

زهره همتیان، ورودی ۹۸ مهندسی مکانیک

زیر و بم صنعت نسوز گزارشی از جلسه کاتالوگ

موضوع این جلسه، «صنعت نسوز» است که تعدادی از ما بار اول است که اسم این صنعت به گوشمان می خورد؛ یا شاید اسمش را شنیده ایم ولی اطلاعات چندانی در مورد آن نداریم. در این جلسه، قرار است بدانیم صنعت نسوز چیست. کاربردش کجاست و مواد و وسایل نسوز چه چیزهایی هستند و چطور به دست می آیند؟ نحوه تولیدش چگونه است؟ و یک مهندس مکانیک، در این صنعت تا چه حد می تواند نقش ایفا کند؟ مواد و وسایل نسوز، همانطور که از اسمشان پیداست، موادی هستند که در حرارت های بالا، در مقابل تجزیه شدن مقاومت می کنند. یکی از مهم ترین کاربرد این مواد در کوره ها و دیگ های بخار است. نقش آن ها در واقع همچون عایق است و سعی می کنند گرمای اتلافی را به حداقل برسانند.

همه ی ما بعد از دوران تحصیل وقتی برای کار وارد یک صنعت می شویم، با مجموعه ای مواجه می شویم که تعدادی فرایندها و فعالیت ها در آن مجموعه در جریان است و نکته ی مهم این است که ما بتوانیم بین دانسته های تئوری و نیازهای آن فرایندها و فعالیت ها، ارتباط منطقی برقرار بکنیم و از این تئوری ها و دانسته ها استفاده کنیم؛ تا بتوانیم از فرایندها بهره برداری بکنیم، از آن ها نگهداری کنیم یا آن ها را بهبود ببخشیم، ارتقا بدهیم و به روزرسانی بکنیم. هرچقدر در برقرار کردن این ارتباط قوی تر باشیم، در شغلمان و در حرفه مان موفق تر هستیم. این ارتباط، با صرف نظر از این است که وارد چه صنعتی می شویم؛ بلکه صنعت فولاد با صنعت سیمان فرق می کند. صنعت سیمان با صنعت خودرو فرق می کند. مکانیزم ها و فرایندها متفاوت است؛ اما اصل داستان این است که یک مهندس مکانیک در حوزه ی تخصصش چگونه با آن صنعت ارتباط برقرار می کند. نکته ی دیگر این است که مهندسان مکانیک وقتی وارد یک صنعت می شوند، با بسیاری از صنایع بالادستی و پایین دستی باید ارتباط داشته باشند. مثلاً در صنعت نسوز ما باید در مورد موضوع غبارگیری و تمام سازوکارها، مکانیزم ها، تجهیزات، ظرفیت ها، مشخصات فنی و غیره، اطلاعات لازم را داشته باشیم. مثلاً در صنعت نسوز و بسیاری از صنایع، باید با انواع دمنده ها آشنا بشویم. بنابراین وقتی وارد یک صنعت می شویم، علاوه بر اینکه باید بتوانیم با آن ارتباط برقرار کنیم، باید با بالادست و پایین دست آن صنعت هم رابطه داشته باشیم. چه بسا که ما در صنعت نسوز هستیم و باید با



روی عکس کلیک کنید.

صنعت غبارگیری یا با صنعت هیدرولیک مواجه شویم. شرکت فرآورده های نسوز ایران یکی از شرکت های شناخته شده در حیطه ی صنعت نسوز. مشخصه این شرکت این است که طیف گسترده ای از محصولات نسوز را تولید می کند. محصولات نسوز، دسته بندی های مختلفی دارند و این شرکت، قادر است بخش بسیار زیادی از محصولات نسوز را تولید بکند. در صورتی که بسیاری از تولیدکنندگان دیگر، بخش های خاصی از دیرگذاها را تولید می کنند. این شرکت در سال ۱۳۵۴ با تجهیزات بسیار عالی آمریکایی و اروپایی تأسیس شده است. ظرفیت اولیه ی تولید این شرکت، ۴۸۰۰۰ تن در سال بود. اما با طرح های توسعه در سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰ به ظرفیت آن اضافه شده و به ۷۰۰۰۰ تن در سال رسیده است. اما ظرفیت عملی آن حدود ۵۰۰۰۰ تن در سال است. قبل از شرکت فرآورده های نسوز ایران،

اولین فعالیت‌های تولید نسوز در ایران همزمان می‌شود با زمانی که روس‌ها شرکت ذوب‌آهن را در ایران راه‌اندازی کردند. اولین کارخانه‌ی فولادسازی به‌روش کوره‌بلند در ایران که قدمت ۷۰ ساله دارد. در آن زمان، به دلیل نیاز مبرم کارخانه‌ی فولادسازی ذوب‌آهن به دیرگذاها، داخل ذوب‌آهن یک دپارتمانی را به نام دپارتمان «نسوزها» تأسیس کردند که کارش تولید دیرگذاهای مورد نیاز ذوب‌آهن بوده و این مجموعه تا سال‌ها به عنوان یک بخش داخل مجموعه ذوب‌آهن، نسوزهای مورد نیاز ذوب‌آهن را تأمین می‌کرده است. اما بعد از این دوران، مجموعه‌ی داخل ذوب‌آهن شخصیت مستقل و حقوقی‌ای پیدا کرد و اسمش شد «شرکت فرآورده‌های نسوز آذر» و توسعه‌هایی درونش اتفاق افتاد. البته این توسعه‌ها، در داخل محدوده‌ی جغرافیایی ذوب‌آهن اتفاق نیفتاده است و این شرکت همچنان اصلی‌ترین تأمین‌کننده‌ی نیازهای ذوب‌آهن است. سومین مجموعه‌ی بزرگ نسوز کشور، «شرکت فرآورده‌های نسوز پارس» در یزد است و تکنولوژی‌اش کاملاً ژاپنی است و ظرفیت آن حدوداً ۱۰۰۰۰ تن در سال است. آخرین مجموعه‌ی نسبتاً بزرگ نسوز هم در گناباد در استان خراسان، تحت عنوان «فرآورده‌های دیرگذاز ایران» فعال است. این مجموعه هم یک مجموعه‌ای با ظرفیت ۱۰ الی ۱۲ هزار تن در سال است. به جز فرآورده‌های نسوز ایران و یک مقداری فرآورده‌های نسوز آذر که یک سبد متنوعی از محصولات دارند، نسوز پارس و نسوز گناباد تخصصشان تولید دیرگذاهای قلیایی است.

مجموعه‌های کوچکتری مثل «مهرگذاز ایران» نزدیک مبارکه اصفهان وجود دارد. مجموعه‌ی «آریان‌سوز فارس» در استان فارس و یا مجموعه‌های دیگر وجود دارند. این‌ها مجموعه‌هایی هستند که با ظرفیت‌های ۴ الی ۵ هزار تن فعالیت می‌کنند و مجموعه‌های کوچک‌تر محسوب می‌شوند. قریب به ۳۴۰ الی ۳۵۰ تولیدکننده‌ی کوچک صنعت نسوز را هم داریم که در حال تولید دیرگذاها هستند. ابتدا این گستردگی تولیدات در شرکت‌هایی مانند فرآورده‌های نسوز ایران و آذر، مزیت محسوب می‌شد اما الان مجموعه‌های کوچک، محصولات تخصصی تولید می‌کنند. درواقع کار تخصصی کردن در صنعت نسوز باعث شده تعداد مجموعه‌ها بیشتر و در عوض سایششان کوچکتر بشود.

بیشترین مصرف دیرگذاها در صنعت فولاد و صنعت سیمان است. چیزی بین ۶۰ تا ۷۰ درصد دیرگذاها در صنعت فولاد مصرف می‌شود و چیزی بین ۱۵ الی ۲۰ درصد هم در صنعت سیمان مصرف می‌شود. هرچقدر ظرفیت تولید فولاد گسترش پیدا بکند، مصرف نسوز هم

افزایش پیدا می‌کند و نیاز به تولید دیرگذاها بیشتر می‌شود و به دلیل اینکه توسعه‌ی ظرفیت فولاد علی‌رغم هدف‌گذاری‌ها در سال ۱۴۰۰ به بالای ۳۰ میلیون در کشور محقق نشده، به نظر می‌آید ضرورتی هم برای احداث کارخانه‌های جدید و بزرگ دیرگذا هم احساس نشده اما اگر توسعه صنعت فولاد و هدف‌گذاری ۳۰ میلیون تن که الان ۱۷ الی ۱۸ میلیون تن در سال است محقق بشود و همچنین در کنار آن در صنعت سیمان هم بحث عمران در کشور گسترش پیدا بکند و مسائل عمرانی کشور حل بشوند، قطعاً نیاز به تولید دیرگذاها، سرمایه‌گذاران را به سمت احداث کارخانجات نسوز پیش خواهد برد.

در صنعت نسوز نگاه متالورژیکی و نگاه سرامیکی، نگاه غالبی به فرآورده‌ها و فرمولاسیون و تکنولوژی است و ما هم به هر حال می‌خواهیم خدمات لازم از نظر فنی ارائه بکنیم پس لازم است نیم‌نگاهی به فرمولاسیون و تکنولوژی تولید محصول داشته باشیم و بی‌نیاز نیستیم از اینکه تکنولوژی تولید دیرگذاها را بدانیم.

اولین مورد مباحث اصلی در صنعت نسوز، تعریف دیرگذاها است. دیرگذاها قرار است که بتوانند در دماهای بالا به ما خدمات بدهند. ممکن است شما بگویید منظور شما از دمای بالا چیست؟ ممکن است یک فرآیند در دمای ۶۰۰ درجه انجام بشود که دمای بالایی است و ما مجبوریم از موادی استفاده بکنیم که بتوانند در آن دما کار بکنند. آن مواد، معمولی نیستند و ویژگی نسوز بودن را باید داشته باشند. پس اینجا دمای ۶۰۰ درجه دمای بالایی محسوب می‌شود. هر چند فرآیندهایی داریم که در ۱۰۰۰ درجه انجام می‌شوند و ۱۰۰۰ درجه دمای بالایی است، بعضی فرآورده‌ها در ۲۰۰۰ درجه انجام می‌شوند که این دما هم دمای بالایی است. اینکه ما با چه دمایی سر و کار داریم و متناسب با آن، چه ماده‌ی دیرگذازی استفاده می‌کنیم، به لحاظ کیفیت و به لحاظ کارایی و به لحاظ فرمولاسیون و به لحاظ دانش فنی، دیرگذاز کامل‌تر و پیشرفته‌تری نسبت به دیرگذازی است که در دمای ۵۰۰ درجه یا ۶۰۰ درجه استفاده می‌شود.

صنعت نسوز در واقع مصالح ساختمانی از جنس نسوز تولید می‌کند. در ساختمان‌سازی ما آجر داریم و در صنعت نسوز، آجر نسوز تولید می‌کنیم. در ساختمان‌سازی ما بتن داریم و در صنعت نسوز، بتن نسوز تولید می‌کنیم. وقتی می‌خواهیم آجرها را کنار هم قرار بدهیم، از ملات برای فضای بینشان استفاده می‌کنیم. دقیقاً این اتفاق در آجر چینی نسوز هم اتفاق

می‌افتد و از ملات نسوز استفاده می‌کنیم. در حقیقت دیرگذاها، مصالح ساختمانی هستند که به جای اینکه در ساختمان مسکونی استفاده بشوند، در جداری یک کوره‌ی صنعتی یا یک پاتیل فولادسازی یا یک تاندیش حمل مذاب یا در اگزوز صنعت نفت و گاز و پتروشیمی استفاده می‌شوند. این‌ها قرار است در دماهای بالا خواص فیزیکی و مکانیکیشان را حفظ بکنند. شکلشان را حفظ بکنند، مقاومت مکانیکیشان سرچایش بماند و خمیری و له نشوند. این یک بخش کار است. اتفاق بعدی که می‌افتد، این است که این‌ها با یک فرآیندی درگیر هستند؛ مثلاً در صنعت فولادسازی، با فرآیند ذوب و سرباره و ناخالصی مواجه هستند. در سیمان با سنگ آهک مواجه هستند. ممکن است در صنعت سرب و روی و مس با مذاب فلزات مختلف با خواص شیمیایی مختلف مواجه باشند. باید علاوه‌بر حفظ خواص فیزیکی و مکانیکیشان، بتوانند آن عوامل مخربی که در کوره آن‌ها را تهدید می‌کند، مانند فرسایش و خوردگی شیمیایی و شوک‌های حرارتی را هم تحمل کنند. پس اگر بخواهیم تعریف مرتب‌تری از صنعت نسوز داشته باشیم، می‌گوییم: کلیه‌ی موادی که خواص فیزیکی و مکانیکی و شیمیایی خود را در درجه حرارت‌های بالا حفظ بکنند و در این درجه حرارت‌ها، در برابر عوامل مخربی مانند سایش، شوک و آسیب‌های شیمیایی از خودشان مقاومت نشان بدهند.

شما یک کوره‌ی دوار را در نظر بگیرید. یک کوره‌ی قطور مثلاً به قطر ۲ یا ۳ متر و طول ۵۰ یا ۶۰ متر. داخل پوسته‌ی کوره یا شِل فلزی را وقتی می‌خواهیم نسوز کاری بکنیم، اولین لایه‌هایی که در تماس با آن شِل هستند، آجرهای نسوزی هستند که یک خاصیت مهم دیگر دارند که همان عایق‌بودن است. چرا اگر عایق نباشند کارشان را انجام نمی‌دهند؟ به دلیل اینکه اگر عایق نباشند، با انتقال حرارت که از فضای داغ داخل کوره به شِل کوره انجام می‌دهند، باعث تخریب پوسته‌ی کوره می‌شوند. پس یکی از اصلی‌ترین کارهای ما این است که اجازه ندهیم حرارت داخل کوره به پوسته‌ی کوره منتقل بشود. تمایز ظاهری که بین آجرهای عایق نسوز با آجرهای غیرعایق نسوز است، این است که آجرهای عایق نسوز، دانسته‌ی کمی دارند و آجرهای پرتخلخلی هستند. ساختار و تکنولوژی‌شان همان ساختار و تکنولوژی نسوز است ولی با روش‌هایی این ساختار متخلخل شده. در عین حال که خواص دیرگدازی دارند، مقاوم هم هستند. البته به دلیل اینکه این آجرها متخلخل هستند و از بابت ساختار ضعیف هستند، خواص مکانیکیشان خواص بالایی نیست. بعد از شِل، یک یا دو لایه آجر عایق استفاده می‌کنیم تا

مانع از انتقال حرارت از داخل کوره به پوسته بشود. به این لایه، لایه‌ی عایق می‌گوییم. یک لایه دیگر نیز استفاده می‌کنیم که آخرین لایه است و با فضا و اتمسفر داخل کوره ارتباط دارد که این لایه، اصطلاحاً در صنعت نسوز به لایه‌ی کار معروف است. لایه‌ی کار، از جنس آجری است که خیلی متراکم‌تر است. به‌صورت عامیانه می‌گویند آجر سنگین است. این آجرها لزوماً عایق نیستند. لایه‌های کار، عمر بی‌نهایتی ندارند بلکه از چند ساعت تا چند سال است. برای مثال در پاتیل فولادسازی، آن اوایل دیرگدازی به صنعت ارائه می‌شد که فقط چهل تن ذوب کار می‌داد؛ یعنی دو یا سه روز یک‌بار این لایه باید تخریب می‌شد و لایه‌ی جدید جایگزین می‌شد. البته امروز، همان پاتیل، دیرگدازی برایش ساخته شده که ۸۰۰ تن ذوب کار می‌دهد. صنعت نسوز در راندمان و کیفیت تولید در صنعت فولاد مؤثر است. در شرایطی که ۴۰ تن ذوب یک‌بار باید تعویض می‌شده‌الآن ۲۰ برابر شده و بنابراین زمان‌های توقف کوره بسیار کم شده است. مثلاً در صنعت سیمان، آجرهایی که در جداری کوره‌های دوار صنعت سیمان استفاده می‌شوند، عمر مفیدشان نه ماه تا یک سال است. یعنی سالی یک‌بار باید تعویض بشوند. البته این برای لایه‌ی عایق هم اتفاق می‌افتد اما با شدت کمتر. اگر ما تعویض لایه‌ی کار را به موقع انجام بدهیم و اجازه ندهیم نفوذی از حرارت جدی و مواد داخل کوره به لایه‌ی عایق اتفاق بیفتد، لایه‌ی عایق عمر بیشتری دارد. دیرگذاها کالاهای مصرفی هستند، به این معنی که یک‌بار برای همیشه از آن‌ها استفاده نمی‌شود بلکه در دوره‌هایی باید تعویض بشوند و این نشان‌دهنده‌ی اهمیت آن‌ها است. تمام تلاش‌های تکنولوژی در زمینه‌ی صنعت دیرگداز، بر این استوار است که عمر لایه‌های نسوز در کوره‌ها افزایش پیدا بکند و به این ترتیب ما بتوانیم کمیت تولید را در آن صنعت افزایش بدهیم. امروز بخش بسیار زیادی از افزایش تولیدی که در صنعت فولاد اتفاق افتاده، ناشی از بهبود کیفیت آجرهای نسوزی است که در فرآیندهای مختلف فولادسازی استفاده شده است؛ زیرا این آجرها باعث شده‌اند که توقف کوره‌ها به حداقل برسد. بدون شک دیرگذاها هم در کمیت و هم در کیفیت تولید محصولات، اثر مستقیم دارند و به همین دلیل هم تلاش برای ارتقای کیفیت نسوزها پیوسته در سطح جهان ادامه داشته و در کشور ما هم به همین صورت است. لازم است وقتی راجع به کاربردهای صنعت نسوز صحبت کردیم، اسم یا عناوین بعضی از صنایعی که مصرف‌کننده‌ی

صنعت نسوز هستند را هم نام ببریم. صنعت آهن و فولاد، بدون استثناء مصرف کننده‌ی اصلی و اول فرآورده‌های نسوز هستند. حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد دیرگدازهای تولیدی صنعت نسوز در دنیا، در صنعت فولاد مصرف می‌شود. تمامی صنایع فلزات غیرآهنی، مانند سرب، روی، مس و آلومینیوم مصرف کننده‌ی نسوز هستند. صنعت سیمان که صنعت کشورهای جهان سوم محسوب می‌شود و یک صنعت راهبردی است، مصرف کننده‌ی نسوز است. صنعت نفت و گاز و پتروشیمی از آجرهای عایق بسیار استفاده می‌کنند. صنعت کاشی و سرامیک بلااستثناء مصرف کننده است. منظور از کاشی و سرامیک هم کاشی‌های بهداشتی است و هم انواع ظروف سرامیکی است. صنعت شیشه هم که با دمای بالا سروکار دارد، چندان دور از ذهن نیست! اما صنعت قند هم حتی در بعضی از فرایندها با کوره‌های دما بالا سروکار دارد. انرژی هسته‌ای هم جزو مصرف کنندگان دیرگدازهای خاص است. جالب است که حتی خود صنعت نسوز هم مشتری خودش است! یعنی خود صنعت نسوز نمی‌تواند ادامه بدهد، اگر خودش نتواند خودش را تأمین بکند. صنعت نسوز به واقع صنعت مهمی است و عجیب است که در هیچکدام از کشورهای حوزه‌ی خلیج فارس صنعت نسوز نداریم. وجود معادن خیلی مهم است و خوشبختانه کشور ما معادن خوبی از مواد اولیه‌ی نسوز دارد و به همین دلیل، ما کشوری هستیم که می‌توانیم صنعت نسوز داشته باشیم. ما معادنی داریم که مواد اولیه‌ی نسوز بسیار نابی دارند ولی هنوز دست نخورده‌اند و بکر باقی مانده‌اند و این به هر حال باعث دلخوری و تأسف است. مواد اولیه‌ای که در صنعت نسوز استفاده می‌شوند، عمدتاً اکسیدهای فلزی‌ای هستند که از معادن استخراج می‌شوند. در واقع این اکسیدهای فلزی، معمولاً اکسید منیزیم و اکسید کلسیم هستند که انواع رس‌های نسوز در این خانواده قرار دارند؛ اکسید آلومینیوم است. خاک‌های نسوز آلومینوسیلیکاتی داریم و خاک‌های نسوز آلومینی داریم که این‌ها معروف هستند به بوکسیت، اکسید سیلیسیم است که در تولید نسوزهای سیلیسی استفاده می‌شود. اکسید کروم که در گروهی از نسوزها کاربردهای خاص خودش را دارد و اکسید زیرکونیم. این اکسیدها، مواد معدنی هستند. این‌ها وقتی که در معدن هستند و از معدن خارج می‌شوند، وجه مشخصه‌ی اصلیشان، دیرگدازی آن‌ها است. ما یک اصطلاحی داریم به نام پی‌سی‌ای که در واقع روش آزمایشی است که میزان نسوزندگی و مقاومت آن‌ها در برابر حرارت را مشخص می‌کند. مخروطی با ابعاد خاص و کوچک را با یک تکنولوژی از این خاک‌ها می‌سازیم و این مخروط را در کوره‌های

کوچک آزمایشگاهی قرار می‌دهیم و گرما را بالا می‌بریم. هرچایی که این مخروط پایداری و ایستایی‌اش از بین رفت و افتاد، آن دما را به عنوان دمای نسوزندگی ماده می‌شناسیم. این مواد، معمولاً دارای نسوزندگی و پی‌سی‌ای بالا هستند. حدود ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه. اما این مشخصه همانطور که گفتیم، کافی نیست که دیرگداز باشند. ما کارهایی می‌کنیم و ترکیباتی از آن‌ها را استفاده می‌کنیم و افزودنی‌هایی به آن‌ها اضافه می‌کنیم، اتصالاتی بین این ذرات برقرار می‌کنیم که بقیه‌ی خواصی که مورد نیاز ما هست (استحکام مکانیکی، مشخصات فیزیکی و تخلخل) را بدست بیاورند. خیلی از مواد اولیه‌ای که از معادن خارج می‌شوند، ابتدا به ساکن علی‌رغم اینکه آن مشخصه‌ی اصلی یعنی نسوزندگی را دارند، نمی‌توانند مستقیماً وارد صنعت نسوز بشوند و وارد پروسه‌ی تولید دیرگداز بشوند. باید یک آماده‌سازی و فرآوری اولیه‌ای روی این‌ها انجام بشود. معمولاً عمده‌ترین فرآوری اولیه‌ای که روی خاک‌های معدنی نسوز انجام می‌شود که بتوانند به‌عنوان ماده اولیه در صنعت نسوز مورد استفاده قرار بگیرند، پخت است. البته این شامل همه‌ی خاک‌های نسوز نیست؛ مثلاً اکسید کروم را پخت نمی‌دهیم. ولی اکسید آلومینیوم را که خیلی اکسید مهمی است و نقش مهم و تعیین کننده‌ای در نسوزهای آلومینایی دارد، حتماً باید پخت بدهیم. اکسید سیلیس را باید پخت بدهیم. اکسید کلسیم را باید پخت بدهیم. این‌ها در کوره‌های دوار یا کوره‌های شافت پخت می‌شوند. کوره‌ی دوار، در صنعت سیمان بسیار پرکاربرد است؛ به دلیل اینکه عمده‌ترین روش تولید سیمان، استفاده از پخت در کوره‌های دوار است. کوره‌ی دوار یک لوله‌ی استوانه‌ای به قطر یک الی دو متر است. البته تا قطر ۵ الی ۶ متر هم وجود دارد. با طول ۳۰ الی ۴۰ متر تا ۱۲۰ الی ۱۳۰ متر، براساس ظرفیت و دمایی که نیاز است. حول محور مرکزی می‌چرخد و یک شیب ملایم ۲ تا ۳ درصد دارد و همین چرخش و شیب، باعث می‌شود که موادی که از ابتدا به کوره وارد می‌شود، آرام‌آرام در اثر این چرخش و شیب، حرکت کنند و از انتهای کوره خارج شوند. انتهای کوره معمولاً یک مشعل قدرتمند گذاشته می‌شود و در ابتدای این کوره، یک فن مکنده قرار دارد و در واقع گرمایی که در انتهای این کوره در منطقه‌ی به اصطلاح جهنم آن ایجاد می‌شود، به‌وسیله‌ی مکش آن فن در طول کوره به حرکت درمی‌آید و مواد داخل کوره را گرم می‌کند. با یک مبدل حرارتی جریان مخالف مواجه هستیم. مواد از یک سمت حرکت می‌کنند، گرما از یک سمت دیگر

حرکت می‌کند. گرما انرژی حرارتی‌اش را به مواد می‌دهد و خودش خنک می‌شود و از انتهای فن خارج می‌شود و موادی که گرم شدند در منطقه‌ی جهنم که انتهای کوره است، پخته می‌شوند و از کوره خارج می‌شوند. البته در کوره‌های دوار که یک فرآیند دما بالا است، جدارهای داخلیشان از آجرهای نسوز پوشیده شده است. یک مدل هم کوره‌های شافت است. یک کوره‌ی عمودی ثابت را در نظر بگیرید که در قسمت وسط آن با تعداد زیادی مشعل بسیار قدرتمند، یک جهنمی از آتش درست کرده‌ایم و مواد اولیمان از قسمت بالای این کوره، داخل کوره ریخته می‌شوند و از این جهنم عبور می‌کنند و در زمان کوتاهی در معرض فرآیند پخت سریع قرار می‌گیرند و به صورت پخته‌شده از قسمت پایین کوره خارج می‌شوند. در کوره‌های شافت هم ما جداره‌هایی از جنس آجرهای نسوز داریم. این فرآیندی که روی این مواد روی می‌دهند، دو اصطلاح مهم و پرکاربرد در صنعت نسوز دارند: اولی اصطلاح کلسیناسیون یا خالص‌سازی. وقتی مواد اولیه‌ای که از معدن می‌آید را در محدوده‌ی دمایی ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه پختشان می‌دهیم، یک‌سری مواد یا اکسیدهای مزاحم و غیرضرور که دیرگداز نیستند و در پروسه‌ی تولید نسوز کاربردی ندارند را در جریان این پروسه می‌سوزانیم و یا بعضی اوقات آب بین مولکولی زیادی که در مواد اولیه است را تبخیر می‌کنیم. به همین خاطر این عملیات اسمش تخلیص است. اتفاقی که می‌افتد، این است که در مواد اولیه‌ی ما و در انتها، غلظت اکسید فلزهای دیرگداز بالاتر می‌رود. مثلاً اگر خاک اولیه ۳۰ درصد MgO داخلش وجود دارد، وقتی پروسه‌ی خالص‌سازی را طی می‌کند، چیزی که در آخر بیرون می‌آید، میزان اکسید منیزیمش مثلاً حدود ۷۰ الی ۸۰ درصد می‌شود. بد نیست بدانید که LOI خاک حاوی MgO نزدیک به ۵۰ درصد هست یعنی اگر ۱۰۰ کیلوگرم خاک معدنی حاوی MgO خام را که از معدن به دست آمده بریزیم داخل یک کوره‌ی دوار و ۱۰۰۰ درجه حرارت به آن بدهیم، از خروجی کوره به جای آن ۱۰۰ کیلو، ۵۰ کیلو منیزیت خارج می‌شود و ۵۰ درصد وزنیش تخلیه می‌شود و از آگروز خارج می‌شود. به همین دلیل معمولاً معادن و کوره‌هایی که بایستی این عملیات کلسیناسیون را انجام بدهند در مجاورت معادن اجرا می‌شوند. به این خاطر که بخش زیادی از آن خاکی که قرار است دود شود و به هوا برود را مجبور نشوند با حمل‌ونقل بسیار پرهزینه به کوره برسانند.

حرکت می‌کند. گرما انرژی حرارتی‌اش را به مواد می‌دهد و خودش خنک می‌شود و از انتهای فن خارج می‌شود و موادی که گرم شدند در منطقه‌ی جهنم که انتهای کوره است، پخته می‌شوند و از کوره خارج می‌شوند. البته در کوره‌های دوار که یک فرآیند دما بالا است، جدارهای داخلیشان از آجرهای نسوز پوشیده شده است. یک مدل هم کوره‌های شافت است. یک کوره‌ی عمودی ثابت را در نظر بگیرید که در قسمت وسط آن با تعداد زیادی مشعل بسیار قدرتمند، یک جهنمی از آتش درست کرده‌ایم و مواد اولیمان از قسمت بالای این کوره، داخل کوره ریخته می‌شوند و از این جهنم عبور می‌کنند و در زمان کوتاهی در معرض فرآیند پخت سریع قرار می‌گیرند و به صورت پخته‌شده از قسمت پایین کوره خارج می‌شوند. در کوره‌های شافت هم ما جداره‌هایی از جنس آجرهای نسوز داریم. این فرآیندی که روی این مواد روی می‌دهند، دو اصطلاح مهم و پرکاربرد در صنعت نسوز دارند: اولی اصطلاح کلسیناسیون یا خالص‌سازی. وقتی مواد اولیه‌ای که از معدن می‌آید را در محدوده‌ی دمایی ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه پختشان می‌دهیم، یک‌سری مواد یا اکسیدهای مزاحم و غیرضرور که دیرگداز نیستند و در پروسه‌ی تولید نسوز کاربردی ندارند را در جریان این پروسه می‌سوزانیم و یا بعضی اوقات آب بین مولکولی زیادی که در مواد اولیه است را تبخیر می‌کنیم. به همین خاطر این عملیات اسمش تخلیص است. اتفاقی که می‌افتد، این است که در مواد اولیه‌ی ما و در انتها، غلظت اکسید فلزهای دیرگداز بالاتر می‌رود. مثلاً اگر خاک اولیه ۳۰ درصد MgO داخلش وجود دارد، وقتی پروسه‌ی خالص‌سازی را طی می‌کند، چیزی که در آخر بیرون می‌آید، میزان اکسید منیزیمش مثلاً حدود ۷۰ الی ۸۰ درصد می‌شود. بد نیست بدانید که LOI خاک حاوی MgO نزدیک به ۵۰ درصد هست یعنی اگر ۱۰۰ کیلوگرم خاک معدنی حاوی MgO خام را که از معدن به دست آمده بریزیم داخل یک کوره‌ی دوار و ۱۰۰۰ درجه حرارت به آن بدهیم، از خروجی کوره به جای آن ۱۰۰ کیلو، ۵۰ کیلو منیزیت خارج می‌شود و ۵۰ درصد وزنیش تخلیه می‌شود و از آگروز خارج می‌شود. به همین دلیل معمولاً معادن و کوره‌هایی که بایستی این عملیات کلسیناسیون را انجام بدهند در مجاورت معادن اجرا می‌شوند. به این خاطر که بخش زیادی از آن خاکی که قرار است دود شود و به هوا برود را مجبور نشوند با حمل‌ونقل بسیار پرهزینه به کوره برسانند.

یک عملیات دیگر هم انجام می‌شود تحت عنوان عملیات سینترینگ. این عملیات را ترجمه کرده‌اند «تف جوشی». عملیات

سینترینگ چیست؟ ما بعد از اینکه خالص‌سازی را تا حدود ۱۱۰۰ الی ۱۲۰۰ درجه انجام دادیم، این خاک خالص‌تر و دنس‌تر می‌شود. اتفاقی که در سینترینگ می‌افتد آن است که ما باز هم دما را بالاتر می‌بریم. یعنی حدود ۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰ درجه و گاهی در مورد منیزیت تا ۲۰۰۰ درجه افزایش می‌دهیم. اینجا خاکی که داخل کوره بوده، دانه‌های ریزتر و دانه‌های کوچک‌تر که نسبت سطح به حجم بیشتری دارند، در آن دماهای بالا آرام‌آرام خمیری می‌شوند و تغییر فرم می‌دهند. از حالت کاملاً جامد به حالت بینابینی جامد و مذاب تبدیل می‌شوند. در دانه‌های درشت‌تر این اتفاق می‌افتد اما صرفاً در سطحشان باقی می‌ماند و عمق نفوذ این خمیری‌شدن عمق نفوذ کمی است. این‌ها در داخل کوره در مراحل انتهایی به همدیگر می‌چسبند و ما می‌گوییم اصطلاحاً اتصال یا باند سرامیکی بین آن‌ها برقرار می‌شود و این باعث می‌شود که آن چیزی که از انتهای کوره خارج می‌شود علاوه بر اینکه خالص‌تر شده حالا متراکم‌تر هم شده است.

تقسیم‌بندی دیرگدازها:

محصولات نسوز، مصالح ساختمانی نسوز هستند؛ شامل آجرهای نسوز که ما به آن‌ها می‌گوییم محصولات شکل‌دار. چون شکل مشخص دارند؛ و محصولات بی‌شکل که آن‌ها را در صنعت نسوز تحت عنوان مواد ویژه و جرم‌های نسوز می‌شناسند که بیشتر شامل همان ملات‌ها، گل‌ها و بتن‌های نسوز است. یک نوع تقسیم‌بندی دیگر هم در صنعت نسوز وجود دارد که براساس خواص شیمیایی است. مواد اولیه‌ای که بیشتر خواص اسیدی دارند، به نام نسوزهای اسیدی شناخته می‌شوند. عمدتاً نسوزهایی که بر پایه‌ی اکسید آلومینیوم و اکسید سیلیس ساخته می‌شوند، محصولات اسیدی نامیده می‌شوند و آن‌هایی که بر مبنای اکسید کروم و اکسید منیزیت یا اکسید آهک ساخته می‌شوند، نسوزهای قلیایی هستند.

این مواد اولیه‌ای که گفتیم، عمده مواد اولیه مورد مصرف در صنعت نسوز هستند. اما ما هنگامی که می‌خواهیم دیرگدازها را تولید بکنیم، در جریان فرآیند تولید، افزودنی‌هایی را برحسب نیاز به این محصولات اضافه می‌کنیم. مثلاً فرض بفرمایید مواد اولیه‌ای مانند بنتونیک در صنعت نسوز استفاده می‌شوند. این‌ها افزودنی‌هایی در حد چند درصد هستند. ۲ الی ۳ درصد و به‌طور کلی زیر ۵ درصد که به بافت محصولاتمان اضافه می‌شوند. یکی از محصولاتی که در صنعت نسوز استفاده می‌شود و مقداری شناخته‌شده‌تر است، پرلیت منبسط‌شده است که بیشتر

برای تولید آجرهای عایق و گل‌های عایق به دلیل ساختار پفکی و متخلخلی که دارد، استفاده می‌شود؛ یا سیمان‌های نسوز که بخش مهمی از صنعت نسوز را تشکیل می‌دهند. برای تولید انواع بتن‌های نسوز از سیمان‌های نسوز استفاده می‌شود.

فرآیندهای تولید دیرگذاها

فرآیندهای تولید دیرگذاها را، به سه عملیات می‌توانیم تقسیم بکنیم. یک فرآیند، فرآیند آماده‌سازی مواد است. این آماده‌سازی مواد، آماده‌سازی مواد اولیه منظورمان نیست. آن بخش پخت بود که آن را بیرون از فرآیند تولید نسوز می‌بینیم و آن را یک فرآیند معدنی می‌شناسیم. موادی که وارد صنعت نسوز می‌شوند، در قدم اول باید تحت خردایش قرار بگیرند؛ یعنی مواد اولیه‌ی معدنی باید بپایند و توسط انواع دستگاه‌هایی که ما به آن‌ها می‌گوییم «آسیاب» خرد بشوند و به دانه‌بندی‌های مورد نیاز ما تبدیل بشوند. آسیاب‌ها در صنایع مختلفی کاربرد دارند. اما آسیاب‌هایی که در صنعت نسوز استفاده می‌شوند، عمدتاً آسیاب‌هایی هستند که با مکانیزم ضربه کار می‌کنند. سازوکارهای این آسیاب‌های ضربه‌ای به گونه‌ای است که مواد، داخل محفظه‌ی آسیاب ریخته می‌شوند و این آسیاب یک روتور دوار دارد که روی این روتور، یک‌سری قطعاتی وجود دارد که به آن می‌گوییم شمش یا لاینر یا بازوهای ضربه زننده. مواد هنگامی که روی این روتور ریخته می‌شوند، به خاطر سرعت چرخش، با ضربه‌ی شدید به جداری داخلی آسیاب کوبیده می‌شوند و این عامل باعث خرد شدن مواد و متلاشی شدن می‌شود. البته جداری داخلی آسیاب هم با زره‌های مقاوم به سایش و مقاوم به ضربه محافظت شده است. در صنعت نسوز، مکانیزم خردایش، ضربه نیست. مکانیزم خردایش، مالش هست. مخروط داخلی و خارجی را در نظر بگیرید که مواد بین این دو مخروط قرار می‌گیرند و این دو مخروط در هم فرو می‌روند و مواد بین سطوح داخلی و خارجی این‌ها گرفتار می‌شوند و تحت مالش شدید قرار می‌گیرند و در این مالش و گرفتار شدن در فضای بین دو قطعه‌ی متحرک برخلاف جهت همدیگر، می‌شکنند و خرد می‌شوند. ولی در صنعت نسوز، به دنبال تولید دانه‌هایی هستیم که به اصطلاح می‌گویند این دانه‌ها مضرس هستند یا دارای لبه‌های تیز هستند. چرا؟ شما تصور بکنید در نهایت می‌خواهیم این دانه‌ها را با سایندهای مختلف و جنس‌های مختلف کنار هم قرار بدهیم و فشرده بکنیم و به یک بالک با یک حجم متراکم تبدیل بکنیم. اگر این دانه‌ها، شکل‌های نامنظم داشته باشند و به اصطلاح مضرس باشند، ما بیشتر موفق می‌شویم که این‌ها را به هم نزدیک و

فشرده بکنیم و تخلخل را از بین ببریم. اما دانه‌هایی که سطوح صافی دارند اگر آن‌ها را کنار هم قرار بدهیم، نمی‌توانیم در هم روی آن‌ها را آنقدر بکنیم که فضای خالی بین آن‌ها به حداقل برسد. به همین دلیل در صنعت نسوز، از آسیاب‌هایی استقبال می‌کنیم که سازوکار خردایش آن‌ها، منجر به تولید دانه‌های مضرس و بی‌شکل بشود. هرچقدر ما یک قطعه‌ی بتنی یا آجری متراکم‌تری تولید کنیم، مقاومت مکانیکی این قطعه هم بالاتر خواهد بود و در واقع می‌توانیم به خواص مکانیکی بهتری با یک قطعه‌ی بسیار متراکم برسیم. برای سنجش وزنی و دستی، نمونه‌هایی از آجر را با ابعاد مشخص می‌بریم و می‌گذاریم زیر پرس و به آن نیرو وارد می‌کنیم تا جایی که متلاشی بشود و حاصل تقسیم نیرو بر سطح مقطع نمونه را تحت عنوان «مقاومت مکانیکی سرد» در این آجرها اندازه‌گیری می‌کنیم که مشخصه‌ی بسیار مهم برای دیرگذاها است. تخلخل در آجرهای نسوز به دو دسته تقسیم می‌شوند: تخلخل‌های باز و تخلخل‌های بسته. تخلخل‌های باز، آن تخلخل‌هایی هستند که به سطح خارجی آن قطعه راه دارند و تخلخل بسته برعکس. یعنی به سطح قطعه راه ندارند. اما تخلخل‌های باز چون به سطح راه دارند، ما به آن‌ها دسترسی داریم و با روش‌هایی اندازه‌گیری می‌کنیم. روش آن هم به طور ساده این است که آن آجر را داخل مایعی قرار می‌دهیم و آن مایع را تحت فشار قرار می‌دهیم که این مایع وارد خلل و فرج بشود و فضای باز، مملو از آن مایع بشود. این آجر قبل از این اتفاق یک وزنی داشته، بعد از آن هم یک وزنی دارد. این اختلاف وزن، مؤید درصد اضافه‌شدن وزن آجر در اثر وارد شدن این مایع است که مؤید تخلخل باز است و آجرها باید حداقل تخلخل باز را داشته باشند؛ زیرا تخلخل بسته با تخلخل باز رابطه‌ی مستقیم دارد. این دو مشخصه یعنی مقاومت مکانیکی سرد و درصد تخلخل دو ویژگی فیزیکی و مکانیکی بسیار معروف و پرکاربرد در آجرها و قطعات نسوز هستند. همانطور که می‌بینید موضوعات، بسیار ساده هستند اما شما وقتی وارد محیط آزمایشگاه در صنعت نسوز می‌شوید، پرس‌ی که می‌خواهد مقاومت مکانیکی سرد را اندازه‌گیری بکند، استانداردهایی تعریف‌شده دارد که سرعت بارگذاری در این پرس باید استاندارد باشد؛ این پرس نه باید قطعه را تحت سرعت بالا و مانند ضربه بشکند و نه باید خیلی آرام بشکند.



در جلسه قبل، بیشتر وقت به معرفی این صنعت کمتر شناخته شده اما بسیار مهم گذشت و اما در این جلسه، مدعو محترم جناب مهندس نصیریان، مدیر بازنشسته‌ی طراحی و توسعه‌ی شرکت نسوز ایران، پتانسیل‌های درونی و فرصت‌های شغلی در زمینه صنعت نسوز را مورد بررسی قرار دادند و همچنین به عنوان مهم‌ترین بخش جلسه، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دادند. در ابتدای جلسه، کلیپی که دوستان محور زحمت درست کردن آنرا کشیده بودند، درمورد خط تولید صنعت نسوز پخش شد که در آن قدم‌به‌قدم دستگاه‌ها و سیستم‌های اتوماتیک این خط تولید را نشان می‌داد.

معرفی تعدادی از ماشین‌آلات و تجهیزات صنعت نسوز:

مهندس نصیریان با اشاره به این موضوع که جبهه‌های بسیار خوب و جذابی در بخش ماشین‌آلات این صنعت برای کار و تحقیقات وجود دارد به معرفی تجهیزات اصلی پرداختند.

(۱) دستگاه‌های خوردايش (انواع آسیاب‌ها و دستگاه‌های تولید پودر)

(۲) انواع پرس‌ها (مکانیکی - ضربه‌ای - هیدرولیکی)

(۳) انواع کوره‌های پخت (کوره‌های پریودیک و کوره‌های بسته)

و ...

زمینه‌های کار در صنعت نسوز:

(۱) کار در واحدهای تولیدکننده نسوزها در دپارتمان‌های تعمیرات و نگهداری، طراحی و توسعه

(۲) کار در دپارتمان‌های نسوز در کارخانجات مصرف کننده دیرگدازها

(۳) کار در شرکت‌های سرویس دهنده به صنعت نسوز

در ادامه به پرسش و پاسخ صورت گرفته در جلسه می‌پردازیم.

(۱) در صنعت نسوز، یک مهندس مکانیک چقدر نقش ایفا می‌کند؟

نقش اصلی را در این صنعت مهندسان مکانیک ایفا می‌کنند. البته در قسمت فرآیندها، مهندسان متالورژ نقش اصلی را دارند.

(۲) آیا دستگاه‌ها به‌روز هستند و از خارج وارد می‌شوند؟

در بخش پالایش تجهیزاتی را تولید می‌کنیم اما بیشتر به صورت کپی کردن و مهندسی معکوس. در بخش‌های پرس و کوره، تجهیزات تولید نمی‌کنیم و برای همین اصلاً به‌روز نیستیم. بر روی تجهیزات حال حاضرمان بازسازی اساسی صورت گرفته است و به همین دلیل اگر بخواهیم در زمینه‌های سیمان و فولاد در کشور پیشرفت کنیم باید خود را در صنعت نسوز سریعاً به‌روز کنیم.

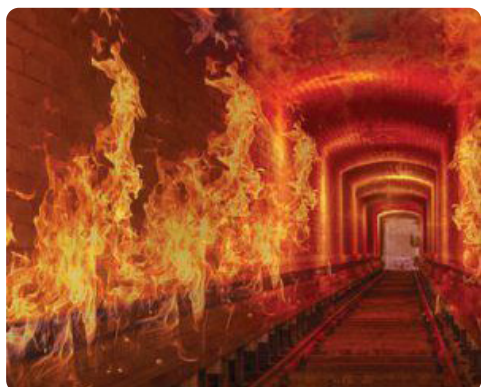
(۴) درس‌های دوران کارشناسی چقدر برای شما

کاربردی بوده است؟

بسیار سوال خوبی است. به واقع در طول این سال‌ها هرچه زمان بیشتر گذشت، بیشتر متوجه شدم که تمامی واحدها کاربردی هستند و اگر ما کاربرد آن‌ها را حس نمی‌کنیم در واقع این ضعف ما را نشان می‌دهد. همه سرفصل‌ها خیلی کاربردی و کارساز هستند و شما میزان آن‌ها را تعیین می‌کنید. یکی بیشتر و یکی کمتر.

(۴) نظر شما درمورد اپلای چیست؟

مسائل عاطفی برای ما ایرانی‌ها بسیار ثقیل است. من فقط یک جمله می‌گویم و کسی نمی‌تواند برای کسی تصمیم بگیرد. امروز شما اگر فرد ماهری باشید در ایران هم کار برای شما وجود دارد. راستش من اگر به عقب بر می‌گشتم باز هم اپلای نمی‌کردم. صادقانه بخواهم بگویم می‌ماندم و سعی می‌کردم در کارم بهتر باشم. شما باید فقط سعی کنید که توانمند شوید تا در همه‌جا موفق باشید.



توزیع جغرافیایی:



NUMBER OF OPERATIONAL ENTERPRISES AND TOTAL PRODUCTION*

Country	Number of enterprises	Total production billion bricks/year
Vietnam ²	~700	~10.5
India ³	~5	~0.08

*Numbers are estimates only

ساختار کوره تونلی:

کوره تونلی یک تونل دراز و باریک است که کف آن ریل گذاری شده است و محصولات، با عبور از درون آن در معرض حرارت قرار می‌گیرند و پخته می‌شوند. کوره، همواره روشن است. محصولات برای عبور از کوره تونلی باید روی واگن‌های مخصوص چیده شوند. کوره تونلی شامل سه مرحله پیش‌گرمایش، پخت و خنک‌کن است. معمولاً ۲۰ درصد از طول کوره به منطقه پیش‌گرمایش، ۶۰ درصد به منطقه پخت و ۲۰ درصد به منطقه خنک‌کن اختصاص دارد.

در قسمت ابتدایی، گرم کردن رخ می‌دهد و در قسمت وسط، محصولات پخته می‌شوند که به این منطقه پخت، جهنم می‌گویند و در قسمت انتهایی دما افت می‌کند. در ساده‌ترین نوع کوره‌های تونلی مشعل‌های موجود در منطقه پخت باعث گرم شدن هوای کوره می‌شوند.

در صنعت نسوز آجرهای خامی که تولید می‌شوند، به کوره‌ها می‌روند تا پخته شوند.

انواع کوره‌هایی که در صنعت نسوز استفاده می‌شوند عبارتند از: کوره‌های بسته (پریودیک) و کوره‌های پیوسته (تونلی)

مقدمه و تاریخچه:

کوره تونلی یک کوره ظروف متحرک پیوسته است که در آن، محصولات رسی که باید پخته شوند، از طریق یک تونل افقی طولانی بر روی واگن‌ها عبور داده می‌شوند. پخت محصولات نیز در قسمت مرکزی تونل انجام می‌شود. کوره تونلی به‌عنوان پیشرفته‌ترین تکنولوژی ساخت آجر در نظر گرفته می‌شود و یکی از کوره‌های مورد استفاده در شاخه‌های مختلف صنایع سرامیک است. اولین کوره‌های تونلی را در سال ۱۷۵۱ فردی به نام «وینسنز» ابداع کرد و در حال حاضر در صنایع آجر، سفال، مواد دیرگداز و چینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کوره در گروه کوره‌های پیوسته یا مستقر قرار دارد؛ معمولاً برای تولیدات انبوه از کوره‌های پیوسته استفاده می‌شود. در این کوره محصولات متحرک هستند و آتش، ثابت.

مزایای اصلی فناوری کوره تونلی توانایی آن در آتش‌زدن طیف گسترده‌ای از محصولات رسی، کنترل بهتر بر فرآیند پخت و کیفیت بالای محصولات است. فناوری کوره تونلی در اواسط قرن نوزدهم در آلمان توسعه یافت. با این حال، استفاده از فناوری برای پخت آجر در قرن بیستم اتفاق افتاد. پس از جنگ جهانی دوم، این فناوری به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفت و منجر به تبدیل صنعت آجر اروپایی از چندین هزار واحد کوچک و پراکنده آجرسازی به چندصد واحد کوره تونلی در مقیاس بزرگ و بسیار مکانیزه شد. در آسیا، چین و ویتنام از دهه ۱۹۷۰ شروع به استفاده از این فناوری کردند و اکنون صدها کوره تونلی در حال کار هستند. در هند، تعداد بسیار کمی (تقریباً ۵) واحد کوره آجر تونلی وجود دارد.



این موضوع، برای کوره‌های تونلی با مصالح قدیمی مشکل‌ساز بود؛ اما امروزه با استفاده از مصالح نسوز جدیدتر و همچنین تکنیک‌های به‌روزترِ سقف‌بندی کوره و استفاده از سقف‌های مسطح، این مشکلات در کوره‌های جدید تونلی برطرف شده است.

سقف کوره:

سقف کوره متشکل از قطعات سرامیکی خاص با فرم‌های مختلف و ویژگی‌ها و وظایف متفاوت است:

۱- **انکر چکشی:** این قطعه سرامیکی به شکل چکش است و خود، در معرض حرارت مستقیم کوره نیست. عمده وظیفه آن تحمل در برابر کشش است و کل وزن سقف کوره را به سازه فولادی اعمال می‌کند.

۲- **انکر کشویی:** هریک از این قطعات، یک عدد انکر چکشی را در خود جای می‌دهد و با ایجاد فاصله چند میلی‌متری انکر چکشی را از انتقال حرارت تماسی مصون می‌دارد. وظیفه این انکر، مقابله با دمای بالای کوره و خوردگی‌های ناشی از گازهای مخرب کوره و نیز ایجاد بستری برای استقرار پلیت‌های سرامیکی است.

۳- **پلیت:** پلیت‌ها نقش عمده پوشش سقف را ایفا می‌کنند و از دو طرف، بر ردیف انکرهای کشویی سوار می‌شوند. عمده وظیفه پلیت‌ها مقابله با حرارت بالای کوره و مقاومت در برابر گازهای مخرب کوره و نیز محل استقرار مشعل‌ها است.

۴- **عایق کاری:** عایق کاری سقف مسطح کوره با استفاده از بلانکتهای فایبرسرامیک انجام می‌شود. ضخامت و نوع عایق کاری در نقاط مختلف کوره، بسته به میزان حرارت زون‌های حرارتی متفاوت است. در زون‌های با حرارت پایین، عایق کاری با ترکیبی از بلانکتهای فایبرسرامیک و بردهای پشم سرباره اجرا می‌گردد.

۵- **سازه فلزی سقف:** سازه فلزی عمدتاً به‌صورت تیرهای فولادی است که با فواصل معینی به‌صورت عرضی در سرتاسر کوره تونلی تیرریزی می‌شود. انکرهای سرامیکی توسط قلاب‌های سرامیکی فولادی، به‌صورت ردیف‌های عرضی از تیرهای فولادی آویزان هستند. وظیفه سازه فلزی، تحمل کل بار سقفی کوره شامل قطعات سرامیکی و مشعل‌ها و عایق کاری است.



گرمای منطقه پخت به سمت وروی تونل (منطقه پیش‌گرمایش) به جریان می‌افتد و آرام‌آرام حرارت خود را به واگن‌های این منطقه منتقل می‌کند و محصولاتی که تازه وارد کوره شده‌اند، با انتقال حرارت به روش تشعشع، جابه‌جایی و یا هدایت پیش‌گرم می‌شوند و آماده می‌شوند تا به منطقه پخت (جهنم) وارد شوند و در نهایت این هوای گرم از دودکش خارج می‌شود. بعد از اینکه محصولات، در قسمت وسط پخته شدند و از آن خارج شدند، دمای خود را به هوایی می‌دهند که در کوره جریان دارد؛ این هوا از خروجی تونل وارد می‌شود و در هنگام مواجهه با واگن‌هایی که از مرحله پخت خارج شده‌اند، آن‌ها را آرام‌آرام خنک می‌کند و دمایش به‌تدریج افزایش می‌یابد. سپس به منطقه پخت منتقل می‌شود و اکسیژن لازم برای احتراق مشعل‌های این منطقه را فراهم می‌کند. البته قسمتی از هوای گرم‌شده به بیرون کوره هدایت می‌شود تا در خشک‌کن و بعضاً برای تنظیم دمای هوای سالن تولید، مورد استفاده قرار بگیرد.

بنابراین، پیش‌گرم کردن به‌وسیله هوای منطقه جهنم انجام می‌شود و هوای احتراق، به‌وسیله منطقه بعد از پخت گرم می‌شود؛ در نتیجه، این سازکار انتقال حرارتی که بهترین استفاده از مکانیزم‌های انتقال حرارت است، باعث می‌شود که مصرف ویژه انرژی (میزان انرژی مصرف‌شده برای تولید مقدار مشخصی محصول) کاهش پیدا کند. بنابراین با مصرف انرژی بسیار پایین‌تری کار می‌کنیم؛ به‌طوری که این مقدار مصرف، تا یک پنجم مصرف کوره‌های پریودیک است.

دمای مناطق مختلف کوره از طریق ترموکوپل و سیستم‌های کنترل، اندازه‌گیری و تنظیم می‌شود. همچنین هوای داخل آن از نظر اکسیدی، احیایی یا خنثی‌بودن نیز قابل کنترل است.

مزایای استفاده از کوره‌های تونلی:

۱- کنترل مناسب‌تر دمای کوره و یکنواختی حرکت

۲- افزایش کیفیت تولید

۳- شباه کیفی محصولات

۴- افزایش سرعت تولید

۵- کاهش نیروی انسانی

۶- کاهش مصرف انرژی

۷- کاهش آلودگی زیان‌بار زیست‌محیطی

در تکنولوژی قدیمی، به دلیل استفاده از آجرهای نسوز، امکان خاموش و روشن‌شدن کوره به‌سادگی وجود نداشت. به‌طوری که فقط روشن‌کردن این نوع کوره، حدود ۲۰ ساعت به طول می‌انجامید. همچنین در این نوع کوره بدون خاموش‌کردن، امکان ترمیم دیواره‌ها وجود ندارد و از سوی دیگر در سقف‌های قوس به دلیل اتصال زنجیره‌وار قطعات، ممکن است در صورت ریختن قسمتی از آن، بقیه قطعات نیز به‌صورت زنجیره‌وار سقوط کنند.

سیستم احتراق و مشعل‌ها:

محل استقرار سیستم‌های احتراق در سقف کوره است. قسمت حرارت مرکزی یا به اصطلاح جهنمی کوره متشکل از چندین زون حرارتی است و تعداد زون‌های حرارتی تابعی است از طول کوره و ظرفیت تولید. سیکل پخت هر زون حرارتی شامل چندین مشعل و تابلوی انفرادی و کنترل دمایی مستقل و فن دمنده و سیستم گازرسانی مربوطه می‌شود. اطلاعات حرارتی تمامی زون‌ها از طریق تابلوهای برق انفرادی به اتاق کنترل مرکزی مخابره می‌شود و فرمان‌های لازمه از آنجا صادر و اعمال می‌شوند.



فونداسیون و ریل‌گذاری:

زیر مسیرهای ریل، چه در داخل کوره و چه در لاین تخلیه و بارگذاری و نیز لاین ترانسفر کار، بتن مسلح کار می‌شود. روش کار بدین منوال است که پلیت‌های نصب‌شده به ریل، به انضمام بولت‌های نصب توسط پایبند ریل، قبل از بتن‌ریزی نصب و فیکس می‌شوند. پلیت‌های مزبور در فواصل معینی استقرار می‌یابند. ابعاد فونداسیون، نسبت به ابعاد و وزن واگن و نیز نسبت به بستر خاک تعیین می‌شود. زیر دیواره‌های کوره نیز با بتن مسلح و با عرض نسبتاً بیشتر اجرا می‌گردد. بعد از کوبیدن و بسترسازی سایت سالن، اجرای فونداسیون‌های دیواره کوره و ریل‌ها، به موازات اجرای فونداسیون سوله و سالن همزمان اجرا می‌گردد. این روش اجرا، به لحاظ مدیریت زمانی و سهولت در اجرا بسیار حائز اهمیت است.

پس از اجرای بتن مسلح، ریل‌ها روی پلیت‌های مربوطه قرار می‌گیرند و از دو طرف توسط پایبند ریل و پیچ و مهره، فیکس و محکم می‌گردند.

شرح و کار:

۱- در یک کوره تونلی، یک کوره ظروف متحرک پیوسته، محصولات رسی یا آجرهایی که قرار است پخته شوند، از طریق یک تونل افقی بلند (۱.۲) روی واگن‌ها (۱.۱) عبور داده می‌شوند. پخت آجر در قسمت مرکزی تونل انجام می‌شود. طول تونل می‌تواند از ۶۰ متر تا ۱۵۰ متر متغیر باشد.

۲- به‌طور کلی، آجر سبز از مخلوط کردن سوخت پودر شده با خاک رس تولید می‌شود. سپس آجرهای سبز در تونل یا خشک‌کن‌های محفظه‌ای روی واگن‌ها برای خشک کردن جابه‌جا می‌شوند. گرمای حاصل از گازهای داغ دودکش خارج‌شده از کوره برای خشک کردن آجرها استفاده می‌شود.

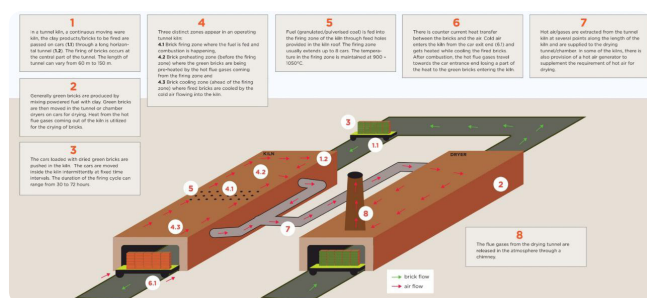
* گاز دودکش به یک ماده شیمیایی فرعی اشاره دارد که در نتیجه یک واکنش احتراق ایجاد می‌شود که از طریق لوله‌های طولانی مانند دیگ‌ها و کوره‌ها و یا ژنراتورهای بخار خارج شده است.

۳- واگن‌های بارگیری شده با آجرهای سبز خشک‌شده در کوره رانده می‌شوند. ماشین‌ها به‌طور متناوب در فواصل زمانی مشخص به داخل کوره حرکت می‌کنند. مدت چرخه پخت می‌تواند از ۳۰ تا ۷۲ ساعت متغیر باشد. ۴- سه ناحیه متمایز در یک کوره تونلی عملیاتی ظاهر می‌شود: (۴.۱) منطقه پخت آجر که در آن سوخت تغذیه می‌شود و احتراق در حال وقوع است، (۴.۲) منطقه پیش‌گرمایش آجر (قبل از منطقه پخت) که در آن آجرهای سبز توسط گازهای دودکش داغ از پیش، گرم می‌شوند. منطقه پخت و (۴.۳) منطقه خنک‌کننده آجر (بعد از منطقه پخت) که در آن آجرهای پخته‌شده توسط هوای سردی که به داخل کوره جریان می‌یابد، خنک می‌شوند.

۵- سوخت (زغال سنگ دانه‌بندی‌شده یا پودر شده) از طریق سوراخ‌هایی که در سقف کوره وجود دارد، به منطقه پخت کوره وارد می‌شود. منطقه پخت معمولاً تا ۸ واگن گسترش می‌یابد. دما در منطقه پخت بین ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد حفظ می‌شود.

۶- انتقال حرارت مخالف جریان بین آجر و هوا وجود دارد. هوای سرد از انتهای خروجی واگن (۶.۱) وارد کوره می‌شود و در حین خنک کردن آجرهای پخته‌شده، گرم می‌شود. پس از احتراق، گازهای دودکش داغ به سمت انتهای ورودی واگن حرکت می‌کنند و بخشی از گرما را به آجرهای سبزرنگ ورودی به کوره انتقال می‌دهند.

۷- هوا/گازهای داغ استخراج‌شده از کوره تونلی در چندین نقطه در طول کوره و به تونل محفظه خشک‌کن عرضه می‌شوند. در برخی از کوره‌ها، یک مولد هوای گرم نیز برای تکمیل نیاز هوای گرم برای خشک کردن وجود دارد. ۸- گازهای دودکش تونل خشک‌کن از طریق یک دودکش در جو منتشر می‌شوند.



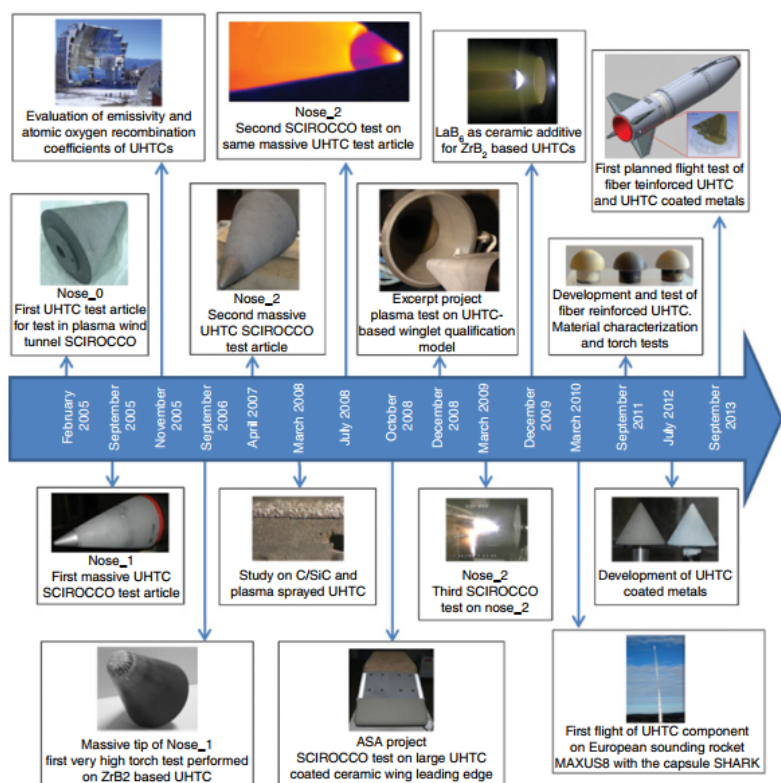
منابع:

Shareweb.ch – TUNNLE KILN TECHNOLOGY

Yectakoreh.ir طراحی کوره‌های تونلی

Wikipedia.org کوره تونلی

مهندس نصیریان - صنعت نسوز



شکل ۱: نقشه راه CIRA از فعالیت‌های آزمایشی انجام‌شده

در چارچوب این پروژه، سه دماغه با نام‌های دماغه صفر، دماغه یک و دماغه دو، در مقیاس کامل و با شعاع انحنای کوچک طراحی، تولید و سپس در شارحرارتی بالا برای نقطه سکون^۱ که در نوک آن قرار دارد، آزمایش شدند. دماغه صفر، یک مخروط با اندازه نسبتاً کوچک (ارتفاع ۱۷۴ میلی‌متر و قطر ۱۲۷ میلی‌متر) بود که با یک هسته گرافیتی و یک لایه خارجی C/SiC (ضخامت ۵ میلی‌متر) به کمک نفوذ بخار شیمیایی ساخته شده بود. مقاومت در برابر اکسیداسیون آن، با یک پوشش از سرامیک‌های فوق دما بالا مبتنی بر ZrB₂ بهبود یافت. پوشش محافظ مخلوطی از پودرهای ZrB₂ و SiC به ترتیب با ۷۵ و ۲۵ درصد وزنی بود. این ترکیب برای به دست آوردن یک پوشش با مقاومت در برابر اکسیداسیون خوب انتخاب شد. افزودن SiC که به بهبود فرایند تف جوشی^۲ نیز کمک می‌کند، تاثیر قابل توجهی در مقاومت اکسیداسیون سرامیک‌های فوق دما بالای یکپارچه مبتنی بر ZrB₂ دارد. اگرچه دماغه صفر فقط از سرامیک‌های فوق دما بالا به شکل پوشش استفاده کرد، اما ساخت آن منجر به آشنایی بیشتر با نحوه رسوب‌دادن سرامیک‌های فوق دما بالا توسط اسپری پلاسما روی ساختارهای متقارن محوری، طراحی و ساخت یک رابط مکانیکی بین دماغه و بدنه اصلی سازه، و آشنایی با نحوه تست یک دماغه نوک تیز در تونل باد پلاسما شد.

استفاده از سیستم‌های حفاظت حرارتی غیرفعال^۱ (TPS) برای سازه‌هایی که با سرعت مافوق صوت حرکت می‌کنند، یا سازه‌هایی که به جو زمین وارد می‌شوند، ضروری است. بدنه سازه در هنگام ورود مجدد به جو زمین، در برابر شارگرایی زیادی قرار می‌گیرد که محافظت از بدنه سازه را ضروری می‌سازد. مواد TPS را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم‌بندی کرد: در یک دسته حفاظت حرارتی از طریق فرآیندهای شیمیایی گرماگیر مانند ذوب، تصعید یا پیرولیز^۲ موادی که معمولاً عایق‌هایی با هدایت حرارتی کم مانند کامپوزیت‌های کربن-فنولیک هستند، حاصل می‌شود. دسته دیگر موادی هستند که قابل استفاده مجدد می‌باشند. این مواد باید بتوانند بارهای آیرودینامیکی را در دماهای عملیاتی بسیار بالایی که در هنگام ورود مجدد به جو وجود دارد، تحمل کنند.

سرامیک‌های یکپارچه و کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی مانند کامپوزیت‌های کاربرد سیلیکون تقویت‌شده با فیبرکربن (C/SiC) از انواع TPS‌های قابل استفاده مجدد هستند. ترکیبات سرامیکی مبتنی بر بوریدهای فلزی، مانند دی‌بورید زیرکونیوم (ZrB₂) و دی‌بورید هافنیوم (HfB₂)، معمولاً به عنوان سرامیک‌های فوق دما بالا^۳ (UHTCs) شناخته می‌شوند. این دسته از مواد به دلیل نقطه ذوب بالا (ZrB₂) (۳۰۴۰) درجه سانتی‌گراد، HfB₂ (۳۲۵۰ درجه سانتی‌گراد) و مقاومت در برابر اکسیداسیون نسبتاً خوب آن‌ها برای استفاده در شرایط محیطی ای همچون شرایط ورود مجدد به جو، مناسب می‌باشند. در چارچوب پروژه وسیله نقلیه فضایی بدون سرنشین^۴ (USV)، از سال ۲۰۰۰ مرکز تحقیقات هوافضای ایتالیا^۵ (CIRA) سرامیک‌های فوق دما بالای یکپارچه را مورد مطالعه، توسعه و آزمایش قرار داده است تا از آن‌ها استفاده کند. در شکل ۱ نقشه راه CIRA از فعالیت‌های آزمایشی انجام‌شده بر روی دماغه‌های مختلف تا سال ۲۰۱۳ خلاصه شده است.

1. Passive thermal protection systems
2. Pyrolysis
3. Ultra-High-Temperature Ceramics
4. Unmanned space vehicle
5. Italian Aerospace Research Centre
6. Stagnation point
7. sintering

افزودن SiC مقاومت در برابر اکسیداسیون سرامیک‌های مبتنی بر دی‌بوریدها را تا دمای ۱۶۰۰ درجه سانتی‌گراد از طریق تشکیل بوروسیلیکات افزایش می‌دهد. نوک مخروطی دماغه‌ها با پرس گرم تک‌محوری در خلاء، از مخلوط پودری شرح داده شده، ساخته شدند. اوج دما، زمان ماندن و فشارهای اعمالی ۱۸۲۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۵ دقیقه، ۳۰ مگاپاسکال برای مواد دماغه یک، و ۱۹۰۰ تا ۱۹۴۰ درجه سانتی‌گراد، ۴۵ دقیقه، ۴۰ مگاپاسکال برای مواد دماغه دو بود. رسانایی الکتریکی نسبتاً بالای ترکیبات، اجازه می‌داد تا اشکال نهایی هر دو نوک دماغه، از بیلتهای متخلخل با ماشینکاری تخلیه الکتریکی (EDM) ساخته شود. اگرچه سطوح تولیدشده با این روش نسبت به ماشین کاری با ابزار الماس‌دار زبری بالاتری داشتند اما برای تولید قطعات پیچیده‌تر موثرتر بودند.

در سازه‌های داغ، پارامترهایی مانند گسیلندگی (نسبت تابش سطح به تابش جسم سیاه در دما و طول موج یکسان) و کاتالیسیته باید علاوه‌بر خواص ترمومکانیکی معمولی ارزیابی شوند. تشعشع می‌تواند به مکانیسم اصلی برای انتقال حرارت در ارتفاعات بالا، زمانی که همرفت کم است، تبدیل شود. کاتالیسیته نیز مهم است زیرا یک وسیله نقلیه فضایی هنگام عبور از جو، یک موج ضربه‌ای ایجاد می‌کند که منجر به دماهای بسیار بالا از باز ترکیب گونه‌های برانگیخته و یونیزه شده (اتم‌ها، مولکول‌ها، یون‌ها و الکترون‌ها) می‌شود.

تست دماغه‌ها در تونل باد پلاسما

دماغه صفر در سه اجرای متوالی در تونل باد پلاسما با شار حرارتی حدود ۱۱۰۰ کیلووات بر مترمربع در نقطه سکون و زمان کلی حرارت‌دهی حدود ۱۴۰ ثانیه مقاومت کرد. پس از انجام آزمایشات، تغییرات ناچیزی در سطوح خارجی مشاهده شد. دماغه یک با شار حرارتی ۱۲۰۰ کیلووات بر مترمربع در نقطه سکون آزمایش شد و قرار بود ۷۲ ثانیه دوام بیاورد. در حالی که پوشش آن در برابر بار حرارتی به خوبی مقاومت می‌کرد، یک شکست غیرمنتظره در نوک یکپارچه رخ داد. پس از ۲۸ ثانیه، نوک یکپارچه به دو قسمت بزرگ شکست و چندین تکه کوچک‌تر نیز تولید کرد (شکل ۳). پس از آزمایش، علل شکست برای شناسایی اقدامات اصلاحی با هدف بازتولید دماغه، مورد مطالعه قرار گرفت.

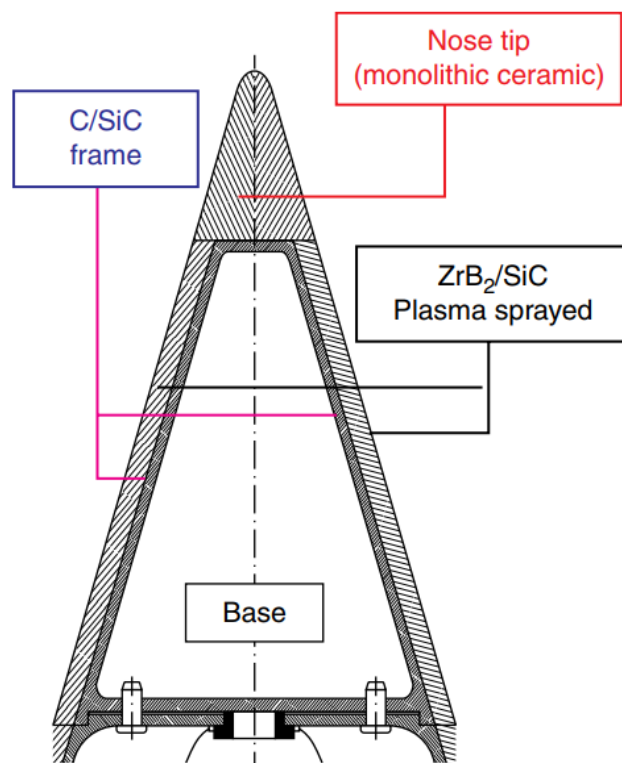
شکل ۳: شکست دماغه یک



8. Electrical discharge machining

پس از آن دماغه یک و دماغه دو برای مطالعه بر روی مقولات پیچیده‌تری همچون اتصال کامپوزیت‌های C/SiC یا سرامیک‌های فوق دما بالا در ابعاد بزرگتر به زیرسازه‌ها، ساخته شدند. همچنین بر روی نحوه رسوب‌دهی پوشش‌های مبتنی بر سرامیک‌های فوق دما بالا بر روی ساختارهای نسبتاً بزرگ و پیچیده تحقیق شد.

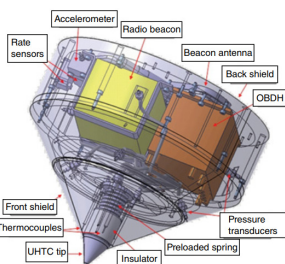
نوک مخروطی دماغه یک و دماغه دو، مبتنی بر ZrB₂ با ارتفاع ۱۰۰ میلی‌متر بود که به یک پایه مخروطی کوتاه (ارتفاع ۴۰۴ میلی‌متر و قطر ۳۰۴ میلی‌متر) با هسته گرافیت و یک لایه خارجی C/SiC متصل شده بود (شکل ۲). همان پوشش استفاده‌شده در دماغه صفر، (ZrB₂ و SiC به ترتیب با ۷۵ و ۲۵ درصد وزنی) توسط اسپری پلاسما بر روی پایه‌های مخروطی کوتاه هر دو نمونه اولیه به منظور بهبود مقاومت در برابر اکسیداسیون آن‌ها رسوب داده شد. در مورد دماغه یک، چسبندگی پوشش به بستر C/SiC به دلیل ضخامت نسبتاً زیاد پوشش (حدود ۱ میلی‌متر) یکنواخت نبود. این مشکلات چسبندگی در پایه C/SiC دماغه دو که ضخامت پوشش به حدود ۵۰۰-۳۰۰ میکرومتر کاهش یافته بود، مشاهده نشد.



شکل ۲: شماتیک دماغه یک و دو

ترکیب شیمیایی نوک مخروطی دماغه تفاوت اصلی دماغه یک و دو بود: ترکیب با پایه‌ی ZrB₂ به همراه ۱۵ درصد حجمی SiC و ۲ درصد حجمی MoSi₂ برای دماغه یک و ترکیب با پایه‌ی ZrB₂ به همراه ۱۰ درصد حجمی HfB₂، ۱۵ درصد حجمی SiC و ۲ درصد حجمی MoSi₂ برای دماغه دو. افزودن SiC با کاهش دمای تفجوشی سرامیک‌های فوق دما بالای مبتنی بر دی‌بورید، به بهبود این فرایند و همچنین بهبود مقاومت در برابر اکسیداسیون منجر شد. در واقع اکسیداسیون ZrB₂ خالص بالای ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد B₂ O₃ تولید می‌کند که قادر به تشکیل یک اکسید پایدار و محافظ نیست.

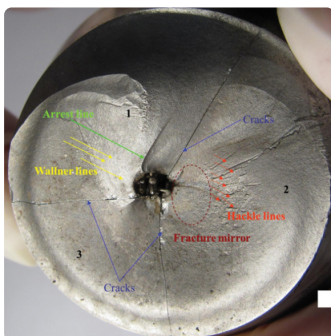
با سرعت ۳ کیلومتر بر ثانیه با زاویه مسیر پرواز ۸۸ درجه پرواز می‌کرد. این پرواز بالستیک به ارتفاع بیش از ۷۰۰ کیلومتری رسید. جمع‌آوری داده‌ها با رایانه داخلی انجام شد و بقای داده‌ها در واحد حافظه به دلیل طراحی بدنه که از سیستم‌های داخلی در تمام مراحل پرواز محافظت می‌کرد، موفقیت‌آمیز بود.



شکل ۴: کپسول SHARK

این سیستم قادر به دریافت اطلاعات از ۱۵ ترموکوپل و ۱۶ کانال آنالوگ بود. هر کانال دما به ترموکوپل نوع K متصل شد: سه کانال در داخل نوک سرامیکی، برخی در ناحیه جلویی نزدیک به سطح خارجی و برخی در داخل سازه برای ارزیابی اثرات گرمایش بر سیستم‌های داخلی نصب شده بودند. بازیابی کپسول در ۱ ژوئیه ۲۰۱۰ از طریق یک سیستم مکان‌یاب ماهواره‌ای انجام شد. ساختار فلزی در شرایط خوبی پیدا شد در حالی که نوک سرامیکی آن به چهار قسمت شکسته شده بود که تنها سه قسمت از آن بازیابی شد. رنگ روی سپر فولادی ضد زنگ جلو کاملاً با گرمایش آیرودینامیکی پاک شده بود، در حالی که در قسمت پشتی سالم بود. که ثابت می‌کند حالت ورود به جو، حالت نامی بوده است (یعنی غلت نمی‌خورد). تجزیه و تحلیل پس از پرواز نشان داد که نوک سرامیکی در طول پرواز پاره شده است. ترموکوپل قرار داده‌شده در نوک یک افزایش ناگهانی دما را اندازه‌گیری کرد و سپس سیگنال از بین رفت. در همان زمان، مبدل‌های فشار درست پایین دست نوک سرامیکی، تغییرات فشار را به دلیل ویژگی‌های آیرودینامیکی متفاوت کپسول پس از شکستگی نوک اندازه‌گیری کردند. رابط مکانیکی به گونه‌ای طراحی شده بود که به بخشی از نوک سرامیکی اجازه می‌داد از ضربه جان سالم به در ببرد و امکان تجزیه و تحلیل پس از پرواز را در سرامیک نوک دماغه فراهم کند. شتاب‌سنج‌ها کاهش ضربه پس از که در طول انتقال از رژیم مافوق صوت به رژیم مادون صوت رخ داد، حس کردند. در طول مرحله ورود مجدد، نوک سرامیک در معرض شار حرارتی حدود ۹ مگاوات بر متر مربع قرار گرفت و کل کپسول شتاب کاهنده بیش از 40g را تجربه کرد. شکستگی نوک سرامیکی توسط یک نقص کوچک ایجادشده در حین ماشین‌کاری قطعه یا در طول آخرین آزمایش‌های زمینی ایجاد شد. بر اساس قطعات بازیابی‌شده نوک سرامیکی، تجزیه و تحلیل‌های گسترده‌ای از مکانیسم خرابی و علل احتمالی آن انجام شد. دو نوع شکستگی شناسایی شد. به نظر می‌رسد هر دو شکستگی در سوراخ پایینی، ساخته‌شده توسط ماشین‌کاری تخلیه الکتریکی^۹ (EDM)، که در آن ترموکوپل‌ها قرار داشتند، رخ داده است. در شکل ۵، سطح شکستگی نوک دماغه با تمام یافته‌های فاکتوگرافی و سوراخ ترموکوپل‌ها نشان داده شده است.

شکل ۵: سطح شکستگی نوک دماغه در پروژه SHARK



منبع:

Ultra-High Temperature Ceramic
materials for extreme environment applications
William G. Fahrenholtz
Eric J. Wuchina
William E. Lee
Yanchun Zhou

9. European eXPERimental Reentry Test-bed

10. Sounding Hypersonic Atmospheric Reentering "Kapsule"

11. onboard computer

به طور خاص، توجه بر روی سوراخ رزه‌دار تولیدشده در فرایند ماشین‌کاری در نوک یکپارچه دماغه، برای اتصال آن به پایه C/SiC با استفاده از یک پیچ تیتانیوم متمرکز شد. آنالیزهای میکروسکوپی نوری و الکترونی انجام‌شده بر روی قطعات شکسته، ریزترک‌هایی را که به دلیل فرآیند ماشین‌کاری روی سطح رزه وجود داشت، نشان داد. دمای پایین در لحظه شکست و تجزیه و تحلیل‌های میکروسکوپی منجر به این نتیجه شد که شکست، ناشی از غلظت بارهای میکرومکانیکی روی ریزترک‌های موجود در داخل نوک است که با پیچ تیتانیوم در تماس بودند.

در نتیجه با توجه به نتایج دماغه یک، ساخت دماغه دو به تعویق افتاد و اتصال بین نوک و پایه دوباره طراحی شد. به طور خاص، رابط مکانیکی بین نوک یکپارچه و پایه C/SiC به یک اتصال‌دهنده فلزی از پیش بارگذاری‌شده با یک فنر تغییر یافت، که از استفاده از هرگونه محور یا سوراخ رزه‌دار اجتناب می‌کرد. فنر امکان کنترل پیش‌بار اعمال‌شده را حتی در حضور انبساط حرارتی فراهم می‌کرد و تنش‌های ناشی از گرمایش را به حداقل می‌رساند. در نهایت نوک یکپارچه با دو سنسور دما و یک کرنش‌سنج مبتنی بر فیبر نوری، بدون ایجاد تنش در قطعه نصب گردید.

سه آزمایش پلاسما روی دماغه دو انجام شد. اولین مورد در شرایط مشابهی که برای تست دماغه یک استفاده شد، اجرا شد و دماغه دو بار گرمایی را در طول مدت آزمایش حفظ کرد. دومین آزمایش متوالی با موفقیت انجام شد و شار حرارتی را تا ۲/۱ مگاوات بر مترمربع برای ۱۰۸ ثانیه رساند. دمای اندازه‌گیری‌شده در نقطه سکون در نوک حدود ۱۸۰۰ درجه سانتی‌گراد بود. در پایان آزمایش، هیچ آسیبی مشاهده نشد. در نهایت، اجرای سوم، شار حرارتی را تا ۴/۵ مگاوات بر مترمربع افزایش داد. پس از ۳۰ ثانیه از قرارگرفتن در معرض شار حرارتی، دماغه دو دچار شکست شد.

از منظر واکنش‌های شیمیایی و ترمودینامیک، آزمایش‌های روی زمین نمی‌تواند همه جنبه‌های محیط پرواز مافوق صوت را بازتولید کند. از این رو، برای تکمیل حلقه دانش علمی و رابطه متقابل بین تحقیقات نظری، زمینی و پروازی، مواد باید در شرایط پرواز واقعی آزمایش شوند. برای این منظور، از فرمول‌های دماغه یک و دماغه دو به ترتیب برای پروژه‌های فن‌آورانه EXPERT^۹ و SHARK^{۱۰} استفاده شد. این دو پروژه ابزاری برای ارزیابی اجزای حرارتی مبتنی بر سرامیک‌های فوق دما بالا را در شرایط واقعی پرواز فراهم کردند. شرح و نتایج پروژه SHARK به اختصار به شرح زیر است.

SHARK

SHARK یک کپسول کوچک است (شکل ۴) که در مرکز تحقیقات هوافضای ایتالیا طراحی و ساخته‌شده و بر روی موشک اروپایی MAXUS8 که در ۲۶ مارس ۲۰۱۰ از پایگاه فضایی ESRANGE پرتاب شد، نصب شده بود. نود ثانیه پس از پرتاب و در ارتفاع ۱۹۲ کیلومتری، SHARK زمانی رها شد که موشک

واحد‌های صنعتی در آلمان، به مهارت‌های فنی و صنعتی دست یافت و در سال ۱۸۸۵، اولین ماشین بنزینی جهان با سه چرخ با استفاده از یک موتور تک سیلندر چهارزمانه را اختراع کرد و در ۲۹ فوریه ۱۸۸۶ اولین خودروی مدرن جهان توسط مهندس کارل بنز ساخته شد. در دنیای خودروسازی او مفتخر است که اولین خودروی مدرن را ساخته و از بنیان‌گذاران مرسدس بنز آلمان است.

مهندس آلمانی، پیش‌تاز صنعت موتورهای دوار

نام «فلیکس هاینریش وانگل» در صنعت با نام موتورهای دوار گره خورده است. این آلمانی سرشناس در صنعت موتور، بیشتر به عنوان مهندس اتومبیل و طراح موتور ماشین شهرت دارد. وانگل نخستین طراحی رسمی خود را از موتور دوار در سال ۱۹۵۴ انجام داد. نخستین نسخه موتور DKM ۵۷ نام داشت و توان آن ۲۱ اسب بخار بود. این موتور در سال ۱۹۵۷ آزمایش شد.

از اختراع موتور دیزل تا پایان غم انگیز دریا

گسترش صنعت موتورسازی در جهان هیچگاه متوقف نشد و هر روز ایده‌هایی جدید تبدیل به اختراعات بزرگی شدند. «رودلف دیزل»، دیگر مهندس آلمانی تباری بود که نقش بزرگی در صنعت موتور ایفا کرد. تجربه موفق مهندسی را به‌طور عملی در ماشین‌آلات‌سازی برادران زولزر در وینترتور سوئیس آموخت. دیزل نخست کارش را با تحقیق بر روی بخار آغاز نمود و پژوهش‌های او در رابطه با بهره‌وری سوخت، او را به سمت طراحی و ساخت موتور بخاری سوق داد که با بخار آمونیاک کار می‌کرد. اما این موتور، در مرحله آزمایش منفجر شد و خوشبختانه دیزل زمرگ حتمی، جان سالم به در برد تا فعالیت‌های علمی‌اش همچنان ادامه یابد. در سال‌های بعد، کار طراحی موتور را با هدف بهره‌وری بیشتر آن آغاز نمود و تلاش کرد تا موتور جدیدش را بر پایه چرخه کارنو طراحی نماید. اما از این طرح منصرف شد و کار بر روی طرحی از خود را آغاز نمود که سپس به افتخار او موتور دیزل نام گرفت. پرونده زندگی پر تلاش دیزل در سفری دریایی به طور مبهمی بسته شد تا جهان از نعمت وجود چنین مهندس پرتلاشی بی‌بهره بماند. ادامه دارد...

مهندسی مکانیک بهشت برین دنیای ریاضیات است. دنیایی که بازی اعداد و ارقام آن را دلنشین و فانتزی‌تر کرده است. در وسط این دنیای رنگی، عده‌ای عاشق بی‌ریای بهشت شدند و در از شهد مهندسی مکانیک می‌نوشتند! در این شماره از برش به سراغ موضوعی چالشی در دنیای مکانیک رفتیم و با هم درباره پدران صنعت موتور بیشتر خواهیم خواند.

پدر انقلاب صنعتی از فیزیک تا مکانیک

همه چیز با طرح یک موضوع ساده شروع شد. آن هم در قرن ۱۸ میلادی. زمانی که کمتر کسی به فکرش می‌رسید جوانی از اسکاتلند بتواند با همکاری استاد و خانواده‌اش، انقلابی بزرگ در صنعت ایجاد کند. اما او توانست موتور نیمه‌تمام «دنی پین» فیزیک‌دان فرانسوی و «توماس نیو کامن» را با توسعه و بهبود به جهان صنعت عرضه کند و در واقع جیمز وات با تکمیل دیگ بخار، خدمت بزرگی به فیزیک و مکانیک کرد. بعدها اختراع چگال‌گر بخار موجب صرفه‌جویی زیادی در مصرف سوخت و گسترش استفاده از نیروی بخار شد.

پدر بزرگ دایملر، از صنعت تا ظهور بنز

در دنیای علم و فناوری، نام موتور با نام مهندسان مکانیک گره خورده است و موتور قلب محرک هر وسیله نقلیه‌ای است. مهندس «دایملر» آلمانی، یکی از پیشگامان ساخت موتورهای درون‌سوز و مخترع موتورهای بنزینی با سرعت بالاست و او را پدر بزرگ موتورهای داخلی لقب داده‌اند. وی به عنوان طراح و سازنده اولین خودروهای چهارمحوره، شناخته می‌شود. دایملر و یار فنی مادام‌العمرش «می‌باخ»، دو مخترع در صنعت خودروسازی بودند که تقریباً تمامی عمرشان را در زمینه ساخت و بهبود موتورهای بنزینی کوچک‌تر ولی با سرعت بالاتر گذراندند. بعدها ورود او به عرصه خودروسازی آلمان منجر به تأسیس یک کمپانی شد که امروز قسمتی از مرسدس بنز است.

از رفاقت با دایملر تا اختراع قایق موتوری

مهندس و طراح صنعتی صاحب‌نشان می‌باخ، با همکاری دایملر در ساخت موتورهای احتراق داخلی و موتورهای چهارزمانه خوش درخشیدند. اولین موتورسیکلت و قایق موتوری در جهان، حاصل تلاش‌هایی خردمندانه در صنعت علمی دنیا بود.

کارل بنز، طراحی موتور خودرو

«کارل بنز» شروع کارش از کارخانه فنی کارلسروهه بود. با رفتن به



طی دو دهه اخیر محدود بودن منابع فسیلی، مشکلات ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای و مسائل زیست محیطی ضرورت توجه بیش از پیش به انرژی‌های تجدیدپذیر را بشدت آشکار ساخته است. انرژی خورشیدی، انرژی بادی، انرژی زیست‌توده و انرژی زمین‌گرمایی نمونه‌هایی از انرژی‌های تجدیدپذیر هستند؛ اما یکی از این انرژی‌های تجدیدپذیر که کمتر به آن پرداخته شده انرژی امواج دریا است.

با توجه به نقشه‌های پتانسیل انرژی امواج، کشورهای استرالیا، آمریکا، دانمارک، انگلیس، نروژ و سوئد دارای بیشترین پتانسیل هستند و طبیعتاً رشد صنعتی قابل توجهی در این زمینه داشته‌اند. در ایران انرژی امواج از پتانسیل کمی برخوردار است و از طرفی با توجه به ارزان و در دسترس بودن سوخت‌های فسیلی، تولید برق از امواج صرفه اقتصادی ندارد. در نتیجه سرمایه‌گذاری زیادی در این زمینه صورت نگرفته است.



چهارشنبه ۳۱ شهریور، انجمن علمی دانشکده مکانیک میزبان مهندس فرشید ابراهیمی از فعالان بخش رسانه حوزه بین‌الملل انرژی‌های نو فراساحل بود تا تکنولوژی‌ها و شرکت‌های فعال در این حوزه را به علاقه‌مندان معرفی کند.

مکانیزم‌ها

در اغلب سیستم‌هایی که در این زمینه در جهان دیده می‌شوند، تبدیل انرژی امواج به صورت مکانیکی و مستقیم انجام می‌شود؛ برای مثال:

۱- CORPOWER'S WAVE ENERGY CONCEPT (ساخت سوئد)

این سیستم متشکل از یک بویه است که در داخل آن به وسیله بازوهای متحرک با حرکت امواج و بالا و پایین شدن بویه، انرژی مکانیکی به برق تبدیل می‌شود. چشم‌انداز این طرح تولید دو مگاوات برق توسط هر کدام از این بویه‌ها است.

۲- (CETO Technology (Power Take - Off (PTO) (استرالیا)

این شرکت به منظور افزایش بازده سیستم از سنسورهای استفاده کرده که مشخصات امواج را بررسی می‌کند و مطابق با آن در اجزای داخلی سیستم تغییراتی رخ می‌دهد تا فرایند تولید برق بهینه‌تر شود.

۳- Flow Power green energy (نروژ)

این سیستم عموماً در کنار سازه‌های فراساحلی که دارای نیروی انسانی هستند مستقر می‌شود و توانایی تولید برق از سه منبع باد، موج و جزر و مد را دارا است. از برق تولیدشده و آب دریا، آب شیرین تولید می‌کند و در دسترس سکوی مجاور قرار می‌دهد.

۴- POWERPIER Havkraft Wave Energy Converters (H-WEC) (نروژ)

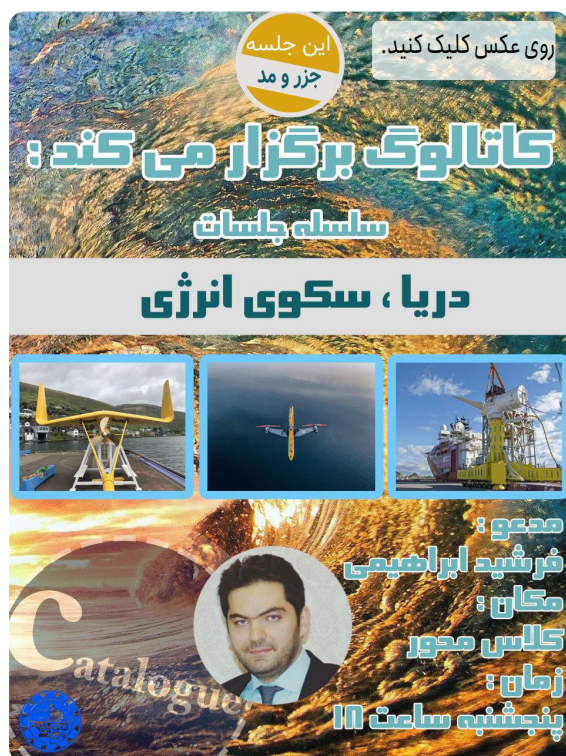
این سیستم با سیستم‌های قبل یک تفاوت اساسی دارد؛ یک سازه بزرگ با مخازنی که آب دریا از کف به آن‌ها وارد می‌شود و با حرکت آب داخل مخزن در اثر امواج دریا هوای بالای آب به سمت یک توربین هدایت و باعث تولید برق می‌شود.

چالش‌های اصلی

با توجه به اینکه بیشتر حجم این سازه‌ها در داخل آب قرار دارد، در نتیجه اصلی‌ترین چالش، جلوگیری از برخورد و چسبیدن گیاهان و جلبک‌ها به این سازه هاست. مسئله دیگر مورینگ و در مجموع پایداری سیستم است که بتواند در شرایط مختلف جوی از آسیب‌رسیدن به قسمت‌های حساس جلوگیری کند.

در داخل

همانطور که گفته شد، استفاده از انرژی موج در ایران صرفه اقتصادی ندارد اما به این معنی نیست که ایران نمی‌تواند سهمی در بازار تولید و یا بهبود قطعات و حتی کل سیستم‌ها داشته باشد. همه شرکت‌ها و تکنولوژی‌هایی که توضیح داده شد، هر قسمت از سیستم طراحی شده خود را از یک کشور تهیه می‌کنند و این یعنی ما نیز می‌توانیم سهمی در این بازار داشته باشیم.



در جلسه دیگری از سلسله جلسات «دریا سکوی انرژی»، جناب آقای فرشید ابراهیمی فعال در زمینه رسانه انرژی های نو فراساحل - به معرفی تکنولوژی و شرکت های فعال در حوزه تولید برق توسط جزر و مد پرداختند.

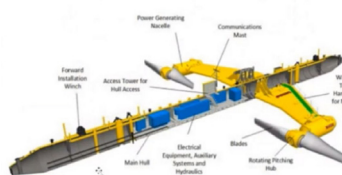
به طور کلی انرژی کشندی tidal power یا انرژی جزر و مد، شکلی از انرژی آبی از انواع انرژی های تجدیدپذیر می باشد. گرچه هنوز استفاده از انرژی جزر و مد فراگیر نشده است اما می تواند یکی از منابع تولید برق آینده باشد.

در میان منابع انرژی تجدیدپذیر، استفاده از انرژی کشندی همیشه با مشکل هزینه بالا و محدودیت در مکان های با کشند شدید یا سرعت بالای جریان آب روبه رو بوده است. با این وجود، بسیاری از پیشرفت های اخیر در طراحی (مانند نیروگاه کشند دینامیکی، تالاب های کشندی) و هم در تکنولوژی توربین (مانند توربین های جدید محوری و کراس فلو) نشان می دهد که کل برق کشندی موجود ممکن است از آنچه تا پیش از این فرض می شد بسیار بیشتر باشد و ممکن است هزینه های اقتصادی و زیست محیطی آن هم به سطح قابل رقابتی کاهش یابد.

با توجه به نقشه جهانی پتانسیل انرژی جزر و مد، سواحل استرالیا و اطراف اقیانوس هند و در اروپا اطراف آب های انگلیس، ایرلند و اسکاتلند دارای پتانسیل خوبی برای استفاده از انرژی جزر و مد هستند.

در ایران، با توجه به مقاله ای از دکتر چگینی و همکارانشان که در آن به بررسی پتانسیل انرژی جزر و مد در خلیج فارس و دریای عمان پرداخته شده است، هرچه به سمت شرق خلیج فارس می رویم و به سمت دریای عمان مقادیر اختلاف جزر و مدی بیشتری مشاهده می شود. به نظر می رسد استفاده از انرژی جزر و مد در ایران، قابل توجه تر از انرژی باد و امواج می باشد. همچنین بهترین نقاط برای تولید برق تنگه بین جزیره قشم و بندرعباس می باشند.

یک نمونه از سیستم های جذاب معرفی شده، سیستم orbital ۰۱، orbital ۰۲ ساخت کشور اسکاتلند توسط کمپانی orbital marine power می باشد. اجزای مختلف آن در شکل زیر نمایش داده شده است.



همان طور که مشاهده می شود، این سیستم شبیه یک کشتی است که روی آب شناور شده و توربین ها به صورت بال از آن آویزان می شوند.

از مزایای این سیستم آن است که اولاً برای نصب نیازی به جرثقیل سنگین ندارد و مانند کشتی که توسط مورینگ لاین مهار شده، می تواند در هر نقطه ای از دریا مستقر شده و برایتان برق تولید کند؛ دوماً هزینه های تعمیر و نگهداری آن به نسبت سایرین کمتر می باشد. حدوداً ۸۰ متر طول دارد و تا ۲ مگاوات (هر توربین ۱ مگاوات) توان برق تولیدی آن است. در داخل توربین و مخزن شناور انواع تجهیزات مختلف به کار گرفته شده است. این سیستم که به تازگی راه اندازی شده است، دارای بال هایی از جنس کامپوزیت می باشد تا توربین سبک شود و با کوچکترین نیرویی قابل چرخش شود.

مخزن دیتاسنتر این سیستم - ساخته شده توسط شرکت میکروسافت - در زیر آب قرار دارد؛ این کار چند مزیت عمده به همراه خواهد داشت. اول آنکه آب دریا باعث خنک شدن این سیستم ها می شود و دوم اینکه این مکانیزم می تواند از انرژی های نو مثل جزر و مد استفاده کند و برق داخل دیتاسنتر را نیز تولید کند. یک روش خلاقانه برای استفاده مجدد از کشتی های از رده خارج شده و غیر قابل استفاده، همین است که با این روش و مکانیزم آن ها را تغییر کاربری داده و از آنان به عنوان سیستم تولید برق از جزر و مد استفاده کرد.

در پایان، اسامی برخی از سایر تکنولوژی ها و شرکت های فعال در زمینه تولید برق در شکل زیر آورده شده است.

Item	Technology Name	Company	Country	Image
1	MayCov Tidal Stream project	Sierra Atlantic	Scotland	
2	Sablefish D10 Tidal Turbine	SABELLA	France	
3	Nova's M100-B Tidal Turbine	Nova Innovation	Scotland	

Item	Technology Name	Company	Country	Image
4	Orbital 01 Orbital 02	Orbital Marine Power	Scotland	
5	ATRE tidal energy converter	Marine Energy	Spain	
6	SeaGen Tidal Turbine (MCT)	Marine Current Turbines	Ireland	

Item	Technology Name	Company	Country	Image
7	OpalHydro Tidal Turbine	OpalHydro	Ireland	
8	Dragon Class	Minesto	Sweden	

این جلسه
انرژی باد

روی عکس کلیک کنید.

کاتالوگ برگزار می کند:

سلسله جلسات

دریا، سکوی انرژی



مدعو:

امیر فرش فروش ایمانی

دانشجوی مهندسی دریا دانشگاه صنعتی شریف

سابقه کار و فعالیت در رشته مرتبط

مکان: کلاس محور - زمان: پنجشنبه ساعت ۱۱

می دهد. الان تمام دنیا به سمت استفاده از این امر می رود.»

وی تأکید کرد: «باید نگاه ویژه ای به انرژی های تجدیدپذیر کرد. در هر صورت دنیا دیر یا زود به سمت استفاده از آن خواهد رفت و یادگرفتن آن به سود شخص خواهد بود؛ زیرا بازار کار فردای خود را تأمین خواهد کرد.»

سرانجام سری جلسات «دریا، سکوی انرژی» بعد از برگزاری سه جلسه به پایان رسید.

در سومین جلسه از این سری جلسات، میزبان «امین فرش فروش ایمانی» دانشجوی دکترای مهندسی دریا دانشگاه صنعتی شریف با محوریت انرژی باد بودیم.

فرش فروش ایمانی در ابتدای جلسه در خصوص دو جلسه گذشته «دریا سکوی انرژی» اظهار داشت: «موضوعات مرتبط با دریا در هم تنیده است. من سعی دارم موضوعات جلسه سوم را در کنار دو جلسه قبل بگذارم تا بتوان بهره بیشتر و مثبت تری از آن برد.»

او با تأکید بر لزوم نگاه به انرژی باد در دریا افزود: «با توجه به کاهش منابع فسیلی، انرژی های تجدیدپذیر از جمله انرژی باد، بیش از پیش مورد استفاده هستند.

این دانشجوی دریا ادامه داد: «به طور مثال، در چین بعد از افزایش شدید قیمت زغال سنگ، کشور به سمت استفاده هر چه بیشتر انرژی های تجدیدپذیر رفت که اهمیت این موضوع را نشان

صد سال بعد، پس از خروج از یک شرکت فناوری اطلاعات دیگر در سال ۲۰۱۲، Tuomas Riski، مدیرعامل Norse power، شروع به جستجوی یک مفهوم جدید بالقوه فناوری پاک کرد. فناوری‌ای که تأثیر زیادی بر انتشار جهانی CO2 دارد و پایه‌ای برای یک شرکت تازه‌کار است.

او به طور اتفاقی با تیمی از افراد، از جمله معمار مشهور دریایی، پروفیسور «Dr.H.C Kai Levander» از فنلاند ملاقات کرد؛ که ایده‌ای ارائه یک روتور مدرن فلتتر به بازار را داشتند. در نهایت، ایده‌های آن‌ها در Norse power منعکس شده است؛ یعنی همان بادبان‌های روتور. از این اتحاد اصول شناخته شده و نوآوری جدید، فناوری Rotor Sail متولد شد. بنیان‌گذاران تصمیم گرفتند محصولات Norse power را Rotor Sails بخوانند. با نام محصولی مانند این، می‌توان به بازار اعلام کرد که محصول Norse power نسخه‌ی مدرن‌شده روتور فلتتر است که در واقع دقیقاً همان کار بادبان یک کشتی بادبانی را انجام می‌دهد. بعداً این نام به طور کلی مترادف با روتورهای فلتتر شد.

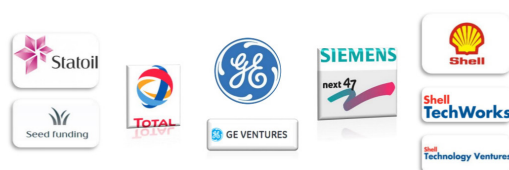
از زمان تأسیس شرکت، بیش از ۲۰ میلیون دلار برای تسهیل توسعه، اجرای آزمایشی و تجاری‌سازی جمع‌آوری شده است. سرمایه‌گذاران اصلی که از Norse power حمایت می‌کنند، Power Fund III OGCI Lifeline، EAKR Aloitusrahasto Oy، Valve Ventures Oy و Korkia Venture Insight هستند.



روی عکس کلیک کنید.



در سال‌های اخیر، غول‌های انرژی جهان جزو پیشگامان تقویت اکوسیستم استارت‌آپی این حوزه بوده‌اند. در نگاه آن‌ها، استارت‌آپ‌ها بیش از آن که به عنوان رقیب شرکت‌های بزرگ حوزه انرژی مطرح شوند، همکاری قابل‌انکس و البته جذاب برای سرمایه‌گذاری و تملک به حساب می‌آیند. در واقع شکل‌گیری اکوسیستم استارت‌آپی حول شرکت‌های بزرگ حوزه انرژی، موضوعی قابل مشاهده و دارای روندی روبه‌رشد بوده است. برخی شرکت‌های بزرگ که بزرگ‌ترین سرمایه‌گذاران استارت‌آپ‌های انرژی‌های پاک به شمار می‌روند، در تصویر زیر قابل مشاهده‌اند:



استارت‌آپ‌ها نیز همواره به دنبال ارائه راهکارهای ساده و خلاقانه در جهت کاهش مصرف انرژی و سوخت‌های فسیلی و استفاده بهینه از انرژی‌های پاک نظیر انرژی باد، موج، جزر و مد، انرژی خورشیدی و ... بوده‌اند.

در تصویر زیر، استارت‌آپ‌های حوزه انرژی، به تفکیک جایگاه در زنجیره فعالیت‌ها یعنی تولید، توزیع، مصرف، مدیریت و برنامه‌ریزی حوزه انرژی آورده شده است.

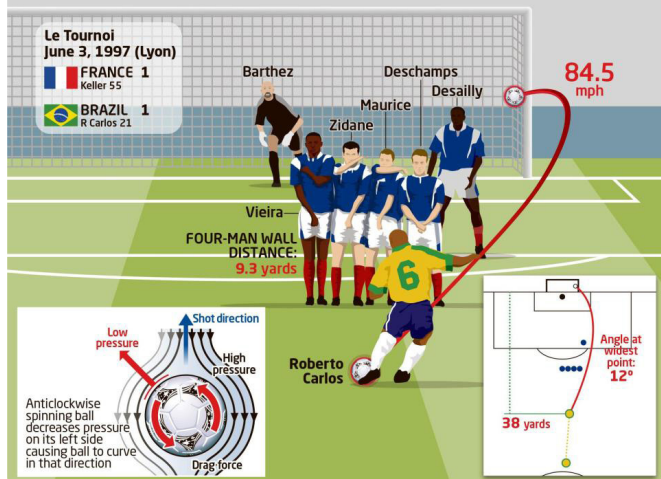


یکی از این استارت‌آپ‌ها، شرکت Norse power در کشور فنلاند می‌باشد که به عنوان یکی از استارت‌آپ‌های موفق در صنایع دریایی شناخته می‌شود. این شرکت، به ارائه رویکردی نوین در استفاده از نیروی باد پرداخته است. مبلغ آخرین قرارداد این شرکت، در حدود ۱/۶ میلیون دلار و کل سرمایه جذب‌شده توسط این شرکت در حدود ۷/۵ میلیون دلار می‌باشد.

داستان شرکت Norse power از کجا شروع شد؟

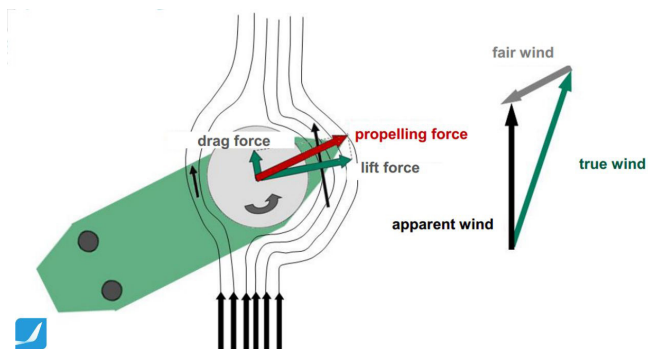
Norse power در اواخر سال ۲۰۱۲، با هدف کاهش اثرات زیست‌محیطی حمل‌ونقل از طریق فناوری Rotor Sail Solution تأسیس شد. مفهوم روتور فلتتر اولین بار توسط مخترع و معمار فنلاندی «سیگورد ساوونیوس» در دهه ۱۹۲۰ و همزمان با مهندس آلمانی «آنتون فلتتر» ابداع شد. اولین عبور از اقیانوس اطلس - توسط یک کشتی که فقط از روتورهای فلتتر استفاده می‌کرد - در سال ۱۹۲۶ انجام شد که این اصل را ثابت کرد. با این حال، چالش‌های فنی و وضعیت بازار مانع از کاربرد گسترده‌تر شد.

THE 'IMPOSSIBLE' FREE KICK: ROBERTO CARLOS GOAL



برای مشاهده گل روبرتو کارلوس تحت اثر مگنوس روی عکس کلیک کنید.

بر اساس قانون اول نیوتن، تا زمانی که نیرویی به جسم وارد نشود، سرعت و مسیر حرکت آن جسم تغییر نخواهد کرد. وقتی بازیکنی به توپ ضربه می‌زند، سرعت و مسیر حرکت اولیه توپ مشخص می‌شود. اما نکته قابل توجه اینجاست که در میانه راه، جهت حرکت تغییر می‌کند. علت این مسئله به حرکت اسپین توپ برمی‌گردد. هنگامی که زنده ضربه، نقطه‌ای غیر از مرکز توپ را هدف می‌گیرد، توپ شروع به چرخیدن به دور محور خودش می‌کند. در این حالت، توپ از روی زمین بلند شده و به حرکت در می‌آید. هوا در دو طرف (چپ و راست) توپ جریان دارد و رفته‌رفته از سرعت آن می‌کاهد. در یک سمت، حرکت هوا در خلاف جهت چرخش توپ است. در نتیجه، فشار افزایش می‌یابد. در طرف دیگر، هوا و چرخش توپ هم‌جهت هستند. در این ناحیه، افت فشار اتفاق می‌افتد.



در ادامه، این اختلاف فشار بین دو طرف توپ به حدی می‌رسد که مسیر حرکت توپ به سمت ناحیه کم‌فشار متمایل می‌شود. به این پدیده، «اثر مگنوس» می‌گویند. این اتفاق در ورزش‌های دیگر و با توپ‌هایی مثل توپ بیسبال، توپ گلف و حتی فریزی هم رخ می‌دهد.

در کشتی‌های روتوری نیز با عبور جریان هوا از روی سطح این روتور، اثر مگنوس، نیرویی آیرودینامیکی ایجاد می‌کند. این نیروی آیرودینامیکی بر محور طولی استوانه و مسیر جریان عمود است. به دلیل نصب عمودی این استوانه‌های بلند، نیروی لیفت ایجاد شده به عنوان نیروی پیشران کشتی عمل می‌کند. منابع:

شرکت Norse power (بی تا) - <https://www.norsepower.com>، مجله فرادرس (۱۳۹۸)، باقری مقدم، ناصر امامی آل آقا، صدرا، جعفری، محمد مهدی. «سلسله گزارش‌های بررسی تجربیات جهانی شرکت‌های استارت‌آپ»، دانش بنیان فناوری، ۱۳۹۷

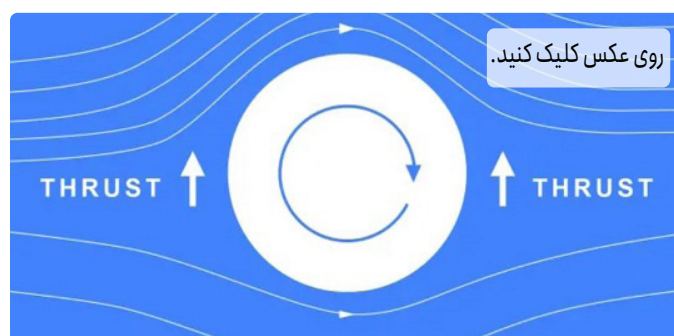
اما ایده و تکنولوژی اصلی کشتی‌های روتوری به چه صورت و

بر چه اساسی است؟

راه‌حل بادبان روتور بدین منظور است که از باد برای به حداکثر رساندن بهره‌وری سوخت کشتی استفاده شود. هنگامی که شرایط باد مساعد است، بادبان‌های روتور به موتورهای اصلی اجازه می‌دهند که به عقب برگردند؛ در نتیجه در مصرف سوخت صرفه‌جویی می‌کنند و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهند و در عین حال نیروی مورد نیاز برای حفظ سرعت و زمان سفر را فراهم می‌کنند. یک سیستم محرک الکتریکی متغیر که توسط شبکه ولتاژ پایین کشتی تغذیه می‌شود، برای چرخش بادبان روتور استفاده می‌شود. فناوری Norse power Rotor Sail تقریباً ده برابر کارآمدتر از بادبان‌های معمولی است؛ زیرا نیروی لیفت بیشتری با مساحت بادبان بسیار کوچک‌تر تولید می‌شود و همچنین به دلیل سادگی، در هنگام کار نیازی به ریفینگ یا توجه خدمه ندارد.

تعداد و اندازه بهینه بادبان‌های روتور Norse power بر اساس اندازه، سرعت و مشخصات عملیاتی کشتی مورد نظر است. بادبان‌های روتور Norse power در پنج اندازه با ارتفاع ۱۸، ۲۴، ۲۸، ۳۰ و ۳۵ متر موجود است. بخش‌های اصلی این سیستم عبارتند از:

- بادبان‌های روتور، که نیروی رانش به جلو را تأمین می‌کنند.
 - یک کنترل پل که به کاپیتان کنترل کامل عملکرد بادبان‌ها را می‌دهد.
 - یک سیستم کنترل کاملاً اتوماتیک که نیروی رانش به جلو را بهینه می‌کند.
 - یک منبع تغذیه الکتریکی با ولتاژ پایین برای هر بادبان روتور.
- بادبان‌های روتور Norse power نسخه‌های مدرن‌شده روتور فلت‌نر هستند. تکنولوژی بادبان روتور بر اساس اثر مگنوس می‌باشد. هنگامی که باد با بادبان روتور چرخان برخورد می‌کند، جریان هوا در یک طرف بادبان روتور تسریع می‌شود و در طرف مقابل بادبان روتور کاهش می‌یابد.



اثر مگنوس

در سال ۱۹۹۷ میلادی، در بازی فوتبال بین دو تیم برزیل و فرانسه، تیم ملی برزیل صاحب یک ضربه مستقیم شد. روبرتو کارلوس، توپ را در فاصله ۳۵ متری دروازه کاشت و پشت آن قرار گرفت. در حالی که بازیکنان حریف، دیوار دفاعی را به خوبی بسته بودند، این مدافع برزیلی یکی از به یادماندنی‌ترین گل‌های دوران بازی‌اش را به ثمر رساند. در ادامه به تشریح بیشتر اثر مگنوس می‌پردازیم.

و آموزش محیط طراحی دو بعدی (Sketcher)

پیشگفتار:

می توان عنوان کرد که حضور پررنگ رایانه ها و در پی آن، پدید آمدن نرم افزار هایی که قابل نصب بر روی این رایانه ها هستند، انقلابی در جهان مهندسی ایجاد کرد. این انقلاب، فقط شامل یک یا دو شاخه از مهندسی نمی باشد، بلکه اکثر رشته ها و شاخه های مهندسی متأثر از این تحول هستند. در ادامه این مطلب قصد داریم به سراغ معرفی و آموزش نرم افزار کتیا برویم؛ نرم افزاری که برای کارهای بزرگ ساخته شده است!

معرفی نرم افزار کتیا:

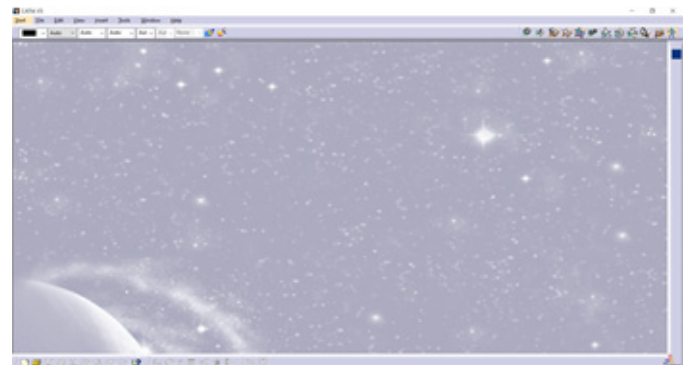
اگر با فضای طراحی ها مهندسی آشنا باشید و البته رشته تحصیلی تان هم مکانیک یا زیرمجموعه های آن مثل هوافضا، مهندسی دریا و ... باشد، حتماً نام این نرم افزار را حداقل یک بار شنیده اید.

عنوان نرم افزار کتیا (CATIA)، برگرفته از حروف ابتدای عبارت «Computer Aided Three-dimensional Interactive Application» می باشد که کلمه Application، بعد از آنکه زمینه اجرای این سیستم در رایانه های امروزی (پلتفرم های ویندوز و لینوکس) فراهم گردید، اضافه شده است.

شروع به کار با کتیا:

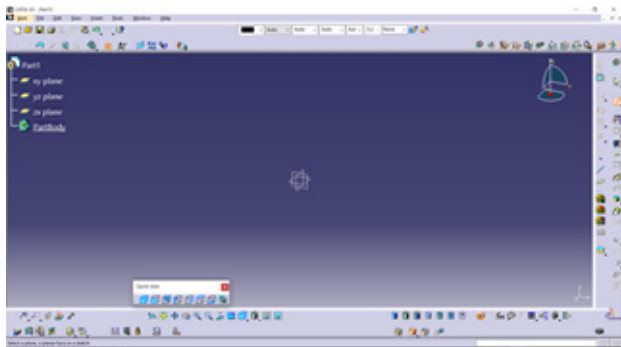
نرم افزار کتیا، جدا از محیط های تخصصی، چهار محیط پایه ای دارد که لازمه ی کار در دیگر محیط های این نرم افزار می باشد. این چهار محیط به ترتیب Drafting، Partdesign، Assemblydesign و Sketcher می باشد که در این مطلب به آموزش قسمتی از محیط Sketcher می پردازیم. (فرض ما بر این هست که شما نرم افزار کتیا را بر روی رایانه تان نصب کرده اید. نسخه استفاده شده در این مطلب V5-6 R21 می باشد.) (جهت مفیدتر بودن این نوشتار، حتماً [ویدیوهای مربوطه](#) را مشاهده فرمائید.)

بعد از اینکه نرم افزار کتیا را باز کردیم با محیط شکل ۱- روبه رو می شویم که محیط اصلی این نرم افزار می باشد.



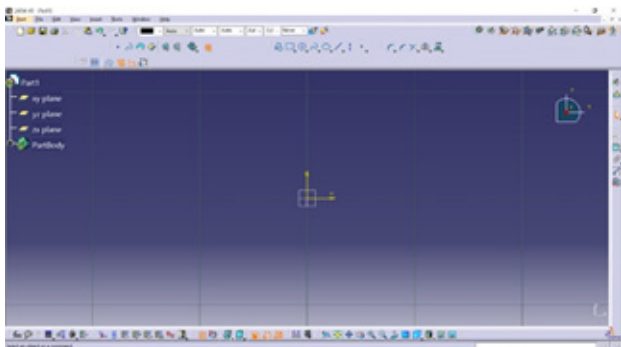
شکل - ۱: محیط اصلی نرم افزار.

حال برای ورود به محیط Sketcher، از منوی Start، مسیر Mechanical Design، Sketcher را انتخاب می کنیم. که در نهایت وارد محیط شکل ۲- می شویم.



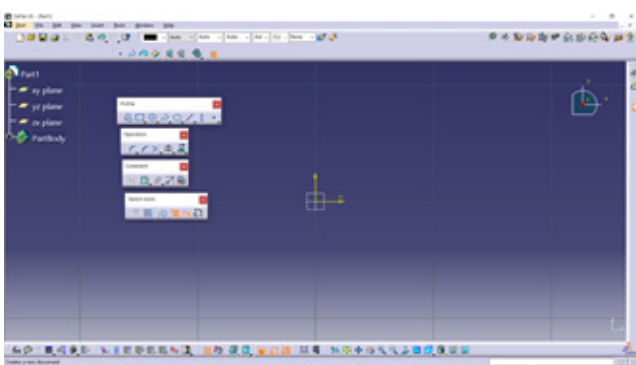
شکل - ۲: نمایش محیط Part.

بعد از انتخاب یک صفحه مشخص (برای مثال صفحه XY) وارد محیط Sketcher می شویم (شکل ۳-).



شکل - ۳: محیط Sketcher.

امکانات این محیط بطور ابتدایی به محوریت چهار جعبه ابزار (Tool Box) بکار گرفته می شوند (شکل ۴-). که در ادامه آن ها را قالب چند فیلم مورد بررسی قرار خواهیم داد.



شکل - ۴: چهار جعبه ابزار اصلی محیط Sketcher.