

## کامپوزیت‌ها و حل مشکل خوردگی

◀ ابوالفضل وروانی فراهانی\*

### چکیده

خوردگی یکی از مشکلات عمده در صنایع نفت و گاز به شمار می‌آید که سالانه مبالغ هنگفتی، به خود اختصاص می‌دهد. وقفه در تولید، زیان هنگفتی چه از نظر تولید هیدروکربن و چه از نظر هزینه تعمیرات در پی خواهد داشت. بنابراین سلامت تجهیزات در طول عمر مفیدشان یک مسئله اساسی به نظر می‌رسد. استفاده از بازدارنده‌های خوردگی سال‌هاست که به عنوان یکی از روش‌ها در صنایع نفت و گاز به کار گرفته می‌شود. بازدارنده ماده‌ای است که به مقدار کم به سیستم افزوده می‌شود تا واکنش شیمیایی را کند یا متوقف کند. اما آنچه از شواهد و قرائن پیدا است، این روش راه حل مفیدی نمی‌باشد. با پیشرفت علم و تکنولوژی چنین مشکلاتی در دنیا دیگر قابل قبول نمی‌باشد، بطوری‌که در جهان توسعه یافته امروز کمتر از مصالح سنتی استفاده می‌شود. یکی از علومی که به این پیشرفت کمک شایانی کرده است علم متالورژی است. که با پیشرفت سریع خود هر روزه مصالح جدید را با کیفیت و رفتار بسیار بهتر و مفیدتر ارائه می‌کند. کامپوزیت‌ها که از مصالح جدید و به روز به شمار می‌روند، از این دسته هستند. این دسته از مصالح با تنوع فراوان و کاربردهای رو به افزایش خود سهم بسیاری در پیشرفت و توسعه صنعت ایفاء می‌کنند و در این مورد نیز از آن می‌توان به عنوان یکی از راه‌حل‌های اساسی و زیر بنایی یاد کرد.

### کلمات کلیدی:

کامپوزیت - خوردگی - مقاومت - لوله‌های نفتی.

### مقدمه :

#### تعریف کامپوزیت و مختصری در مورد آن

کامپوزیت‌ها (مواد چند سازه‌ای یا کاهگل‌های عصر جدید) رده‌ای از مواد پیشرفته هستند که در آنها از ترکیب مواد ساده به منظور ایجاد موادی جدید با خواص مکانیکی و فیزیکی برتر استفاده شده است.

اجزای تشکیل دهنده ویژگی خود را حفظ کرده، در یکدیگر حل نشده و با هم ممزوج نمی‌شوند. استفاده از این مواد در طول تاریخ نیز مرسوم بوده است. از اولین کامپوزیت‌ها یا همان چندسازه‌های ساخت بشر می‌توان به کاهگل و آجرهای گلی که در ساخت آنها از تقویت کننده کاه استفاده می‌شده است،

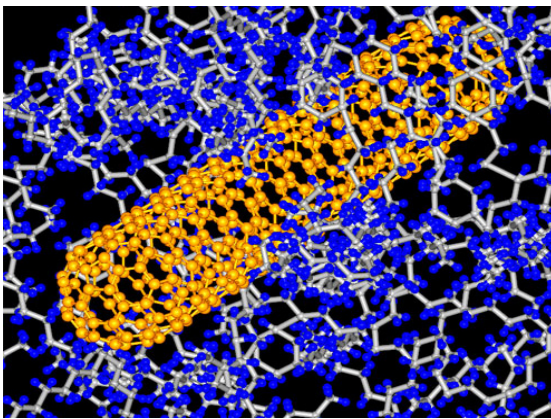
اشاره کرد. هنگامی که این دو با هم مخلوط بشوند در نهایت آجر پخته به دست می‌آید که بسیار ماندگارتر و مقاوم‌تر از هر دو ماده اولیه یعنی گل و کاه است. قایق‌هایی که سرخ‌پوست‌ها با قیر و بامبو می‌ساختند و تنورهایی که از گل، پودر شیشه و پشم‌بز ساخته می‌شدند و در نواحی مختلف کشورمان یافت شده است، نیز از کامپوزیت‌های نخستین هستند. بسیاری از نیازهای صنعتی صنایعی مانند صنعت نفت، صنایع فضایی، راکتورسازی، الکترونیک و غیره نمی‌تواند با استفاده از مواد معمولی شناخته شده، برآورده شود. اما قسمتی از آن نیازها، می‌تواند با استفاده از «چندسازه‌ها» یا «کامپوزیت‌ها» برآورده گردد.

## تعریف کامپوزیت

اشاره داشت. استفاده از کامپوزیت‌ها در این صنعت، حدود ۶۰٪ صرفه‌جویی اقتصادی داشته است که علت اصلی آن مربوط به پایداری این مواد است. صنعت ساختمان و صنایع مرتبط با آن پرمصرف‌ترین صنعت برای مواد کامپوزیتی است. ساخت بدنه هواپیما، ساخت پره‌های توربین بادی و پره‌های هلی‌کوپتر و پوشش رادار هواپیما از کاربردهای کامپوزیت در صنعت هوافضا است. این مواد در صنعت نفت و گاز نیز به منظور ترمیم و تقویت سازه‌های فرسوده و ترمیم لوله‌های فرسوده نفت و گاز و نیز عایق توربین می‌توانند به کار روند. (کامپوزیت‌ها با توجه به ساختار شبکه‌ای و طولی که دارند گرما را فقط در جهت طولی منتقل می‌کنند و نه عرضی، بنابراین به عنوان عایق گرما برای دیواره توربین‌ها مناسب می‌باشند).

### برخی از مهمترین الیاف و کامپوزیت‌ها الیاف شیشه (فایبرگلاس‌ها):

سبکی، سهولت شکل‌دهی، مقاومت در برابر خوردگی و قابلیت آب‌بندی، از ویژگی‌های کامپوزیت‌هایی است که در صنعت ساختمان به کار می‌رود. فایبرگلاس یا الیاف شیشه پرکاربردترین کامپوزیت‌ها هستند، که ماده اصلی تشکیل دهنده آن سیلیکا ( $\text{SiO}_2$ ) می‌باشد.



### الیاف کربن

از مهمترین خواص الیاف کربن می‌توان به سبکی وزن، مقاومت کششی و سختی بالا، عدم تأثیرپذیری در رطوبت، حلال‌ها، بازها، اسیدها و به طور کلی مقاومت بالا در محیط‌های شیمیایی و خوردنده اشاره نمود.

### الیاف آرامید

از جمله خصوصیات آن ماهیت غیر ایزوتروپیک، مقاومت کششی بالا، مقاومت در برابر حرارت، جذب انرژی بالا در هنگام شکست، مقاومت در برابر بارهای ضربه‌ای، عدم تخریب در مقابل نور ماوراء بنفش و رطوبت و مقاومت خستگی خوب می‌باشند.

### کامپوزیت FRP

این نوع کامپوزیت، محصولی است برای تقویت سازه‌ها که با چسباندن لایه‌ای از منسوج الیاف کربن، شیشه یا آرامید به وسیله رزین اپوکسی به روی سطح عضوی از سازه که باید تقویت گردد، انجام می‌گیرد.

معمولاً یک ماده کامپوزیت را به صورت یک مخلوط فیزیکی از دو یا چند ماده مختلف در مقیاس میکروسکوپی یک تعریف می‌کنند که این مواد خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خود را حفظ کرده و مرز مشخصی را با یکدیگر تشکیل می‌دهند. این مخلوط در مجموع و با توجه به برخی معیارها خواص بهتری از هر یک از اجزای تشکیل دهنده خود دارد. کامپوزیت‌ها شامل یک یا چند فاز غیر پیوسته (تقویت‌کننده) که در یک فاز پیوسته (ماتریس) می‌باشند.

در یک کامپوزیت به طور کلی الیاف، عضو بارپذیر اصلی سازه هستند در حالیکه ماتریس آنها را در محل و آرایش مطلوب نگاهداشته و به عنوان یک محیط منتقل‌کننده بار بین الیاف عمل می‌کند، به علاوه آنها را از صدمات محیطی در اثر بالارفتن دما و رطوبت حفظ می‌کند.

### تقسیم‌بندی مواد کامپوزیت [۱]

- ۱) کامپوزیت‌های زمینه پلیمری (Polymer Matrix Composite) که رایج‌ترین دسته کامپوزیت هستند و بیش از ۹۰ درصد مصرف جهانی کامپوزیت را به خود اختصاص داده‌اند.
- ۲) کامپوزیت‌های زمینه فلزی (Composite Metal Matrix)
- ۳) کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی (Ceramic Matrix Composite)

### نقاط قوت کامپوزیت‌ها

- وزن کم این مواد در عین بالا بودن نسبت مقاومت به وزن آنها (حتی تا ۱۵ برابر برخی از فولادها)؛
- مقاومت بالا نسبت به خوردگی؛
- وجود روش‌های مختلف ساخت و امکان تولید اشکال پیچیده و متنوع

### مهمترین موارد کاربرد کامپوزیت [۲]

سابقه استفاده از کامپوزیت‌های پیشرفته به دهه ۱۹۴۰ باز می‌گردد. در آن زمان ارتش‌های آمریکا و شوروی سابق در رقابتی تنگاتنگ با یکدیگر، موفق به ساخت کامپوزیت پایه پلیمری الیاف بور - رزین اپوکسی برای استفاده در صنعت هوا فضا شدند. ۲۰ تا ۳۰ سال پس از آن، کامپوزیت‌های پایه پلیمری به طور گسترده‌ای به سوی صنایع شهری از جمله ساختمان و حمل‌ونقل روی آورده شدند. به طور مثال امروزه خودروهایی ساخته می‌شود که تماماً کامپوزیتی هستند. استفاده از کامپوزیت‌ها در این کاربرد به علت ویژگی‌هایی چون وزن کمتر، در نتیجه سوخت کمتر و عمر طولانی‌تر آنهاست.

مواد کامپوزیت تقویت شده با الیاف، ترکیبی از مقاومت کششی و مدول بهتر نسبت به مواد فلزی را دارند و به علت پایین بودن وزن مخصوص نسبت به وزن (مقاومت کششی ویژه) نسبت مدول به وزن (مدول ویژه)، مواد کامپوزیت به طور مشخص بهتر از مواد فلزی هستند و در بسیاری از کاربردهایی که کاهش وزن سازه از اهمیت برخوردار است می‌تواند جایگزین فلزات شوند.

با توجه به پایداری بسیار زیاد کامپوزیت‌های پایه پلیمری و مقاومت بسیار خوب آنها در محیط‌های خوردنده، این کامپوزیت‌ها، کاربردهای وسیعی در صنایع دریایی پیدا کرده‌اند که از آن جمله می‌توان به ساخت بدنه قایق‌ها و کشتی‌ها و تأسیسات فراساحلی

## تکنولوژی پالتروژن

پالتروژن از جمله روش‌های سریع تولید کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف پیوسته می‌باشد که به کمک آن می‌توان انواع پروفیل کامپوزیتی با مقطع ثابت را با سرعت بالا تولید نمود. این روش اولین بار در سال ۱۹۵۱ به کار گرفته شد. محصولات تولیدی به این روش دارای استحکام بالا، وزن کم و عمر طولانی به ویژه در محیط‌های شیمیایی می‌باشند. در این فرایند، الیاف پیوسته به صورت الیاف بلند، پارچه بافته شده و پارچه الیاف کوتاه از داخل حمام حاوی رزین عبور کرده و آغشته به رزین می‌شود. پس از خروج از حمام، الیاف به قالبی گرم هدایت شده و در داخل قالب محصول شکل نهایی را به خود می‌گیرد. عملیات سخت شدن و پخت نیز در داخل قالب صورت می‌پذیرد. پس از خروج از قالب، محصول پیوسته سرد شده و مراحل برش و پرداخت کاری انجام می‌شود. به این ترتیب محصول نهایی بدون



نیاز به انجام عملیات دیگری آماده عرضه به بازار می‌باشد. قالب مورد استفاده معمولاً فولادی و دارای طول ۳۰ الی ۱۵۵ سانتی‌متر است.

محصولات تولیدی به وسیله روش پالتروژن در برابر مواد شیمیایی مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند و یکی از موارد استفاده این محصول در محیط‌های اسیدی و بازی با PH بالا می‌باشد، به علت فرآیند پیوسته‌ای که در تولید قطعات به روش پالتروژن به کار گرفته می‌شود، قطعات تولیدی محدودیت طولی ندارند. بالا بودن سرعت و استفاده از تجهیزات ساده و ارزان و وابستگی کم به نیروی انسانی سبب پایین آمدن هزینه، در تولید محصول نسبت به سایر روش‌های ساخت مواد مرکب شده است. [۴]

در کشور ما با توجه به خوردگی خاک‌ها و شرایط بد اقلیمی بسیاری از مناطق کشور، استفاده از محصولات پالتروژنی می‌تواند در صنعت نفت، صنایع دریایی و حمل‌ونقل کاربرد فراوانی داشته باشد.

## نتیجه‌گیری:

با توجه به مسائل بیان شده بهترین راه مقابله با خوردگی و در نهایت جلوگیری از کاهش تولید به واسطه آن و نیز پرداخت هزینه‌های گزاف تعمیرات متوالی تجهیزات نفتی در مناطق جنوب و شمال کشور، که به دلیل زیاد بودن رطوبت و سایر مواد خوردنده، در معرض خوردگی هستند، استفاده از تجهیزات و خطوط کامپوزیتی یا پوشش کامپوزیتی برای تجهیزات است.

در زیر به بعضی مزایای استفاده از کامپوزیت اشاره می‌شود:

۱- در این لوله‌ها خوردگی نه در سطح داخلی که در تماس با سیال است و نه در سطح خارجی که در تماس با محیط است، وجود ندارد. بنابراین کلیه هزینه‌های مربوط به پوشش داخلی و محافظت‌های خارجی به طور کامل از بین می‌رود.

۲- سطح داخلی این لوله‌ها بسیار صاف است (ضریب هیزن ویلیامز  $C=150$ ،

در نتیجه افت‌های اصطکاکی ناشی از مسیر به حداقل مقدار خود می‌رسد. مهمتر از آن، مشخصه هیدرولیکی در طول زمان سرویس دهی تغییر نمی‌کند و کم نمی‌شود. (در لوله‌های فولادی در طول زمان سرویس مشخصات هیدرولیکی آن کاهش می‌یابد)

۳- چون افت هیدرولیکی این لوله‌ها پایین است، لذا می‌توان سرعت را بالا انتخاب کرد و در نتیجه در یک جریان و دبی مشخص می‌توان سایز لوله را نسبت به لوله‌های فولادی یک سایز کمتر انتخاب کرد.

۴- با توجه به اینکه وزن مخصوص این لوله‌ها در حدود ۴ برابر کمتر از لوله‌های فولادی است، حمل‌ونقل، جابه‌جایی و نصب این لوله‌ها بسیار آسان و راحت است.

۵- با توجه به عدم خوردگی و همچنین ثابت بودن مشخصه‌های هیدرولیکی، این لوله‌ها طول عمر بسیار بالایی دارند. عمر مفید این لوله‌ها را حدود ۵۰ سال تخمین زده‌اند.

با توجه به اینکه صنعت عظیم نفت و این کالای گرانبها نه فقط برای نسل امروز است بلکه متعلق به هر ایرانی است که چندین قرن دیگر به دنیا خواهد آمد، لذا مسئولین باید به جای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های تحقیقاتی کوتاه مدت، به پروژه‌های توسعه‌ای میان‌مدت و بلندمدت بپردازند تا با ترسیم چشم‌اندازها و دستاوردهای حاصله بتوانند نیازهای آشکار و پنهان امروز و فردای جامعه را مرتفع سازند. شاید این اقدامات مسئله‌ای علمی یا تخیلی پنداشته شود ولی این واقعیتی است که سهل‌انگاری در آن نه تنها به ضرر جامعه بلکه گریبان‌گیر نسل‌های آتی خواهد شد.

## مراجع:

- ۱- وبلاگ «آشنایی با علوم مهندسی و پایه برتر» (<http://elm-sience.persianblog.com>)
- ۲- مقاله‌ی «استفاده از کامپوزیت‌ها در صنعت حمل و نقل ریلی کشور هند» گردآورنده: محمدرضا آبدیان (<http://www.tifac.org.in>)
- ۳- پایان‌نامه کارشناسی: ۱۳۸۱ «تقویت تراورس‌های چوبی با کامپوزیت»: ابوالفضل وروانی فراهانی، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ۴- پایان‌نامه کارشناسی: ۱۳۸۴ «کامپوزیت‌ها و کاربردهای آن در صنایع»: محمد مهدی مداح، دانشگاه علم و صنعت ایران.