

www.hanizadehpeshir.ir

الله أكبر



دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی شیمی صنایع گاز

**پروژه پایانی جهت اخذ مدرک کارشناسی مهندسی شیمی (صنایع گاز)**

**عنوان:**

**شناسایی و مقابله با پدیده ی خوردگی در خطوط لوله فولادی  
صنعت پتروشیمی و راهکارهای مقابله با این پدیده**

**استاد راهنما:**

**آقای مهندس مهرداد ستوده**

**نگارنده:**

**سامان ثابت نیا**

**شماره دانشجویی:**

**۸۸۰۰۹۱۴۴۴**

**تابستان ۱۳۹۲**

## تقدیم

تقدیم به پدرم که در تمامی لحظات زندگی ام یار و یاورم بوده و در دوران کارشناسی با تمامی مشکلات پشت و یاورم بود.

و تقدیم به مادر خوبم که در این دوره مهربانی اش را گوارای وجودم کرد تا بتوانم این راه را پیمایم.

و تقدیم به همسر مهربانم که تشویق کننده و امید دهنده ی من بوده است.....

## تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش ام را به پیشگاه خداوندی هدیه می نمایم که قدرت اندیشه را در سایه مهر و محبت خویش به من عطا فرمود. خدایی که مرا در راه سرشارشدن یاری رساند و فرصتی بخشید تا بتوانم از نعمت دانایی بهره جسته و از کوچه باغ علم و آگاهی به آسمان بیکران و آبی پل بزنم. پروردگاری که در این راه انسان های فرهیخته ای را همراهم ساخت تا از دانش و محبت شان، کوله بارم را پر از عطر گفته ها و ناگفته ها سازم. از این رو مراتب تشکر و سپاس خویش را از استاد گرامی جناب آقای **مهندس مهردادستوده** به محضر ارجمندشان تقدیم می دارم.

در همین جا از زحمات تمامی استاد های خوبم در دوره ی کارشناسی تشکر و قدردانی می نمایم و به خصوص از مدیر گروه گرامی جناب آقای **وطن خواه** سپاس و قدردانی می نمایم.

از تمامی دوستانی که در تهیه و تنظیم پروژه با من همکاری کردند به خصوص جناب آقای مهندس سعیدی راد (فاز ۱۷ و ۱۸ پارس جنوبی) - جناب آقای همت الله انصاری (مسئول کتابخانه ی مرکزی دانشکده فنی ومهندسی دانشگاه شیراز) - سرکار خانم مریم محبی (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - پدیده های انتقال) - مسئولان محترم کتابخانه ی دانشکده فنی ومهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهرو تمامی دوستانی که من را یاری نمودند کمال تقدیر و تشکر را میی نمایم.

## چکیده

خوردگی را می توان: انهدام، آسیب پذیری و دگرگونی در خواص و مشتقات عناصر (بیشتر فلزات) به دلیل کنش و واکنش های شیمیایی با محیط اطراف، تعریف نمود.

در صنعت انواع مختلفی خوردگی وجود دارد که می توان با راهکارهایی از این پدیده جلوگیری نمود که در گام اول می توان با انتخاب صحیح مواد به کار رفته در ادوات به کار رفته تا حدی از این پدیده جلوگیری نمود و در گام بعدی و ساخت وسیله ی مورد نظر نوع و نحوه ی ساخت وسیله مهم است که برای مثال نحوه فرم دهی ساخت لوله و اتصالات آنها در مقدار خوردگی موثر است. اما تا الان تا حد کمی از خوردگی جلوگیری نموده ایم، عملیات های بعدی چون اعمال پوشش و تمیز کاری چون پرایمر کاری هم تا حدود ۸۰ درصد می تواند از خوردگی جلوگیری نماید. اما راهکارهای دیگر راهم چون کار گذاشتن آندفداشونده در زمین و اعمال جریان مستقیم و همچنین حفاظت کاتدی می تواند تا مقدار بسیار زیادی از خوردگی جلوگیری نماید.

مقدمه.

۱

**فصل اول - تعریف خوردگی**

۱-۱- خوردگی

۴

۱-۲- اهمیت اقتصادی

۶

۱-۳- خوردگی در اطراف ما

۷

۱-۴- گوناگونی فلزات

۹

۱-۵- یک فرآیند طبیعی

۱۰

۱-۶- انتخاب مواد

۱۲

۱-۷- اندازه گیری خوردگی

۱۴

۱-۷-۱- تغییر وزن

۱۵

۱-۷-۲- تغییر ابعاد

۱۵

۱-۷-۳- تغییر خواص مکانیکی

۱۵

۱-۸- علت خوردگی

۱۶

**فصل دوم- انواع خوردگی در صنعت پتروشیمی و محیط های خورنده**

۲-۱- خوردگی شیمیایی یا موضعی

۲۰

۲-۲- اکسفولاسیون یا خوردگی مرز دانه های

۲۰

۲-۳- رویزدایی

۲۱

۲-۴- گرافیت شدن

۲۱

۲-۵- خوردگی حفرهای

۲۲

۲-۶- تخریب هیدروژنی

۲۲

۲-۷- خوردگی تنش

۲۳

۲-۸- خوردگی خستگی

۲۳

۲-۹- کاوتیاسیون

۲۳

۲-۱۰- خوردگی سایشی

۲۴

۲-۱۱- خوردگی فریگ

۲۴

۲-۱۲- خوردگی شکافی

۲۴

۲-۱۳- خوردگی رسوبی

۲۵

۲-۱۴- خوردگی گالوانیکی

۲۵

۲۹	۱۵-۲- محیطهای خوردگی در صنعت نفت و گاز
۳۸	۱۶-۲- سرعت خوردگی
	<b>فصل سوم- مقدمه ای بر روش های پیشگیری از خوردگی در صنعت نفت و گاز و پتروشیمی</b>
۴۳	۱-۳- مقدمه
۴۳	۲-۳- آشنایی با مواد به کار رفته در خطوط انتقال خوراک در صنعت پتروشیمی
۴۳	۱-۲-۳- فولاد کربنی
۴۴	۲-۲-۳- فولادهای زنگ نزن
۴۵	۳-۳- مقابله با خوردگی به کمک طراحی بهینه تجهیزات فلزی
۴۷	۴-۳- اعمال پوشش جهت جلوگیری از خوردگی
۴۸	۵-۳- انواع آلاینده ها
۴۸	۱-۵-۳- روغن های مختلف
۴۹	۲-۵-۳- کربن
۴۹	۳-۵-۳- رسوبات سطحی
۴۹	۴-۵-۳- ایجاد لایه روی فلز
۴۹	۵-۵-۳- ایجاد اکسیدهای فلزی
۴۹	۶-۳- راهکارهای لازم قبل از اعمال پوشش
۵۴	۷-۳- اعمال زیر پوشش ( پرایمر زنی)
۵۷	۸-۳- اعمال پوشش و انواع آن
۶۱	۹-۳- انتخاب پوشش عایقی مناسب
۶۳	۱۰-۳- راهکارهای اعمال پوشش در سطح لوله های انتقال و توزیع نفت و گاز
۶۳	۱-۱۰-۳- پوشش سرد
۶۶	۲-۱۰-۳- آزمایش های پوشش سرد
۶۹	۳-۱۰-۳- آماده کردن قیر برابر مشخصات پوشش گرم خطوط لوله
	<b>فصل چهارم- مقابله با خوردگی فلز به روش حفاظت کاتدی</b>
۷۲	۱-۴- خوردگی گالوانیکی

۷۶	۲-۴- بستر آندی
۷۷	۳-۴- استانداردهای کنترل خوردگی NACE
۸۰	۴-۴- معیارهای حفاظت کاتدی
۸۳	۵-۴- الکتروود مرجع (شرایط کاربرد)
۸۸	۶-۴- انواع حفاظت کاتدی
۸۹	۷-۴- آشنایی با حفاظت کاتدی به روش آندفداشونده
۹۲	۸-۴- آشنایی با حفاظت کاتدی به شیوه ی جریان اعمالی
۹۵	۹-۴- تعیین حداقل جریان مورد نیاز برای حفاظت
۹۷	۱۰-۴- تقویت پوشش خط لوله
۹۸	۱۱-۴- آندهای فداشونده
۱۰۱	۱۲-۴- آند کابلی
۱۰۱	۱۳-۴- آندهای جدید MMO
۱۰۲	۱-۱۳-۴- استفاده از آندهای MMO به جای hsci
۱۰۳	۱۴-۴- آندها در سیستم حفاظت با آندهای فداشونده
۱۰۳	۱۵-۴- انواع آندهای فداشونده برای خطوط لوله
۱۰۳	۱۶-۴- فلنج های عایق
۱۰۴	۱۷-۴- آزمایش فلنج های عایق
۱۰۶	۱۸-۴- پیل های اتصال زمین برای فلنج های عایق

## فصل پنجم- عملیات های کنترل و حفاظت خوردگی در طول راه اندازی واحد فرآیندی

۱۰۹	۱-۵- بررسی های متناوب
۱۱۱	۲-۵- روش تعمیراتی
۱۱۱	۱-۲-۵- روش تعمیرات پوشش
۱۱۳	۲-۲-۵- روش های تعمیرات برای منابع تغذیه و بسترهای آندی
۱۱۵	۳-۲-۵- روش های تعمیرات برای آندهای فدا شونده
۱۱۶	۴-۲-۵- روش های تعمیرات برای نقاط آزمایش
۱۱۷	۵-۲-۵- روش های تعمیرات برای غلاف ها



- ۱۱۸ ۵-۲-۶- روش های تعمیراتی در نقاط تقاطع با خطوط لوله خارجی
- ۱۱۸ ۵-۳- سیستم های حفاظت کاتدیک هوشمند

## فصل ششم - اقتصاد خوردگی

- ۱۲۱ ۶-۱- توجیه اقتصادی پروژه
- ۱۲۵ ۶-۲- مقایسه هزینه های حفاظت کاتدی و تعمیر سوراخ های ایجاد شده
- ۱۲۷ ۶-۳- مقایسه هزینه های کاتدی و ضخامت اضافی برای جبران خوردگی
- ۱۲۹ ۶-۴- بخش هایی اصلی که تحت تاثیر خوردگی قرار می گیرد
- ۱۳۱ ۶-۵- سرمایه گذاری
- ۱۳۲ ۶-۶- هزینه های خوردگی در ساخت خطوط لوله
- ۱۳۳ ۶-۷- هزینه پوشش و حفاظت کاتدی خطوط لوله
- ۱۳۴ ۶-۸- هزینه مربوط به خوردگی مجاز
- ۱۳۴ ۶-۹- هزینه مربوط به طراحی ها\_ مشخصات فنی
- ۱۳۵ ۶-۱۰- هزینه کلی خوردگی برای ساخت خطوط لوله
- ۱۳۵ ۶-۱۱- هزینه تعویض خطوط لوله زیر بنایی
- ۱۳۶ ۶-۱۲- سهم هزینه های مربوط به خوردگی در سرمایه گذاری ها
- ۱۳۶ ۶-۱۲-۱- هزینه سالانه تعویض خطوط لوله در سرمایه گذاری ها
- ۱۳۶ ۶-۱۲-۲- هزینه سالیانه خطوط لوله غیر قابل تعویض در سرمایه گذاری های جدید
- ۱۳۶ ۶-۱۳- استهلاک سرمایه های موجود
- ۱۳۷ ۶-۱۴- کل سرمایه گذاری ها
- ۱۳۸ ۶-۱۵- هزینه از کار افتادگی ناشی از خوردگی
- ۱۴۰ ۶-۱۶- خسارات مالی

## فصل هفتم - پیوست و ضمائم

- ۱۴۳ منابع و مأخذ
- ۱۵۳