تاثیر خوردگی فلزات در افزایش مخاطرات ایمنی و آلودگی زیست محیطی

رمضانعلی طاهری

کارشناس خوردگی و مراقبت وضعیت- معاونت آماد و پشتیبانی نیروی دریایی سپاه

R.A.Taheri@gmail.com

چکیده:

خوردگی یکی از معضلات اساسی صنعت است که متأسفانه هنوز هم آنچنانکه باید و شاید مورد توجه قرار نگرفته است. خوردگی نه تنها موجب اتلاف ماده و انرژی و تباه شدن سرمایه‌گذاریها می‌شود، بلکه دارای خطرات جدی ایمنی و زیست محیطی نیز می‌باشد. خوردگی یک پدیده فراگیران و جهانی بوده و موجب تخریب و تغییر ماهیت موادی می‌شود که در طبیعت موجودند و یا به طور مصنوعی ساخته می‌شوند. تمام مواد با نسبتهای مختلف خورده می شوند. همچنین کلیه محیطها ممکن است خاصیت خورندگی داشته باشند. علت اینکه امروزه بر روی مسأله خوردگی این چنین تأکید می‌شود به خاطر زیان‌های اقتصادی ناشی از آن(مخارج تعمیر و نگهداری، تعطیلی کارخانه، ضرر ناشی از نشت محصولات خطرناک یا از بین رفتن محصولات با ارزش و آلوده شدن محصول)، بروز حوادث از قبیل آتش‌سوزی و انفجار، خسارات مالی و جانی در مواردی مانند انهدام کشتی، سکوی دریایی و مواردی مانند آن می‌باشد. با نشت و وارد شدن مواد سمی و خطرناک در محیط زیست و به مخاطره افتادن سلامتی انسان و محیط زیست، دیگر تخمین زیانها در قالب اعداد و ارقام نمی‌گنجد.

کلمات کلیدی: خوردگی – حوادث – ایمنی – آلودگی زیست محیطی

۱– مقدمه

خوردگی یکی از معدود مواردی است که هنر خود را نه تنها در مراحل طراحی، ساخت و تولید و بهره برداری نمایان می سازد، بلکه مبالغ عظیمی را نیز در مرحله حفاظت و نگهداری به خود اختصاص می دهد. در یک نمایشگاه در شهر بروکسل، روی یک تابلو نوشته شده بود "در حالی که مشغول خواندن این جمله هستید، ۷۶۰ کیلوگرم آهن خورده می‌شود". زیانهایی که از ناحیه خوردگی متوجه صنایع شده عامل توجه به این علم می‌باشد. عدم آگاهی نسبت به عوامل و فاکتورهای ایجاد کننده خوردگی و آشنا نبودن به روشهای حفاظتی تجهیزات و تأسیسات صنعتی باعث گشته که ان‌ه‌دام و نابودی فلزات در صنایع به عنوان یک واقعیت مسلم و یک پدیده اجتناب ناپذیر مطرح باشد. بی‌اطلاعی از اهمیت و نقش خوردگی در زندگی و محیط کار، سالانه میلیاردها دلار به اقتصاد جهان ضرر می‌زند. نتایج حاصل از بررسی‌های انجام گرفته در صنایع مختلف ایران نشانگر این حقیقت است که تنها تعداد محدود و انگشت‌شماری از کارخانه‌ها و صنایع به چگونگی مطالعه و برآورد تقریبی هزینه‌های ناشی از خوردگی آگاهی کافی دارند. اکثر صنایع و کارخانه‌ها قادر به اعلام هیچگونه اطلاعات و آماری در ارتباط با مسائل اقتصادی خوردگی نبوده و در بسیاری از موارد خسارتها و هزینه‌های ناشی از خوردگی در قالب خرجهای تعمیراتی نهفته است. به عنوان مثال اقداماتی چون تعویض لوله‌های خورده شده و یا تعویض پلیت‌های بدنه کشتی که باید به عنوان آخرین راهکار کنترل خوردگی انجام شود، به عنوان تنها راه بر طرف کردن مشکل خوردگی انجام می‌شود.

علت اینکه امروزه بر روی مسأله خوردگی این چنین تأکید می‌ش‌ود به خاطر زیان‌های اقتصادی ناشی از آن(مخارج تعمیر و نگهداری، تعطیلی کارخانه، ضرر ناشی از نشت محصولات خطرناک یا از بین رفتن محصولات باارزش و آلوده شدن محصول، بروز حوادث از قبیل آتش‌سوزی و انفجار، خسارات مالی و جانی در مواردی مانند انهدام کشتی، سکوی دریایی و مواردی مانند آن می‌باشد. با نشت و وارد شدن مواد سمی و خطرناک در محیط زیست و به مخاطره افتادن سلامتی انسان و محیط زیست، دیگر تخمین‌زیانها در قالب اعداد و ارقام نمی‌گنجد.

۲– تاریخچه فناوری خوردگی در جهان:

شاید اولین سند مکتوب درباره زنگ‌زدگی مطالبی باشد که پلین‌ی فیلسوف بزرگ یونانی (۷۹ ـ ۲۳ میلادی) درباره ادوات جنگی ساخته شده از آهن و زنگ‌زدگی آن برای امپراطور زمان خویش نگاشت.

ەمفری دیوی (H.Davy) دانشمند بزرگ انگلیسی به بررسی اصول خوردگی در اثـر تمـاس فلزات غیر همنام (خوردگی گالوانیکی) پرداخته و در سال ۱۸۲۴ نتـایج آزمایشـهای خـود را دربـاره چگونگی حفاظت کاتدی بدنه کشتی با نصب آندهای فدا شـونده منتشـر سـاخت. آزمایشـهای ایـن دانشمند پایه‌های علمی و اجرایی حفاظت کاتدی را به وجود آورد و سبب توسعه و گسترش کـاربرد آهن گالوانیزه گردید.

مایکل فارادای دانشمند دیگر انگلیسی در سالهای ۴۰ـ۱۸۳۰ میلادی رابطه بین فعالیتهـای شیمیایی و جریانات الکتریکی و نسبت بین مقدار فلز حل شده و جریـان بـرق را کشـف نمـود و بـا اعلام این مطلب که انحلال فلزات ماهیت الکتروشیمیایی دارد، قدم بزرگی در شـناخت خـوردگی و ماهیت آن برداشت.

در سال ۱۸۴۷ میلادی، ریچارد آدی نشان داد که خوردگی ناشـی از اثـر اکسـیژن بـر روی آهن و در معرض سیالی در حال حرکت سبب ایجاد جریان الکتریکی می‌گردد.

همگام با پیشرفتهای علمی در تبیین هر چه بیشتر اصول خوردگی؛ در سال ۱۹۰۶ میلادی در انجمن آمریکایی برای آزمایش و مواد (ASTM)، کمیته‌ای جهت هماهنگی و اجرای آزمایشـهای مخصوص خوردگی تشکیل گردید کـه همزمـان بـا شـروع ایـن اقـدامات، سـازمانهای دیگـری نیـز فعالیتهای خود را در زمینه بررسی مسائل خوردگی و چگونگی تدوین راههای جلـوگیری یـا کنتـرل آن آغاز نمودند.

۳– تعریف خوردگی

خوردگی را می‌توان تغییر ماهیت غیر ارادی مواد تحت‌تأثیر عوامل محیطـی توصـیف نمـود در حقیقت کلمه Corrosion مشتق از کلمه Corrode می‌باشد که ریشه این کلمـه در زبـان لاتـین لغت Corrodere است و معنای آن "تخریب تدریجی"، " گاززدن" و "جویدن" می‌باشد کـه احتمـالاً ظاهر قطعه خورده شده باعث چنین تداعی شده است.

برای خوردگی تعاریف فراوانی ذکر شده است از جمله:

- واکنش بین فلزات و محیط اطراف آن.
- فساد یا انهدام مواد در واکنشهای شیمیایی یا الکتروشیمیایی با محیط اطراف.
- تخریب یا فساد حاصل در مواد به هر علتی به جز عوامل مکانیکی.

- فساد فلزات در اثر ترکیب با اکسیژن و یا سایر مواد شیمیایی.
- خلاف جهت متالوژی استخراجی.
- واکنشهای الکتروشیمیایی فلزات با محیط اطراف خود.
- حملات تخریبی بر روی فلزات ناشی از واکنشهای شیمیایی یا الکتروشیمیایی آنها با محیط اطرافشان.
- تخریب یا اتلاف اجسام جامد در اثر واکنشهای شیمیایی یا الکتروشیمیایی که از سطح آن شروع می‌شود.

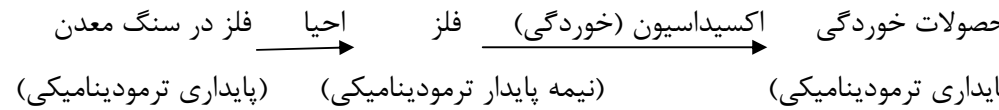
استاندارد ISO 8044 خوردگی را به شکل زیر تعریف می‌کند.

"واکنش فیزیکی ـ شیمیایی متقابل بین فلز و محیط اطراف آن که معمولاً دارای طبیعت الکتروشیمیایی بوده و نتیجه آن تغییر در خواص فلز می‌باشد. این تغییرات خواص ممکن است منجر به از دست رفتن توانایی عملکردی فلز، محیط، یا سیستمی شود که این دو قسمتی از آن را تشکیل می‌دهند.

زنگ زدن (Rusting)، به نوعی از خوردگی آلیاژی آهن و فولاد اطلاق می‌شود در حالیکه خوردگی (Corrosion) شامل اکثریت فلزات می‌باشد. بعلاوه ترجیحاً برای بیان ضایعات در غیر فلزات از الفاظ Deterioration و یا Degradation ـ به معنای زوال پوسیدگی ـ استفاده می‌شود، زیرا مکانیسم خوردگی فلزی با پوسیدگی در غیر فلزات و مثلاً پلیمرها، متفاوت است.

نیروی اصلی محرکه خوردگی، ترمودینامیکی است به عبارت دیگر در تمامی مواد و بخصوص فلزات، تمایل ترمودینامیکی طبیعی برای از دست دادن الکترونهای اضافی و رسیدن به حالت پایداری ترمودینامیکی وجود دارد که این خود اساس فرآیند خوردگی را تشکیل می‌دهد. فلز هنگامی که به شکل ترکیبات کانی در سنگ معدن موجود است از نظر ترکیبی در وضعیت پایدار قرار دارد و در واقع خوردگی عکس متالوژی استخراجی است.

در طی فرآیندهای استخراج فلز از سنگ معدن عمل احیا (Reduction) یا الکترون‌گیری رخ می‌دهد و منجر به تشکیل فلز خالص می‌شود که از نظر ترمودینامیکی نیمه پایدار می‌باشد. حال اگر این فلز تحت شرایط ایده‌آل قرار گیرد، از آن برای از دست دادن الکترونهای اضافی خود سود خواهد برد که این عمل به اکسیداسیون یا خوردگی معروف است و منجر به تولید محصولات خوردگی می‌شود. موارد فوق‌الذکر را می‌توان به شکل زیر نیز خلاصه کرد.



شکل ۱ ـ فلز، از معدن تا محصولات خوردگی

از مطالب بالا می‌توان نتی‌جه گرفت کـه خـوردگی یـک واکـنش طبیعـی اسـت و انجـام می‌شود؛ در حالیکه از نظر زیانهایی که به صنایع وارد می‌کند مایل هستیم کـه ایـن واکـنش انجـام نشود. برای آنکه یک واکنش طبیعی انجام نشود، نیاز به صرف انرژی است که این بـه زبـان اقتصـاد مهندسی به معنای صرف هزینه، زمان و بهبود روشهای طراحی، ساخت و تولید می‌باشد.

معایب و خسارتهای حاصل از خوردگی را نباید تنها به صورت زنگ زدگی، انحلال، اکسـیده شدن و یا تیرگی فلزات در نظر گرفت. زیرا صدمات ناشی از خوردگی ممکن است به صورتهای دیگر نیز انجام شود که منجر به ترک خوردن، گسستن، کاهش یا از بـین رفـتن مقاومـت مکـانیکی و یـا قابلیت انعطاف فلزات گردد. در برخی از موارد محصولات ناشی از خوردگی همواره با توجه به شـکل ظاهری فلز خورده شده صورت می‌گیرد. به طوری که در اکثر حالات با مشاهده معمولی (چشم غیر مسلح) می‌توان نوع آن را مشخص نمود، البته گـاهی نیـز اسـتفاده از میکروسـکوپ و سـایر وسـایل آزمایشگاهی در این کار مؤثر و یا مورد نیاز می‌باشد. باید توجه نمود کـه جهـت تشـخیص عیـوب و انتخاب راه‌حل مناسب در مسائل خوردگی، اطلاعات حاصله از مشاهدات دقیق و اولیه از نمونـه‌هـای آزمایشی یا قطعات و دستگاههای خورده شده و آسیب دیده در مرحله قبل از تمیزکاری آنها اهمیت زیادی دارد.

انواع خوردگی‌های‌ی که در صنایع اتفاق می‌افتد عبارتند از: خـوردگی گالوانیـک، خـوردگی یکنواخت، خوردگی شیاری، خوردگی حفره‌ای، خوردگی مرزدانه‌ای، خـوردگی جدایشـی، خـوردگی سایشی، خوردگی تنشی، خوردگی خستگی، صدمات هیدروژنی، اکسیداسـیون در درجـه حرارتهـای بالا، خوردگی اتمسفری و خوردگی بیولوژیک.

مطابق طبقه‌بندی خوردگی بر اساس ظاهر و شکل فلز خـورده شـده، خـوردگی بیولوژیـک یکی از انواع متداول خوردگی نی‌ست، بلکه انهدام یک فلز است که به طور مستقیم یا غیر مستقیم در نتیجه فعالیت موجودات زنده (غالباً موجودات میکروسکوپیک) صورت می‌گیرد.

در یک گزارش معتبر، یک صفحه فولادی بدنه کشتی نـو بـا ضـخامت ۱۰mm در کمتـر از یک سال توسط باکتریهای احیا کننده سولفات (SRB) سوراخ شده است.(شکل ۲)

شکل۲: خوردگی بدنه کشتی توسط SRB پس از تنها ۹ ماه

۴- خسارتهای خوردگی

آمار و ارقام نشان می‌دهد که خسارات سالانه خوردگی بسیار بالا است. خسـارات خـوردگی برآورد شده در کشورهای پیشرفته صـنعتی حـدود ۴-۲ درصـد تولیـد ناخـالص ملـی (GNP) آنهـا می‌باشد ولی برای کشـورهایی نظیـر ایـران کـه معمـولا از روشـهای پیشـگیرانه خـوردگی اسـتفاده نمی‌کنند، در بسیاری از موارد خسارتها و هزینه های ناشی از خوردگی در قالب خرجهای تعمیراتـی نهفته است و میزان خسارات خوردگی می‌تواند تا ۵ درصد تولید ناخالص ملی افزایش یابد که بر این اسـاس خسـارت مسـتقیم خـوردگی ایـران در سـال ۱۳۷۹ معـادل ۲۷۵۰۰ میلیـارد ریـال بـوده است.(برآورد انجمن خوردگی ایران در سال ۱۳۸۰)

خسارات مستقیم خوردگی در ایالات متحده، سالانه ۲۷۶ میلیارد دلار (۱/۳٪ تولید ناخالص ملی) و خسارات سالانه خوردگی در کشتی های آن کشور، ۷/۲ میلیارد دلار می باشد. ایالات متحده دارای ۷۳۷ کشتی در دریاچه های بزرگ (Great lakes)، ۳۳۶۸ کشتی در آبهای سـرزمینی، ۷۰۱۴ کشتی اقیانوس پیما، ۳/۱۲ میلیون قایق تفریحی و ۱۲۲ کشـتی گشـت زن در بنـادر مـی باشـد. از میزان خسارت خوردگی ۷/۲ میلیارد دلاری در صنایع کشتی رانی آمریکا، ۱/۱ میلیـارد دلار مربـوط به ساخت کشتی های جدید، ۸۱۰ میلیون دلار مربوط به هزینه هـای نگهـداری و تعمیـرات و ۷۹۰ میلیون دلار خسارت از کار افتادگی در نتیجه خوردگی مـی باشـد. بـه همـین دلیـل در کشـورهای صنعتی، تحقیقات مطالعات و برنامه‌های آموزشی وسیعی در زمینه خوردگی صورت می‌گیرد.

بر اساس محاسبات انجام شده، خسارات خوردگی به تأسیسات نفتی و ساحلی کشور نسبتاً قابل توجه بوده خصوصاً اینکه تأسیسات مذکور در شرایط شرجی گرم و مستقر در آب می‌باشند. به عقیده کارشناسان و صاحبنظران معتبر دنیا، خسارات ناشی از خوردگی قابل مقایسه با خسارات ناشی از جنگهای ویرانگر و بیماریهای مهلک و عوامل مشابه آن می‌باشد که از این مقدار معمولاً حداقل ۱۵ تا ۲۵ درصد از خسارات قابل اجتناب می‌باشد.

برخی از محققین، ضرر و زیانهای ناشی از خوردگی را به سه قسمت اتلاف ماده و انرژی، خسارات اقتصادی و مخاطرات محیط زیست و ایمنی تقسیم‌بندی کرده‌اند.

۱-۴- اتلاف ماده و انرژی

بر اساس آمارها در هر ۹۰ ثانیه یک تن فولاد در اثر زنگ زدگی از بین می‌رود. انرژی مورد نیاز برای تولید یک تن فولاد نیز حدوداً معادل انرژی مصرفی یک خانواده متوسط در عرض سه ماه می باشد؛ یکی دیگر از مسائلی که خوردگی موجب می‌شود، طراحی اضافی (Over design) می‌باشد یعنی اندیشیدن و به کار گرفتن فاکتورهای اضافی در طراحی. برای مثالی از این نوع می‌توان به ضخیم‌تر در نظر گرفتن بدنه کشتی‌ها و ضخامت لوله‌ها اشاره کرد. اگر یک لوله ۸ اینچی فولادی به طول تقریبی تهران ـ همدان در مقابل خوردگی محافظت شود، ضخامت آن به جای ۳۲۲/۰ اینچ می‌تواند به ۲۵۰/۰ اینچ تقلیل یابد و این یعنی صرفه‌جویی ۳۷۰۰ تن فولاد و اضافه نمودن گنجایش داخل لوله به میزان ۵ درصد.

۲-۴- خسارات اقتصادی

خسارات اقتصادی بخش بزرگی از مسائل مربوط به خوردگی را تشکیل می دهند. این خسارات شامل مواردی مانند هزینه های تعویض قطعات و دستگاهها، ماشین آلات یا اجزاء مربوطه، مخارج اعمال روشهای حفاظتی نظیر رنگ آمیزی و تعمیرات و نگهداری یا نصب سیستم های حفاظت کاتدی می شود که می توان آنها را تحت عنوان "خسارات مستقیم" طبقه بندی نمود. "خسارات غیر مستقیم" شامل مواردی مانند کاهش راندمان، بدشکلی ظاهری، اتلاف محصولات و غیره می شود.

اقتصاد خوردگی در سالهای اخیر به طور قابل ملاحظه‌ای اهمیت پیدا کرده است که علت آن عمدتاً به خاطر گسترش توسعه و ساخت دستگاهها و تجهیزات نسبتاً جدیدی است که عملکرد

و کارایی قابل قبول آنها مستلزم عدم وجود و یا داشتن آهنگ بسیار کم خوردگی در آنها است. باید توجه داشت که در بسیاری از موارد مانند راکتورهای اتمی، هواپیماها، تجهیزات اتوماتیک، فضاپیماها، صنایع الکترونیک، نیروگاهها و موارد بسیار دیگر، خوردگی می‌تواند فاجعه آفرین باشد و به همین دلیل کنترل دقیق و مستمر آنها ضروری است. ارائه این مطلب به آن مفهوم نیست که در موارد دیگر نظیر خودروها، مخازن نگهدارنده آب‌گرم و یا سرد، لوله‌های قابل انتقال زیرزمینی و غیره، خوردگی اهمیت نداشته و یا اینکه خسارات ناشی از آن قابل اغماض باشد. در واقع مجموعه‌ای از همین ضرر و زیانهای وارده از خوردگی است که نهایتاً می‌تواند درصد بالایی از درآمد ملی یک کشور را از بین ببرد.

بر اساس آمار منتشره، میزان خسارات وارده در اثر خوردگی در آمریکا سالانه بالغ بر ۳۰۰ میلیارد دلار، در آلمان نزدیک به ۱۱۷ میلیارد مارک و در انگلستان یک میلیارد و سیصد و شصت و پنج میلیون پوند می‌باشد که حدود ۵/۳ ٪ تولید ناخالص ملی آن کشور است.

متأسفانه در ایران برآورد دقیقی از میزان خسارات خوردگی انجام نشده است و تنها بر این اساس که خسارات خوردگی ۴ ـ ۲ ٪ تولید ناخالص ملی(Gross National Product = GNP) است، طبق آخرین بررسی بر اساس خسارت ۴٪ تولید ناخالص ملی، میزان ۹۰۰۰ میلیارد ریال به عنوان خسارت سالانه خوردگی در ایران اعلام شده است.

۳-۴- زیانهای ایمنی و زیست محیطی خوردگی

از موارد بسیار مهمی که تا به حال در مورد خوردگی چندان مورد توجه قرار نگرفته، یا اگر هم گرفته بنا به دلایلی مسکوت مانده، مصائبی است که به سبب خوردگی به وجود می‌آیند. درصد بسیار زیادی از این قبیل حوادث را می‌توان پیشگیری نمود و از اتلاف جان و مال و وارد آمدن زیان به محیط زیست جلوگیری کرد. باید اذعان نمود که عدم وجود اطلاعات قابل استناد و پیگیری از حوادث ناشی از خوردگی باعث شده که این قبیل حوادث هر از چندگاهی تجربه شوند و خاطرات تلخی بجای گذارند.

در جدول زیر(جدول۱)، گزیده ای از خسارات ایمنی و زیست محیطی خوردگی در جهان ارائه شده است.

سال	محل	حادثه	دلیل احتمالی	نتایج

۱۹۶۷	آمریکا	غرق شدن کشتی River queen	خوردگی حفره ای در ته کشتی	انهدام کشتی
۱۹۷۰	حوزه نفتی دریای شمال	انهدام سکوهای نفتی	خوردگی تنشی(SCC)	خسارات هنگفت مالی و جانی
؟	رودخانه اوهایو در ایالات متحده	تخریب و سقوط پل Silver Bridge	خوردگی تنشی	کشته شدن چهل انسان و وارد آمدن میلیونها دلار خسارات مالی
۱۹۷۴	فلکس برو	انفجار راکتور دارای بدنه فولادی(فولاد کربنی ساده) به ضخامت ۳/۱۲ میلی متر با پوشش فولاد ضد زنگ به ضخامت ۳ میلی متر	خوردگی تنشی در نتیجه وارد شدن نیتراتهای شبکه خنک کننده راکتور به آب رودخانه	کشته و مجروح شدن تعداد کثیری و وارد آمدن خسارات هنگفت مالی
؟	نیروگاه هینکلی	انهدام توربین بخاری و تخریب ژنراتور	شکست ترک خود به خودی ناشی از خوردگی تنشی در یکی از دیسکهای توربین از جنس فولاد ۳ درصد کروم و ۵/۰ درصد مولیبدن که تحت عملیات حرارتی سرد کردن سریع و بازپخت قرار گرفته بود.	خسارات هنگفت مالی
۱۹۸۵	سوئیس	فروریختن سقف ۲۰۰ تنی بتنی سالن یک استخر سر پوشیده	خوردگی از نوع SCC در میله های ساخته شده از فولاد ضد زنگ نگهدارنده سقف در اثر وجود یون کلر در فضای استخر	کشته شدن ۱۲ نفر و مجروح گردیدن تعدادی دیگر
۱۹۹۶	مکزیک	انفجار و آتش سوزی	نشت نفت از یک والو روی یک مخزن ذخیره با گنجایش ۱۳۰۰ متر مکعب	چهار نفر کشته و ۱۶ نفر مجروح، یک منطقه ۱۰ هزار نفری تخلیه گردید و ۹۵۰ نفر آواره در چادرهای موقت جای داده شدند. دو روز طول کشید تا آتش سوزی کنترل شود.
۱۹۹۶	بلغارستان	آتش سوزی	نشت خطوط گاز مایع LPG در یک پالایشگاه	سه نفر از کارکنان پالایشگاه کشته و ۹ نفر دچار سوختگی شدید شدند
۱۹۹۷	کانادا	آلودگی زیست محیطی	نشت ۳۵ هزار لیتر نفت از خط لوله معیوب متعلق به شرکت MOBIL OIL	نشت این مقدار نفت در عرض یک شب باعث آلودگی بسیار زیاد زیست محیطی در منطقه گردید.
۱۹۹۷	روسیه	آلودگی زیست محیطی	نشت ۱۲۰۰ تن نفت از یک خط لوله معیوب	در حدود ۴۰۰ تن از این نفت به رود ولگا وارد شد. به منظور جلوگیری از پیشرفت آلودگی یک سد اضطراری بر روی رودخانه احداث گردید.

جدول زیر(جدول ۲)، گزیده ای از خسارات ایمنی و زیست محیطی خوردگی در ایران را نشان می دهد.

سال	محل	حادثه	دلیل احتمالی	نتایج

۱۳۷۶	پالایشگاه اراک	انفجار و آتش سوزی در واحد آیزوماکس	خوردگی در سیستم و اشتباه طراحی	کشته شدن ۹ نفر و مجروح شدن تعدادی از پرسنل و خسارات مالی
۱۳۷۶	تاسیسات نم زدایی گیر سلیمان	آتش سوزی و انفجار	نازک شدن لوله ۶ اینچی محتوی گاز طبیعی دارای ۲۵٪ هیدروژن سولفوره	کشته شدن ۴ نفر از کارکنان و ایجاد خسارات هنگفت مالی
۱۳۷۷	پالایشگاه آبادان	نشت مواد نفتی و آتش سوزی در کوره ثانویه واحد تقطیر شماره ۸۰	خوردگی داخلی تیوبها و تقلیل ضخامت دیواره	تعویض تیوبهای معیوب و توقف عملیات در طول تعمیرات و بازسازی
۱۳۷۷	چاه شماره ۴۰ منطقه سلمان جزیره لاوان	ترکیدن و آتش سوزی لوله رایزر چاه	نازک شدن لوله رایزر چاه در اثر خوردگی خارجی	یک هفته توقف تولید و تعویض مقداری از لوله ها
۱۳۷۷	واحد تقطیر شماره ۷۰ پالایشگاه آبادان	انفجار در کوره	خوردگی تیوبهای کوره ناشی از نفت خام ترش	هزینه های تعمیراتی و تعویض تیوبها، کاهش تولید
۱۳۷۷	خط لوله ۱۲ اینچ انتقال فرآورده های نفتی بوشهر	سوراخ شدن خط لوله در هفت منطقه	خوردگی داخلی	هدر رفتن مواد نفتی که مقدار آن در هنگام تحویل و تحول در دو مورد ۲۰۵ و ۴۵۶ هزار بشکه گزارش شده است
۱۳۷۷	خط لوله ۲۴ اینچ اهواز- آبادان	سوراخ شدن خط لوله	خوردگی خارجی	اتلاف حدود ۲۳ هزار بشکه نفت خام
۱۳۷۷	تولید مناطق دریایی	سوراخ شدن شیر تخلیه لوله ۴۸ اینچ	خوردگی داخلی	اتلاف ۵۵ هزار بشکه مواد نفتی
۱۳۷۷	شرکت نفت فلات قاره	سوراخ شدن کف مخزن شماره ۸ نفت خام	خوردگی داخلی	اتلاف ۸۶ هزار بشکه نفت خام
۱۳۷۷	منطقه خارک	سوراخ شدن خطوط ۴۲ و ۴۸ اینچ و سر ریز شدن مخزن شماره ۷	خوردگی داخلی به علت وجود آب نمک همراه نفت خام	نشت مقدار زیادی نفت خام
۱۳۷۸	مناطق نفت خیز خارک	سوراخ شدن لوله های ارتباط مخازن ذخیره سازی نفت خام	وجود آب نمک همراه نفت خام و خوردگی داخلی	خارج شدن نفت خام از لوله
۱۳۷۸	خطوط لوله و مخابرات	ترکیدگی خط لوله ۲۶ اینچ نفت خام اهواز - ری	به علت خوردگی و بالا رفتن فشار خط	اتلاف تقریبی ۳۵ هزار بشکه نفت خام
۱۳۷۸	اهواز	نشت و آتش سوزی و انفجار در خط لوله گاز	خوردگی خط لوله و عدم کنترل آن	مجروح شدن و سوختگی حدود ۷۰ نفر از پرسنل و خسارات مالی، توقف بهره برداری
۱۳۷۸	منطقه بهرگان- مدیریت تولید مناطق دریایی	آتش سوزی پیش گرم کن شماره یک	خوردگی داخلی توسط آب نمک همراه نفت خام	خسارات کلی و توقف عملیات

از پیامدهای دیگر خوردگی می توان مرگ کارگران در داخل مخازن فولادی بزرگ که در اثر خوردگی و اکسایش، درصد اکیسژن محیط کاهش می یابد را نام برد.

خلاصه و نتیجه گیری:

خوردگی یکی از معظلات اساسی صنعت، بخصوص در ایران می باشد کـه نـه تنهـا موجـب اتلاف ماده و انرژی و تباه شدن سرمایه گذاریها می شود بلکه سبب مخاطرات جدی ایمنی و زیست محیطی نیز می گردد که به پاره ای از این گونه موارد در این مقاله اشـاره شـد. بـرای حـل معضـل خوردگی پیشنهاد می شود نه تنها از راه حل های فنی بهره گیری شود، بلکـه بـا انتخـاب روشـهای فرهنگی-مدیریتی مناسب، معضل خوردگی را در جنبـه انسـانی و مـدیریتی آن نیـز بررسـی نمـود؛ اصول مدیریت خوردگی از چنین قابلیتهایی برخوردار بوده و می توانـد بـا بکـارگیری در واحـدهای مختلف صنعتی، به عنوان بستری مناسب برای شکل گیری هسته های کـاری تخصصـی بـا وظیفـه کاهش اثرات زیانبار خوردگی مورد استفاده قرار گیرند.

مراجع:

۱- طاهری، رمضانعلی؛ "خوردگی در شناورها" – کتاب دوره عالی رسته ای مکانیک دریایی، ناشر : معاونت آموزش ندسا – ستاد بهینه سازی آموزش - چاپ اول ، بهمن ماه ۱۳۸۱

۲ـ طاهری، رمضانعلی؛ "بررسی عوامل مهم موثر در خوردگی بیولوژیک فولاد توسط باکترهای احیـا کننده سولفات"، پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته میکروبیولـوژی، دانشـکده علوم دانشگاه تهران، ۱۳۸۰.

۳- طاهری، رمضانعلی؛ "مکانیسمهای خوردگی بیولوژیک"- فصلنامه زنگ(نشـریه انجمـن خـوردگی ایران)-۱۳۸۳

۴- طـاهری، رمضـانعلی " نقـش میکروارگانیسـمها در افـزایش هزینـه هـای نگهـداری و تعمیـرات تجهیزات" - سومین همایش نگهداری و تعمیرات - شهریور ۱۳۸۴ - سالن اجلاس سران

۵- گلعذار، محمد علی؛ "نگرشی بر خسارات خوردگی" – مجله زنگ- شماره ۷- ۱۳۸

۶- جواهردشتی، رضا؛ "خوردگی تاثیر پذیر از عوامل میکروبی"- انتشارات شرکت ملـی گـاز ایـران- ۱۳۷۹

۷ ـ جواهر دشتی، رضا؛ "خوردگی میکروبی "، انتشارات بهرورزان، ۱۳۷۸.

۸- جواهردشتی، رضا؛ "خـوردگی میکروبی:دشـمنی کـه نبایـد دسـتکم گرفـت"،گسـترش صـنعت سنگین،سال هفتم،شماره ۳۲۰، ۱۳۷۵

۹ ـ زمانیان، رحیم؛ "خوردگی و روشهای کنترل آن"، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۶.

۱۰ ـ فونتانا، مارس؛ "مهندسی خوردگی"، ترجمه دکتر احمد ساعتچی، انتشارات جهـاد دانشـگاهی واحد صنعتی اصفهان.

۱۱- پیشنمازی، احمد و معینی، غلامرضا؛ "اقتصاد خوردگی در ایران(با نگرش بر مشکلات، آمار و ارزیابی‌ها)" - هشتمین کنگره ملی خوردگی- دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۸۲
۱۲ ـ معینی، غلامرضا؛ "جزوه اموزشی خوردگی و روشهای پیشگیری آن"، انجمن خوردگی ایران، نیروی دریایی سپاه، .۱۳۷۹
۱۳ ـ مفیدی، جمشید؛ "اصول خوردگی و حفاظت فلزات"، انتشارات دانشگاه تهران، .۱۳۷۷
۱۴ ـ هوفر، فرآن؛ " اصول خوردگی" انتشارات جهاد دانشگاه صنعتی شریف، .۱۳۶۷
15- Javaherdashti,R. "Managing corrosion by Corrosion Management: A guide for industry managers", Corrosion Reviews, Vol.21, No.4, Summer 2003.
16-R. A. Stuart; "MICROBIAL ATTACK ON SHIPS AND THEIR EQUIPMENT", Lloyd's Register Technical Association, Paper No. 4 Session 1994-95
17- Hill,E.C., "Microbial corrosion in ship engines", in "Microbial corrosion", proceedings of the conference by The National Physical laboratory and The Metals Society, Published by The Metals Society, London, 1983, UK.
18- "Guide to Temporary Corrosion Protectives", National Corrosion Service, NPL, 2003
19- K. L. Vasanth, "CORROSION INHIBITION IN NAVAL VESSELS", NACE, National Association of Corrosion Engineers, Paper #233, 1996
20 – During Evert D.D: " Corrosion Atlas ": A Collection of Illustrated Case Histories , Elsevier , 1997.
21 – Videla Hector , " A Manual of Biocorrosion " , Lewis Publishers , 1996.
22- "www.corrosioncost.com"