا در شب که لوله خنک است در کانال جای گیرد و نبایستی با فشار بداخل کانال وارد شود.

۷- خاکریزی کانال باید هرچه زودتر پس از خواباندن لوله و تایید مهندس یا نماینده او انجام گیرد، انجام اینکار از آن جهت ضروری است که لوله را درمحل خود مهار نموده و نیز مانع آن میشود که نوار عایق در معرض تغییرات شدید دمای محیط قرار گیرد ، برای جلوگیری از وارد آمدن صدمه به لوله و عایق آن

بایستی قسمتی از خاک حفاری شده از نوع نرمترویا ماسه ای که از سرندیک سانتیمتـــری بگذرد را در لایه های بضخامت حداقل ۲۰سانتیمتر روی لوله ریخته شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ضمیمه شماره سه

Glossary

- **Buckle**. A partial collapse of the pipe due to excessive bending associated with soil instability**, land slides, washouts, frost heaves, earthquakes, etc.**
- **Cold working**. Distortion of the grains in the vicinity of a gouge. Cold working often occurs immediately under the visible gouge and can significantly reduce the mechanical properties of a pipe steel.
- **DOT**. Department of Transportation.
- **Cracks.**

- **Fatigue** - Progressive cracking in the base material, weld, or weld zone that is caused by pressure cycling or oscillatory stresses associated with the operation of the system.
- **Girth Weld** - Cracks in the weld or weld zone of the butt welds that connect sections of pipe.
- **Seam Weld** - Cracks in the weld or weld zone of the longitudinal seam weld of the pipe.

- **Defect**. As used in this text, an anomaly for which an analysis, such as ASME B31G, would indicate that the pipe is approaching failure as the nominal hoop stress approaches the specified minimum yield stress of the pipe material.
- **Dent**. A local depression in the pipe surface caused by mechanical damage that produces a gross disturbance in the curvature of the pipe without reducing the pipe wall thickness.
- **Erosion**. Destruction or removal of material by abrasive action of moving fluids (or gases) usually accelerated by the presence of solid particles or matter in suspension.
- **Evaluation**. A review, following the identification of an anomaly, to determine whether the anomaly meets specified acceptance criteria.
- **Gouge**. Local damage caused by mechanical or forceful removal of metal from a local area on the surface of the pipe that may work harden the pipe and make it more susceptible to cracking.
- **Gouging**. The process of creating a zone of mechanical damage that includes cold working, residual stresses, plastic distortion, and (generally) moved or removed metal.
- **Incident**. An event that is reported to U.S. Department of Transportation Office of Pipeline Safety that involves fatalities, injuries, property damage in excess of $50,000, unintentional release of natural gas, customer outages, or other conditions that, in the opinion of the pipeline operator, are significant enough that they should be reported.
- **In-Line Inspection (ILI)**. The inspection of a pipeline from the interior of the pipe using an in-line inspection tool.
- **In-Line Inspection Tool (ILI Tool)**. The device or vehicle, also known as an intelligent or smart pig, that uses a nondestructive testing technique to inspect the wall of a pipe. An in-line inspection tool is one type of instrumented tool.
- **Intelligent Tool**. See in-line inspection tool.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

- **Magnetic Flux Leakage**. An inspection technique in which a magnetic field is applied to a pipe section and measurements are taken of the magnetic flux density at the pipe surface. Changes in measured flux density indicate the presence of a possible defect. Also called MFL.
- **Mechanical Damage**. Any of a number of types of anomalies in pipe caused by the application of an external force. Can include dents, gouges, and metal loss .
- **Mechanical Distortion**. Changes in wall thickness or changes in the cylindrical shape of a pipe. A gouge, because it includes cold working, residual stresses, plastic strains, and moved or removed metal, contains both mechanical and magnetic distortion.
- **Metal Loss**. Any of a number of types of anomalies in pipe in which metal has been removed from the pipe surface, usually due to corrosion or gouging.
- **Nondestructive Evaluation (NDE)**. The evaluation of results from nondestructive testing methods or nondestructive testing techniques in order to detect, locate, measure, and evaluate anomalies.
- **Nondestructive Testing (NDT)**. The actual application of a nondestructive testing method or a nondestructive testing technique.
- **Nondestructive Testing Method (NDT Method)**. A particular method of nondestructive testing, such as radiography, ultrasonics, magnetic testing, liquid penetrants, visual, leak testing, eddy current, and acoustic emission.
- **Nondestructive Testing Technique (NDT Technique)**. A specific way of utilizing a particular nondestructive testing method that distinguishes it from other ways of applying the same nondestructive testing method. For example, magnetic testing is a nondestructive testing method while magnetic flux leakage and magnetic particle inspection are nondestructive testing techniques. Similarly ultrasonics is a nondestructive testing method, while contact shear-wave ultrasonics and contact compression-wave ultrasonics are nondestructive testing techniques.
- **Ovality**. A condition in which a circular pipe forms into an ellipse, usually as the result of external forces.
- **Rerounding**. The process of changing the dent depth and shape by internal pressure in the pipe. Generally, dents due to third-party contact will reround, while dents due to rocks will not unless the rock causing the dent is removed.
- **Smart Pig**. See in-line inspection tool.
- **Wrinkles**. Ripples that occur on the inner radius of a pipe when the pipe is cold bent.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد