

اهمیت خوردگی و لزوم ساماندهی مدیریت خوردگی در صنعت نفت

رحیم زمانیان

شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی

مقدمه:

پدیده‌های علمی از دیرباز وسیله کشش محققان و دانشمندان و انگیزه اصلی تلاش آنان به منظور کشف حقایق بوده است، که مجموعه این یافته‌ها دانش بشری را تشکیل می‌دهد. با توجه به اینکه کلیه استعدادها و نیروهای موجود در طبیعت برای رشد و تعالی بشر آفریده شده، لذا انسان همواره سعی نموده است تا با تسخیر عناصر و نیز با دخل و تصرف در اجزاء طبیعت و مهار پدیده‌های طبیعی و به کارگیری آنها در جهت تأمین منافع و اهداف خود تلاش نماید.

امروزه این واقعیت به اثبات رسیده است که نه تنها رفاه اجتماعی بلکه حتی استقلال سیاسی کشور متکی به دانش علمی و فنی می‌باشد، و برای نیل به هدف یعنی "توسعه اقتصادی" جز با اجرای برنامه‌های تحقیقاتی و ارتقاء سطح دانش علمی و فنی جامعه و در نتیجه تولید و بی‌نیازی میسر نمی‌باشد. با بیانی دیگر تکنولوژی مهم‌ترین عامل رشد و توسعه "اقتصادی اجتماعی" هر جامعه می‌باشد که بیش از آنچه به منابع مادی و امکانات فیزیکی مربوط باشد به نیروی انسانی متخصص و آزموده متکی است. دانش انسان با شتابی فزاینده متحول و متراکم می‌گردد و هر لحظه به حجم آن اضافه می‌شود. پیشرفت علوم و تکنولوژی خود به خود به تخصصی‌تر شدن شاخه‌های آن منجر می‌شود و تحقیق در هر زمینه‌ای نیازمند جامعیتی است که طبعاً از عهده و توان یک فرد تنها خارج است و رفع این نابسامانی لزوماً با کارگروهی میسر می‌باشد.

با توجه به رشد سریع جمعیت، نیاز روزافزون بشر و گسترش صنایع، نیاز به مواد اولیه نیز فزونی یافته است، به همین دلیل استخراج، تولید و مصرف دائماً افزایش می‌یابد. لیکن به علت محدود بودن ذخایر و منابع جهانی، کاهش تدریجی آن‌ها سبب افزایش سریع قیمت‌ها و در نهایت موجب از بین رفتن منابع طبیعی می‌گردد، که مسئله بسیار جدی در آینده‌ای نه چندان دور خواهد بود. لذا ضروری است که با اتخاذ روندی صحیح و مناسب از اتلاف این مواد شدیداً جلوگیری شود و یا ضایعات به حداقل ممکن کاهش داده شود.

در این زمان که اولویتهای ملی و جهانی بر روی "انرژی، محیط زیست و صرفه جویی در مواد" متمرکز گشته است، موضوع "پایداری شیمیایی مواد" در ساخت دستگاه‌ها و احداث واحدهای صنعتی اهمیت ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است و از این رو مورد توجه محققان و مراکز پژوهشی قرار گرفته

است. توسعه تکنولوژی جدید، لزوم صرفه جوئی در مصرف انرژی و مواد، رعایت مقررات حفاظت محیط زیست و توجه به ایمنی از یک سو، و محدودیت‌های مالی از سوی دیگر موجب شده است که "پایداری شیمیائی مواد" به صورت یک عامل بحرانی درآید. از این رو به منظور کاربرد صحیح مواد در کاربردهای مختلف صنعتی، مهندسان و طراحان بایستی از اطلاعات علمی کافی در مورد "پایداری شیمیائی مواد" برخوردار باشند تا بتوانند با این محدودیت‌ها مقابله نمایند.

به دلایلی که در بالا اشاره شد، طی یک قرن گذشته و به خصوص در چند دهه اخیر موضوع "خوردگی (Corrosion)" توجه عده زیادی از محققان، متخصصان، مدیران و صاحبان صنایع را به خود جلب کرده است و به منظور توجیه مکانیسم‌های انواع مختلف خوردگی، تحقیقات و بررسی‌های وسیع و عمیقی صورت پذیرفته است؛ به طوری که با استفاده از اصول و مبانی علمی و نتایج حاصل از این پژوهشها در تدوین مقررات و روش‌های کنترل یا جلوگیری از خسارات ناشی از این پدیده مخرب اقدامات سودمندی به عمل آمده است. به طوری که امروزه خوردگی به عنوان رکن اساسی در کلیه زمینه‌های مهندسی در آمده است و روز به روز هم بر اهمیت آن افزوده می‌شود. نتایج تعدادی از ارزیابی‌های به عمل آمده در کشورهای پیشرفته صنعتی نشان داده است که زیان‌های مالی ناشی از پدیده خوردگی در حدود ۴-۵ درصد تولید ناخالص ملی (GNP) را شامل می‌شود. البته با به کارگیری روشهای کنترل یا پیشگیری و با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های موجود در حدود ۲۵ درصد از این خسارات را می‌توان تقلیل داد. لذا روشن می‌شود که جهت غلبه بر این پدیده مخرب هنوز تلاش‌ها و یافته‌های بیشتری مورد نیاز می‌باشد. همچنین این ارقام به مسئولان و دست‌اندرکاران هشدار می‌دهد که به منظور ایجاد انگیزه‌های لازم برای شناخت دقیق تر علل و مکانیسم‌های پدیده خوردگی و اجرای روش‌های کنترل یا پیشگیری، برنامه‌هایی مشخص تدوین نمایند. در این جا خاطر نشان می‌سازد که تدوین استانداردهای مورد نیاز در مورد مواد و مصالح صنعتی، ضوابط ایمنی، روش آزمایشات و اقدامات مهندسی و طراحی با توجه به توانمندی‌ها و عوامل موجود در کشور ضروری می‌باشد. زیرا طبق تعریف "استاندارد ضابطه مدونی است که در پی استمرار نیاز و براساس توانمندی‌های علمی، صنعتی و اقتصادی، و با توجه به شرایط اقلیمی، فرهنگی و غیره تهیه می‌شود و ملاحظات اساسی و مشخصات فنی لازم را برای موضوع خاصی بیان می‌کند."

تعریف، عوامل موثر، خسارات و روش‌های کنترل خوردگی

خوردگی پدیده مخربی است که موجب اتلاف مواد، انرژی و سرمایه می‌شود. جامعترین تعریف این پدیده چنین است:

"انهدام، فساد یا دگرگونی در خواص و مشخصات مواد به علت واکنش آنها با محیط اطراف"

مهمترین عواملی که در واکنش‌های خوردگی دخالت موثر دارند عبارت‌اند از: درجه حرارت، اختلاف پتانسیل، ناخالصی محیطی، ترکیب شیمیائی و ساختار بلوری فلزات، زمان، فشار، سرعت، عملیات حرارتی، شرایط سطحی، تشعشع، تنش و اثرات بیولوژیکی. لازم به یادآوری است که در برخی از انواع خوردگی واکنش‌های شیمیائی یا الکتروشیمیائی ممکن است دخالت چندان آشکاری نداشته باشد، همچنین علاوه بر

فلزات سایر مواد و مصالح صنعتی از جمله پلاستیک ها، چوب، سرامیک، مواد مرکب، شیشه و... نیز ممکن است در معرض انهدام و فساد قرار گیرند. سرانجام یادآوری این نکته که در برخی از حالات ممکن است هیچ گونه افت حجمی و وزنی یا تغییرات ظاهری در قطعه خورده شده ملاحظه نگردد. در برآورد خسارات ناشی از پدیده خوردگی معمولاً ابعاد:

"اقتصادی"، "ایمنی" و "اتلاف انرژی و مواد"

مورد توجه بیشتری قرار می گیرد. هزینه های کلی خوردگی عموماً از دو قسمت تشکیل می شود:

"هزینه های مستقیم" و "هزینه های غیرمستقیم"

ارقام موجود در آمارهای تهیه شده در این زمینه نشان می دهد که هزینه های غیرمستقیم قسمت اعظم خسارات کلی خوردگی را تشکیل می دهد. به علت عوامل موثر بسیار زیاد و اشکالات موجود در برآورد صحیح هر کدام از آنها، دقت محاسبات و اعتماد به ارقام حاصله با مسائلی روبه رو می گردد. عمده ترین عوامل موثر در هزینه های غیرمستقیم عبارتند از:

توقف دستگاه ها و واحدهای عملیاتی، اتلاف مواد، کاهش راندمان، آلودگی محصولات،

کاهش تولیدات، افزایش هزینه های تعمیراتی و عملیاتی، تغییرات در طراحی

تاکنون انواع مختلف و صور گوناگونی از خوردگی شناخته شده که با مطالعات و بررسی های انجام شده مکانیسم های هر کدام از آن ها مشخص گردیده است. برپایه همین مطالعات و به منظور مبارزه با هر موردی روش های پیشگیری، کنترل و یا درمانی معینی نیز تدوین شده است. البته این روش ها اغلب به دلایل گوناگون از جمله پیچیدگی های مربوط به خواص مواد، محدودیتهای موجود در توجیهات اقتصادی و نیز نقایص اطلاعاتی در مراحل طراحی، ساخت، تعمیرات، و یا به کارگیری وسائل و دستگاه ها قابل اجرا نمی باشد. همچنین انتقال اطلاعات به متخصصین و یا دریافت آن ها با مشکلاتی همراه می باشد که اغلب مربوط به زبان خاص تفهیم مسئله و یا جزئیات موجود در شرایط و پارامترهای عملیاتی و یا سایر عوامل جانبی است. با توجه به اهمیت فنی-اقتصادی پدیده خوردگی و میزان دخالت آن در فعالیت های صنعتی ضرورت ایجاد می کند که آموزش خوردگی در مقاطع مختلف تحصیلی و نیز در زمینه های فنی - تخصصی ذی ربط، متناسب با موقعیت و مسئولیت مدیران صورت گیرد. به طور کلی هدف از آموزش خوردگی تجهیز مهندسان به دانشی است که به کمک آن و شناخت هر چه بیشتر این پدیده و ارزیابی عوامل مداخله گر بتوانند در تلاش برای مبارزه با اثرات تخریبی خوردگی و انتخاب بهترین روش و کاربرد مناسبترین مواد اقدام شایسته به عمل آورند. همچنین به منظور مبارزه با این آفت صنعتی از اقدامات متنوع و راه کارهای

مختلفی استفاده می‌شود که مهم ترین و معمول ترین روش های کنترل یا پیشگیری از خوردگی عبارت است از:

**"حفاظت کاتدی"، "حفاظت آندی"، "استفاده از کند کننده‌ها"، "استفاده از پوشش‌ها"،
"انتخاب مواد" و "طراحی مناسب دستگاه‌ها"**

نقش طراحان در کنترل خوردگی

از آنجائی که مشکلات خوردگی موجود در واحدهای صنعتی عمدتاً باقی مانده از زمان طراحی می باشد، که غالباً به دلیل ناآشنائی و یا عدم اطلاعات کافی طراحان از دانش خوردگی است لذا مهم ترین و حساس ترین مرحله، پیش بینی و ارزیابی مسائل خوردگی یا اجرای تمهیدات لازم برای کنترل مناسب در مرحله طراحی و ساخت دستگاه‌ها و واحدهای عملیاتی است. در مواردی نیز ممکن است ضعف‌های موجود در مقاومت خوردگی دستگاه‌ها دلایل سهوی داشته باشد. به طور کلی اگر مسائل خوردگی در مرحله طراحی، ساخت و نصب تجهیزات مطالعه و اجرا نشود، مسلماً منجر به بروز صدمات و زیان هائی در حین یا بعد از راه‌اندازی واحدها می‌شود که نهایتاً به توقف تولید خواهد انجامید. در این صورت هزینه‌های مربوط به تعویض قطعات و دستگاه‌ها و مخارج تعمیراتی نیز به حساب‌ها اضافه می‌گردد. برعکس در صورتی که طراحان نسبت به مقاومت خوردگی مواد، نظیر آنچه که به مقاومت مکانیکی مصالح اهمیت می‌دهند توجه داشته باشند، مشکلات و خسارات بعدی رفع و یا میزان آنها به مراتب کاهش می‌یابد. در واقع این اصل مهم باید مدنظر باشد که شکست‌های ناشی از خوردگی به دلیل:

"عدم شناخت کافی و بی‌مبالائی مصرف کنندگان"، "انتخاب نامناسب مواد"، و یا "نواقص طراحی" می‌باشد. به این ترتیب نقش و موقعیت موثر و حساس طراحان آشکار می‌شود و نشان می‌دهد که می‌توانند در کاهش هزینه‌های عملیاتی و تعمیراتی و خسارات هنگفت ناشی از پدیده خوردگی نقش بسیار ارزنده ای داشته باشند. البته این در صورتی است که به اهمیت قضیه آگاه باشند و از دانش لازم در این زمینه و نیز اطلاعات کافی از راه‌کارهای مبارزه با خوردگی برخوردار باشند. خلاصه آنکه طراحان بایستی به موارد زیر اشراف داشته باشند:

- آگاهی از اثرات و نتایج مفید به کارگیری فنون قابل دسترس.
- داشتن میدان عمل در انتخاب مواد مناسب با توجه به شرایط و امکانات.
- توانائی انجام محاسبات مربوط به انتخاب اقتصادی ترین روش.

اغلب سازمان ها، شرکت‌ها و واحدهای صنعتی بزرگ، به ویژه "صنایع شیمیائی"، در تشکیلات پرسنلی خود دارای گروه "مهندسی خوردگی یا مواد" می‌باشند. در این گروه مهندسیین مجرب با داشتن اطلاعات کافی از شرایط عملیاتی و مسائل خوردگی موجود فعالیت می‌کنند و به منظور کاهش هر چه بیشتر صدمات

خوردگی با طراحان دستگاه ها و نیز پرسنل عملیاتی در تماس مستقیم می‌باشند، و در حقیقت نقش مشاورین طراحان را دارند. طراحان نیز به نوبه خود بایستی از اطلاعات جامع و اساسی بهره مند باشند، و آگاهی داشته باشند که در چه شرایطی مسائل خوردگی به وجود می‌آید و چگونه باید با مهندسی خوردگی مشورت نمایند. برعکس، شرکت‌های کوچک قدرت در اختیار داشتن گروه مهندسی خوردگی مواد را ندارند، به همین دلیل در اکثر موارد طراحان مجبورند جهت انتخاب مناسب مواد و مصالح صنعتی، جزئیات و مشخصات طراحی، از توصیه‌ها و دستورالعمل‌هایی که از سوی مهندسی خوردگی و مواد ارائه شده است استفاده نمایند. ضمناً تولید کنندگان و فروشندگان وجود دارند که اطلاعات کامل و دقیق، شامل راهنمایی‌های لازم، روش آزمایشات، سوابق و عمل کرد محصولات خود را عرضه می‌کنند. لذا طراحان باید به این نکته توجه داشته باشند و از اینکه منحصراً براساس شرایط متقاضیان و خریداران عمل نمایند اجتناب ورزند.

طراحان باید در زمینه خواص مواد و روش‌های آزمایشات اطلاع کافی داشته باشند و با توجه به نتایج موجود و تجارب حاصله و با در نظر گرفتن نکات ایمنی و اقتصادی اقدام به انتخاب مواد نمایند (البته گاهی نیز مواد پیشنهادی خریداران در لیست مواد گنجانده می‌شود).

لازم به یادآوری است که "مناسب ترین مواد" لزوماً گران ترین یا ارزان ترین آنها نیست بلکه طراح باید حالت بهینه را پیشنهاد نماید. حالت بهینه این مفهوم را دارد که مواد با داشتن مناسب ترین قیمت و قابلیت دسترسی، ایمنی کافی در کاربرد مورد نظر را داشته باشد. به منظور مبارزه با مسائل خوردگی معمولاً راه حل‌های گوناگونی وجود دارد که به طور کلی در دو بخش خلاصه می‌شود:

- انتخاب موادی مقاوم تر در برابر خوردگی ولی با قیمت‌های بالاتر.
- انتخاب موادی ارزان تر ولی همراه با اعمال روش‌های الکتروشیمیائی، پوشش‌ها، کندکننده‌ها و غیره.

انتخاب مواد مناسب مستلزم شناخت پدیده خوردگی، آشنائی با تکنولوژی‌های مربوطه و ارزیابی عوامل اقتصادی موثر می‌باشد. از آنجائیکه اساس پرداختن به پدیده خوردگی عمدتاً دارای ابعاد اقتصادی است به همین دلیل طراحان باید قادر به محاسبه زیان‌ها و هزینه‌های مالی (مثلاً سالیانه) و به کارگیری گزینه‌های مختلف در روش‌های کنترل خوردگی باشند. بررسی و ارزیابی روش‌های کنترل باید شامل کلیه عوامل مستقیم، غیرمستقیم، نرخ بهره، طول عمر مفید دستگاه‌ها و فهرست کاهش بها باشد. همچنین هزینه‌ی بکارگیری سیستم‌های مبارزه با خوردگی منحصر به هزینه‌ی احداث یعنی طراحی، تهیه تجهیزات و نصب و راه اندازی آن‌ها نیست، بلکه شامل هزینه‌های جانبی از جمله هزینه‌های عملیاتی، تعمیراتی و مخارج بالاسری جهت حفظ و نگهداری سیستم‌ها در زمان استفاده نیز می‌باشد.

لزوم ساماندهی مدیریت خوردگی

مدیریت خوردگی اقدامی است جهت ساماندهی فعالیت‌های خوردگی که طی سه دهه گذشته به تدریج تکامل یافته و اینک جایگاه تعریف شده‌ای را پیدا کرده است.

لزوم توجه به پدیده خوردگی و بررسی مسائل و مشکلات ناشی از آن و به کارگیری روشها و اقدامات جدی جهت کاهش خسارات هنگفت مالی و جانی و غالباً جبران ناپذیر این پدیده در صنایع به طور اعم و در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی به طور اخص، امروزه به یک ضرورت غیرقابل اجتناب تبدیل شده است. امکان پذیر ساختن نحوه رسیدگی‌ها و ارائه طرح‌های جامع چه در مراحل طراحی و چه در زمان بهره برداری، و نیاز به اطلاع رسانی صحیح و علمی در امور فنی تا بالاترین سطوح مدیریتی، ضرورت ساماندهی "مدیریت خوردگی" را توجیه می نماید.

در واقع با بکارگیری "مدیریت خوردگی" استفاده صحیح از منابع قابل دسترس جهت تبدیل داده‌ها به اطلاعات و هماهنگ‌سازی تلاش‌های پژوهشگران و کارشناسان را امکان‌پذیر می‌سازد. بدین ترتیب سیستمی برقرار می‌گردد که توسط آن مسائل و صدمات ناشی از خوردگی به حداقل ممکن کاهش می‌یابد و عوامل تأثیرگذار تحت کنترل در می‌آید. بالاخره این سیستم می‌تواند با برنامه‌ریزی‌های کلان و خرد مطالعاتی، طراحی و راهبری و اجرایی پروژه‌ها، نحوه رسیدگی‌ها، تأسیس بانک اطلاعاتی، نظارت بر اعمال روشهای کنترل، کاربرد بهینه ابزار و مواد مناسب و به روز را بر عهده داشته باشد. در این سیستم "ستاد مدیریت خوردگی" فعالیت‌ها را در ابعاد کلان و به منظور سیاست‌گذاری‌ها و پیشبرد اهداف و اقدامات مفید و مؤثر عهده‌دار می‌باشد، ضمناً با تشکیل هسته‌های مدیریت/مهندسی خوردگی در مدیریت‌های زیرمجموعه ارتباط مستمر و دائمی را هماهنگ و برقرار می‌سازد.

باید توجه داشت که تمهیدات و اقدامات مربوط به خوردگی و طراحی و اجرای روش‌های کنترل و پیش‌گیری در کشورهای صنعتی بیش از ۷۰ سال است که اعمال می‌گردد، لیکن در بسیاری از کشورها از جمله ایران هنوز در اغلب طرحها و پروژه‌های صنعتی گنجانده نمی‌شود. این موضوع سبب گشته است تا در اکثر موارد، تخریب‌های ناشی از خوردگی حتی در مراحل قبل از راه اندازی، و یا در حین اجرای پروژه‌ها، در دستگاه‌ها و واحدهای عملیاتی ظاهر می‌گردد، که نمونه‌های آن اینک در بسیاری از پروژه‌های بزرگ و فعال کشور دیده می‌شود. دلایل اصلی ایجاد این شرایط، عدم اطلاع، ناآگاهی، بی‌اعتنائی، طفره رفتن، مقاومت و مخالفت تعدادی از مدیران و دست‌اندرکاران و تصمیم‌گیرندگان نسبت به موضوع خوردگی است. این مسئله را حتی می‌توان در چارت تشکیلاتی اغلب ادارات مهندسی سازمان‌های ذی‌مدخل نیز ملاحظه نمود که، نه تنها بخش مهندسی مواد یا خوردگی در آن‌ها دیده نشده بلکه فاقد کارشناس/ کارشناسان خوردگی نیز می‌باشند. مطلب مهم‌تر آنکه، در برخی از طرحهای جامع و چند پروژه‌های مناطق صنعتی ویژه، به علت تعدد کارفرمایان، مشاوران، طراحان و پیمانکاران و مجریان، تمهیدات مربوط به کنترل خوردگی دچار چنان آشفتگی است که اقدامات مجزای صورت گرفته علاوه بر اینکه نتایج مفیدی در بر ندارد بلکه به علت ایجاد اثرات منفی و جانبی بر روی یکدیگر، منجر به افزایش سرعت و تشدید میزان‌های خوردگی در کل سازه‌ها و واحدهای عملیاتی می‌شود.

با قبول این واقعیت که علیرغم تلاشهای دائمی، مسائل و خسارات ناشی از پدیده خوردگی با روند فزاینده ای مشهود و ملموس می باشد، ضرورت ایجاب می کند که جهت مبارزه با این آفت صنعتی با اقدامات کارشناسی شده، سازمان یافته و مبتنی بر اصول علمی و نتایج تجربی عمل شود.

با عنایت به موارد فوق ضروری است که مطالعات و برنامه ریزی در خصوص اجرایی کردن مدیریت خوردگی همراه با سیاست گذاری ها و اقدامات آگاهانه و علمی صورت گیرد. بدین ترتیب سیستمی ایجاد شود که با استفاده از روش کارهای هماهنگ در واحدهای مختلف عملیاتی و با به کارگیری استانداردهای معتبر و دستورالعمل های مدون و قابل اعتماد از تکرار حوادث نیز جلوگیری شود، به طوریکه قبل از دچار شدن به شرایط بحرانی، تصمیم گیری های صحیح و مدبرانه انجام گیرد.

خلاصه آنکه به منظور تحقق این شرایط لازم است نظامی سنجیده، کارشناسی شده و مسئولیت پذیر در مقوله خوردگی سازمان دهی و برقرار شود که کلیه وظایف جامع قضیه یعنی پژوهش، توسعه و اجرا را برعهده داشته باشد.

به همین منظور لازم است طبق دستورالعمل آخرین مصوبه:

- "مدیریت خوردگی" ستاد وزارتی مشتمل بر نمایندگان شرکتهای اصلی، به منظور تعیین اهداف، سیاست گذاری ها، برنامه ریزی ها، تعیین خط مشی ها و ایجاد هماهنگی های لازم سازمان دهی و فعال گردد.
- در شرکتهای اصلی، "کمیته های مدیریت خوردگی" شامل نمایندگان شرکت ها و مدیریت های تابعه، جهت ایجاد هماهنگی اقدامات سازمان دهی و فعال گردد.
- در کلیه شرکت ها و واحدهای عملیاتی و تولیدی، "کارگروه های مهندسی و هسته های مدیریت خوردگی" با حضور نمایندگان مهندسی خوردگی، بازرسی فنی، مهندسی فرآیند، تعمیرات و سایر کارشناسان ذیربط، جهت هماهنگی برنامه ها با کمیته های مرکزی مدیریت خوردگی تشکیل شود. تا ضمن تدوین شرح وظایف کارکنان با ترسیم استراتژی های مربوطه، تعیین راهکارهای لازم و تدوین دستورالعمل های اجرایی فعالیت نمایند.

نمونه‌هایی از آمار خسارات خوردگی در چند کشور

کشور	سال	برآورد کننده	زیان مالی	GNP %	ملاحظات
آمریکا	۱۹۴۹	یولیگ	۵/۵ میلیارد دلار	-	فقط زیان‌های مستقیم
آمریکا	۱۹۶۶	لیختن اشتاین (NBS)	۱۰ میلیارد دلار	-	فقط زیان‌های مستقیم
آمریکا	۱۹۶۷	فونتانا	۸ میلیارد دلار	-	فقط زیان‌های مستقیم
آمریکا	۱۹۷۹	BCL	۸۲ میلیارد دلار	۴/۹	-
آمریکا	۱۹۷۹	(NBS)	۲۱+۷۰ میلیارد دلار	۴/۲	۱۵٪ قابل اجتناب
آمریکا	۱۹۸۸	NIST	۲۰۰+۳۰٪ میلیارد دلار	۴	-
آمریکا	۱۹۹۴	-	۳۰۰ میلیارد دلار	۴/۹	۳۳٪ قابل اجتناب
انگلستان	۱۹۷۳	کمیته خوردگی	۱/۳۶۵ میلیارد پوند	-	فقط زیان‌های مستقیم
کانادا	۱۹۷۹	-	۱۰ میلیارد دلار	۴	۱۵٪ قابل اجتناب
آلمان	۱۹۶۹	-	۱۹ میلیارد مارک	-	-
آلمان	۱۹۷۸	-	۴۵ میلیارد مارک	-	-
آلمان	۱۹۸۸	-	۸۵ میلیارد مارک	-	-
آلمان	۱۹۹۴	-	۱۱۷ میلیارد مارک	-	-
ایران	۱۳۷۵	رحیم زمانیان	۹۰۰۰ میلیارد ریال	۴/۵	GNP ۲۳۳۰۰۰ میلیارد ریال
ایران	۱۳۷۶	رحیم زمانیان	۱۲۶۰۰ میلیارد ریال	۴/۵	GNP ۲۸۰۰۰۰ میلیارد ریال
ایران	۱۳۸۱	رحیم زمانیان	۴۸۰۰۰ میلیارد ریال	۶	GNP ۸۰۰۰۰۰ میلیارد ریال
ایران	۱۳۸۳	رحیم زمانیان	۷۰۰۰۰ میلیارد ریال	۵	GNP ۱۳۸۲۰۰۰ میلیارد ریال
ایران	۱۳۸۵	رحیم زمانیان	۹۵۰۰۰ میلیارد ریال	۴/۵	GNP ۲۰۱۱۱۵۰ میلیارد ریال

تعریف خوردگی

- واکنش بین فلزات و محیط اطراف
- فساد و یا انهدام مواد طی واکنش های شیمیایی با محیط اطراف
- فساد فلزات در اثر ترکیب آن با اکسیژن و یا سایر مواد شیمیایی
- فساد یا تخریب حاصله در مواد به هر علتی به جز عامل مکانیکی
- خلاف جهت متالورژی استخراجی
- واکنش های الکتروشیمیایی فلزات با محیط اطراف خود
- حملات تخریبی بر روی فلزات در واکنش های شیمیایی یا الکتروشیمیایی آن ها با محیط اطراف
- تخریب یا اتلاف اجسام جامد در اثر واکنش های شیمیایی یا الکترو شیمیایی که از سطح آن ها شروع می شود.

خوردگی عبارتست از انهدام و فساد یا تغییر و دگرگونی در خواص و مشخصات مواد به علت واکنش آنها با محیط اطراف

عوامل موثر در واکنش های خوردگی

- درجه حرارت
- اختلاف پتانسیل
- زمان
- تنش
- ترکیب شیمیایی و شکل ساختمانی فلزات
- عملیات حرارتی
- شرایط سطحی
- سرعت
- تشعشع
- ناخالصی محیطی
- فشار
- سایر عوامل:

اختلاف دمشی
اختلاف غلظت
اثرات بیولوژیکی

ارزیابی خسارات ناشی از خوردگی



روش های کنترل خوردگی

حفاظت آندی

پوشش ها

طراحی دستگاه ها



حفاظت کاتدی

مواد کند کننده

انتخاب مواد



ضخامت اضافی (سهم خوردگی)
استفاده از جوشکاری به جای پرچ و
پیچ و رول
تسهیلات تخلیه
تسهیلات بازرسی
قابلیت تعویض قطعات

اجتناب از تمرکز تنش
اجتناب از صدمات گالوانیکی
اجتناب از زوایای تند در مسیر
حرکت سیالات

اجتناب از توزیع غیر یکنواخت
اجتناب از ورود اکسیژن و دیگر مواد
اجتناب از کاربرد مواد متخلخل
اجتناب از سرعت های بحرانی

قیمت
رفتار خوردگی
قابلیت جوشکاری و لحیم کاری
خاصیت شکل پذیری
خواص مکانیکی
مقاومت در دماهای پایین و بالا
قابلیت دسترسی

سازگاری با دیگر مواد
خواص و رفتار حرارتی و الکتریکی
صفات متمیزه (چگالی، خاصیت مغناطیسی،
مضر هسته ای)

مدیریت خوردگی

مدیریت خوردگی اقدامی است جهت ساماندهی فعالیت‌های خوردگی و روش‌های کنترل آن که طی سه دهه اخیر جایگاه تعریف‌شده‌ای پیدا کرده است.

اهم فعالیت‌های مدیریت خوردگی

- توجه به پدیده خوردگی و بکارگیری روش‌های پیشگیری جهت کاهش خسارات مالی و جانی
- امکان‌پذیر ساختن نحوه رسیدگی‌ها و ارائه طرح‌های جامع در مراحل طراحی و بهره‌برداری
- ایجاد سیستم اطلاع‌رسانی صحیح از حوادث ناشی از خوردگی تا بالاترین سطوح مدیریتی
- ساماندهی تشکیلات مربوط به فعالیت‌های خوردگی در کلیه مراحل صنعت
- استفاده صحیح از منابع قابل دسترس جهت تبدیل داده‌ها به اطلاعات
- هماهنگ‌سازی تلاش‌های کارشناسان و پژوهشگران ذیربط
- استفاده از روش کارهای کارشناسی شده و قابل اعتماد در واحدهای عملیاتی
- بکارگیری استانداردها و دستورالعمل‌ها جهت جلوگیری از تکرار حوادث ناشی از خوردگی
- تصمیم‌گیری علمی و مدبرانه جهت جلوگیری از رسیدن به شرایط بحرانی
- روزآمدسازی اقدامات مربوط به خوردگی براساس فناوری‌های پیشرفته و توسعه دانش فنی

نتیجه‌گیری و اقدامات لازم

سازمان دهی و فعالسازی:

- "مدیریت خوردگی" در ستاد وزارتی
- "کمیته های مدیریت خوردگی" در چهار شرکت اصلی
- "هسته های مدیریت خوردگی" در کلیه مدیریت ها و شرکت های تولیدی