

# هزینه‌های هنگفت خوردگی و لزوم کنترل آن در صنعت نفت

علی عربزاده\* • معاونت امور مهندسی وزارت نفت

## چکیده

امروزه سهم عظیمی از هزینه‌های صنایع مختلف مربوط به هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از خوردگی است. بخشی از این هزینه‌ها مربوط به استفاده از بازدارنده‌های خوردگی، رنگ، پوشش، سیستم حفاظت کاتدی و آندی و تعیین متریکال مناسب جهت قطعات می‌باشد. در این مقاله روش‌های مختلف جهانی تعیین هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم محاسبه و کنترل خوردگی ارائه و نسبت هزینه‌های غیرمستقیم به هزینه‌های مستقیم خوردگی در کشورهای مختلف بررسی می‌گردد. از آنجا که تجربه زیادی از تعیین هزینه‌های خوردگی در صنعت نفت ایران وجود ندارد، لذا در اینجا مقایسه‌ای از نسبت هزینه‌های خوردگی جهانی با هزینه‌های خوردگی یکی از پالایشگاه‌های گاز ایران که به‌عنوان یک فعالیت پژوهشی در طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۵ انجام شده، ارائه می‌گردد.

## اطلاعات مقاله

\* دریافت:

۹۴/۹/۱۸

\* ارسال برای داوری:

۹۴/۱۰/۱۶

\* پذیرش:

۹۴/۱۰/۲۲

## واژگان کلیدی

خوردگی

هزینه مستقیم

هزینه غیر مستقیم

صنعت نفت

## مقدمه

همواره خوردگی به‌عنوان یک مشکل بسیار جدی در سراسر جهان مطرح بوده است. به طور کلی مواد فلزی در محیط ناپایدارند. هنگامی که تجهیزات فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به دلیل واکنش با محیط اطراف ممکن است خواصی مانند استحکام، مقاومت الکتریکی، هدایت حرارتی، خواص مغناطیسی و شکل ظاهری خود را از دست بدهند. خوردگی تجهیزات فلزی به کمک فناوری‌های پیشرفته‌ی جلوگیری از خوردگی که در دسترس می‌باشند، کنترل می‌شوند. اگر چنین کنترل‌هایی انجام نشود، هزینه‌های مصرف قطعات فلزی یک کشور به‌طور چشمگیری افزایش خواهد یافت. خوردگی و اثرات آن اغلب نادیده گرفته می‌شوند. کشورهای مختلف مجبورند هزینه‌های زیادی را جهت بازسازی ساختارهای زیربنایی مختلفی که تحت تأثیر خوردگی هستند، صرف نمایند.

خوردگی یک پدیده‌ی مخرب بوده و سالیانه صدمات مالی و جانی زیادی را از خود به‌جای می‌گذارد. از این رو تاکنون کشورهای زیادی

گرفت نظیر:

- ۱- انتخاب مواد از طریق بررسی تجربیات یا انجام تست‌های آزمایشگاهی و یا میدانی
- ۲- استفاده از مواد مقاوم‌تر در برابر خوردگی. زمانی که خوردگی وجود نداشته باشد می‌توان از فلزات ارزان‌تر نظیر فولاد کربنی ساده، جهت ساخت تجهیزات و قطعات استفاده نمود.
- ۳- در نظر گرفتن ضخامت اضافه، در قالب حد مجاز خوردگی<sup>۱</sup> برای تجهیزات و قطعاتی که در معرض محیط خورنده قرار دارند.
- ۴- به کارگیری رنگ، پوشش یا روکش<sup>۲</sup> بر روی تجهیزات در محیط‌های خورنده
- ۵- هزینه‌های خرید، نصب و راه‌اندازی تجهیزاتی که برای تزریق مواد ممانعت‌کننده خوردگی<sup>۳</sup>، سیستم‌های حفاظت کاتدی<sup>۴</sup> یا حفاظت آندی<sup>۵</sup> یا سیستم‌های پایش خوردگی<sup>۶</sup> به کار می‌روند.
- ۶- هزینه‌هایی که جهت جلوگیری از خوردگی شدن قطعه یا تجهیز، در حین ساخت آن، تحمیل می‌گردد.

برای برآورد هزینه‌های ناشی از خوردگی تلاش نموده‌اند. لازم به ذکر است که آمارهای منتشر شده مربوط به هزینه‌های مستقیم خوردگی است و هنوز آمار دقیقی پیرامون هزینه‌های غیرمستقیم خوردگی از سوی کشورهای مذکور ارائه نشده و تنها به پیش‌بینی و تخمین نسبت هزینه‌های غیرمستقیم خوردگی به هزینه‌های مستقیم خوردگی اکتفا شده است.

## ۱- هزینه‌های خوردگی

هزینه‌های ناشی از خوردگی عمدتاً به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- هزینه‌های مستقیم خوردگی

۲- هزینه‌های غیرمستقیم خوردگی

## ۱-۱- هزینه‌های مستقیم خوردگی

معمولاً هزینه‌های مستقیم خوردگی نیز، به دو دسته تقسیم‌بندی می‌گردند [۱-۳]:

(الف) - هزینه‌های سرمایه‌ای<sup>۱</sup> که در واقع باید آن را در حین ساخت قطعه و تجهیزات در نظر

\* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (a.arabzadeh@mop.ir)

(ب)- هزینه‌های عملیات<sup>۸</sup>

این هزینه، در واقع هزینه‌هایی هستند که در حین سرویس دهی و به کارگیری قطعات و تجهیزات تحمیل می‌گردند تا بتوان خوردگی را کاهش داده و کنترل نمود. از جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- ۱- هزینه‌های بازرسی، تعمیر و نگهداری از رنگ و پوشش، روکش‌ها و سیستم‌های کنترل خوردگی (نظیر دستگاه‌های تزریقی مواد بازدارنده خوردگی، سیستم‌های حفاظت کاتدی و آندی و سیستم‌های پایش خوردگی و غیره)
- ۲- هزینه مواد شیمیایی مصرفی جهت کنترل خوردگی، نظیر: مواد بازدارنده خوردگی، رسوب‌زدا<sup>۹</sup>، مواد کنترل کننده pH محلول و غیره.
- ۳- هزینه تعمیر و جایگزینی قطعات و تجهیزاتی که در اثر خوردگی آسیب می‌بینند و در قالب یک برنامه‌ی از پیش تعیین شده، انجام می‌شود.
- ۴- هزینه‌های دیگری نظیر بررسی علت خوردگی و شکست قطعات و تجهیزات (Failure Analysis) و نیز تعمیرات از قبل پیش‌بینی نشده که در اثر وقوع خوردگی لازم می‌گردند.

## ۲-۱- هزینه‌های غیرمستقیم خوردگی

هزینه‌های غیرمستقیم خوردگی نیز عمدتاً موارد زیر را شامل می‌گردند:

- ۱- از دست دادن بودجه هزینه شده برای تجهیز خورده شده
- ۲- از دست دادن تولید
- ۳- کم شدن کارآمدی تجهیز<sup>۱۰</sup>
- ۴- طراحی مازاد<sup>۱۱</sup>
- ۵- تأخیرات حادث شده<sup>۱۲</sup>
- ۶- بُروز مشکلات و دعوای حقوقی بین آسیب‌دیدگان و آسیب‌واردکنندگان حوادث خوردگی، از نظر خسارات جانی، مالی و غیره
- ۷- هزینه‌های اجتماعی، یا هزینه کاربر که از طریق از دست دادن زمان و پول در طی دوره نگهداری و تعمیرات تحمیل می‌شود.

۸- از دست دادن محصولات از طریق نشت به

بیرون.

۹- کاهش راندمان در اثر تجمع محصولات

خوردگی در مسیر جریان

۱۰- هزینه مربوط به طراحی نامناسب.

۱۱- کاهش تولید در اثر توقف‌های غیرمنتظره

در تولید (unexpected shut down).

۱۲- تخریب و آسیب وارده به محیط زیست و

هزینه‌های جبران آن<sup>[۳]</sup>.

محاسبه و برآورد هزینه‌های فوق‌الذکر کار دشواری بوده و همانطور که قبلاً نیز ذکر شده تاکنون حتی کشورهای صنعتی پیشرفته نیز نتوانسته‌اند تخمین و برآورد مطمئنی ارائه دهند. به‌عنوان مثال آلودگی محیط‌زیست ناشی از بُروز خوردگی و نشتی یک مخزن حاوی مواد شیمیایی و خطرناک، نیازمند صرف هزینه‌های کلان و سال‌ها تلاش انسان و طبیعت، در خنثی‌سازی و دفع این آلودگی‌هاست. آلودگی زیست‌محیطی حاصل از انهدام<sup>۱۳</sup> دستگاه‌ها و تجهیزات حاوی مواد خطرناک و سمی، علاوه بر صدمه به طبیعت و حیات جانداران، قادر است زندگی مردم منطقه پیرامون را نیز به شدت تحت تأثیر قرار دهد.

## ۲-۲- روش‌های جهانی محاسبه و برآورد هزینه‌های خوردگی

اولین تلاش جهت تخمین هزینه خوردگی توسط آقای هادفیلد<sup>۱۴</sup> در سال ۱۹۳۲ صورت گرفت. روش وی به صورت تخمین نظری از نرخ سالیانه زنگ‌زدگی آهن و فولاد در کل دنیا بود<sup>[۴]</sup>. هادفیلد هزینه خوردگی سالانه جهان از مصرف آهن و فولاد را در حدود ۶۰۰ میلیون پوند تخمین زده است<sup>[۵]</sup>. اما اولین دسته‌بندی و آنالیز علمی هزینه‌های خوردگی و تخمین آن، توسط پروفیسور یولیگ<sup>۱۵</sup> در سال ۱۹۵۰ میلادی در آمریکا انجام شد. روش وی بسیار محافظه‌کارانه<sup>۱۶</sup> بوده به طوری که بررسی‌ها نشان می‌دهد در این روش برآوردها کم‌تر از واقعیت اتفاق می‌افتد؛

در واقع روش یولیگ عمدتاً انتخاب هزینه و گردآوری آن‌ها از سازنده‌های کالا و تجهیزات را شامل می‌گردید.

در سال ۱۹۶۶ میلادی در انگلستان یک کمیته ارزیابی هزینه‌های خوردگی تحت سرپرستی دکتر هور<sup>۱۷</sup> تشکیل شد که در اصل در ارتباط مستقیم با صنایع، اطلاعات مورد نظر را جمع‌آوری می‌نمود. در روش آقای هور درصد مشارکت هر بخش صنعتی نیز در اقتصاد خوردگی کشور انگلستان، در نظر گرفته می‌شد.

در حالی که اطلاعات هزینه‌های خوردگی جمع‌آوری شده در آمریکا چندان مورد اعتماد نبوده و شک و شبهه راجع به آن وجود داشت، در سال ۱۹۷۸ میلادی دو مؤسسه NBS<sup>۱۸</sup> و BCL<sup>۱۹</sup> مدل ورودی - خروجی<sup>۲۰</sup> را به‌عنوان روش خود در تخمین هزینه‌های خوردگی در سال مذکور به کار بردند؛ البته مشکل روش فوق این بود که چگونه می‌توان داده‌های به‌روز شده را برای یک منبع واحد به دست آورد؟ براساس آمارهایی که با استفاده از روش‌های بالا منتشر شده، هزینه خوردگی، معادل ۱ تا ۵/۵ درصد تولید ناخالص ملی<sup>۲۱</sup> کشورهای مطالعه شده می‌باشد<sup>[۹-۶]</sup>.

## ۳-۱- مقایسه هزینه‌های خوردگی در کشورهای مختلف

در اینجا آماری از هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم خوردگی در کشورهای مختلف به همراه اِلمان‌های محاسبه این هزینه‌ها ارائه شده است. سپس آمار مذکور با هزینه‌های خوردگی در یکی از پالایشگاه‌های گاز ایران بین سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۰ که به‌عنوان یک فعالیت پژوهشی انجام شده، مقایسه گردیده است.

## ۳-۱-۱- هزینه‌های خوردگی در کشور آمریکا

یولیگ تجزیه و تحلیلی نظام‌مند از هزینه‌های خوردگی در کشور آمریکا انجام داده است. او نشان داد که ضررهای مستقیم سالیانه‌ی

خوردگی در آمریکا، شامل هزینه کنترل خوردگی، برابر ۵۵۰۰ میلیون دلار در سال بوده است. او در ادامه پیش‌بینی کرد که از طریق گام گذاشتن در یک برنامه آموزشی و تحقیق و توسعه‌ای ۵ ساله می‌توان حدود ۹۲۲ میلیون دلار در زمینه خوردگی و کنترل آن صرفه‌جویی اقتصادی نمود. در طول سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۹، شرکت آزمایشگاه فناوری‌های کنترل خوردگی (CCTL Inc.)<sup>۲۲</sup> مطالعه‌ای را بر روی اثر هزینه‌های خوردگی بر اقتصاد آمریکا با یک توافق همکاری با اداره بزرگراه فدرال<sup>۲۳</sup> و انجمن بین‌المللی مهندسان خوردگی<sup>۲۴</sup> انجام دادند [۵]. در این مطالعه، مجموع هزینه‌های مستقیم خوردگی ۲۷۶ میلیون دلار برآورد شده است (معادل ۳/۱۴ درصد تولید ناخالص داخلی کشور<sup>۲۵</sup>). هزینه‌های غیرمستقیم خوردگی، به‌طور محافظه‌کارانه‌ای برابر با هزینه‌های مستقیم تخمین زده شده است، به طوری که مجموع هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم برابر ۵۲۲ میلیون دلار می‌باشد (معادل ۶ درصد تولید ناخالص داخلی). نسبت هزینه‌های غیرمستقیم به هزینه‌های مستقیم تقریباً برابر ۱ است.

لازم به ذکر است در سال ۲۰۱۳ میلادی، کل هزینه‌های خوردگی در کشور آمریکا بیش از یک تریلیون دلار برآورد شده است.

### ۳-۲- هزینه‌های خوردگی در کشور بریتانیا

در سال ۱۹۷۰ کمیته هوآر<sup>۲۶</sup> که در زمینه خوردگی و حفاظت از آن کار می‌کند، هزینه سالانه خوردگی در بریتانیا را ۱۳۶۵ میلیون پوند (معادل ۳/۱۴ درصد تولید ناخالص ملی در سال ۱۹۷۰) تخمین زد [۱۰]. در یک بررسی و مطالعه‌ی دقیق هزینه‌های خوردگی که در بین سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۸ در پنج بخش خاص صنعتی توسط انجمن پژوهشی رنگ بریتانیا انجام شده، هزینه خوردگی حدود ۴/۶۵۴ میلیون پوند تخمین زده شده است [۱۱].

### ۳-۳- هزینه‌های خوردگی در کشور هندوستان

خوردگی و اثرات آن در کشورهای مختلف اغلب نادیده گرفته می‌شود. کشور هندوستان نیز مجبور است هزینه‌های زیادی را جهت بازسازی ساختارهای زیربنایی مختلفی که تحت تأثیر خوردگی هستند، صرف نماید. آقای بهاسکاران<sup>۲۷</sup> و همکاران، هزینه‌های خوردگی را در این کشور طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۱ براساس مدل NBS-BCL برآورد نموده‌اند [۱۲]. براساس این تحقیق، هزینه‌ی مستقیم خوردگی برای کشور هندوستان ۲۶/۱ بیلیون دلار (معادل ۲/۴ درصد تولید ناخالص داخلی و حدود ۳۹/۶ درصد کل هزینه‌های خوردگی این کشور) برآورد شده است. همچنین هزینه‌های قابل اجتناب خوردگی<sup>۲۸</sup> معادل ۹/۳ بیلیون دلار تخمین زده شده است که معادل ۶۰/۴ درصد کل هزینه‌های خوردگی در این کشور است. در نهایت، مجموع کل هزینه‌های خوردگی مستقیم و غیرمستقیم طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۱ در این کشور حدود ۶/۵۰۹ بیلیون دلار (معادل ۶/۰۳ درصد تولید ناخالص داخلی کشور) برآورد گردیده و هزینه‌های غیرمستقیم نیز حدوداً ۱/۵ برابر هزینه‌های مستقیم گزارش شده است.

### ۳-۴- هزینه‌های خوردگی در صنعت نفت ایران

متأسفانه تاکنون برآوردی از هزینه‌های خوردگی در ایران وجود ندارد و این هزینه‌ها به‌طور سیستمی در کشور محاسبه نشده است. تنها طی یک فعالیت پژوهشی که جهت برآورد هزینه‌های خوردگی در یکی از پالایشگاه‌های گازی ایران طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۵ صورت پذیرفته، هزینه‌های مستقیم خوردگی حدود ۷۵/۵ میلیارد ریال (معادل ۹/۶ درصد کل هزینه خوردگی) محاسبه شده است. این برآورد نشان می‌دهد که هزینه مستقیم کنترل خوردگی در این پالایشگاه حدود ۳ ریال به ازاء هر متر مکعب گاز تصفیه شده می‌باشد. همچنین هزینه غیر مستقیم

خوردگی حدود ۷۱۲ میلیارد ریال (معادل ۹۰/۴٪ کل هزینه خوردگی) تخمین زده شده است. هزینه غیر مستقیم خوردگی نیز در این پالایشگاه حدود ۳۹ ریال به ازاء نرخ فروش هر متر مکعب گاز تصفیه شده می‌باشد. نکته مهم و قابل تأملی که در اینجا وجود دارد نسبت هزینه‌های غیرمستقیم به مستقیم خوردگی است. هزینه غیرمستقیم خوردگی در این پالایشگاه تقریباً ۱۰ برابر هزینه‌های مستقیم خوردگی می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

با آمار و ارقامی که در این مقاله بررسی گردید هزینه‌های خوردگی در کشورها حجم بسیار بالایی از سرمایه‌های ملی را در برمی‌گیرد. هزینه‌ی خوردگی در جهان بین ۳ تا ۶ درصد تولید ناخالص ملی کشورها را تشکیل می‌دهد، لذا لزوم کنترل و جلوگیری از هزینه‌های خوردگی ضرورتی انکارناپذیر است. یکی از شاخص‌های مهم جهانی در محاسبه و کنترل هزینه‌های خوردگی، نسبت هزینه‌های غیرمستقیم به هزینه‌های مستقیم خوردگی است. میزان متوسط جهانی نسبت هزینه‌های غیرمستقیم به مستقیم خوردگی بین ۱ تا ۳ می‌باشد، در صورتی که در یک نمونه پژوهشی که در یکی از پالایشگاه‌های گازی ایران انجام شده، هزینه‌های غیرمستقیم تقریباً ۱۰ برابر هزینه‌های مستقیم خوردگی تخمین زده شده است.

با نیم‌نگاهی کوتاه به تجربه دیگر کشورها، ملاحظه می‌شود که بسیاری از کشورها در حال حاضر تمهیدات مناسبی را جهت مقابله با آسیب‌های ناشی از خوردگی اندیشیده و به کار می‌گیرند. به‌عنوان مثال ارتش آمریکا در سال ۲۰۰۱ با تبلیغات وسیع اعلام کرد که هزینه‌های خوردگی در ارتش از ۱۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۰ به ۸ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۱ کاهش پیدا کرده است.

یک نیاز اساسی که در زمینه‌ی خوردگی



در کشور و مخصوصاً در صنعت نفت احساس می‌شود، انجام مطالعات سیستماتیک برای تخمین هزینه‌های خوردگی فلزی بر اقتصاد کشور و تدوین یک استراتژی برای کاهش هزینه‌های خوردگی است. اکثر متخصصان خوردگی کشور معتقدند که ابتدا لازم است یک حرکت اساسی در زمینه تهیه آمار کاملاً رسمی در زمینه خوردگی صورت پذیرد، تا ابعاد خوردگی در تمام صنایع به‌طور کامل مشخص شود. در مرحله بعد می‌توان با تدوین استراتژی پیشگیری از خوردگی با کمک مدیران ارشد وزارت نفت، شرکت‌ها را ملزم کرد تا یک‌سری حداقل‌ها را در زمینه خوردگی در مدیریت خود لحاظ نمایند. استراتژی‌های پیشگیری می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

۱- افزایش آگاهی از هزینه‌های بالای خوردگی و پتانسیل‌های کاهش هزینه. ۲- تغییر این نگرش غلط که هیچ اقدامی در مورد کاهش هزینه‌های خوردگی نمی‌توان انجام داد. ۳- تغییر سیاست‌ها، قوانین، استانداردها و تمرین مدیریت تا جایی که هزینه‌های خوردگی

از طریق مدیریت اثربخش خوردگی کاهش یابد. ۴- افزایش آموزش و مهارت کارمندان به منظور شناخت و شناسایی روش‌های کنترل خوردگی. ۵- بازنگری در فرآیند طراحی محصولات در راستای جلوگیری از افزایش هزینه‌های خوردگی. ۶- طراحی و تدوین متدهای پیش‌بینی پیشرفته در عمر محصول و تشخیص در حین فرآیند. ۷- ایجاد فناوری‌های پیشرفته کنترل خوردگی که از تحقیقات به‌وجود می‌آید. ■

## پانویس‌ها

- |                                 |                                    |                                                 |
|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1. Capital Cost                 | 12. Delays                         | 22. Corrosion Control Technologies Laboratories |
| 2. Corrosion Allowance          | 13. Failure                        | 23. Federal Highway Administration              |
| 3. Cladding                     | 14. Hadfield                       | 24. National Association of Corrosion Engineers |
| 4. Corrosion Inhibitors         | 15. Uhlig                          | 25. Gross Domestic Product                      |
| 5. Cathodic Protection          | 16. Conservative                   | 26. Hoar committee                              |
| 6. Anodic Protection            | 17. Hoar                           | 27. BHASKARAN                                   |
| 7. Corrosion Monitoring Systems | 18. National Bureau of Standards   | 28. Avoidable cost of corrosion                 |
| 8. Operative Cost               | 19. Battelle Columbus Laboratories |                                                 |
| 9. Descaling Agents             | 20. Input-Output Model             |                                                 |
| 10. Lost Efficiency             | 21. Gross National Product         |                                                 |
| 11. Overdesign                  |                                    |                                                 |

## منابع

- [1] Chilingar, G. V., Ryan Mourhatch, Al-Qahtani, Ghazi D., Fundamentals of Corrosion and Scalling- A Handbook for Petroleum and Environmental Engineers, Chapter 8: Economics of Corrosion , Gulf Publishing Co., 2008, PP.209221-
- [2] Richardson, J. A., Dawson, J. L., Economic Aspects of Corrosion, Shreir's Corrosion, Vol. 4, Elsevier, 2010, PP. 30403051-
- [3] Davis, J. R., Corrosion –Understanding the Basics, ASM, 2000
- [4] Bhaskaran, R., et al., " A Review of Differing Approaches Used to Estimate the Cost of Corrosion (and Their Relevance in the Development of Modern Corrosion Prevention and Control Strategies) ", Anti- Corrosion Methods and Material, Vol. 52, No. 1, 2005, PP.2941-
- [5] G.H.Koch, M.P.H. Brongers, N.G.Thompson, Y.P.Virmani, J.H.Payer, "Corrosion Cost and Preventive Strategies in the United States", FHWA-RD-01156- (Washington, D.C.: FHWA, 2002).
- [6] Sheir, L. L., Jarman, R. A., Shreir's Corrosion, Vol. 2, 1994
- [7] ASM Handbook Vol. 13A, ASM Publication, 2003
- [8] Survey of Corrosion Cost in Japan, Committee on Cost of Corrosion in Japan, 2002
- [9] Yong, L., (editor), Techniques for Corrosion Monitoring, Woodhead Publishing (Ltd), 2008, P.1
- [10] T.P. Hoar, " Report of the Committee on corrosion and protection- A survey of corrosion and protection in the United Kingdom" (London, U.K.: H.M.S.O.,1971).
- [11] N.Whitehouse, Paint Research Association, communication with author, 2003.
- [12] Bhaskaran, R., et al., " An Analysis of the Updated Cost of Corrosion in India", Material Performance, NACE International, Vol. 53, No.8, August 2014, pp.5665-