فصلنامه انجمن علمی دانشجویی مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز

مکانیک ۱۰۲

شماره بیست و سوم | بهار ۱۴۰۳



مقدمه‌ای بر
پهپادها

انرژی‌های تجدید پذیر
توربین بادی فراساحلی

مقدمه‌ای بر
ریخته‌گری



كُلُّ وِعاءٍ يَضيقُ بِما جُعِلَ فيهِ إِلاّ وِعاءُ العِلمِ فَإِنَّهُ يَتَّسِعُ بِهِ

فضای هر ظرفی در اثر محتوای خود تنگتر می‌شود مگر ظرف دانش که با تحصیل علوم، فضای آن بازتر می‌گردد.

نهج البلاغه، ص۵۰۵

شناسنامه

صاحب امتیاز: نشریه انجمن علمی مکانیک دانشگاه تبریز

تاریخ اخذ مجوز: ۱۳۹۰/۸/۲۹

شماره مجوز: ۵۴۴ ک.ن.ت

استاد مشاور: دکتر حسن بیگلری

مدیرمسئول: عرفان شکورزاده

سردبیر: آیدین بدیعی‌پور

دبیر علمی: توحید مکرم

دبیر خبری: عرفان شکورزاده

دبیر فرهنگی: آیدین بدیعی‌پور

ویراستار علمی: دکتر هادی تیموری

ویراستار فنی: ترانه شیدایی

طراح گرافیک و صفحه‌آرایی: حسین مهرجویی

فهرست

سخن سردبیر
۷

مقدمه‌ای بر انواع پهپادها
۸

مقاومت بدنه خودرو در مقابل گلوله
۱۱

مقدمه‌ای بر ریخته‌گری
۱۵

انرژی‌های تجدید پذیر
توربین‌های بادی فراساحلی
۱۳

اعضای هیئت تحریریه:

فرهاد اکبرپور جنت - آیدین بدیعی‌پور - دکتر حامد حلیمی خسروشاهی - دکتر سئودا رضازاده موحد - عرفان رحمت‌زاده - محمدامین رفیعیان - محمدرضا زلفی - عرفان شکورزاده - حسین لطفی - توحید مکرم

عیب یابی ماشین‌های دوار صنعتی با تحلیل الگوهای نیرویی



۲۸

مستند علمی



۳۷

یادداشت مدیر مسئول



۴۴

مصاحبه با مهندس علیرضا دواتگری



۲۴

اخبار علمی



۳۴

مسابقه عکاسی



۴۵

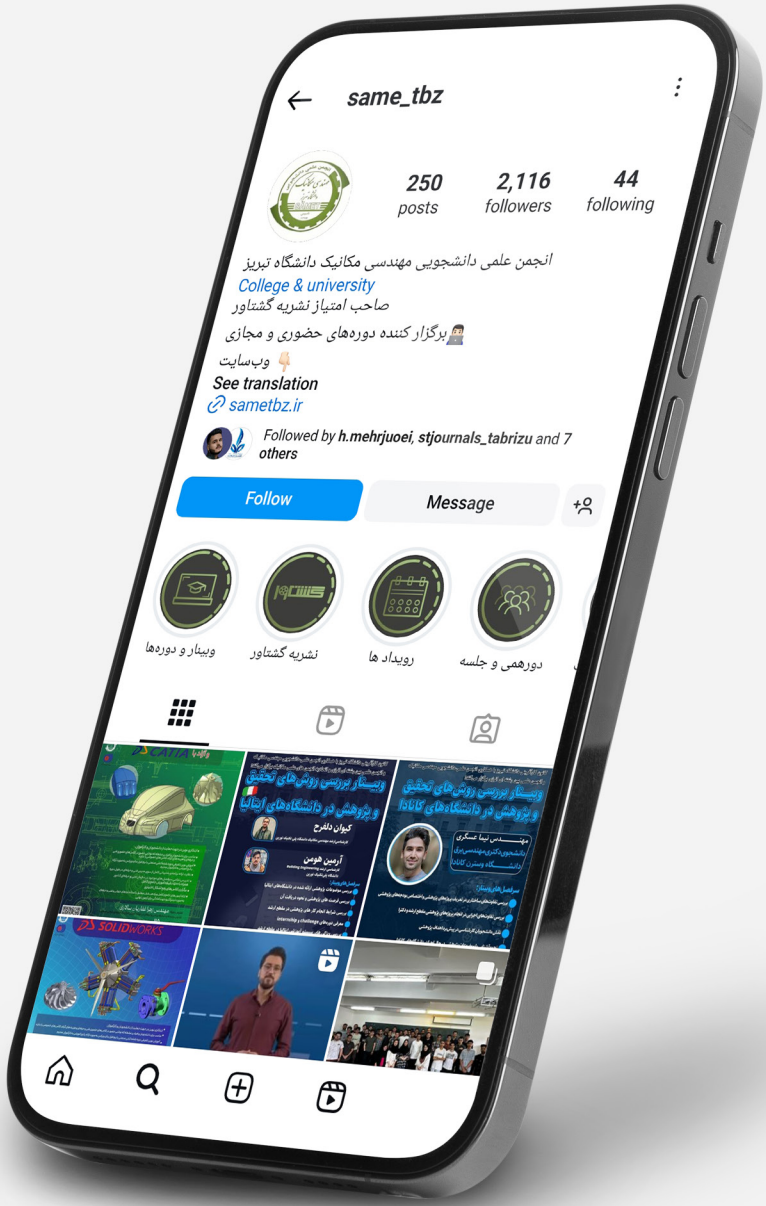


سخت‌تر از کوه ۴۲

جدول مکانیک ۱۷

جدول عمومی ۲۳

انجمن علمی دانشجویی مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز را دنبال کنید.



sametbz | same_tbz | sametbz.ir

سخن سردبیر

سلام عرض می‌کنم خدمت شما گشتاوری عزیز. امیدوارم حالتان خوب باشد. به بیست و سومین شماره از نشریه گشتاور خوش آمدید. در ابتدای سخن، خود را ملزوم می‌دانم تا جسته‌گریخته کمی به خود گشتاور بپردازیم.

گشتاور، نشریه‌ای است به صاحب‌امتیازی انجمن علمی - دانشجویی مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز. نشریه‌ای با قدمت بیش از ۱۳ سال که در سال ۹۰ به همّت گروهی از دانشجویان دانشکده ایجاد گردید.

و اما هدف از گشتاور چیست؟ پاسخ به این سؤال، جواب‌های متعددی در پی خواهد داشت چرا که در هر دوره، اهداف متفاوتی مدنظر بوده و نسبت به نیازهای موجود در هر دوره، اقدامات متفاوتی شکل‌گرفته است. هدفی که اکنون در پی گشتاور نیاز به آن حس می‌شود، نزدیک‌کردن علم و صنعت به یکدیگر است. یا به عبارتی، نشریه‌ای که کمک‌حال یک مهندس در ورود به دنیای صنعت خواهد بود.

خدمت شما رفقای گشتاوری، یک عذرخواهی بدهکار هستیم که در طی فصل پیش افتخار بودن با شما را نداشتیم. با تمام مشکلاتی که به وجود آمد، توانستیم با تیمی جدید و قوی، دوباره مسیر درخشان گشتاور را از سر بگیریم و پرچم آن را دوباره برافرازیم. شخصاً بر این معتقدم که پشت پرده هر شاهکاری، تیمی قوی نهفته است. در این دوره از نشریه نیز تلاشمان بر این خواهد بود تا در بهبود و پیشرفت نشریه، از ذره‌ای تلاش دریغ نگذاریم.

حول گشتاور بیست و سوم، به موضوعاتی از جمله برخی صنایع مورداستفاده در ادوات نظامی و موضوع انرژی پرداخته شده است که تا بشریت هست در دنیا مطرح خواهد بود و حتی اکنون نیز در مهندسی جزو مباحث داغ به شمار میآید. همچنین بخش‌هایی از جمله مصاحبه، خلاصه کتاب، سرگرمی، مستند و اخبار علمی، بخش دیدگاه، مسابقه و بسی موضوع دیگر پرداخته‌ایم. امیدواریم تا با این شماره از گشتاور، توانسته باشیم انتظارات شما عزیزان را برآورد کرده باشیم.

در پایانِ سخن به‌رسم ادب، از تمام دوستان و عزیزانی که ما را در گردآوری و نشر این شماره از نشریه گشتاور یاری نمودند، نهایت سپاس و قدردانی را داریم.

در انتها حضور شما عزیزان را به بیتی زیبا دعوت کرده و سخنم را با آن به پایان می‌رسانم:

موجیم که آسودگی ما عدم ماست

ما زنده به آنیم که آرام نگیریم

کلیم همدانی

مقدمه‌ای بر انواع پهپادها



سئودا رضازاده موحد
دانشجوی دکتری رشته مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز

پهپادها [۱] (UAVs) وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین هستند که همان‌طور که از نامشان پیداست نیاز به سرنشین ندارند و از دور هدایت می‌شوند. پهپادها کاربردهای متنوعی دارند و مشخصات بارز آنها استحکام کافی، وزن کم، هزینه تولید، تعمیرات و نگهداری پایین، مداومت پرواز، قابلیت استتار بالا و قابلیت واپایش و هدایت‌پذیری عالی می‌باشد [۱]. امروزه با گسترش کاربرد پهپادها، بسیاری از مأموریت‌های نظامی یا غیرنظامی بدون حضور خلبان یا اپراتور در محل انجام می‌شود. پهپادها کاربردهای مختلفی اعم از نظامی، کشاورزی، نظارت، نقشه‌برداری، تصویربرداری رسانه‌ای، امداد و نجات، پشتیبانی و... ممکن است داشته باشند. پهپادها از نظر ساختار، مکانیزم پرواز، اندازه، جرم، برد مأموریت، ارتفاع پرواز و... به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند [۲]. ما در اینجا تقسیم‌بندی پهپادها از نظر ساختار و مکانیزم پرواز، و اندازه را که اهمیت بیشتری دارند بررسی خواهیم کرد.

۱) تقسیم‌بندی پهپادها از نظر ساختار و مکانیزم پرواز

۱-۱ پهپادهای بال ثابت

پهپادهای بال ثابت همانند هواپیماهای معمولی مجهز به بال می‌باشند. استفاده از این مکانیزم باعث می‌شود که بتوانند مسافت، سرعت و ارتفاع بیشتری را طی کنند. پهپادهای بال ثابت دارای مداومت و برد پرواز بیشتر هستند. هم چنین شکل آیرودینامیکی آن‌ها باعث افزایش سرعت می‌شود. معایب آنها نیاز به باند برخاست یا نشست، هدایت‌پذیری سخت‌تر، و پیچیدگی فنی و طراحی می‌باشد [۲]. پهپادهای بال ثابت ممکن است دارای پیشرانه باشند و یا به شکل دستی مانند گلایدر پرتاب شوند. پهپادهای دارای پیشرانه خودی معمولاً دارای یک یا چند موتور الکتریکی یا احتراق داخلی، پیستونی یا جت با تراست روبه‌جلو برای رساندن پهپاد به‌سرعت مناسب جهت برخاست و جلوبرندگی می‌باشند. نمونه‌ای از پهپادهای بال ثابت، پهپاد پریدیتور MQ-۱ [۲] می‌باشد که در شکل ۱ نشان‌داده‌شده است. پهپادهای بال ثابت بر حسب شکل بال‌ها ممکن است انواع مختلفی داشته باشند مانند V-شکل [۳]، بدون دم [۴]، بدون سکان افقی و عمودی، بالدیس [۵] و...

پهپاد بال ثابت بالدیس بدون سکان عمودی نوعی پهپاد بال ثابت مجهز به الوون می‌باشد که الوون ها هم زمان نقش دو سطح کنترلی بالابر [۶] و شهپر[۷] را دارند، هم چنین هیچ‌گونه سکان عمودی وجود ندارد. بالدیس RQ-۱۷۰ آمریکا (شکل ۲) نیز یک بالدیس بدون سکان عمودی دارای قابلیت استتار می‌باشد که پهپاد شاهد نیز نمونه مشابه ساخته شده ایرانی می‌باشد.



شکل ۱- پهپاد بال ثابت پریدیتور



شکل ۲- بالدیس RQ-۱۷۰ متعلق به ایالات متحده آمریکا

۱-۲ پهپاد بال متحرک[۱] یا مولتی روتور[۲]

یک پهپاد بال متحرک مولتی روتور متشکل از چندین پیشرانه می‌باشد که حول یک محوری می‌چرخند. پهپادهای مولتی روتور می‌توانند دارای سه روتور، چهار روتور، شش روتور و هشت روتور... باشند. اغلب کاربرد این نوع پهپادها نظارت، سرگرمی، تصویربرداری و نقشه‌برداری می‌باشد. البته برای ارسال مرسوله‌های کوچک نیز می‌توان از آنها استفاده کرد. یک نمونه کوادکوپتر معمولی باهدف تصویربرداری در شکل ۳ نشان‌داده‌شده است. مزیت این نوع پهپادها سادگی، وزن سبک، مکانیزم واپایش پرواز ساده‌تر، عدم نیاز به باند پرواز و... می‌باشد[۲].



شکل ۳- پهپاد بال متحرک (کوآدکوپتر)

۱-۳ پهپاد های هایبریدی (ترکیب بال ثابت و متغیر)

این نوع پهپادها ترکیبی از پهپادهای بال ثابت و متحرک می‌باشند. پهپادهای با قابلیت برخاست عمودی [۱] در این دسته قرار می‌گیرند. این پهپادها با کمک روتورهایی می‌توانند بدون نیاز به باند پرواز، به شکل عمودی برخاست یا فرود انجام دهند. پهپاد درنای ایران یک نمونه پهپاد ترکیبی عمودپرواز می‌باشد (شکل ۴) که با مقاصد نقشه‌برداری از آن استفاده می‌شود [۲].



شکل ۴- پهپاد VTOL درنا ساخت ایران

۲) تقسیم بندی پهپادها از نظر اندازه

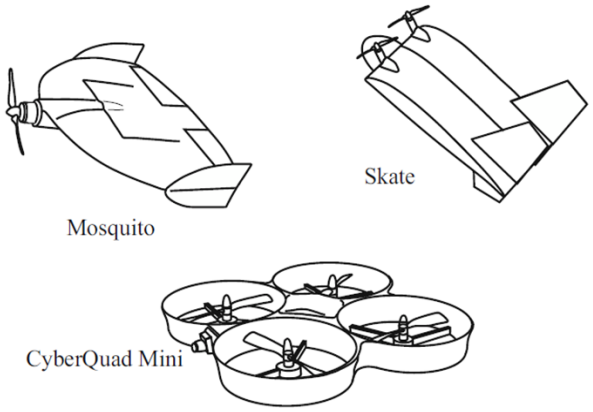
۲-۱- پهپادهای بسیار کوچک

پهپادهای بسیار کوچک از سایز میکرو که در اندازه یک حشره کوچک هستند، تا ابعاد ۳۰ الی ۵۰ سانتی‌متری ممکن است تغییر کنند. دودسته کلی از پهپادهای بسیار کوچک وجود

۱- Rotatory-wing

۲- Multi-rotor

دارد، پهپادهای بال‌زن [۱] و پهپادهای بال چرخان [۲]. مزیت پهپادهای بال‌زن این است که ممکن است شبیه یک پرنده یا حشره به نظر برسند و در فاصله‌های نزدیک به موقعیت تحت‌نظر یا بازرسی پرواز کنند. نمونه‌ای از پهپادهای بال‌زن و بال چرخان کوچک (ماسکیتو اسرائیل، اسکیت ایالات متحده و سایبر کوآد مینی استرالیا) در شکل ۵ نشان‌داده‌شده است.

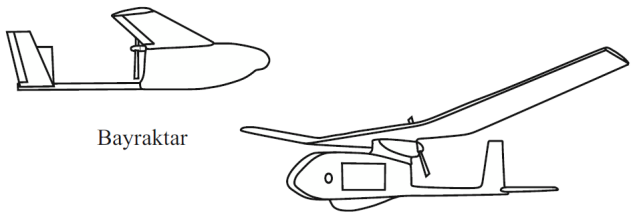


شکل ۵- چند نمونه از پهپادهای سایز میکرو

۲-۲- پهپادهای کوچک

پهپادهای کوچک حداقل دارای اندازه ۵۰ سانتی‌متری می‌باشند و ممکن است ابعاد آنها تا یک یا دو متر نیز برسد. بسیاری از این پهپادها دارای ساختار هواپیمای بال ثابت می‌باشند و مانند گلایدر، به شکل دستی به هوا پرتاب می‌شوند. هم چنین برخی پرنده‌های بال چرخان نیز در این دسته وجود دارند؛ ولی اغلب نسخه‌های مقیاس کوچک‌سازی شده از سیستم‌های بال چرخان سایز متوسط می‌باشند که در بخش بعدی توضیح داده خواهد شد.

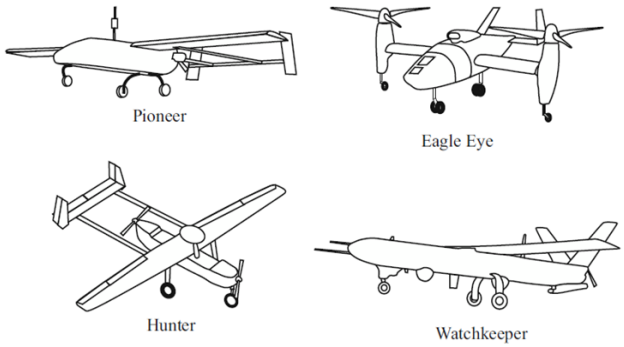
RQ - راون [۱] یک نمونه پهپاد در این دسته می‌باشد که اسپن بال آن ۴٫۱ متر می‌باشد. وزن آن تنها ۲ کیلوگرم است و به شکل دستی به هوا پرتاب می‌شود. پهپاد بایراکتار مینی [۲] نیز که متعلق به یک شرکت ترکیه‌ای می‌باشد در این دسته قرار می‌گیرد. این پهپاد با اسپن بال دو متری وزن ۵ کیلوگرمی، اندازه آن کمی بزرگ‌تر است [۲] (شکل ۶).



شکل ۶- چند نمونه از پهپادهای سایز کوچک

۲-۳- پهپاد های متوسط

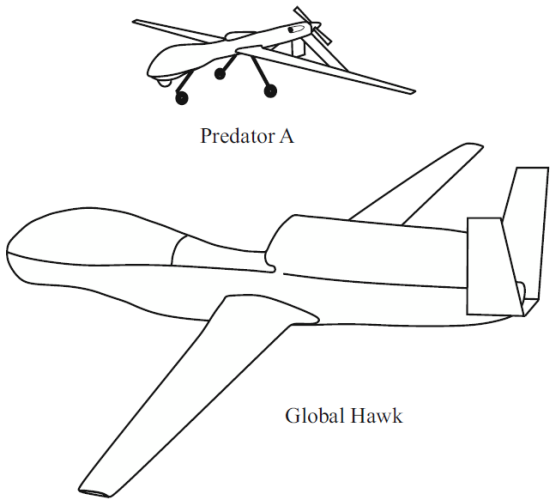
یک پهپاد را اندازه متوسط می‌گوییم درصورتی‌که از یک هواپیمای سبک‌وزن کوچک‌تر باشد، بااین‌حال یک فرد قادر به حمل آن با دست نباشد. پهپاد پایونیر [۱] در این دسته قرار دارد. اسپن بال پهپادهای سایز متوسط چیزی حدود ۵ الی ۱۰ متر و وزن آنها ۱۰۰ تا بیش از ۲۰۰ کیلوگرم می‌باشد. هانتر [۲] ایالات متحده و واچ کیپر [۳] بریتانیا نیز نمونه‌ای از پهپادهای بال ثابت متوسط می‌باشند. ایگل آی [۴] بوئینگ ایالات متحده نیز یک عمودپرواز سایز متوسط می‌باشد [۲] (شکل ۷).



شکل ۷- چند نمونه از پهپادهای سایز متوسط

۲-۴- پهپادهای بزرگ

پهپادهای سایز بزرگ دارای اندازه‌ای مشابه هواپیماهای دارای سرنشین و حتی بزرگ‌تر می‌باشند و می‌توانند مسافت‌های طولانی‌تری را طی کنند و کارهای مختلفی از جمله نظارت، حمل سلاح و غیره انجام دهند. پریدیتور [۱] ایالات متحده یک پهپاد بزرگ است که دارای برد قابل‌توجهی است و می‌تواند تا دو عدد موشک حمل کند. پهپاد گلوبال هاوک [۲] نورتروپ گرومن ایالات متحده نیز یک پهپاد با سایز خیلی بزرگ‌تر می‌باشد که می‌تواند به‌تنهایی به هر نقطه از جهان پرواز کند [۲] (شکل ۸).



شکل ۸- چند نمونه از پهپادهای سایز بزرگ

منابع

[۱] K. P. Valavanis and G. J. Vachtsevanos, Handbook of unmanned aerial vehicles. Springer, ۲۰۱۵.

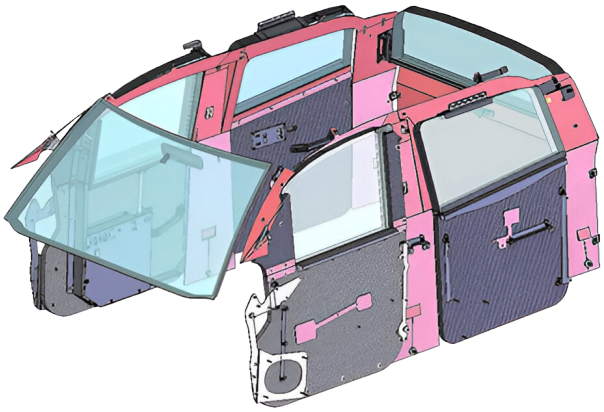
[۲] P. G. Fahlstrom, T. J. Gleason, and M. H. Sadraey, Introduction to UAV systems. John Wiley & Sons, ۲۰۲۲.

بخش دیدگاه



به نقل از
دکتر حامد حلیمی خسروشاهی

مقاومت بدنه خودرو در مقابل گلوله



خودروهای ضدگلوله در مناطق پرخطر یکی از مهم‌ترین وسایلی هستند که می‌توانند جان سرنشینان را در مقابل حملات مسلحانه حفظ کنند. ولی دقیقاً چطور بدنه خودرو جلوی گلوله را می‌گیرد؟ در این مطلب نگاهی کوتاه داریم به فناوری خودروهای مقاوم در مقابل گلوله از خودروهای معمولی گرفته تا تانک‌ها.

باتوجه‌به اینکه بدنه خودروی معمولی از قطعات ورق نازک فولاد یا آلومینیوم با ضخامت یک تا دو میلیمتر ساخته می‌شود عملاً مقاومت قابل‌توجهی در مقابل گلوله نمی‌تواند داشته باشد. برای اینکه خودرو استحکام کافی پیدا کند یک پوسته ضخیم و مقاوم زیر بدنه اصلی خودرو ساخته می‌شود تا هم مقاومت در مقابل گلوله را تأمین کند و هم خودروی ضدگلوله از نظر ظاهری قابل‌تشخیص نباشد و توجهی به خود جلب نکند.

پوسته مقاوم در مقابل گلوله از قطعات ورق فولادی سخت‌کاری شده (مانند فولاد AR۵۰۰) ساخته می‌شود که گلوله‌های برخوردی را شکسته، تکه‌تکه و به اطراف پخش می‌کنند. به‌این‌ترتیب بدنه خودرو در مقابل نفوذ گلوله تاحدی‌که برای آن طراحی شده است، مقاوم می‌شود. همچنین شیشه‌های خودرو هم با شیشه‌های چندلایه بسیار ضخیم جایگزین می‌شوند. این لایه‌های متعدد گلوله را شکسته و تکه‌های آن را نگه می‌دارند.

البته حفاظت در مقابل گلوله کاملاً به نوع آن گلوله هم‌بستگی دارد و برای خودروها سطوح مختلفی از حفاظت تعریف می‌شود. در سطوح پایین حفاظت گلوله‌های کم سرعتی مانند گلوله اسلحه کمری قرار دارند که نسبتاً راحت متوقف می‌شوند. ولی برای مقاوم‌سازی بدنه در مقابل گلوله‌های بسیار سنگین و پرانرژی سلاح‌های کالیبر بالا (مانند ۷/۶۲ میلیمتری)، نیاز به زره بسیار ضخیم‌تری است.

با افزایش سطح تهدید، ضخامت زره نیز افزایش پیدا کرده و در نهایت به تانک‌های اصلی میدان نبرد می‌رسد که باید در مقابل گلوله تانک دشمن مقاومت کنند. این خودروها وزن بسیار بالایی دارند که مهم‌ترین دلیل آن زره ضخیم و سنگین است.



شکل ۱- ضخامت شیشه‌های مقاوم در مقابل گلوله



شکل ۲- پوسته محکم خودرو در زیر بدنه نازک آن که در مقابل گلوله‌ها به خوبی مقاومت کرده است.



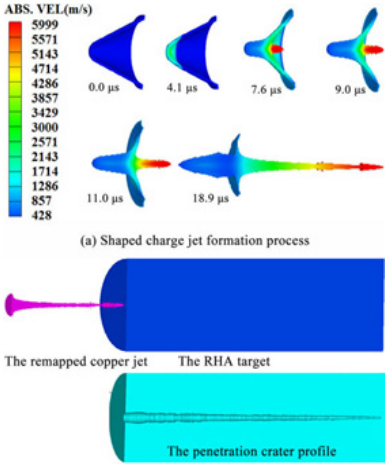
شکل ۳- تانک لئوپارد ۲ با وزن حدود ۶۵ تن

نفوذ به این زره ضخیم چالشی است که نیاز به سلاح‌های خاص و منحصربه‌فرد دارد. در یک نوع جالب از این سلاح‌های ضدتانک، از یک نفوذگر استفاده شده که از آلیاژ اورانیوم و تیتانیوم ساخته می‌شود. این دارت‌های نوک‌تیز که با سرعت بسیار بالا از تانک شلیک می‌شوند، می‌توانند در حدود ۷۰ سانتی‌متر در زره فولادی تانک، نفوذ کنند.



شکل ۴- شکافنده اورانیوم ضعیف شده یک سلاح ضد تانک

یک روش دیگر نیز استفاده از جت مذاب با سرعت بسیار بالا است که به آن خرج گود هم گفته می‌شود. مکانیزم عمل این سلاح به این صورت است که انفجار ماده منفجره باعث ذوب تقریباً آنی و تشکیل یک جت مذاب بسیار سریع از معمولاً مس می‌شود. این جریان مذاب در مسیر خود می‌تواند در مقدار بسیار زیادی زره (تا بیش از یک متر) نفوذ کند.



شکل ۵- مراحل مختلف تشکیل جت مذاب و نفوذ در زره

تانک‌ها علاوه بر افزایش ضخامت زره معمول خود معمول از دو راه‌حل "حفاظت فعال" و "زره واکنشی انفجاری" برای مقابله با پرتابه‌های ضدتانک، استفاده می‌کنند.

زره واکنشی انفجاری هم از بلوک‌های فلزی که دارای مواد منفجره هستند، ساخته می‌شود که روی تانک چیده می‌شوند. هنگامی که جت مذاب حاصل از سلاح ضدتانک خرج گود به آنها برخورد می‌کند، باعث انفجار مواد منفجره زره واکنشی و در نتیجه پخش‌شدن جت مذاب می‌شود.

حفاظت فعال هم به این صورت است که چندین رادار و سیستم اپتیکی روی تانک نصب شده و سلاح ضدتانک شلیک شده را در زمان بسیار کوتاهی تشخیص می‌دهند. سپس با استفاده از روش‌های مختلف (مانند مهمات مجاورتی)، پرتابه ضدتانک را در هوا شکار می‌کنند.



شکل ۶- مراحل مختلف عملکرد سیستم حفاظت فعال



شکل ۷- نابودی پرتابه ضد تانک در هوا توسط سیستم حفاظت فعال

منابع

Specified ۷ Levels of Protection (no date) The Most Protected Civilian Vehicles In The World. Available at: https://www.aurum-security.de/en/standards/protection-levels-b-۱b-۷and-vpam (Accessed: ۲۳ April ۲۰۲٤).

StrikeShield – Active Protection System (no date) Rheinmetall. Available at: https://www.rheinmetall.com/en/products/protection-systems/protection-systems-land/active-protection-systems (Accessed: ۲۳ April ۲۰۲٤).

Reactive armour (۲۰۲٤a) Wikipedia. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Reactive_armour (Accessed: ۲۳ April ۲۰۲٤).

بسیاری از کشورها برای تأمین انرژی‌شان، بیشتر بر زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی متکی هستند؛ اما وابستگی به سوخت‌های فسیلی یک مشکل بزرگ به همراه دارد.

مشکل این جا است که میزان سوخت‌های فسیلی محدود است و در نهایت به اتمام خواهند رسید یا زمانی فرامی‌رسد که استخراج باقی‌مانده آن بسیار گران تمام خواهد شد.

همچنین سوخت‌های فسیلی باعث آلودگی هوا، آب‌وخاک شده و گازهای گلخانه‌ای تولید می‌کنند که باعث گرم‌شدن کره زمین می‌شوند.

در این شرایط منابع انرژی تجدیدپذیر جایگزین‌های پاکی برای سوخت‌های فسیلی هستند. البته آن‌ها هم بدون مشکل نیستند؛ اما آلودگی بسیار کمتر و گازهای گلخانه‌ای کمتری تولید می‌کنند و تمام هم نمی‌شوند.

انرژی‌های تجدیدپذیر از منابع طبیعی و پایداری مانند باد، خورشید، آب، گرمای زمین (Geothermal)، مواد زیستی و... حاصل می‌شوند که چند مورد از آنها را به‌اختصار توضیح می‌دهیم.

انرژی خورشیدی: با استفاده از سلول‌های خورشیدی و لوله‌های آب‌گرم‌کن، می‌توانیم از تابش خورشید برای تولید برق یا گرما استفاده کنیم.

انرژی بادی: این نوع از انرژی توسط توربین‌های بادی تأمین می‌شود و برای تولید برق استفاده می‌کنیم.

انرژی برق‌آبی: آب جاری را می‌توان برای انرژی‌دادن به چرخ‌های آبی ای که فرایندهای مکانیکی ای را به کار می‌اندازند مورداستفاده قرارداد. انرژی آب جاری که به‌وسیله توربین‌ها و ژنراتورها واپایش می‌شود را می‌توان برای تولید برق مورداستفاده قرارداد.

انرژی زمین گرمایی: حرارت داخل زمین، بخار و آب داغ تولید می‌کند که می‌تواند برای نیرو دادن به ژنراتورهای برق و تولید الکتریسیته یا برای کاربردهای دیگر مثل گرم‌کردن خانه و تولید انرژی برای صنعت مورداستفاده قرار گیرد. انرژی زمین گرمایی را می‌توان با حفاری از مخازن عمیق زیرزمینی و یا از دیگر مخازن زمین گرمایی نزدیک‌تر به سطح زمین به دست آورد. این انرژی به طور فزاینده‌ای برای متعادل‌کردن هزینه‌های گرمایش و سرمایش داخل ساختمان‌های مسکونی و تجاری مورداستفاده قرار می‌گیرد.

انرژی زیست‌توده: از زمانی که بشر برای اولین‌بار شروع به سوزاندن چوب برای طبخ غذا و گرم‌کردن خود در سرمای زمستان کرده است، زیست‌توده یک منبع مهم انرژی بوده است. چوب هنوز هم رایج‌ترین منبع انرژی زیست‌توده است. منابع دیگر انرژی زیست‌توده شامل محصولات غذایی، علف‌ها و گیاهان دیگر، ضایعات و پس‌ماندهای کشاورزی و جنگلداری، اجزای آلی حاصل از زباله‌های شهری و صنعتی و حتی گاز متان حاصل از محل دفن زباله است. زیست‌توده می‌تواند برای تولید برق و به‌عنوان سوخت برای حمل‌ونقل مورداستفاده قرار گیرد و یا برای تولید محصولاتی که هم اینک برای تولیدشان از سوخت‌های فسیلی تجدیدناپذیر استفاده می‌شود به کار رود.



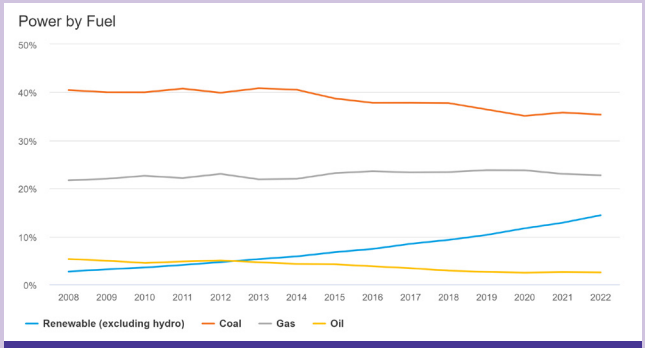
انرژی‌های تجدید پذیر

توربین های بادی فراساحلی

حسین لطفی
دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی کاربردی، دانشگاه صنعتی شریف

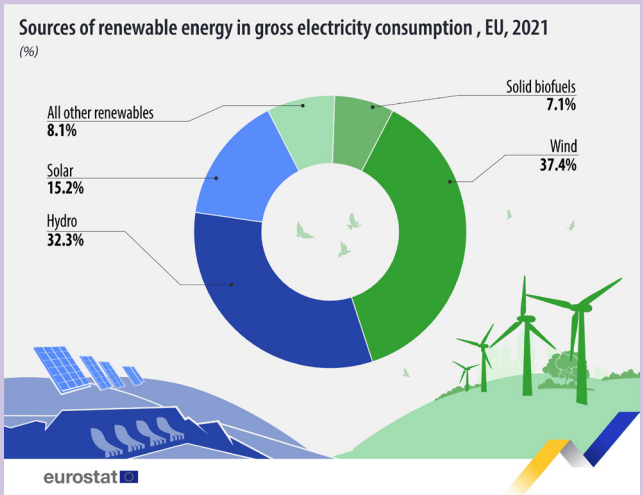


سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق جهانی به روند روبه‌افزایش خود ادامه می‌دهد که ناشی از سرمایه‌گذاری عظیم دولت‌ها در این بخش است. سهم آنها از کل تولید برق جهانی در سال ۲۰۲۲ به ۱۴ درصد رسید که بیشتر از انرژی هسته‌ای (۹ درصد) است.



تصویر ۱- نمودار تغییرات سهم سوخت‌های مختلف و انرژی های تجدید پذیر از تولید برق

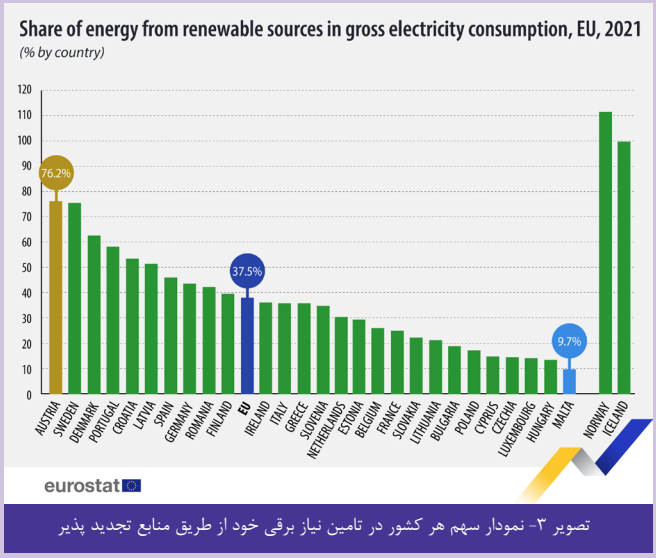
انرژی بادی و آبی بیش از دو سوم کل برق تولید شده از منابع تجدیدپذیر (انرژی بادی ۳۷/۴ و انرژی آبی ۳۲/۳ درصد) را تشکیل می‌دهند. یک‌سوم باقیمانده برق از انرژی خورشیدی (۱۵/۲ درصد)، سوخت‌های زیستی جامد (۷/۱ درصد) و سایر منابع تجدیدپذیر (۸/۱ درصد) تامین شده است. انرژی خورشیدی سریع‌ترین منبع درحال‌رشد است. در سال ۲۰۰۸ تنها ۱ درصد از برق مصرفی در اتحادیه اروپا مختص انرژی خورشیدی بود.



تصویر ۲- نمودار سهم هر کدام از انرژی‌های تجدید پذیر برای تولید برق در اتحادیه اروپا

جدول ۱- درصد تامین برق برخی از کشورهای اتحادیه اروپا از طریق انرژی‌های تجدید پذیر در سال ۲۰۲۱

نام کشور	درصد تامین	نوع انرژی
اتریش	۷۶/۲	آبی و بادی (عمدتاً آبی)
سوئد	۷۵/۷	آبی و بادی
دانمارک	۶۲/۶	آبی و بادی (عمدتاً بادی)
پرتغال	۵۸/۴	آبی و بادی
کرواسی	۵۳/۵	آبی و بادی (عمدتاً آبی)



تصویر ۳- نمودار سهم هر کشور در تامین نیاز برقی خود از طریق منابع تجدید پذیر

شاید اکثر مردم با توربین‌های بادی که در خشکی نصب می‌شوند آشنایی دارند و برایشان عادی است؛ ولی امروزه بیشتر کشورهایی که دسترسی به دریا دارند علاقه‌مند به نصب این توربین‌ها در سطح دریا هستند.

توربین بادی دریایی یا فراساحلی (Offshore Wind Turbine) به توربینی گفته می‌شود که از انرژی باد روی سطح آزاد آب مانند اقیانوس‌ها، دریاها و یا دریاچه‌ها استفاده کند. اروپا پیش‌گام این نوع نیروگاه‌های بادی بوده است. اولین نیروگاه بادی دریایی در سال ۱۹۹۱ در دانمارک نصب شد. میانگین ظرفیت یک توربین بادی دریایی در اروپا ۳ مگاوات بود که انتظار می‌رود این مقدار تا ۵ مگاوات برسد. بزرگ‌ترین نیروگاه بادی دریایی در Hornsea انگلیس در سال ۲۰۲۰ تأسیس شد که ظرفیت تولید برق ۱۲۱۸ مگاوات دارد. رتبه‌های بعدی نیز متعلق به انگلیس (Walney) با ظرفیت ۶۶۰ مگاوات است. نبرد بر سر ساخت بزرگ‌ترین توربین بادی نیز بین تولیدکننده‌های چینی، آلمانی و آمریکایی هر ساله شدت بیشتری می‌یابد که شرکت زیمنس فعلاً پیروز این میدان است.

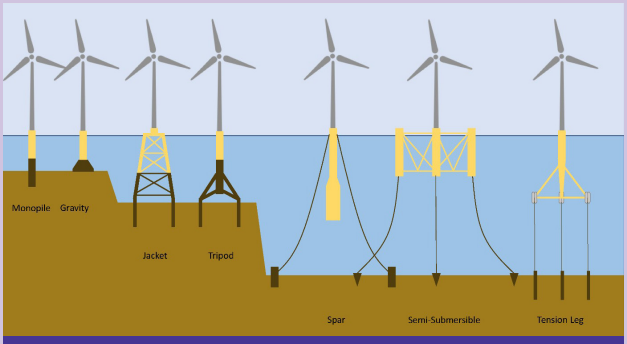
انواع پلتفرم‌های توربین بادی دریایی

توربین‌های بادی دریایی را می‌توان بر اساس پی (Foundation) به دودسته ثابت و شناور (Floating) تقسیم کرد. پی ثابت در آب‌های کم‌عمق تا حدوداً ۵۰ متر، مانند توربین بادی ساحلی استفاده می‌شود. پی توربین‌ها ممکن است یک‌پایه، سه‌پایه یا به‌صورت جکت (Jacket) باشد. جکت هایی که در صنعت نفت استفاده می‌شود در عمق بستر ۲۰ تا ۸۰ متری از سطح دریا می‌توانند برای توربین بادی استفاده شود. برای عمق‌های بیش از ۸۰ متر استفاده از پی ثابت از لحاظ فنی غیرممکن است و دیگر اقتصادی نخواهد بود. ازاین‌رو توربین بادی شناور نیاز است که به کف دریا متصل باشد. در سال ۲۰۰۹ اولین توربین بادی دریایی شناور در مقیاس واقعی در دریای شمالی نروژ نصب شد. در این میان انواع فناوری‌ها، توربین‌های بادی نیمه شناور نیز اقبال عمومی یافته‌اند. در ادامه چندین مورد از پلتفرم‌های شناور را بررسی می‌کنیم:

- **Semi-Submersibles (نیمه مستغرق):** این پلتفرم‌ها از چند ستون یا ستون‌های فلزی تشکیل شده‌اند که قسمت بالایی آنها بر روی سطح آزاد دریا و قسمت پایینی زیر سطح

آزاد قرار دارد.

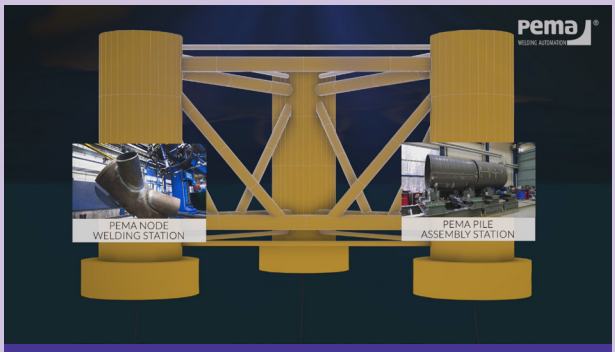
- **Tension Leg Platforms (پلتفرم‌های پایدار شده با کشیدگی):** این نوع پلتفرم‌ها به‌وسیله تیرهایی که به زیر آب کشیده می‌شوند در یک مکان ثابت می‌مانند.
- **Spar Platforms (پلتفرم‌های استوانه‌ای):** این پلتفرم‌ها شبیه یک استوانه بلند هستند که بخش زیادی از آنها در آب غرق شده و فقط بخش بالایی آنها بر روی آب قرار دارد.
- **Hybrid Platforms (پلتفرم‌های هیبریدی):** برخی از پلتفرم‌ها به‌عنوان یک ترکیب از مدل‌های مختلف شناوری طراحی شده‌اند تا بهترین عملکرد را برای توربین‌های بادی داشته باشند.



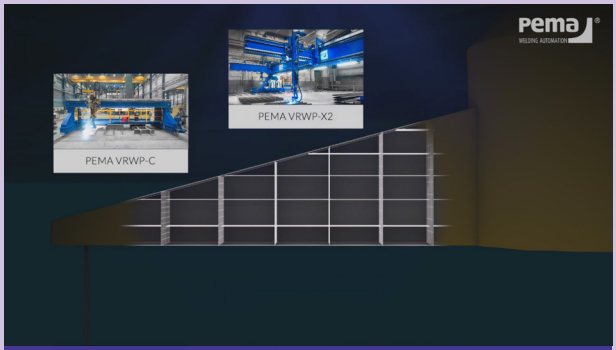
تصویر ۴- انواع پلتفرم‌های توربین بادی دریایی (متصل به بستر دریا و یا شناور در سطح آزاد آب)



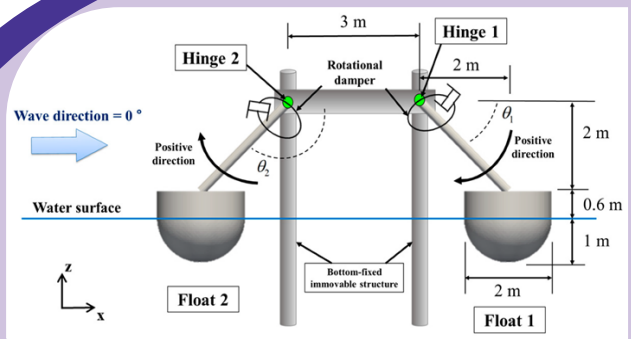
تصویر ۵- پلتفرم شناور استوانه ای (Spar)



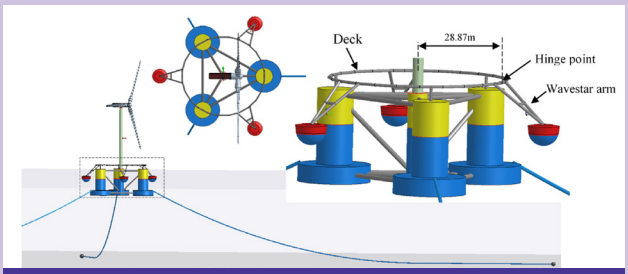
تصویر ۶- Semi-Submersible Platform



تصویر ۷- پایه های پلتفرم TLP



تصویر ۸- مکانیزم مبدل انرژی Wave Star برای تولید انرژی از موج‌های دریا



تصویر ۹- پلتفرم هیبریدی که ترکیبی از Wave Star و Semi-Submersible می‌باشد.

در جدول زیر مزایا و معایب هر کدام از توربین‌های ساحلی و دریایی را بررسی می‌کنیم: برای تسریع انتقال انرژی اتحادیه

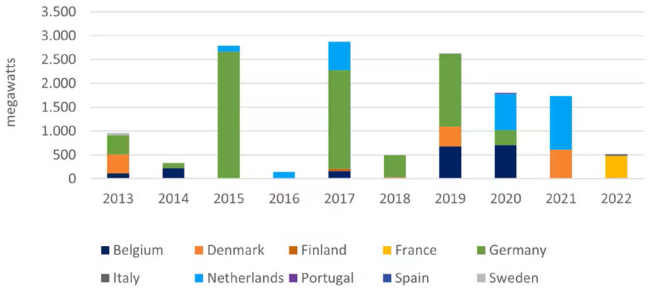
جدول ۲- مزایا و معایب نیروگاه‌های بادی دریایی

مزایای نیروگاه بادی دریایی	معایب نیروگاه بادی دریایی
• به علت دوری از ساحل مشکلی برای ساکنین شهرها ایجاد نمی‌کند و به چشم انداز طبیعت آسیب نمی‌رسانند. • نیروگاه بادی دریایی به علت سرعت باد بیشتر در مناطق دریایی، امکان تولید بیشتر برق را دارد. • بادهای دریایی موانعی مانند کوه‌ها که می‌توانند سرعت باد را کاهش دهند ندارند.	• عیب اصلی آن‌ها هزینه بالای نصب این توربین‌ها در بستر دریایی است. • نیروگاه بادی دریایی مستعد آسیب به خاطر طوفان‌ها و بادهای شدید دریایی هستند که ممکن است هزینه‌های تعمیر و نگهداری را افزایش دهد. • نیروگاه بادی دریایی که در نزدیکی ساحل (کمتر از ۴۰ کیلومتر) هستند مشکلاتی را برای ساکنین، قایقرانان و ماهیگیران ممکن است ایجاد کنند.

جدول ۳- مزایا و معایب نیروگاه های بادی ساحلی

مزایای نیروگاه بادی ساحلی	معایب نیروگاه بادی ساحلی
• هزینه نیروگاه‌های بادی ساحلی نسبتا ارزان است که اجازه می‌دهد نیروگاه‌های بزرگ تاسیس شوند. • فاصله کم میان مصرف کننده‌ها و توربین بادی، باعث افت ولتاژ کمتر روی کابل می‌شود. • نصب توربین بادی ساحلی بسیار سریع است و مقیاس نصب آن در حدود ماه است.	• یکی از مسائل توربین بادی ساحلی این است که به نظر بعضی از مردم چشم انداز طبیعت را خراب می‌کند. • توربین‌های بادی ساحلی در تمام سال به خاطر سرعت کم باد روی خشکی‌ها، برق تولید نمی‌کنند. • صدای توربین بادی می‌تواند برای مناطق مسکونی مانند صدای ماشین چمن زنی، آلودگی صوتی ایجاد کند. • حمل و نقل اجزای توربین بادی برای نصب در محل، در توربین‌های بادی ساحلی به علت طول زیاد سخت‌تر است.

اروپا و استقلال از سوخت‌های فسیلی روسیه، کمیسیون اروپا طرح REPowerEU خود را با هدف ۵۱۰ گیگاوات (GW) ظرفیت نصب شده انرژی بادی در داخل و خارج از ساحل تا سال ۲۰۳۰ ارائه کرد. هدف فعلی انرژی بادی فراساحلی اتحادیه اروپا برای سال ۲۰۳۰ مقدار ۶۰ گیگاوات است که انتظار می‌رود به دنبال افزایش جاه‌طلبی انرژی بادی ارائه شده در طرح REPowerEU و تجدیدنظر در دستورالعمل انرژی‌های تجدیدپذیر (Renewable Energy Directive - RED III) به سمت بالا بازنگری شود. در مجموع، ۲۷ کشور اتحادیه اروپا تا پایان سال ۲۰۲۲ حدود ۲۰۴ گیگاوات ظرفیت انرژی بادی نصب کرده‌اند که ۸ درصد آن (۱۶/۱ گیگاوات) انرژی بادی فراساحلی است. بیش از ۸۸ درصد (۱۴/۲ گیگاوات) از این ظرفیت بادی دریایی از سال ۲۰۱۳ نصب شده است. آلمان با ۷/۶ گیگاوات ظرفیت نصب شده بزرگ‌ترین سرمایه‌گذار بوده است و پس از آن هلند با ۳ گیگاوات ظرفیت نصب شده در جایگاه دوم قرار دارد.



تصویر ۱۰- ظرفیت بادی فراساحلی نصب شده در کشورهای مختلف اتحادیه اروپا از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲



تصویر ۱۱- سهم کشورهای مختلف اتحادیه اروپا برای رسیدن به ظرفیت هدف انرژی بادی فراساحلی تا سال ۲۰۳۰.
NSEC (The North Seas Energy Cooperation)

طراحی توربین‌های بادی فراساحلی (بدنه توربین و پلتفرم شناور آن) یکی از مباحث مهم و به‌روز می‌باشد که تلاش‌های زیادی هم امروزه به‌منظور بهینه‌سازی طراحی و ترکیبی کردن پلتفرم‌های شناور انجام می‌گیرد. در شماره بعدی نشریه سعی خواهد شد محیط AQWA انسیس که یکی از محبوب‌ترین محیط‌های تحلیل‌های هیدرودینامیکی است به‌صورت اختصاصی برای طراحی پلتفرم‌های شناور توربین‌های بادی فراساحلی مورد بررسی قرار گیرد.

با استناد به‌تمامی مطالب ارائه شده، واضح است که انرژی‌های تجدیدپذیر و به‌خصوص انرژی بادی موردتوجه کشورهای اروپایی قرار گرفته است. آنها می‌خواهند وابستگی خودشان را به نفت و گاز کاهش دهند و به سمت انرژی‌های پاک حرکت کنند. البته رخدادهای سیاسی چندین سال گذشته مانند جنگ روسیه و اوکراین نیز در این تصمیمات بی‌اثر نبودند و کشورهای اروپایی را مصمم‌تر کردند تا این مسیر را با جدیت دنبال کنند تا در آینده امنیت انرژی داشته باشند.

این تصمیمات برای کل جهان مفید خواهد بود؛ زیرا به میزان قابل‌توجهی از انتشار کربن‌دی‌اکسید جلوگیری خواهد نمود و گرمایش جهانی را واپایش می‌کند. امید است که در کشور ما نیز باتوجه‌به دسترسی به منابع آبی متعدد و توان بالای جامعه علمی کشور، این نوع پروژه‌های مفید اجرا شوند و شاهد آلودگی‌های زیست‌محیطی شدید که ناشی از فعالیت نیروگاه‌های تولید برق از سوخت‌های فسیلی است در کشور عزیزمان نباشیم. شاید بزرگ‌ترین مانع انجام این نوع پروژه‌ها در کشور ما، دسترسی به منابع عظیم نفت و گاز می‌باشد که با هزینه‌های پایین می‌توانیم برق مصرفی مورد نیازمان را تامین کنیم؛ ولی ذکر این موضوع مهم است که باتوجه‌به مطالب ابتدای بحث، سوخت‌های فسیلی روزی به اتمام خواهند رسید و کشورهایی که در زمینه انرژی‌های پاک سرمایه‌گذاری کرده‌اند در آن زمان بیشترین سود را خواهند برد.

منابع

Grimmit, M. and Carson, N. (۲۰۱۹). Above the Water: The Growing Momentum of Offshore Wind. Energy Watch. Available at: https://www.energywatch.com.my/blog/۲۳/۱۲/۲۰۱۹/above-the-water-the-growing-momentum-of-offshore-wind/

Hanipour, Z. (۲۰۲۳). Great Efforts Required to Achieve EU Countries' National Offshore Wind Energy Targets. Rabo Bank. Available at: https://www.rabobank.com/knowledge/our-experts/۰۱۱۲۷۸۳۹۷/zahra-janipour

انرژی‌های تجدیدپذیر. (۱۳۹۹). وزارت نفت.

توربین بادی. (۱۳۹۹). سنگ باد

Ghafari, H.R. and Ghassemi, H. and Neisi, A. (۲۰۲۲). Power matrix and dynamic response of the hybrid Wavestar-DeepCwind platform under different diameters and regular wave conditions. Ocean Engineering. Available at: https://www.researchgate.net/publication/۳۵۸۶۸۵۹۰۵_Power_matrix_and_dynamic_response_of_the_hybrid_Wavestar-DeepCwind_platform_under_different_diameters_and_regular_wave_conditions

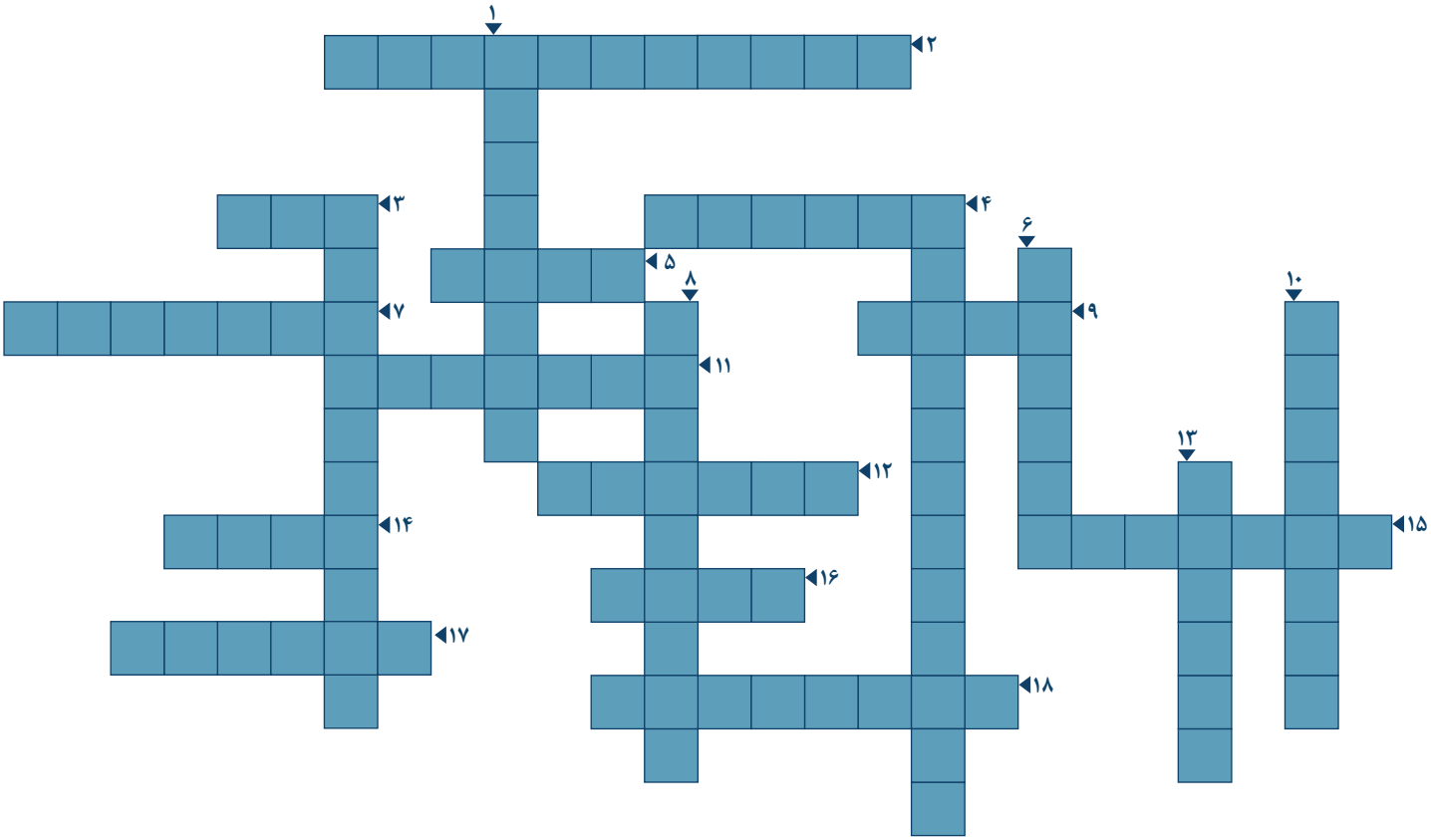
جدول مکانیک

عمودی

۱- عبارت است از مطالعه رفتار سینماتیکی و سینتیکی سامانه‌های نوسانی جهت به‌دست‌آوردن پاسخ زمانی سامانه
۳- مقاومتی است که اجسام در هنگام شروع به حرکت دایره‌ای یا توقف از حرکت دایره‌ای از خود به نمایش می‌گذارند
۴- مقدار انرژی در یک سیستم ایزوله ثابت می‌ماند
۶- شاخه‌ای از مهندسی که فیزیک مهندسی و ریاضیات را با دانش مواد تلفیق کرده و با طراحی و تحلیل سروکار دارد
۸- مقاومت ماده در برابر جاری‌شدن
۱۰- نسبت تنش به کرنش مواد جامد خطی
۱۳- به آرایشی مستطیلی شکل از اعداد یا عبارات ریاضی که به‌صورت سطر و ستون شکل یافته گفته می‌شود

افقی

۲- مطالعه روابط بین گرما، کار، دما و انرژی
۳- نسبت سرعت یک جسم به‌سرعت صوت
۴- جزئی از موتورهای رفت و برگشتی، پمپ‌های رفت و برگشتی و کمپرسورهای گازی
۵- هر مایع یا گاز که مقاومتی در برابر تنش برشی ندارد
۷- خالق اصل شناوری
۹- نرم‌افزار طراحی، مهندسی و ساخت به کمک رایانه می‌باشد
۱۱- وسیله‌ای است که اجازه یک حرکت نسبی مشخص بین دو قطعه یا بیشتر را می‌دهد که به‌صورت چرخشی یا حرکت خطی است
۱۲- یکای اندازه‌گیری فشار
۱۴- تأثیری که می‌تواند یک جسم را بکشد، هل دهد یا باعث تغییر شکل شود
۱۵- شاخه‌ای از مکانیک که به حرکت اجسام تحت‌تأثیر نیروها مربوط می‌شود
۱۶- در علم ترمودینامیک چرخه ایدئال موتورهای احتراق داخلی اشتعال تراکمی را گویند
۱۷- به جسمی گفته می‌شود که تغییر شکل در آن کوچک است و می‌توان از آن صرف‌نظر کرد
۱۸- پدیده‌ای است که در آن یک فلز شکل‌پذیر در اثر تغییر شکل پلاستیک، سخت‌تر و مستحکم‌تر می‌شود



مقدمه‌ای بر ریخته‌گری



فرهاد اکبرپور جنت
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز

در فرایندهای تولیدی به صنعت شکل‌دادن فلزات و آلیاژها پس از ذوب و ریختن مواد مذاب در محفظه‌ای و در نهایت انجماد آن مطابق الگوی محفظه قالب، ریخته‌گری گفته می‌شود.
این روش اغلب برای ساخت قطعات پیچیده‌ای که تولید آن از طریق روش‌های دیگر مشکل یا هزینه بر است استفاده می‌شود.
این فرایند قدیمی‌ترین و متداول‌ترین روش شناخته شده برای به‌دست‌آوردن شکل دلخواه از فلزات است. لازم به ذکر است اکثر قالب‌های اولیه از خاک رس، خاک نسوز، ماسه و سنگ تهیه می‌شد.
از مهم‌ترین فلزات که طی فرایند ریخته‌گری از آن استفاده می‌شود می‌توان به فولاد، چدن، برنز، برنج، آلومینیم و آلیاژهایی از آنها اشاره کرد.

دیباچه و روش‌های شناخت و مشاهده فرایند ریخته‌گری

قبلاً تصور می‌شد که قدمت ریخته‌گری به ۷۰۰ سال پیش از میلاد مسیح و به چین باز می‌گشت و قدیمی‌ترین قطعه‌ای که به روش ریخته‌گری ساخته شده بود قورباغه‌ای مسی بود. اما با یافتن قطعات چکش‌کاری شده با مس در خرابه‌های شهر حسنلو آذربایجان شرقی به این قطعیت رسیده بودند که این هنر در حدود ۹۰۰ سال پیش از میلاد مسیح در ایران رواج داشته است.

از دید باستان‌شناسان و تاریخ، ریخته‌گری را می‌توان به دوره‌های زیر تقسیم کرد:

۱. **دوره برنز (مس و مفرغ):** این دوره به‌پیش از میلاد مسیح باز می‌گردد و در ساخت وسایل جنگی مانند تبر، نیزه و... از آلیاژهای نظیر قلع استفاده می‌شد.

۲. **دوره آهن:** باتوجه‌به کشف باستان‌شناسان قطعاتی از جنس آهن در کشور چین، به دست آمد که قدمت آن به ۶۰۰ سال پیش از میلاد مسیح باز می‌گردد.

۳. **دوره تاریکی صنعتی:** در این دوره در اغلب صنایع از جمله ریخته‌گری رکود به وجود آمده بود.

۴. **دوره انقلاب صنعتی:** در سال ۱۷۵۰ میلادی توانستند کک را جایگزین زغال‌چوب نمایند.

هم‌زمان با گذر انسان از دوره سنگی به دوره فلز که آغاز آن با فلزهای مس و طلا در آناتولی بوده است، فناوری و دانش ریخته‌گری نیز گسترش پیدا کرد. در دوران باستان ابتدایی‌ترین وسایل مسی بدین‌گونه ساخته می‌شدند که فلز مس را پس از ذوب روی ماسه‌های مسطح می‌ریختند و بعد از انجماد، با استفاده از چکش‌کاری، به شکل نهایی موردنظر می‌رساندند. ولی با پیشرفت دانش و تجربه انسان، قالب‌ها به ترتیب از ماسه، سنگ و فلز ساخته شدند. هنوز به‌درستی مشخص نیست که ابتدا مس یا طلا کشف شد، چرا که آثاری از هر دو عنصر در نخستین سال‌های پیدایش فلز یافت شده است، همچنین هر دو فلز به‌صورت ناب در طبیعت وجود دارند؛ ولی از سویی، مقدار بیشتری مس نسبت به طلا در طبیعت وجود دارد و از سوی دیگر، طلا کاربرد زینتی دارد. صنعت ریخته‌گری یکی از صنایع مهم است که ارتباط تنگاتنگی با دیگر صنایع دارد. این صنعت را باید به‌عنوان یکی از صنایع مادر در حوزه صنعت سنگین و تأمین‌کننده بسیاری از صنایع مانند خودروسازی، سیمان، نفت و گاز و پتروشیمی، نیرو، شهرسازی و ماشین‌سازی قلمداد نمود. بیش از ۶۰ درصد کلیه شیرآلات و پمپ‌های صنعتی، قطعه‌های ریختگی هستند.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود دو کشور چین و هند بیشترین حجم تولید را به خود اختصاص داده‌اند، ولی کشورهای بزرگ صنعتی مانند آمریکا، ژاپن و آلمان (با وجود گرانی دستمزد بین ۲۰ تا ۲۵ دلار در هر ساعت) و محدودیت‌های زیست‌محیطی، با کشورهایی که میانگین دستمزد در آنها کمتر از ساعتی یک دلار است، رقابت می‌کنند و هنوز بازار خود را در اختیار تولید ارزان قرار نداده‌اند.

ریخته‌گری در طول تاریخ جایگاه ویژه‌ای در صنعت جهان داشته است. زیرا توانایی شکل‌دهی بسیار بالایی در مقایسه با دیگر فرایندهای تولید دارد و هزینه تولید در آن پایین‌تر از دیگر فرایندها است. بااین‌حال، مشکل اساسی این فرایند، غیر قابل رویت بودن آن هنگام تولید است. ازآنجاکه فلزمذاب در یک قالب غیرشفاف ریخته می‌شود، هنگام پرشدن و انجماد، نمی‌توان درون محفظه قالب را مشاهده کرد و ازاین‌رو شناخت دقیق از چگونگی شکل‌گیری ریزساختار و عیوب، در ریخته‌گری وجود ندارد.

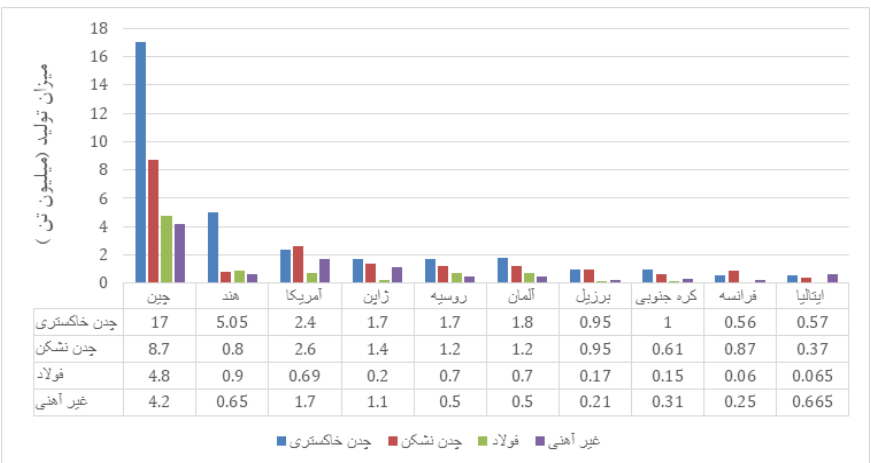
روش‌های شناخت و مشاهده فرایند ریخته‌گری

الف- آزمون‌های مخرب و غیرمخرب: آزمون‌هایی همچون متالوگرافی، کشش و ضربه از جمله آزمون‌های مخرب و آزمون‌های پرتونگاری و حماسه‌های الکتریکی - حرارتی از آزمون‌های غیرمخرب هستند. هدف از انجام این آزمون‌ها، بررسی چگونگی شکل‌گیری ریزساختار و عیوب در قطعات ریخته‌گری است.

ب-پرتونگاری هم‌زمان: این روش همگام با پیشرفت پرتو ایکس گسترش‌یافته است. تا به‌صورت لحظه‌ای و مستقیم، فرایند مشاهده شود. از مشکلات این روش به گران‌قیمت بودن دستگاه و احتمال وجود خطا در تعمیم روش به قطعه‌هایی با ابعاد متفاوت، اشاره کرد.

پ-روش تحلیلی: در این روش با استفاده از روابط و هندسه ساده شده قطعه، تغییرات عامل‌ها در نقاط مختلف آن بررسی می‌شود. در واقع، ابتدا هندسه کلی قالب به اجزای ساده‌تری تبدیل و سپس معادلات سیالاتی، حرارتی و ریاضی روی هندسه آن حل می‌شود.

ت- مدل‌سازی فیزیکی: این روش بر پایه اجرای انتزاعی فرایند، در ابعادی قابل‌کنترل و با اجزایی قابل‌مشاهده است. در این مدل نحوه حرکت سیال درون قالب لحظه‌به‌لحظه مشاهده و بررسی می‌شود.



شکل ۱- میزان تولید قطعه ریخته‌گری در ۱۰ کشور با بیشترین وزن تولید (ریخته‌گری نوین، ۲۰۱۰)

ث- مدل‌سازی عددی: این روش بر اساس حل معادلات فیزیکی و ریاضی، در مجموعه‌ای از اجزای کوچکی به نام مش، بنا شده است. مدل‌سازی عددی مشابه روش تحلیلی است؛ اما با این تفاوت که در این روش، ابتدا کل حوزه طی عملیات مش‌بندی، به سلول‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شوند و سپس معادلات در این سلول‌ها حل می‌شوند. ازآنجاکه تعداد مراحل الگوریتم در این روش زیاد است و هندسه‌های حل نیز در بسیاری از موارد پیچیده است، ناگزیر این روش با مفهوم مدل‌سازی رایانه‌ای درهم‌آمیخته شده است. روشی کاربردی و در حال گسترش که شبیه‌سازی با هزینه پایین، از مزایای آن است. مزیت دیگر این روش، قابل‌استخراج بودن مقدار کمیت‌های مختلف در تمامی مراحل و زمان‌ها، است. از معایب این روش می‌توان به زمان بر بودن نتایج به دلیل بالابودن حجم محاسبات در بسیاری از موارد، اشاره کرد. مبنای الگوریتم حل به روش مدل‌سازی عددی در زمینه‌های ریخته‌گری، به نظریه انتقال حرارت، انتقال جرم و اندازه حرکت که در قرن نوزدهم ارائه شده بر می‌گردد.



فرایندهای ریخته‌گری

ابتدا باید نقشه اولیه از قطعه‌ای که قصد ریخته‌گری و تولید آنها داریم طراحی کنیم، سپس از آن طبق طراحی الگویی مدل‌سازی می‌شود.

در مرحله بعدی باید فلزی که برای تهیه قطعه مناسب‌تر است انتخاب شود و تبدیل به مذاب شود. باتوجه‌به الگوی مدل‌سازی شده، قالبی معمولاً از جنس ماسه تهیه می‌شود. اگر قطعه دارای تورفتگی یا برجستگی بود می‌بایست برای آن ماهیچه‌هایی در نظر گرفت که بتواند این ناهمواری‌ها را شکل دهد.

روش‌های ریخته‌گری

به‌طورکلی روش‌های ریخته‌گری از نظر قالب به دو نوع زیر تقسیم می‌شوند:

- ریخته‌گری در قالب‌های یک‌بارمصرف Expendable
- ریخته‌گری در قالب‌های دائمی Permanent

با توجه به نام ماده سازنده قالب، معمولاً روش‌های ریخته‌گری را نام‌گذاری می‌کنند، مثلاً می‌توان از روش ریخته‌گری در ماسه نتیجه گرفت که جنس قالب استفاده شده در آن حتماً از جنس ماسه است.

۱ ریخته‌گری تحت‌فشار (دایکست): این نوع سریع‌ترین نوع از روش‌های ریخته‌گری است. مواد مذاب تحت‌فشار به داخل قالب تزریق می‌شوند و به دلیل همین تراکم، قابلیت تولید قطعات محکم و بدون مک از مزایای این روش است.

۲ ریخته‌گری با قالب ماسه‌ای: در این نوع از روش ریخته‌گری از ماسه برای قالب‌گیری استفاده می‌شود. ماسه‌ای که در این روش استفاده می‌شود خود به دودسته کلی ماسه طبیعی و ماسه ترکیبی تقسیم می‌شود.

در قالب‌های بزرگ‌تر از ماسه سبز که ترکیبی از ماسه، خاک رس و مقداری آب است، استفاده می‌کنند.

۳ ریخته‌گری دقیق: ریخته‌گری با مدل‌های مومی یا ریخته‌گری ظریف یکی از روش‌های ریخته‌گری متداول هستند که از آنها با عنوان ریخته‌گری دقیق نام‌برده می‌شود.

بیش از چندین قرن است که از این نوع ریخته‌گری به‌منظور تهیه قطعات باکیفیت بالا استفاده می‌شود.

در این روش ریخته‌گری، با استفاده از قالب‌هایی از جنس سرامیک و مواد دیرگداز که ساخته شده‌اند، می‌توان قطعات پیچیده بادقت ابعاد بسیار بالا دارای سطح صاف‌تر در قیاس با روش‌های دیگر تولید کرد.

۴ ریخته‌گری در قالب‌های گچی: همان‌طور که از اسم این روش مشخص است، در این نوع ریخته‌گری از قالب‌های ساخته شده از گچ فرنگی و افزودنی‌های دیگر استفاده می‌شود.

از این روش در تولید قطعاتی بادقت ابعادی مانند قطعات مکانیکی بهره می‌گیرند.

۵ ریخته‌گری ثقلی: از انواع روش‌های ریخته‌گری صنعتی است. بر طبق تعریف ریخته‌گری در قالب‌های ریزه، به روشی گفته می‌شود که در آن دو یا چندتکه قالب فلزی برای تولید قطعه‌ای دائماً مورداستفاده قرار بگیرد و ماده‌ای مذاب پرکننده بر اساس وزن غالب را پر کند.

در این روش ماهیچه‌های پیچیده‌تر و دقیق‌تر از فلز و ماهیچه‌های ساده‌تر از ماسه یا گچ ساخته می‌شوند.

اصطلاحات ریخته‌گری

یادگیری اصطلاحات رایج ریخته‌گری، امکان درک بهتر مکانیزم اجرای این فرایند را فراهم می‌کند. برخی از این اصطلاحات بارانداز: قالب، حفره، دستگاه راهگاهی، قطعه، ماسه ریخته‌گری، ماسه رویه، ماسه رزینی دمابان، کوپ و درگ، چیک، مدل، ماهیچه، چپلت، چیل، بوته، پاتیل و...

اصطلاحات سیستم راهگاهی: حوضچه، اسپرو، چشمه، رانر، کیت، رایزر، هواکش و...

ماسه ریخته‌گری: ریخته‌گری ماسه‌ای به‌عنوان متداول‌ترین روش اجرای ریخته‌گری شناخته می‌شود. ماده اصلی در ساخت قالب‌های این فرایند ماسه است. فراوانی و هزینه پایین ماسه سیلیسی، این ماده را به گزینه اول ساخت قالب‌های ماسه‌ای تبدیل می‌کند، البته انبساط حرارتی بالای ماسه سیلیسی، احتمال رخدادن عیوب ریخته‌گری را افزایش می‌دهد.

ماسه‌تر یا ماسه سبز، سیلیکات سدیم یا شیشه مایع و ماسه رزینی از رایج‌ترین مواد مورداستفاده برای ساخت قالب‌های ریخته‌گری هستند.

ماسه رزینی: ماسه رزینی، ماده‌ای است که معمولاً از ترکیب ماسه سیلیسی ریزدانه با رزین فنولی ترموست تشکیل می‌شود، مخلوط‌کردن این مواد با یکدیگر، امکان ساخت قالب‌های سخت با استحکام بالا را فراهم می‌کند.

ماسه رویه: ماسه‌ای است که برای ساخت بخش‌های قالب در مجاورت مدل استفاده می‌شود. ماسه رویه در ارتباط مستقیم با مواد مذاب قرار می‌گیرد، ازاین‌رو، این ماسه از مقاومت بسیار بالایی در برابر تنش‌های حرارتی اعمال شده از طرف مذاب بهره می‌برد.

درجه یا فلاسک: ابزاری است که به‌منظور نگهداری قالب ریخته‌گری مورداستفاده قرار می‌گیرد. این وسیله فقط دارای دیواره‌های جاذبی است و هیچ بخش بالایی یا پایینی ندارد. مقطع فلاسک، معمولاً به شکل مقاطع ساده‌ای نظیر مربع، مستطیل و دایره است.

نیمه‌های درجه: اغلب روش‌های ریخته‌گری، از قالب‌های دوتکه برای ساخت قطعات استفاده می‌کنند، ازاین‌رو درجه نیز به‌صورت دوتکه ساخته می‌شود. به بخش بالایی درجه Cope و به بخش پایینی آن Drag گویند.

چیک: در ریختگری‌های پیچیده، درجه، از چندین تکه (بیش از دوتکه) تشکیل شود. به بخش‌های میانی فلاسک در این حالت Cheek گویند.

چپلت: قطعه‌ای کوچک فلزی است که به‌منظور نگهداری ماهیچه حین فرایند ریخته‌گری مورداستفاده قرار می‌گیرد. چپلت ها از جابه‌جایی ماهیچه در حین فرایند ریخته‌گری که بر اثر نیروهای اعمال شده از طرف جریان مواد مذاب جلوگیری می‌کند.

چیل Chill: قطعه‌ای است که به‌منظور بهبود فرایند انجماد (افزایش نرخ خنک‌شدن) درون حفره قالب یا اطراف آن جاگذاری می‌شود. در ریختگری‌های پیچیده، عدم تقارن شکل و ضخامت قطعه، از انجماد خطی و یکنواخت بخش‌های مختلف جلوگیری می‌کند.

چیل ها با تنظیم انتقال حرارتی در نقاط بحرانی باعث تعدیل فرایند انجماد می‌شوند. جنس این قطعات از مواد دارای هدایت حرارتی بسیار بالایی است.

اسپرو یا راهگاه با ریز: مجرای هدایت مواد مذاب از حوضچه باریز به حفره قالب است. این مجرا، معمولاً به شکل مخروطی طراحی و ساخته می‌شود. در بسیاری از موارد، واپایش جریان مواد مذاب توسط راهگاه باریز انجام می‌گیرد.

چشمه راهگاه: در انتها راهگاه بار ریز و محل اتصال آن با راهبار، فضایی وجود دارد که با تجمع مواد مذاب، از سقوط آزاد آن‌ها جلوگیری می‌کند. به این فضا، چشمه راهگاه گویند. چشمه راهگاه، اغتشاشات جریان و گیرکردن هوا درون مواد مذاب را کاهش می‌دهد.

مقطع این چشمه معمولاً به شکل دایره، قطر آن حدود ۲ برابر قطر انتهای راهگاه و عمق آن حدود ۲ برابر عمق راهبار است.

رانر یا راهبار: مجرایی است که مواد مذاب را از راهگاه به دریچه یا تغذیه‌های اطراف حفره قالب هدایت می‌کند. طراحی راهباره، باعث تغذیه یکنواخت حفره، با نرخ ثابت و مطابق با نرخ انجماد می‌شود.

در اغلب موارد مقداری از مواد مذاب درون دریچه یا حتی دیگر مجراهای سیستم راهگاهی باقی می‌مانند. این مواد به همراه مواد درون حفره، طی فرایند انجماد، سخت می‌شوند. ازاین‌رو، پس از بازکردن قالب و خارج‌کردن قطعه نیاز به عملیات ماشین‌کاری برای تهیه قطعه یا قطعات نهایی خواهد بود.

رانر یا تغذیه: فضاهایی درون سیستم راهگاهی قالب هستند که هنگام توقف ریختن مواد مذاب، به‌عنوان مخازن ذخیره و تأمین مواد، مورداستفاده قرار می‌گیرند. با توقف فرایند ریختن، مواد مذاب درون حفره‌ها، بر اثر فرایند انجماد، شروع به جمع‌شدن می‌کنند. کاهش حجم ناشی از جمع‌شدگی، باعث کاهش ابعاد و تغییر شکل قطعه ریختگری شده، نسبت به قطعه طراحی شده می‌شود.

رایزرها با تأمین مواد مذاب اضافی، تأثیر جمع‌شدگی بر مشخصات ابعادی قطعه را کاهش می‌دهند. بر اساس دسترسی یا عدم دسترسی مجرا به بیرون قالب، رایزرها به انواع بالاسری (دسترسی از بالای قالب)، کناری (دسترسی از کناره‌های قالب) و کور (بدون دسترسی) تقسیم می‌شوند.

غلاف رایزر: قطعه‌ای استوانه‌ای‌شکل است که به‌منظور کاهش افت حرارتی رایزر توسط ایجاد عایق حرارتی و یا تولید حرارت برای جلوگیری از افت دما مورداستفاده قرار می‌گیرد.

این قطعه با کاهش میزان جمع‌شدگی، باعث پیوستگی فرایند ریخته‌گری و افزایش کیفیت قطعه نهایی می‌شود.

ریخته‌گری ماسه‌ای

ریخته‌گری ماسه‌ای قدیمی‌ترین و متداول‌ترین روش ریخته‌گری است که در آن از قالب ماسه‌ای یکبار مصرف برای ساخت قطعات فلزی استفاده می‌شود. ریختگری با قالب ماسه‌ای در ساخت قطعات پیچیده کوچک تا بزرگ و سبک تا سنگین کاربرد دارد. این روش به طور گسترده در کارخانه‌های ذوب مورداستفاده قرار می‌گیرد.

این فرایند طی شش مرحله کلی، شامل قالب‌سازی، بستن قالب، ریختن مواد مذاب خنک‌کاری، خارج‌کردن قطعه و برش‌کاری انجام می‌گیرد. طی این فرایند، قالب ماسه‌ای به طور کامل از بین می‌رود و به‌منظور ساخت قطعه بعدی یک قالب جدید ساخته می‌شود.

ریختگری ماسه‌ای متداول‌ترین روش ساخت قطعات در کارخانه‌های ذوب است، این روش ساخت و تولید، در بسیاری از

صنایع نظیر هوافضا، خودروسازی، ساخت ماشین‌آلات سنگین و... کاربرد دارد. برای مثال ساخت بلوک سیلندر، پایه ماشین‌آلات، دنده‌ها و پولی‌ها توسط ریخته‌گری ماسه‌ای انجام می‌گیرد. انعطاف‌پذیری بالا، باعث تنوع کاربردی این روش شده است. تقریباً تمام فلزات و آلیاژهای فلزی در ریختگری ماسه‌ای قابل‌استفاده هستند، آلیاژهای فولادی، فولاد کربنی، چدن، برنج، فولاد ضدزنگ، آلومینیم، مس، منیزیم و نیکل از مواد اولیه رایج برای ساخت قطعات در این نوع قالب‌اند. فرایند ریخته‌گری ماسه‌ای، معمولاً باتوجه‌به الگوی قالب و نوع ماسه مورداستفاده برای قالب‌گیری تقسیم‌بندی می‌شوند. براین‌اساس از روش‌های ساخت قطعات توسط قالب‌های ماسه‌ای می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **ریخته‌گری در ماسه تر**
- **ریخته‌گری در ماسه خشک**
- **ریخته‌گری در گل و ماسه**
- **ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای ماهیچه‌دار**

قالب، ماهیچه، ماسه و ابزارهای تراکم ماسه از المان‌های اصلی موردنیاز برای ساخت قطعات فلزی به روش ریخته‌گری ماسه‌ای هستند. ماهیچه، قطعه‌ای به شکل قطعه نهایی است که به‌منظور ایجاد حفره درون قالب مورداستفاده قرار می‌گیرد.

مزایا	معایب
امکان تولید قطعات بسیار بزرگ	مقاومت نسبتاً پایین
امکان ساخت قطعات دارای ساختار پیچیده	احتمال بالای ایجاد تخلخل
کوتاه بودن فاصله زمانی بین دریافت سفارش تا تحویل کامل قطعه	کیفیت پایین پرداخت سطح
	نیاز به ماشین کاری ثانویه

ریخته‌گری چدن خاکستری: چدن، پرکاربردترین فلز مورداستفاده در حوزه ساخت و تولید است. این ماده از استحکام بالایی بهره می‌برد. پرداخت آسان سطح قطعه بدون نیاز به روش‌های مخرب، امکان ساخت قطعات با مشخصات سفارشی و هزینه پایین در تولید انبوه قسمتی از مزایای چدن ریخته است.
ریخته‌گری چدن نشکن: چدن نشکن یا مالیبل، ماده‌ای با خصوصیات مشابه چدن خاکستری است که امکان دستیابی به خواص مکانیکی بهتر را فراهم می‌کند. از ویژگی‌های این چدن می‌توان به استحکام زیاد، مقاومت در برابر خوردگی، چقرمگی بالا، شکل‌پذیری بالا، وزن کمتر، جمع‌شدگی کمتر و هزینه پایین‌تر اشاره کرد.

مطالب فوق تنها چکیده‌ای درباره ریخته‌گری هستند که جهت آشنایی کلی فرد با ریخته‌گری تنظیم گردیده است. مدل‌های عددی در شبیه‌سازی ریخته‌گری، عیوب رایج در ریخته‌گری، تشریح واحدهای مختلف یک شرکت ریخته‌گری، بازار کار و صنایع دخیل در ریخته‌گری از مباحث مهمی هستند که باید به آنان بیشتر پرداخته شود.

منابع

دکتر پرویز دوامی، دکتر سید محمدحسین میرباقری، مهندس احمد ب، مهندس امیر ب، بهار ۱۳۹۶، شبیه‌سازی فرایندهای ریخته‌گری

محمدعلی،۱۳۷۵، اصول کاربرد عملیات حرارتی فولادها و چدن‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان

J. T. Black, Ronald A. Kohser (۲۰۱۹). DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing

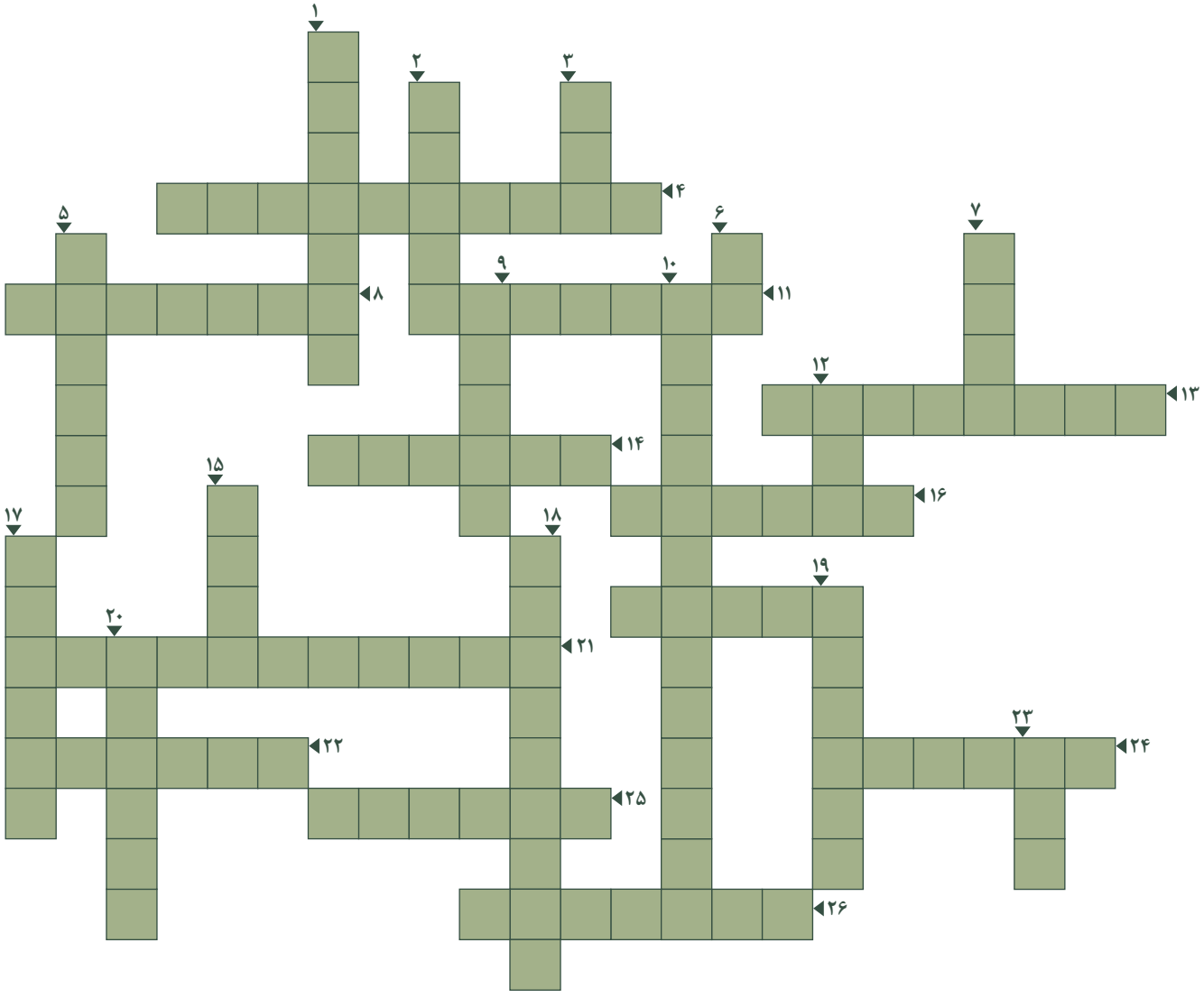
جدول عمومی

عمودی

۱- پایتخت کشور ونزوئلا
۲- نام رنگ‌دانه‌های طبیعی موجود در پوست انسان چیست؟
۳- کدام کشور کمترین میزان جنگل را در جهان دارا است؟
۵- نخستین پادشاه در شاهنامه
۶- دین مسیحیت چند گرایش اصلی دارد؟
۷- صاحب‌امتیاز شرکت موتورولا در حال حاضر کدام شرکت است؟
۹- فاصله نقطه پنالتی تا دروازه
۱۰- آخرین مدافعی که موفق به کسب توپ طلا شد
۱۲- در موسیقی چند نت وجود دارد؟
۱۵- تنگه‌ای در ترکیه که قاره آسیا را از اروپا جدا می‌کند
۱۷- نام مخترع موتورسیکلت چیست؟
۱۸- نام قدیم بلاروس
۱۹- علی دایی به کدام تیم ایتالیایی گل زده است؟
۲۰- جایزه پولیتزر برای کدام رشته است؟
۲۳- نخستین جنگ داخلی مسلمانان

افقی

۴- واژه پیانو به چه معنا است؟
۸- کدام کشور بیشترین تعداد اسکار بهترین فیلم خارجی زبان را داراست؟
۱۱- ایران از نظر وسعت چندمین کشور جهان است؟
۱۳- درازترین ماهی استخوانی جهان چه نام دارد؟
۱۴- تمایل به آزار رساندن به دیگران
۱۶- سمفونی اروئیکا از آثار کدام هنرمند است؟
۱۹- کدام تیم بیشترین تعداد حضور در جام جهانی را داشته؟
۲۱- کدام جانور است که مغز ندارد؟
۲۲- نام توپ سفید در اسنوکر
۲۴- مجسمه‌سازی جزء کدام گروه از هنرهای هفت‌گانه قرار می‌گیرد؟
۲۵- مردمک چشم اختاپوس شبیه کدام شکل هندسی است؟
۲۶- کاشف اکسیژن



مصاحبه با مهندس علیرضا دواتگری



عرفان شکورزاده
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز



۱ به‌منظور آشنایی هرچه بیشتر دانشجویان با موضوع طراحی و توسعه محصول پیشنهاد می‌شود سؤال به این‌گونه مطرح شود: لطفاً در خصوص طراحی و توسعه محصول و تجربه و تخصص خودتان در این حوزه توضیح دهید.

طراحی و توسعه محصول یک فرایند سامان‌مند از مرحله ایجاد یا شناسایی نیاز تا تولید و تجاری‌سازی پاسخ آن نیاز در قالب یک محصول جدید یا بهبود یک محصول قدیمی است. نکته حائز اهمیت دراین‌خصوص این است که موضوع طراحی و توسعه محصول یک فرایند بسیار گسترده و چندجانبه است که علاوه بر مسائل مهندسی و فنی شامل مسائل اقتصادی، مدیریتی، روان‌شناسی، حقوق و... می‌شود. اگر بخواهیم مراحل اصلی این فرایند را تیتروار بیان کنیم، این مراحل به ترتیب این‌چنین خواهد بود: ۱- بررسی و شناسایی نیاز ۲- ایده‌پردازی ۳- تجزیه‌وتحلیل بازار ۴- طراحی مفهومی ۵- طراحی دقیق یا طراحی جزئیات و تحلیل‌های مهندسی ۶- طراحی صنعتی یا طراحی ظاهر محصول ۷- نمونه‌سازی ۸- تست محصول و صحه‌گذاری آن ۹-تجاری‌سازی. البته این فرایند به اینجا ختم نمی‌شود و حتی تا مرحله ازرده‌خارج کردن و بازیافت محصول نیز ادامه می‌یابد. همان‌طور که خدمتتان عرض کردم اصولاً فرایند طراحی محصول پروسه‌ای پیچیده و پر اهمیت است. حال شرکت ما نیز به کمک همکارانی که هر کدام در قسمتی از این فرایند متخصص هستند می‌کوشد تا با طراحی، توسعه و ساخت محصولات موردنیاز بازار بتواند سهم کوچکی در رفع نیازهای جامعه داشته باشد.

۲ چه اقداماتی در زندگی فردی خود انجام می‌دهید که به شما در بهبود مهارت‌ها و موفقیت کاری کمک می‌کند؟ و پیشنهادتان برای دانشجویانی که می‌خواهند قدم در این راه بگذارند چیست؟

مؤثرترین راه بهبود مهارت و رسیدن به موفقیت به نظر بنده افزایش تجربه و قرارگیری در موقعیت عملی و واقعی کار است و شما باید از هر موقعیتی به‌منظور افزایش تجربه خودتان استفاده کنید. این کار می‌تواند با حضور و کار داوطلبانه در کارخانه‌ها، شرکت‌ها، کارگاه‌های تولیدی و حتی واحدهای بازرگانی به‌عنوان کارمند یا کارآموز باشد که هر کدام از این مراکز کوله‌باری از مهارت‌ها و اطلاعات به آموخته‌های شما اضافه خواهند کرد. در ارتباط بودن با افراد خبره صنعتی، بازدید از نمایشگاه‌های تخصصی و مطالعه کتب و رفرنس‌های فنی نیز نباید از خاطر رود.

۳ با چه چالش‌هایی در مسیر حرفه‌ای خود روبرو شده‌اید و چگونه با آن‌ها مقابله کرده‌اید؟

مسیر راه‌اندازی و راه‌بری کسب‌وکار در هر کجای دنیا مسیر پر چالشی است. این چالش‌ها در کشور ما چندین برابر است و هر کسب‌وکاری در مسیر حرفه‌ای خود با مشکلات و حتی شکست‌های فراوانی مواجه می‌شود. شرکت و مجموعه ما نیز از این امر مستثنی نیست. بارها در پروژه‌ها یا برنامه‌هایمان با شکست مواجه شده‌ایم؛ ولی نکته‌ای که باید خدمتتان عرض کنم این است که هیچ یک از مشکلات و سختی‌ها باعث ناامیدی و یاس ما نشده است و همواره سعی کرده‌ایم اهداف خودمان را در بین ناملایمات موجود به‌پیش ببریم.

سؤال درباره شرکت و حوزه فعالیت:

۴ لطفاً درباره تاریخچه و تخصص شرکت خود توضیح دهید.

شرکت نارمک در ابتدا در قالب یک گروه مهندسی متشکل از فارغ‌التحصیلان دانشگاه تبریز کار خود را با ارائه خدمات طراحی در قالب مرکز طراحی و توسعه محصول نارمک آغاز و در ادامه با ثبت حقوقی مجموعه تحت عنوان شرکت نوین آرمان راه مکانیک که باز به‌اختصار نارمک نامیده می‌شود کار خود را علاوه بر طراحی به سایر حوزه‌های صنعتی و خدمات مهندسی از جمله ماشین‌سازی و قطعه‌سازی گسترش داد و هم اکنون شرکت دارای پروانه خدمات فنی مهندسی در حوزه ماشین‌ابزار از سازمان صنعت، معدن و تجارت است.

۵ در کدام حوزه‌های مهندسی مکانیک فعالیت می‌کنید؟ و چه نوع محصولاتی را طراحی و توسعه می‌دهید؟
آیا می‌توانید به ما نمونه‌هایی از پروژه‌های مهمی که شرکت شما انجام داده است را بیان کنید؟

ما در سه زمینه اصلی طراحی، مشاوره صنعتی و ساخت ماشین‌آلات و قطعات صنعتی فعالیت می‌کنیم. از جمله پروژه‌های مهم شرکت نارمک در زمینه طراحی می‌توان به طراحی ماشین‌آلات راه‌سازی از جمله مینی بیل مکانیکی، مینی لودر، بکهو لودر هیدرواستاتیکی، خودروی سه‌چرخ چندمنظوره اکونومیک، طراحی و مهندسی معکوس دستگاه‌های دینامیکی لیفتراک دیزلی و... اشاره کرد. برخی از این محصولات که عموماً برای اولین‌بار در ایران طراحی و توسعه یافته‌اند به سفارش سایر صنایع و کارخانه‌ها از جمله شرکت تراکتورسازی تبریز طراحی شده‌اند و برخی دیگر جز محصولات خود شرکت هستند. در زمینه مشاوره شرکت جز مشاوران رسمی شرکت شهرک‌های صنعتی و صنایع کوچک ایران است و در حوزه‌های توسعه محصول و فناوری و راه‌اندازی خطوط تولید به صنایع مختلف خدمات مشاوره‌ای ارائه می‌دهد. علاوه‌برآن بخش اعظمی از فعالیت شرکت در حوزه ماشین‌سازی و ساخت قطعات صنعتی سفارشی است. از جمله مشتریان اصلی شرکت در این زمینه نیز می‌توان به شرکت‌هایی مانند پتروشیمی تبریز، پالایشگاه تبریز، تراکتورسازی، سمتکو، پمپیران، سازمان گسترش صنایع ریلی ایران و... اشاره کرد.

۶ چه چالش‌هایی در طراحی و توسعه محصول در حوزه مهندسی مکانیک وجود دارد و چگونه با آن‌ها مقابله می‌کنید؟

یکی از چالش‌های موجود در زمینه طراحی و توسعه محصولات جدید عدم دسترسی آسان به دانش فنی و استانداردهای فنی آن محصول است. شرکت ما برای حل این مشکل سعی می‌کند به کمک کارشناسان باتجربه و تحصیل‌کرده خود و از طریق تحقیق و توسعه دانش فنی آن محصول را تا جای ممکن بومی‌سازی نماید. همچنین در این راستا ارتباطات مستمر خوبی هم با مهندسان خارج از کشور برقرار کرده‌ایم که از این طریق توانسته‌ایم مشکلات فنی خیلی از پروژه‌ها را رفع کنیم. چالش بعدی موجود در این حوزه عدم دسترسی

هستند. در این مواقع شما باید با استفاده از دانش مهندسی مواد، جایگزین مناسبی برای مواد اولیه خود پیدا کنید که بتواند پاسخگوی نیاز شما باشد.

۷ در چه روش‌هایی برای بهبود کیفیت و کارایی محصولات خود سرمایه‌گذاری می‌کنید؟

به این منظور سعی می‌کنیم همواره به‌روزترین علوم و متدها را در کار خود چه در حوزه طراحی و چه در حوزه ساخت به کار گیریم و همواره با بازخورد گرفتن از مشتریان و همکاران خود سعی در بهبود مستمر کیفیت کار خود داریم.

۸ شرکت شما با چه استانداردها و مقرراتی در طراحی و تولید محصولات خود هماهنگی می‌کند؟

ما بسته به محصول موردنظر استانداردها و الزامات آن حوزه را در کار خود اعمال می‌کنیم. بسیاری از محصولات دارای استانداردهای بین‌المللی مخصوصی هستند که شما در کار طراحی و ساخت بایستی به آن‌ها توجه داشته باشید. به‌عنوان‌مثال یک ولو یا پمپ پالایشگاهی را در نظر بگیرید، برای ساخت این تجهیز شما علاوه بر الزامات اعلامی از طرف کارفرما بایستی استانداردهای مهندسی مانند استانداردهای API، ASME، ASTM و... را نیز در نظر بگیرید.

۹ چگونه با تحقیقات جدید در حوزه مهندسی مکانیک ارتباط برقرار می‌کنید؟

ما همواره با دانشگاه‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی در ارتباط نزدیک هستیم، بسیاری از اساتید و دانشجویان تحصیلات تکمیلی به ما لطف داشته و حداقل ماهی یکبار در محل شرکت پذیرای این بزرگواران هستیم. چند مورد از این عزیزان پروژه‌های شرکت را به‌عنوان موضوع پایان‌نامه و یا رساله خود انتخاب نموده‌اند که در کنار انجام تحقیقات دانشگاهی خود کمک‌حال ما در پیشبرد پروژه‌های جاری شرکت هستند. همچنین شرکت عضو انجمن‌های تخصصی مانند انجمن مهندسان مکانیک ایران نیز است و هر ساله با شرکت در اجلاس‌ها و گردهمایی‌های علمی سعی می‌کنیم تا ارتباط خود را با تحقیقات جدیدی که در حوزه صنعت و مهندسی مکانیک انجام می‌گیرد، حفظ نماییم.

۱۰ آیا شرکت شما با همکاران و نمایندگان دیگر در صنعت همکاری می‌کند؟ و این همکاری به چه شکلی هست؟ و چگونه این همکاری‌ها برای شما مفید بوده‌اند؟

بله همان‌طور که در سؤال قبلی هم خدمتتان عرض کردم ما همکاری خوبی با سایر همکاران دانشگاهی و صنعتی داریم. شرکت ما با چندین شرکت، کارگاه و واحد صنعتی تفاهم‌نامه همکاری داشته و این همکاری‌ها همواره برای طرفین مفید بوده است.

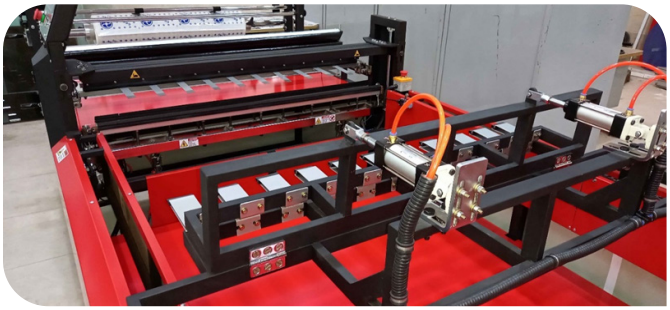
۱۱ چه تفاوت‌هایی بین شرکت شما و رقبا در حوزه طراحی و ساخت محصول وجود دارد؟

طراحی و ساخت ماشین‌آلات در ایران عموماً به‌صورت سنتی و تجربه‌محور و بیشتر از طریق مهندسی معکوس آن هم نه به‌صورت علمی و تخصصی بلکه به‌صورت کپی‌کاری محض از دستگاه‌های خارجی قدیمی و ازرده‌خارج در دسترس صورت می‌گیرد و تقریباً به جز درصد ناچیزی از این تولیدات هیچ‌کدام از یک طراحی اصولی و بهره-گیری از تحلیل‌ها و محاسبات علمی برخوردار نیستند. ازاین‌رو محصولات تولیدشده همواره از لحاظ فنّاوری و کیفیت بسیار از زمانه خود عقب‌تر هستند که این امر نیز در نهایت موجبات نارضایتی مصرف‌کنندگان نهایی از محصولات ساخت داخل را موجب شده است. اما خدمات ارائه شده در این مجموعه بر این روال است که برای طراحی و ساخت یک دستگاه یا یک محصول جدید علاوه بر جنبه‌های فنی، تمام جوانب کار اعم از طراحی، تحلیل و محاسبات مهندسی، طراحی صنعتی به‌منظور رعایت زیبایی و چشم‌نوازی طرح، مسائل اقتصادی به‌منظور به‌صرفه‌بودن طرح و حتی توجه به علم روان‌شناسی و جامعه‌شناسی برای سازگاری طرح با روان مخاطبان و مورد پذیرش بودن آن برای جامعه نیز در نظر گرفته می‌شود.

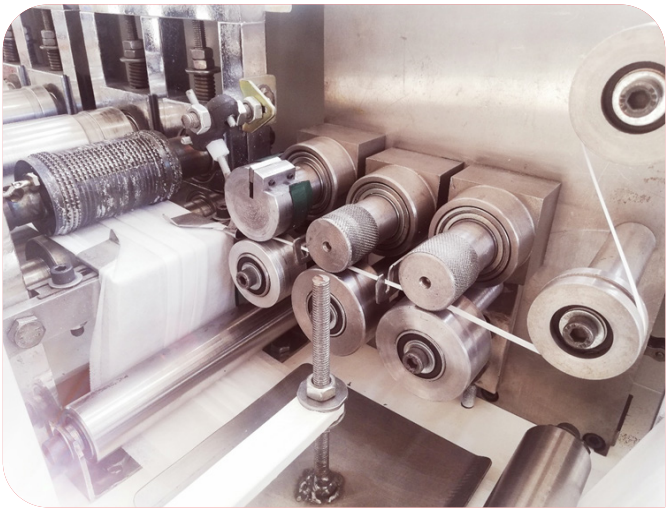


تصاویری از نمونه محصولات تولیدی و طراحی شرکت

















عیب یابی ماشین های دوار صنعتی با تحلیل الگوهای نیرویی



توحید مکرم

فارغ التحصیل مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز

در ماشین آلات دوار صنعتی به دلایل مختلف از جمله بهم خوردن نابالانسی جرمی، ناهمراستایی محوری اتفاق می‌افتد در این حالت یاتاقان‌ها در دو طرف شفت‌ها نیروهایی تحمل می‌کنند که سبب نابالانسی سیستم می‌شود. وجود نامیزانی‌های جرمی در این حالت در صورتیکه توسط تیم تعمیر و نگهداری بررسی و کنترل نشوند، خسارات زیادی روی ماشین‌های دوار به دنبال خواهد داشت لذا با شناسایی الگوهای نیرویی گامی مثبت در جهت بهبود طول عمر ماشین‌های دوار و عملکرد آنها برداشت.

با شناسایی الگو نیروهای یاتاقان‌ها در شرایط مختلف نابالانسی، میتوان در مورد مشخصات نامیزانی‌های موجود در ماشین‌های دوار اطلاعاتی جمع‌آوری کرد که با تحلیل این الگوها گامی مثبت در جهت بالانس بهینه سیستم‌های دوار برداشت شناسایی مشخصات نامیزانی‌های جرمی از جمله محل قرارگیری این نامیرانی‌ها از روی الگوهای نیرویی کار به این راحتی نیست نیازمند آزمایش عملی و استخراج نیروهای وارد بر یاتاقان‌ها بوسیله سنسورهای شتاب سنج و مطابقت دادن داده‌های تجربی با تئوری بوسیله بهره‌گیری از هوش مصنوعی است.

در این پروژه، ابتدا تمامی نیروهای وارد بر یاتاقان‌ها با در نظر گرفتن همراستا بودن یاتاقان‌های سوار بر شفت روتور صلب شناسایی شد با استخراج معادلات دینامیکی حاکم بر مسئله و حل عددی آنها، گراف‌هایی برای نیروهای یاتاقان‌ها در برابر هم حاصل شد که با تحلیل این الگوها در شرایط مختلف نابالانسی، نتایج جالبی بدست آمد. مهندسان تعمیر و نگهداری با بهره گیری از این الگوها و شناسایی نامیزانی‌های جرمی جزئی، میتوانند عملکرد ماشین‌های دوار صنعتی را بهتر از قبل بهبود دهند.



تمامی سیستم‌های چرخان صنعتی از جمله ماشین‌های دوار که بوفور در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند، پس از نصب و راه اندازی در طی مدت زمانی دچار نقص فنی می‌شوند لذا این امر اجتناب ناپذیر است. عدم بررسی و کنترل نقوص فنی ماشین‌های صنعتی به مراتب خسارات جبران ناپذیری به دنبال خواهند داشت، [۲] بنابراین رفع نقوص ماشین‌های چرخان صنعتی که ناشی از عیوب مکانیکی سیستم‌ها هستند،[۱] در اولویت مهندسان تعمیر و نگهداری می‌باشد. [۳]

یکی از اهداف اصلی تیم تعمیر و نگهداری سیستم‌های چرخان صنعتی، شناسایی عیوب مکانیکی است. سالانه حدود چندین میلیارد خسارت بدلیل بی‌توجهی کارکنان به عیوب سیستم‌های صنعتی تخمین زده می‌شود فلذا با شناسایی این عیوب، مهندسان تعمیر گامی مثبت و موثر در جهت کاهش خسارت‌ها و بهبود عملکرد سیستم‌های صنعتی برمی‌دارند. [۳]

یکی از روش‌های موثر جهت شناسایی عیوب مکانیکی ماشین‌های دوار، آنالیز ارتعاشات دستگاه است. برای این کار متخصصان در این حوزه، بوسیله تحلیل عددی داده‌ها و مقایسه نتایج با آزمایشات عملی، اقدام به پیش بینی عیوب

ظاهری سیستم‌ها می‌کنند [۴] اما توجه به این نکته ضروری است که تنها آنالیز ارتعاشات سیستم برای شناسایی عیوب مکانیکی، شرط لازم وکافی نمی‌باشد فلذا اقدامات دیگری نیز می‌بایست صورت‌پذیرد. [۱]

یکی از اقداماتی که پس از آنالیز ارتعاشات سیستم مورد توجه همگان است، تحلیل نیرویی اجزاء دستگاه می‌باشد. بدین منظور مهندسان تعمیر و نگهداری می‌بایست نیروهایی که سبب ایجاد نقص فنی در سیستم‌های صنعتی می‌شوند را شناسایی نموده و پس از تحلیل نیروها، عوامل خرابی ناشی از نیروهای وارده به دستگاه را رفع نمایند چرا که امروزه سیستمی با قابلیت اطمینان و اعتماد بالا بیش از پیش ضروری بنظر می‌رسد بنابراین شناسایی و رفع عیوب ماشین‌های صنعتی نقش حیاتی در عملکرد دستگاه و کارکنان دارد. [۱ , ۴]

پیش‌تر اشاره شد بر اینکه می‌بایست عیوب مکانیکی ماشین‌های دوار شناسایی شوند از جمله از این عیوب میتوان به نابالانسی یا نامیزانی جرمی، عیوب روتور اورهانگ، ناهمراستایی محورها، لقی، پدیده سایش در چرخنده‌ها، یاتاقان‌ها، پدیده کاویتاسیون، شفت ترک‌خورده و یا سایش سایر اجزا دستگاه اشاره کرد. [۱ , ۴]

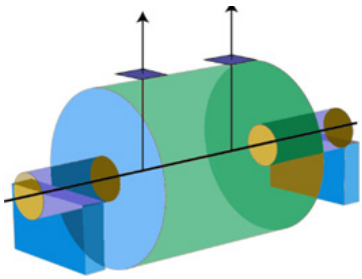
همانطورکه پیش‌تر اشاره شد، یکی از عیوب مکانیکی ماشین‌های دوار که سبب ارتعاشات غیرمنتظره در سیستم می‌شود، نابالانسی اجزا سیستم می‌باشد که با توجه به آمار و ارقام متعدد، حدود ۴۰ درصد از عیوب مکانیکی ماشین‌های دوار را تشکیل می‌دهد. [۳]

در این پروژه و تحقیق، به ارتعاشات سیستم ناشی از نیروهای وارده به یاتاقان‌های سوار بر شفت پرداخته می‌شود و در ادامه الگوهای نیرویی معرفی خواهند شد.

عدم تعادل و نابالانسی در روتور زمانی وجود دارد که محور مرکز جرم با محور در حال حرکت متفاوت باشد. [۳]عملا تمام قطعات تازه ماشین‌کاری شده بدلیل سوراخ‌های دمشی در قطعات ریخته‌گری، تعداد و موقعیت نامناسب سوراخ‌های پیچ، قطعاتی که خارج از مرکز نصب شده‌اند، قطرهای خارج از مرکز ماشین‌کاری شده نسبت به محل یاتاقان‌ها و غیره متقارن نیستند لذا می‌بایست بالانس شوند اما هدف از بالانس روتور، کاهش عدم تعدل تا حدی است که عمر ماشین تحت تاثیر عدم تعادل باقیمانده قرار نگیرد.

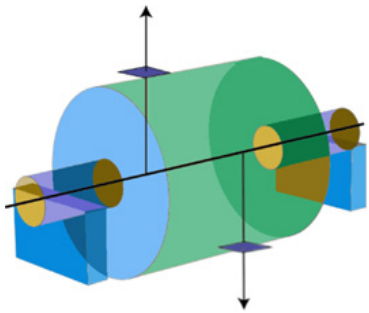
روتور نامتعادل، هنگام چرخش، تمایل دارد حول محور مرکز جرم خود بچرخد. از آنجا که یاتاقان‌ها این حرکت را محدود می‌کنند، نیروی گریز از مرکز بدلیل عدم تعادل، باعث ارتعاش روتور می‌شود. این ارتعاش باعث ساییدگی یاتاقان‌ها و ایجاد نویز غیرضروری و در شرایط بحرانی، باعث از هم پاشیدگی روتور از شفت می‌شود بنابراین لازم است روتور نابالانس، بالانس شود. [۱ , ۲]بالانس روتورها از اضافه بار و شکست یاتاقان‌ها در اثر خستگی جلوگیری کرده و عمر مفید ماشین آلات را افزایش می‌دهد. نابالانسی روتور در حالت‌های مختلفی پیش می‌آید در ادامه مختصر شرح داده می‌شود:

نابالانسی استاتیکی: در این نابالانسی، محور مرکز هندسی جرم و محور چرخش روتور با یکدیگر موازی هستند. (شکل ۱)



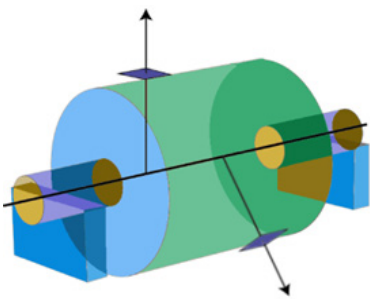
شکل ۱- شماتیک نابالانسی استاتیکی

نابالانسی کوپل: در این نابالانسی، محور مرکز هندسی جرم و محور چرخش روتور با یکدیگر در مرکز جرم تلاقی دارند. (شکل ۲)



شکل ۲- شماتیک نابالانسی کوپل

نابالانسی دینامیکی: در این نابالانسی، محور مرکز هندسی جرم و محور چرخش روتور با یکدیگر متنافر هستند. (شکل ۳)



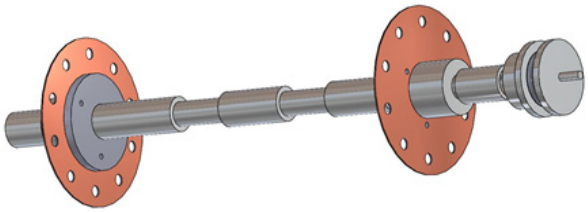
شکل ۳- شماتیک نابالانسی دینامیکی



البتـه نـوع دیگـری از نابالانسـی، نابالانسـی شبه‌اسـتاتیکی اسـت کـه در ایـن نابالانسـی، دو محـور یکدیگـر را در نقطـه ای بـه غیـر از مرکـز جـرم قطـع می‌کننـد. روتورهـای اورهانـگ، نوعـی روتـور هسـتند کـه می‌تواننـد هـر چهـار نـوع نابالانسـی ذکر شـده را داشـته باشـند چـرا کـه در آنهـا بیـن دو یاتاقـان، جرمـی جـز شـفت وجـود نداشـته و روتـور و جـرم اصلـی در بیـرون از ایـن محـل قـرار دارنـد از ایـن روتورهـا در صنایـع مختلفـی ماننـد پیشـرانش شـناورها، موتورهـای الکترومغناطیسـی، توربین‌هـای بـادی و ژنراتورهـای بـرق اسـتفاده می‌شـود.

امـروزه، تحقیقـات صـورت پذیرفتـه در حـوزه نابالانسـی و بالانـس ماشـین‌های دوار گسـترده بـوده کـه در ایـن پـروژه و تحقیـق، بـه نامیزانـی روتـور دوار بـا نقـص نابالانسـی پرداختـه می‌شـود. زمینه‌هـا و تحقیقـات صـورت پذیرفتـه در حـوزه عیـوب مکانیکـی ماشـین‌های دوار امـروزه رو بـه گسـترش هسـتند بطوریکـه محققـان در تحقیـق [۵] بـا بهـره گیـری از هـوش مصنوعـی توانسـته‌اند بـالای ۹۰ درصـد نامیزانی‌هـای روتورهـای دوار را شناسـایی کننـد بـرای اینـکار محققـان، بـا مطابقـت دادن داده‌هـای تئـوری بـا داده‌هـای بدسـت‌آمده از طریـق آزمایشـات عملـی و اجـرا الگوریتم‌هـای خـاص تحلیـل داده بوسـیله هـوش مصنوعـی (ترجیحـا پایتـون) موفـق بـه ثبـت نتایـج جالبـی شـده‌اند همچنیـن محققـان در تحقیـق [۶, ۷]بوسـیله نـرم افزارهـای مدلسـازی، موفـق بـه اسـتخراج داده‌هـای نابالانسـی روتـور دوار بـا نامیزانی‌هـای جرمـی شـده‌اند. چندیـن سـال پیـش محققـان در تحقیـق [۸] بـا مدلسـازی روتـور دوار، طیف‌هـای نیرویـی وارد بـر یاتاقان‌هـا و مدارهـای چرخـش را مـورد بررسـی قـرار دادنـد و بـه نتایـج جالبـی در رابطـه بـا تاثیـرات نامیزانی‌هـا بـر روی یاتاقان‌هـای توپـی رسـیدند. همچنیـن در تحقیـق [۹]، محققـان بوسـیله نـرم افـزار متلـب روتـور نابالانـس را بـا در نظرگرفتـن نامیزانی‌هـای متعـدد بالانـس نموده‌انـد. و چندیـن مقالـه و تحقیـق دیگـر در حـوزه بالانـس روتورهـای دوار و اسـتخراج داده‌هـا بوسـیله ماشـین لرنینیـگ نیـز صورت‌پذیرفتـه اسـت بطوریکـه محققـان در تحقیـق [۱۰] بـا یادگیـری ماشـین توانسـته‌اند سیسـتمی جهـت شناسـایی نامیزانی‌هـای ماشـین‌های دوار طراحـی کننـد. همانطورکـه پیش‌تـر اشـاره شـد، حـوزه تحقیقاتـی بسـیار گسـترده بـوده و در اینجـا بـه چنـد مـورد نمونـه از تحقیقـات صورت‌گرفتـه اشـاره شـد. در ایـن پـروژه و تحقیـق، هـدف اصلـی اسـتخراج نیروهـای وارد بـر یاتاقان‌هـا و شناسـایی الگوهـای نیرویـی نسـبت بـه هـم می‌باشـد در ادامـه بـا تجزیـه و تحلیـل ایـن الگوهـای نیرویـی، مشـخصات نامیزانی‌هـا بـا در نظـر گرفتـن شـرایط مختلـف نابالانسـی روتـور مـورد بررسـی قـرار می‌گیـرد.

همانطورکـه پیش‌تـر اشـاره شـد، در ایـن پـروژه بـه روتـور بـا نقـص نابالانسـی بعنـوان مـدل دینامیکـی پرداختـه می‌شـود. بـرای بررسـی نابالانسـی روتـور، نیـاز اسـت کـه مـدل دینامیکـی بـرای روتـور (شـکل ۴) در نظـر گرفتـه شـود سـپس بـا اسـتخراج معـادلات نیروهـای وارد بـر یاتاقان‌هـا، الگوهـای نیرویـی مـورد بررسـی قـرار داده شـود. بـرای مدلسـازی، روتـور بـا شـفت صلـب کـه روی آن دو دیسـک در فواصـل یکسـان از دو یاتاقـان کـه دیسـک‌ها حـاوی نامیزانی‌هـای جرمـی در فواصـل و شـعاع‌های مختلـف می‌باشـند، مـورد بررسـی قـرار می‌گیـرد. همچنیـن توجـه بـه ایـن نکتـه ضروری اسـت کـه روتـور و یاتاقـان صلـب در نظـر گرفتـه می‌شـوند بدیـن منظـور از اثـرات میرایـی و فنریـت آنهـا صـرف نظـر می‌شـود. بـرای بررسـی اولیـه، نیـاز اسـت معـادلات دینامیکـی حاکـم بـر مسـئله اسـتخراج شـوند، بـرای ایـن کار بـا اسـتفاده از اصـل دالامبـر داریـم:



شکل ۴

با نوشتن معادله دینامیک خطی، مجموع برداری نیروها و دینامیک دورانی، گشتاور حول محور های مختصات واقع بر یاتاقان سمت چپ (یا راست)، روابط حاکم بر مسئله بدست می‌آیند:

$$\ddot{\theta} = \frac{-[\tau + \sum_{i=1}^{15} \square - m_i r_i g \cos\cos(\square_i)]}{[I_{yy} + \sum_{i=1}^{15} \square\, m_i r_i^2]} \qquad (1) \quad R_{Ax}$$

$$= -\left[\sum_{i=1}^{15} \square\, [m_i r_i \ddot{\theta} \sin\sin(\square_i) + m_i r_i \dot{\theta}^2 \cos\cos(\square_i)] - \frac{\sum_{i=1}^{15} \square\, [l_i m_i r_i \ddot{\theta} \sin\sin(\square_i) + l_i m_i r_i \dot{\theta}^2 \cos\cos(\square_i)]}{L}\right] \qquad (2) R_{Az}$$

$$= -\left[\sum_{i=1}^{15} \square\, [m_i g - m_i r_i \ddot{\theta} \cos\cos(\square_i) + m_i r_i \dot{\theta}^2 \sin\sin(\square_i)] + \sum_{j=1}^{2} \square\, m_j g - \frac{[\sum_{i=1}^{15} \square\, [l_i m_i g - l_i m_i r_i \ddot{\theta} \cos\cos(\square_i) + l_i m_i r_i \dot{\theta}^2 \sin\sin(\square_i)] + \sum_{j=1}^{2} \square\, \rho_j m_j g]}{L}\right] \qquad (3) R_{Bx}$$

$$= -\frac{\sum_{i=1}^{15} \square\, [l_i m_i r_i \ddot{\theta} \sin\sin(\square_i) + l_i m_i r_i \dot{\theta}^2 \cos\cos(\square_i)]}{L} \qquad (4) R_{Bz}$$

$$= -\frac{[\sum_{i=1}^{15} \square\, [l_i m_i g - l_i m_i r_i \ddot{\theta} \cos\cos(\square_i) + l_i m_i r_i \dot{\theta}^2 \sin\sin(\square_i)] + \sum_{j=1}^{2} \square\, \rho_j m_j g]}{L} \qquad (5)$$

که در این روابط،

$$J = I_{yy} + \sum_{i=1}^{15} \square\, m_i r_i^2$$

با تحلیل و استخراج پایه و اساس الگوها مشاهده می‌شود که در حالت سیگنال نیرویی هم فاز، الگو از خط مورب مطابق شکل ۲ تشکیل می‌شود که با درنظرگرفتن ترم شتاب نیرویی یاتاقان‌ها این خط مورب در همان جهت شروع به رشدکردن می‌کند در ادامه به بیضی تبدیل شده و در نهایت در بهترین شرایط بالانسیگ به دایره مبدل می‌شود.

منتهی در حالت سیگنال نیرویی غیرهمفاز، الگو از بیضی افقی مطابق شکل ۳ شروع می‌شود که با درنظرگرفتن ترم شتاب نیرویی یاتاقان‌ها این بیضی چرخش پیدا می‌کند و به بیضی عمودی مبدل می‌شود توجه شود که در این حالت نیز در بهترین شرایط بالانسینگ، الگو به دایره ختم می‌شود.

در ادامه مباحث، الگوهای نیرویی هر دو یاتاقان نسبت به هم با درنظرگرفتن ترم شتاب به‌وسیله تحلیل عددی استخراج و مورد بررسی قرار می‌گیرد. توجه به این نکته ضروریست که برای ارزیابی و صحت سنجی الگوهای استخراج شده، آزمایشات عملی نیز صورت پذیرفته است که نتایج به‌دست‌آمده در ادامه مباحث شرح داده می‌شود.

مدل دینامیکی روتور دارای دو یاتاقان صلب در ابتدا و انتهای شفتی به طول ۴۷ سانتی‌متر، دارای دو دیسک که در فواصل مساوی ۶.۳ سانتی‌متری نسبت به دو یاتاقان تعبیه شده‌اند، روی هر دیسک ۷ جرم نابالانسی هر یک به‌اندازه ۰۰۰۱/۰ کیلوگرم که در شعاع‌های مختلف قرار داده شده‌اند و مجموعه روتور دارای ممان اینرسی جرمی ۰۰۰۱۰۴۳۲۵/۰ کیلوگرم مترمربع می‌باشد. روتور توسط موتور الکتریکی با توان ۱۲ واتی به چرخش واداشته می‌شود.

۳-۴-استخراج الگوهای نیرو یاتاقان‌ها به‌ازای تغییر زوایای نامیزانی‌های جرمی

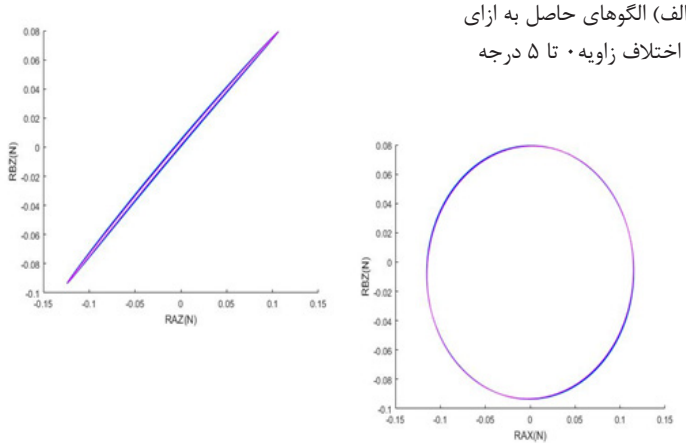
پیش‌تر اشاره شد بر اینکه با استخراج سیگنال نیرو در هر دو یاتاقان و ترسیم آنها نسبت به یکدیگر الگوهای نیرویی متعدد حاصل می‌شوند. یکی از این الگوها که به‌ازای تغییر زوایای نامیزانی‌های جرمی به دست می‌آید، الگو خط - بیضی - دایره می‌باشد. در این الگو، سیگنال‌های نیرویی نسبت به هم به‌ازای تغییر زوایای مشخصی از خط مورب به بیضی و از بیضی به دایره تغییر پیدا می‌کند. با بررسی گراف‌های حاصل از روابط غیرخطی، می‌توان تأثیر اختلاف زاویه و یا تغییرات زاویه در نابالانسی دینامیکی را مشاهده نمود.

در نامیزانی استاتیکی، سیگنال‌های نیرویی نسبت به هم برابرند بدین منظور با اعمال تغییرات زاویه در حالت نامیزانی استاتیکی، گراف‌های خطی با شیب ثابت حاصل می‌شود. با مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از روابط غیرخطی، مشاهده می‌شود که به‌ازای تغییرات زاویه‌ای جزئی حدوداً ۵ درجه‌ای، سیستم دارای نابالانسی استاتیکی می‌شود. با افزایش اختلاف زاویه از ۵ درجه تا ۶۰ درجه، این خط مورب با شیب ثابت به یک بیضی تبدیل می‌شود که در همان جهت خط مورب شروع به رشدکردن می‌کند با ادامه روند افزایش اختلاف زاویه از ۶۰ درجه تا ۱۲۰ درجه، بیضی به دایره تبدیل می‌شود. با ادامه روند افزایش اختلاف زاویه از ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه، مشاهده می‌شود که گراف همان روند اولیه را منتهی این بار به‌صورت عکس طی می‌نماید و درست در اختلاف زاویه ۱۸۰ درجه، خط موربی عمود بر خط مورب اولیه به دست می‌آید که نشان می‌دهد الگو در خلاف جهت اولیه این بار شروع به رشدکردن خواهد کرد. با ادامه روند افزایشی اختلاف زاویه از ۱۸۰ درجه تا ۳۶۰ درجه، مشاهده می‌شود که خط مورب ثانویه نسبت به اولیه کوچک‌تر می‌شود این نشان‌دهنده این است که نامیزانی‌ها در خلاف جهت همدیگر قرار دارند و اثر ارتعاشی ناشی از نابالانسی کوپل را تضعیف می‌کنند. در نتیجه با افزایش اختلاف زاویه از ۰ تا ۱۸۰ درجه الگو ابتدا از خط مورب شروع شده، به بیضی و سپس به دایره تبدیل می‌شود و در اختلاف زاویه از ۱۸۰ درجه تا ۳۶۰ درجه، همان روند در جهت عکس پیموده می‌شود. در زیر نمونه‌ای از روند الگو خط - بیضی - دایره مشاهده می‌کنید:

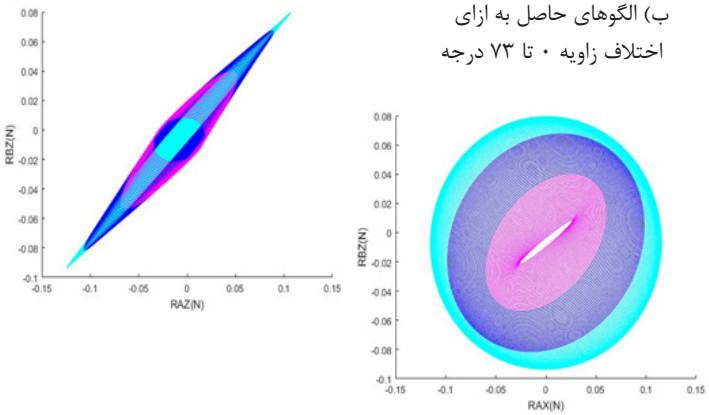
پیش‌تر اشاره شد بر اینکه با استخراج سیگنال نیرو در هر دو یاتاقان و ترسیم آنها نسبت به یکدیگر الگوهای نیرویی متعدد حاصل می‌شوند. یکی از این الگوها که به‌ازای تغییر زوایای نامیزانی‌های جرمی به دست می‌آید، الگو خط - بیضی - دایره می‌باشد. در این الگو، سیگنال‌های نیرویی نسبت به هم به‌ازای تغییر زوایای مشخصی از خط مورب به بیضی و از بیضی به دایره تغییر پیدا می‌کند. با بررسی گراف‌های حاصل از روابط غیرخطی، می‌توان تأثیر اختلاف زاویه و یا تغییرات زاویه در نابالانسی دینامیکی را مشاهده نمود.

در نامیزانی استاتیکی، سیگنال‌های نیرویی نسبت به هم برابرند بدین منظور با اعمال تغییرات زاویه در حالت نامیزانی استاتیکی، گراف‌های خطی با شیب ثابت حاصل می‌شود. با مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از روابط غیرخطی، مشاهده می‌شود که به‌ازای تغییرات زاویه‌ای جزئی حدوداً ۵ درجه‌ای، سیستم دارای نابالانسی استاتیکی می‌شود. با افزایش اختلاف زاویه از ۵ درجه تا ۶۰ درجه، این خط مورب با شیب ثابت به یک بیضی تبدیل می‌شود که در همان جهت خط مورب شروع به رشدکردن می‌کند با ادامه روند افزایش اختلاف زاویه از ۶۰ درجه تا ۱۲۰ درجه، بیضی به دایره تبدیل می‌شود. با ادامه روند افزایش اختلاف زاویه از ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه، مشاهده می‌شود که گراف همان روند اولیه را منتهی این بار به‌صورت عکس طی می‌نماید و درست در اختلاف زاویه ۱۸۰ درجه، خط موربی عمود بر خط مورب اولیه به دست می‌آید که نشان می‌دهد الگو در خلاف جهت اولیه این بار شروع به رشدکردن خواهد کرد. با ادامه روند افزایشی اختلاف زاویه از ۱۸۰ درجه تا ۳۶۰ درجه، مشاهده می‌شود که خط مورب ثانویه نسبت به اولیه کوچک‌تر می‌شود این نشان‌دهنده این است که نامیزانی‌ها در خلاف جهت همدیگر قرار دارند و اثر ارتعاشی ناشی از نابالانسی کوپل را تضعیف می‌کنند. در نتیجه با افزایش اختلاف زاویه از ۰ تا ۱۸۰ درجه الگو ابتدا از خط مورب شروع شده، به بیضی و سپس به دایره تبدیل می‌شود و در اختلاف زاویه از ۱۸۰ درجه تا ۳۶۰ درجه، همان روند در جهت عکس پیموده می‌شود. در زیر تصاویر از روند الگو خط - بیضی - دایره مشاهده می‌کنید:

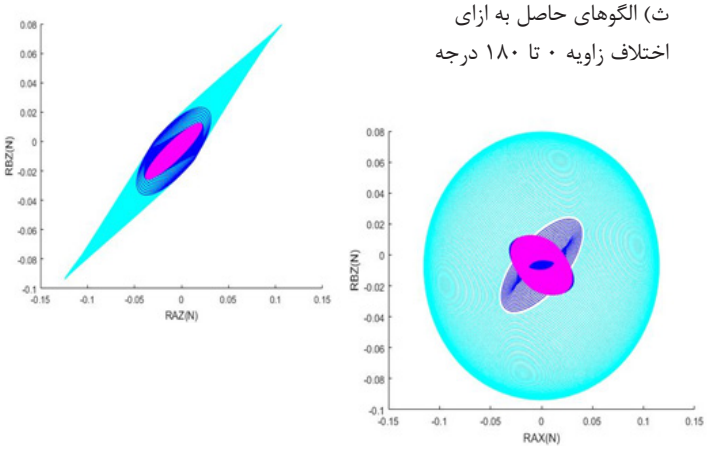
الف) الگوهای حاصل به ازای اختلاف زاویه ۰ تا ۵ درجه



ب) الگوهای حاصل به ازای اختلاف زاویه ۰ تا ۷۳ درجه



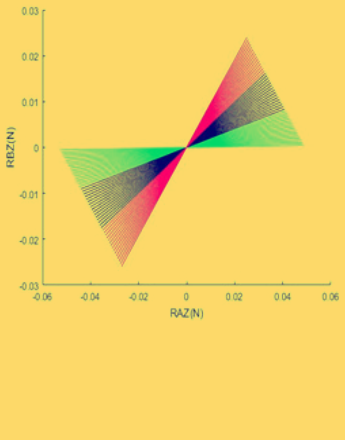
ث) الگوهای حاصل به ازای اختلاف زاویه ۰ تا ۱۸۰ درجه

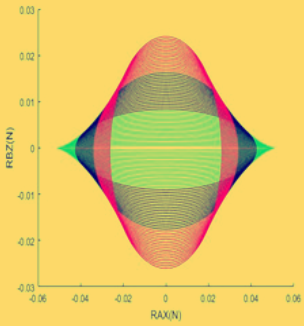


بررسی تغییر فاصله دو نامیزانی در نابالانسی دینامیکی غیر متقارن:

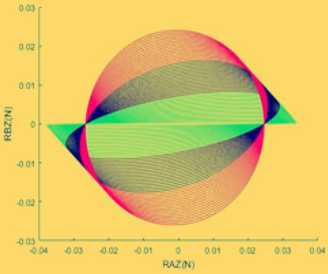
در این قسمت الگوهای نیروهای یاتاقانی برای بررسی فاصله نامیزانی‌ها از یاتاقان‌ها در نابالانسی دینامیکی غیرمتقارن مورد بررسی قرار می‌گیرد. با استخراج سیگنال چهار نیرو در دو یاتاقان و ترسیم نیروها نسبت به یکدیگر به‌ازای تغییر فاصله دو نامیزانی گراف‌هایی مطابق شکل زیر حاصل می‌شوند. برای شناسایی این الگوها چندین حالت مختلف مورد بررسی قرار داده می‌شود. اولین حالت، فرض می‌شود دو جرم نامیزان، در شعاع یکسانی ۰۴/۰ سانتی‌متر بر روی دیسک‌ها و بر روی هر دیسک یک نامیزانی جرمی وجود داشته باشد در این صورت الگو استخراج شده، الگو چرخش خط - بیضی - دایره نامیده می‌شود. بدین منظور مطابق شکل‌های الف تا چ در اختلاف فاصله جزئی در حدود ۵ سانتی‌متر، الگو از خط زاویه‌دار شروع می‌شود که با حرکت مرکز نامیزانی‌ها به نسبت آن می‌چرخد. با افزایش فاصله، الگو به بیضی که قطر بزرگ آن به‌صورت افقی قرار دارد ختم می‌شود که با حرکت مرکز نامیزانی‌ها، بیضی حول قطر بزرگ خود به‌صورت پادساعت‌گرد می‌چرخد تا اینکه با ادامه روند افزایشی، بیضی به حالت عمودی می‌رسد نکته جالب‌توجه در این الگو، تأثیر افزایش اختلاف زاویه دو نامیزانی روی چرخش خط زاویه‌دار و بیضی است طوری که با افزایش اختلاف زاویه ۵ درجه، خط زاویه‌دار و بیضی بیشتر چرخش پیدا می‌کنند و با ادامه روند افزایشی اختلاف زاویه تا ۶۰ درجه، خط زاویه‌دار با شدت زیاد به بیضی تبدیل می‌شود و قطر کوچک بیضی بزرگ‌تر شده و در اختلاف زوایای زیاد ۱۲۰ درجه، بیضی تبدیل به خط می‌شود چرا که قطر کوچک آن کوچک‌تر می‌شود با ادامه روند افزایشی اختلاف زاویه بالای ۱۲۰ درجه، دوباره قطر کوچک بیضی بزرگ‌تر می‌شود و در اختلاف زاویه ۱۸۰ درجه، سیگنال نیروها نسبت به هم تبدیل به خط و دایره می‌شوند. با ادامه روند افزایشی اختلاف زاویه، همین مراحل برعکس پیموده می‌شود.

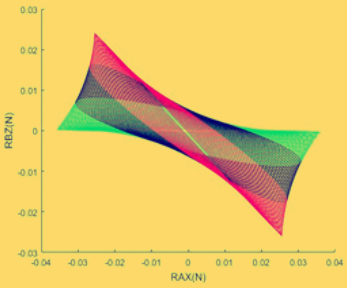
الف) دو جرم نامیزان در شعاع یکسان ۰٫۰۴ متری و اختلاف زاویه ۰ درجه



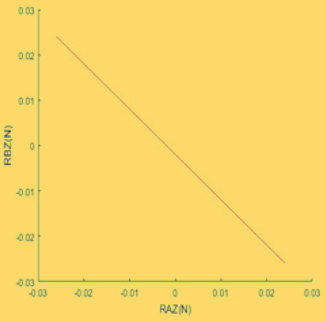


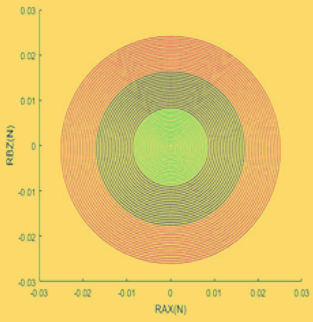
ب) دو جرم نامیزان در شعاع یکسان ۰٫۰۴ متری و اختلاف زاویه ۹۰ درجه





ث) دو جرم نامیزان در شعاع ۰٫۰۴ متری و اختلاف زاویه ۱۸۰ درجه





بررسی تأثیر تغییر مشخصات سیستم و نامیزانی‌های جرمی بر روند الگوها

تغییر مشخصات سیستم و نامیزانی‌های جرمی تأثیر بسزایی در روند طی‌شدن الگوها دارد طوری که با تعیین‌کردن حدود مشخص برای مشخصات یک سیستم و نامیزانی‌های آن، گام مهمی جهت شناسایی الگوهای نیرویی یک سیستم برداشت. پیش از شروع استخراج و شناسایی الگوهای نیرویی، می‌بایست با دردست‌داشتن اطلاعات و مشخصات کافی در مورد سیستم، پارامترهای تعیین‌کننده مشخص شوند در گام بعدی، با بهره‌گیری از الگوهای شناسایی شده، در مورد میزان

نامیزانی‌ها و بالانس سیستم بحث کرد.

۳-۱۰-۱-تأثیر جرم دیسک‌ها

پیش‌تر اشاره بر این شد که پارامترهای سیستم نقش مهمی در الگوها دارند. الگوهای استخراج شده همگی با فرض ناچیز بودن جرم دیسک‌ها بررسی شدند حال در این بخش، تأثیر جرم دیسک‌ها بر روی الگوها در دو حالت کلی بررسی خواهد شد.

حالت اول

در این حالت فرض می‌شود هر دو دیسک جرمی به‌اندازه ۱۰۰ گرم دارند و سایر مشخصات سیستم ثابت باشند در این صورت پیش از بررسی تأثیر نامیزانی‌های جرمی بر روی نیروهای یاتاقان‌ها، دیسک‌ها هم به یاتاقان‌ها نیرو وارد می‌کنند؛ بنابراین شروع الگوهای سیگنال‌های نیرویی، از مبدأ محورهای مختصات نخواهد بود و سیگنال‌های نیرویی یاتاقان‌ها از نیروی اولیه‌ای که وزن دیسک‌ها وارد می‌کنند شروع می‌شود. به‌عبارت‌دیگر وجود جرم دیسک‌ها که در واقعیت هم چنین است، سبب جابه‌جایی نقطه شروع الگوها می‌شود بدین منظور در طراحی روتورها، دیسک‌هایی انتخاب می‌شوند که نیروی کمتری به یاتاقان‌ها وارد کنند.

حالت دوم

در این حالت فرض می‌شود دیسک‌ها دارای جرم مختلف باشند و سایر مشخصات سیستم همانند حالت اول، ثابت باشند در این صورت با استخراج سیگنال‌های نیرویی یاتاقان‌ها، در سیگنال‌های نیرویی هم‌فاز مشاهده می‌شود که با کاهش جرم دیسک اول، شیب خط مورب افزایش پیدا می‌کند و گستره نیرویی کاهش پیدا می‌کند برعکس با کاهش جرم دیسک دوم و ثابت نگه‌داشتن جرم دیسک اول، مشاهده می‌شود که شیب خط مورب رشد پیدا کرده و نقطه شروع سیگنال نیروی وارد بر یاتاقان اول حول محور z افزایش پیدا می‌کند در مقابل سیگنال نیروی وارد بر یاتاقان دوم حول همان محور، کاهش محسوسی خواهد داشت.

در سیگنال‌های نیرویی غیرهمفاز، با کاهش جرم دیسک اول، الگو جابه‌جایی عمودی به‌طرف بالا دارد؛ یعنی الگوها از نیروی کمتری شروع شده و با نیروی کمتری خاتمه پیدا می‌کنند از طرفی گستره نیرویی یاتاقان اول حول x ثابت می‌ماند و تنها گستره نیرویی یاتاقان دوم حول z متغیر می‌باشد.

۳-۱۰-۲-تأثیر افزایش اندازه نامیزانی‌های جرمی

حال در این قسمت، تأثیر افزایش اندازه نامیزانی‌های جرمی بر روند طی‌شدن الگوها پرداخته می‌شود. با افزایش اندازه نامیزانی‌های جرمی، انتظار می‌رود تغییراتی در روند الگوها پیش آید. مشاهده می‌شود که الگوها به‌ازای گستره معینی از اندازه نامیزانی‌های جرمی، استخراج می‌شوند بدین منظور، اندازه نامیزان‌های جرمی افزایش داده می‌شود تا مشاهدات مطلوب ثبت گردد.

با افزایش اندازه نامیزانی‌های جرمی در سیگنال‌های نیرویی هم‌فاز، مشاهده می‌شود که الگو دیگر از خط مورب شروع نمی‌شود؛ بلکه از قوسی شروع می‌شود که با افزایش اختلاف زاویه بین دو جرم نامیزان، تمامی روند الگوهای پیشین پیموده می‌شود. در سیگنال‌های نیرویی غیرهمفاز، الگو از بیضی شروع می‌شود که با افزایش اختلاف زاویه، بیضی چرخش محسوس دارد. با ادامه روند افزایشی اختلاف زاویه بین دو جرم نامیزان، بیضی بیشتر چرخش پیدا می‌کند تا اینکه در اختلاف زاویه معینی، به روند الگوهای از پیش ثبت شده برسد. نکته جالب‌توجه اینکه، با افزایش اندازه نامیزانی‌های جرمی، رشد الگوها نامتقارن بوده و غیریکنواخت می‌باشد.

در ادامه پژوهش، الگوهای بیشتری نیز استخراج شدند و مورد بررسی قرار گرفتند و برای ارزیابی نتایج به‌دست‌آمده، آزمایشات عملی نیز انجام پذیرفت. برای اطلاعات بیشتر در این باره می‌توانید با نشانی ایمیل به نشانی mokarramtohid@gmail.com در ارتباط باشید.

منابع

[۱] Scheffer C, Girdhar P. Practical machinery vibration analysis and predictive maintenance. Elsevier; ۲۰۰۴ Jul ۱۶.

[۲] Adams ML. Rotating machinery vibration: from analysis to troubleshooting. CRC Press; ۲۰۰۰ Oct ۲۴.

[۳] Correa JC, Guzman AA. Mechanical Vibrations and Condition Monitoring. Academic Press; ۲۰۲۰ Mar ۱.

[۴] Randall RB. Vibration-based condition monitoring: industrial, aerospace and automotive applications John Wiley & Sons via Google Scholar.

[۵] Mey O, Neudeck W, Schneider A, Enge-Rosenblatt O. Machine learning-based unbalance detection of a rotating shaft using vibration data. In ۲۵ ۲۰۲۰th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) ۲۰۲۰ Sep ۸ (Vol. ۱, pp ۱۶۱۷-۱۶۱۰). IEEE.

[۶] Gohari M, Kord A. Unbalance rotor parameters detection based on artificial neural network. Int J Acoust Vib. ۲۰۱۹ Mar ۸-۱۱۳ :(۱)۲۴ ;۱.

[۷] Rodrigues CE, Junior CL, Rade DA. Machine Learning Technologies for Fault Diagnosis of Rotating Machines using Spectrum Image of Vibration Orbits. In Congresso Brasileiro de Automatica-CBA ۲۰۲۰ Dec ۸ (Vol. ۲, No. ۱).

[۸] Yadav HK, Upadhyay SH, Harsha SP. Study of effect of unbalanced forces for high speed rotor. Procedia Engineering. ۲۰۱۳ Jan ۶۰۲-۵۹۳ :۶۴;۱.

[۹] Fedak V, Zaskalicky P, Gelvanic Z, Analysis of balancing of unbalanced rotors and long shafts using GUI MATLAB. In MATLAB applications for the Practical Engineer ۲۰۱۴ Sep ۸. IntechOpen.

[۱۰] Tahir MM, Hussain A, Badshah S, Khan AQ, Iqbal N. Classification of unbalance and misalignment faults in rotor using multi-axis time domain features. In ۲۰۱۶ International Conference on Emerging Technologies (ICET) ۲۰۱۶ Oct ۱۸ (pp. ۴-۱). IEEE.

اولین بانوی مکانیک هواپیما در ایران



مهندس نرجس مرتضوی متولد ۱۳۶۲.۰۹.۰۹ اولین بانوی دارنده گواهینامه تعمیرات بر روی هواپیمای Boeing سری MD-۸۰ است.
این گواهینامه به شخصی اعطا می‌شود که به‌عنوان بالاترین شخص در تعمیرات سنگین هواپیما، اجازه صدور گواهی ترخیص هواپیما را از چک‌های CRS دارد.
این چک از سنگین‌ترین چک‌های هواپیما است و این در حالی است که تعداد افرادی که در ایران این اختیار به آنها اعطا شده است، به اندازه انگشتان دو دست هم نمی‌رسد.

کشف عنصری از بدن انسان در یک کهکشان دیگر

ستاره‌شناسان به‌عنوان نخستین عنصر، عنصر فلوئور موجود در بدن انسان را در یک کهکشان دیگر شناسایی کردند و این عنصر به‌عنوان اولین عنصر موجود از بدن انسان در یک کهکشان دیگر شناخته شد. عنصر فلوئور را می‌توان در دندان و استخوان‌های انسان یافت. این کهکشان ۱۲ سال نوری با زمین فاصله دارد.



چرا اندازه مغز انسان کاهش یافته است؟

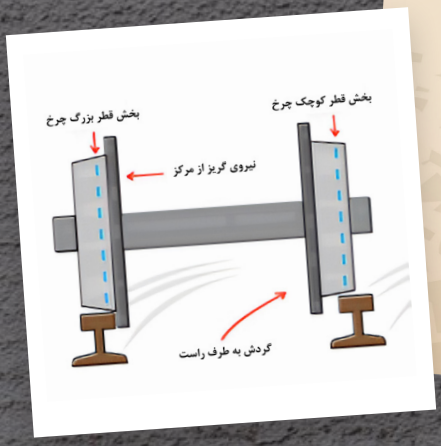
طبق گزارش محققان دانشگاه بوستون که به بررسی دقیق تکامل مغز پرداختند متوجه شدند که اندازه مغز انسان در حدود سه هزار سال پیش کاهش‌یافته است. دانشمندان با تجزیه‌وتحلیل نقطه تغییری بر روی یک مجموعه‌داده شامل صدها فسیل و جمجمه انسان مدرن دریافتند که مغز انسان در حدود ۱.۵ میلیون سال پیش و در دوران پلئیستوسن افزایش‌یافته اما ناگهان اندازه آن در حدود ۳۰۰۰ سال پیش و در دوران هولوسن کاهش‌یافته است. همچنین محققان با مطالعه مدل‌های محاسباتی و مشاهده الگوهای اندازه، ساختار و مصرف انرژی مورچه‌های کارگر به این نتیجه رسیدند که شناخت و تقسیم کار در سطح گروهی ممکن است بر تغییر اندازه مغز تأثیر بگذارد این بدان معنی است که در یک گروه اجتماعی که دانش به اشتراک گذاشته می‌شود یا افرادی حضور دارند که در کارهایی خاص تخصص دارند، کارایی مغز ممکن است بنا بر آن شرایط سازگاری و تطبیق پیدا کند.

عددی که ممکن است سر انسان را به یک سیاه‌چاله فروببرد!

عددی به نام گراهام وجود دارد که به‌اندازه‌ای بزرگ است که اگر سعی کنید شماره را بفهمید، آنتروپی مغز شما از حداکثر حد ممکن که ممکن است نگه داشته باشد عبور می‌کند و سر انسان به یک سیاه‌چاله فروبرود. عدد گراهام یک عدد طبیعی بسیار بزرگ است که برای نشان‌دادن این عدد حتی اگر رقم‌های آن را به کوچک‌ترین حالت ممکن بنویسیم باز هم در جهان قابل‌مشاهده نمی‌توان آن را نمایش داد. این عدد به‌صورت نمایش علمی نیز بسیار طولانی‌تر است.

چرخ های مخروطی قطار دلیل خارج نشدن از ریل

راهکار مهندسین برای خارج‌نشدن قطار از ریل استفاده از چرخ‌های مخروطی شکل به‌جای چرخ‌های ساده و یا لبه‌دار است. مخروطی بودن چرخ‌های قطار به حدی کوچک است که با چشم قابل‌مشاهده نیست و همان کار دیفرانسیل در ماشین را انجام می‌دهند. این نوع چرخ‌ها سرپیچ خودبه‌خود تغییر مسیر می‌دهند. طراحی مخروطی چرخ‌های قطار به چرخ‌ها اجازه می‌دهد به طور خودکار موقعیت خود را در طول سفر تنظیم کنند تا در مرکز مسیر باقی بمانند. این طراحی همچنین باعث می‌شود قطار هنگام رانندگی در پیچ‌ها پایدارتر شود. وقتی قطار می‌چرخد، چرخ‌های بیرونی شعاع بیشتری نسبت به چرخ‌های درونی دارند، بنابراین چرخ‌های بیرونی مسافت بیشتری را در مسیر نسبت به چرخ‌های داخلی طی می‌کنند. این طراحی باعث می‌شود قطار در هنگام چرخش ثابت بماند و احتمال تکان‌خوردن یا کج‌شدن واگن را کاهش دهد.





انسان در یک قدمی صحبت با نهنگ ها!

گروهی از دانشمندان بین‌المللی اخیراً باهدف صحبت با حیوانات دریایی باشکوه، پروژه‌ای بلندپروازانه را برای گوش‌دادن، زمینه‌سازی و ترجمه و ارتباط با نهنگ‌های عنبر آغاز کرده‌اند. در این پروژه محققان از قدرت هوش مصنوعی برای تفسیر آوا و صداهایی که نهنگ‌های عنبر برای برقراری ارتباط با یکدیگر ایجاد می‌کنند، استفاده می‌کنند.

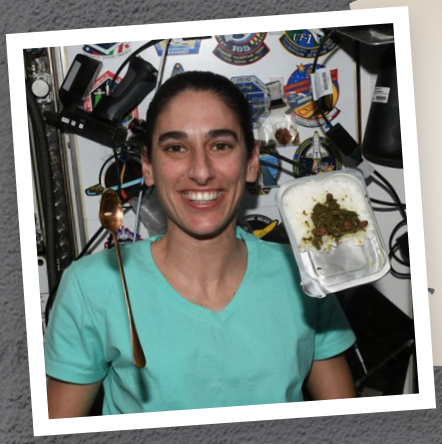
چرا بعضی آهنگ‌ها در ذهن ما گیر می‌کنند؟

به‌احتمال زیاد آهنگی که در سرمان تکرار می‌شود کرم گوش (سندروم موسیقی چسبناک / گیر ذهنی / تکرار ذهنی موسیقیایی) است. در این حالت حتی اگر مدت‌ها آهنگی را نشنیده باشید فقط شنیدن یک واژه معنادار از ترانه یا قرارگرفتن در یک وضعیت روحی خاص می‌تواند آن را فعال کند. کرم گوش در بخش شنیداری کورتکس، بخشی از مغز که وظیفه تحلیل اصوات را برعهده دارد تشکیل می‌شود. به عقیده برخی دانشمندان کرم گوش بخشی از پدیده عظیم‌تر حافظه غیرارادی است.



اولین زن گردشگر فضایی

انوشه انصاری کاوشگر، مهندس و کارآفرین ایرانی - آمریکایی و رئیس انجمن گردانندگان شرکت فناوری ارتباط از راه دور است. انوشه انصاری، اولین گردشگر فضایی، اولین ایرانی‌تبار، دومین فضانورد فارسی‌زبان و اولین زن مسلمانی است که به فضا سفرکرده و چهارمین نفری است که هزینه سفر خود را پرداخت کرده است. ایشان در سال ۲۰۱۵ میلادی جایزه «پیش‌گام فضا» را از جامعه ملی فضای آمریکا دریافت کرده‌اند.



فضانوردان برای اولین‌بار در تاریخ، قرمه‌سبزی خوردند.

یاسمین مقبلی فضانورد ناسا که در مأموریت ناسا به‌عنوان فرمانده خدمه با راکت فالکون شرکت اسپیس‌اکس راهی ایستگاه فضایی بین‌المللی شده بود در روز ۱۲ فوریه ۲۰۲۴ با انتشار تصویری از خود و همکارانش در شبکه اجتماعی از صرف قرمه‌سبزی در ایستگاه فضایی خبر داد و نوشت: از این که بخشی از فرهنگم و خوراک (ایران) را با همکارانم سهیم شدم، لذت بردم. به نظر می‌رسد آنها هم لذت بردند.



آیا دانشمندان با کاشت یک تراشه در مغز میمون موفق به باهوش کردن آنها می‌شوند؟

قراردادن تراشه بر روی مغز میمون آزمایش تکان‌دهنده‌ای بود که توسط ایلان ماسک انجام شد آنها ویدئویی منتشر کردند که ظاهراً در آن یک میمون در حال بازی رایانه‌ای پینگ‌پنگ است. اما واقعیت ماجرا ازاین‌قرار است که این خبر دچار اشتباه شده بود و در واقع میمون مورد آزمایش موفق شده (پیش‌تر یادگرفتن) در ازای بازی اسموتی موز، روند بازی را بیاموزد. نیورالینک با کاشت تراشه‌ای در مغز این میمون که با بلوتوث به رایانه وصل شود، فعالیت مغز او را ضبط می‌کند و می‌تواند با کمک رمزگشا حرکات دست میمون را پیش‌بینی کند و بر اساس آن بازی رایانه‌ای را ادامه دهد، یعنی میمون تنها با مغز و بدون هیچ‌گونه اتکا به دست می‌تواند بازی را انجام دهد. پس این تراشه هیچ کمکی به میمون برای انجام بازی نکرده است!

تنها هدف از این آزمایش این است که به افراد دارای معلولیت جسمانی کمک کند تا باتکیه‌بر فعالیت مغزشان با رایانه یا گوشی کار کنند.

مستند علمی





عرفان رحمت زاده
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز

نمایشگاه بین‌المللی DIMDEX در بازه زمانی ۰۴ - ۰۶ مارس ۲۰۲۴ که مصادف است با ۱۴ام الی ۱۶ام اسفند ۱۴۰۲ در مرکز همایش ملی قطر، دوحه Qatar National Convention Centre (QNCC), Doha, Qatar با مساحت ۳۵۰۰۰ مترمربع در ۷ سالن برگزار شد.

در این نمایشگاه جدیدترین و ترندترین محصولات و نوآوری‌ها، راه‌حل‌ها، تحقیقات و پیشرفت‌ها، تمرینات و پرورش نیروها، فنّاوری‌های شبیه‌سازی، روش‌های نگهداری و محافظت، روش‌های تعمیر و اورهال و مهمات هدایت‌شونده دقیق برای نیروهای دریایی، زمینی و هوایی توسط بیش از ۲۰۰ شرکت محلی، منطقه‌ای و بین‌المللی به نمایش گذاشته شدند.

در این نمایشگاه هر یک از کشورهای ذکر شده فنّاوری‌های خود را در معرض دید قرار دادند .



ایتالیا از کشتی نسل جدید MCM برای نیروی دریایی خود رونمایی کرد.

Intermarine new generation MCM vessel for Italian Navy





کشتی‌ساز ترکیه‌ای در این نمایشگاه از جدیدترین طرح کوروت خود با نام ARES ۷۶ رونمایی کرد.



شرکت دفاعی ترکیه‌ای Kayaci Defence کشتی جدید سطحی بدون سرنشین OKHAN (USV) را برای اولین‌بار به نمایش گذاشت.

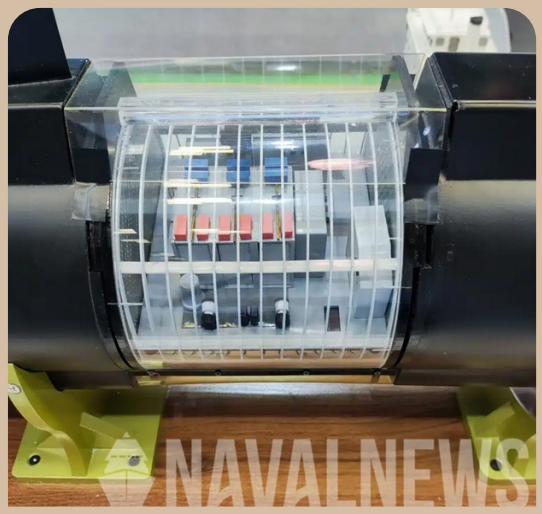


ایران در این برنامه جزئیات رادار دیافراگم مصنوعی هوابرد را به نمایش گذاشت.



و همچنین از ورژن AIP زیردریایی رده فاتح هم رونمایی کرد .







چین از نسل بعدی اتک یو اس وی Thunderer A۲۰۰۰ رونمایی کرد

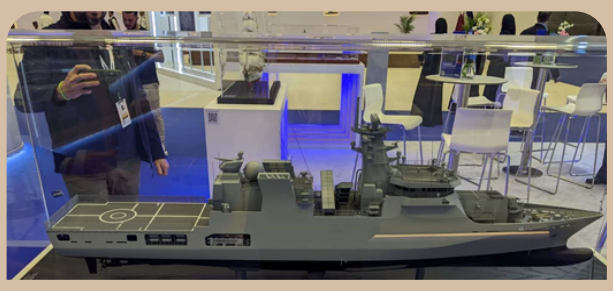


کشتی‌سازی TAIS مدل‌های کشتی آموزشی کادت CTS-۹۰ و LCT - ۸۰ Landing Craft Tank را به نمایش گذاشت.

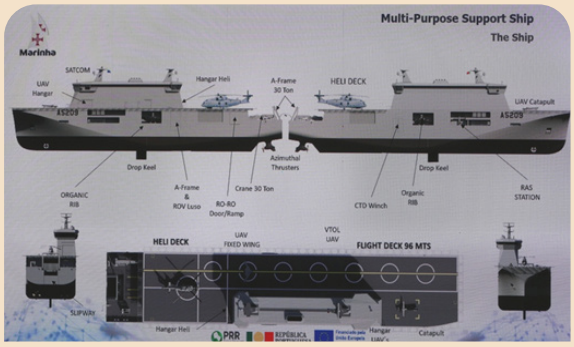




شرکت DAMEN مدل OPV ۲۶۰۰ را برای نیروی دریایی پاکستان به نمایش گذاشت.



در طول این نمایشگاه رئیس ستاد نیروی دریایی پرتغال، دریاسالار Henrique Eduardo Passálaqua de Gouveia e Melo، طراحی خلاقانه کشتی پشتیبانی چندمنظوره (MPSS) را ارائه کرد که توسط شرکت کشتی‌سازی Damen بر اساس نیازهای خاص خدمات خود توسعه داده شد.



و همچنین قرارداد کشتی‌سازی Dearsan با قطر برای دو Fast Attack Craft FAC۵۰ جدید بسته شد.



برنامه کشتی‌سازی Fincantieri با قطر تنظیم شد.



یک مدل نمایش‌داده‌شده در این برنامه، سایت جدید السیلیه مرکز آموزش نیروهای ویژه پروژه ۴۰۱ را نشان می‌دهد. (جینز/جرمی بینی)



و علاوه بر این سازه‌ها و فنّاوری‌ها، صدها سیستم دیگر هم در این نمایشگاه قرار گرفت که ما توان نمایش همه آنها را در چند صفحه نداریم.



رونمایی از سیستم Safran PASEO XLR EO/IR برای شناسایی سیستم های بدون سرنشین (USVs و UAVs)







رونمایی از سیستم پرتاب‌کننده و موشک رم RAMSys







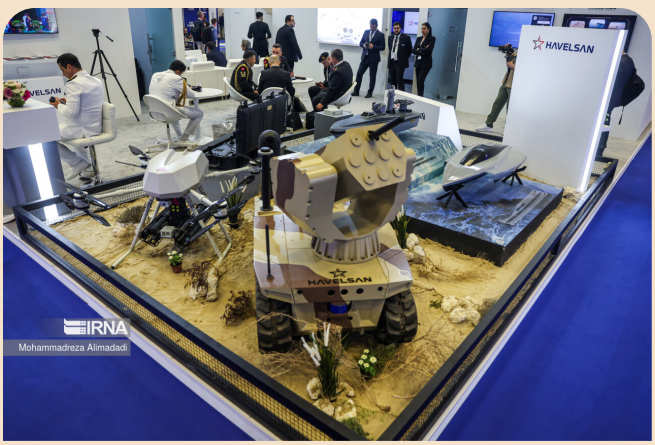












باتوجه‌به تجربه‌ای که در این نمایشگاه کسب شد، به‌جرئت می‌توان گفت که DIMDEX یک برنامه پیشرفته است که به جوامع دریایی و امنیتی امکان دسترسی به پیشرفته‌ترین فناوری نظامی و فرصتی برای تقویت و ایجاد روابط با سهامداران کلیدی ارائه می‌دهد.

منابع

https://www.navalnews.com/event-news/dimdex۰۳/۲۰۲۴/۲۰۲۴-/iran-unveils-aip-version-of-fateh-class-submarine-at-dimdex۲۰۲۴-/

https://dimdex.com/

سخت‌تر از کوه

آری، سخت‌تر از کوه. کودکی که زندگی فارغ از سختی نداشته. در ۷ سالگی به همراه مادر و برادر خویش از تهران به بغداد رفت و در آنجا با وضعیتی نه‌چندان خوشایند به زندگی ادامه داد. پدری با منصبی دولتی که آزار و اذیت‌هایی نه‌چندان خوشایند را برای سایر اعضای خانواده دچار می‌شد. مادری دلسوز و متدین که تحصیل فرزندانش را امری بسیار حیاتی می‌دانست؛ تا آنجا که به دلیل وضعیت مالی نه‌چندان مناسب، خود به تحصیل و تفسیر برخی کتاب‌ها از جمله قرآن و دیوان حافظ برای فرزندانش می‌پرداخت، همچنین آنها را از تحصیل در یک شهر غریب و بدون حمایتِ چندانِ پدر، به مدرسه فرستاد. البته نه هر مدرسه‌ای. دو فرزند مسلمانی که در مدرسه کشیش‌های فرانسوی در شهر بیروت به تحصیل پرداختند که چندان خوشایند و مرفه نبود.

با تمام این سختی‌ها، او از تحصیل باز نماند. در ۱۷ سالگی مدرک ادبیات خود را کسب کرد. سپس در ۱۹ سالگی، لیسانس بیولوژی. در ۲۲ سالگی در رشته مهندسی راه و ساختمان به تحصیل پرداخت. در ۲۵ سالگی به تحصیل در رشته مهندسی معدن مشغول شد و توانست با کسب شغلی نسبتاً سخت، به امرارمعاش خانواده خویش بپردازد. مردی که حس کنجکاوی وی، او را به بیشتر دانستن و تحصیل وادار کرده بود. این را نیز باید دانست که با تمام این وجود، در تمامی این دوران تحصیلی، وی همیشه در رتبه نخستِ تمامی این رشته‌ها بود. بعد از آن به تحصیل در رشته حقوق در فرانسه، سپس ریاضیات عمومی و محض، رشته نجوم و سپس مهندسی برق در دانشگاه سوربن فرانسه در شهر پاریس پرداخت.

مردی با چکیده‌ای خیره‌کننده که فکر نمی‌کنم تمامش در این نوشتار بگنجد:

از تأسیس سازمان انرژی اتمی ایران و تأسیس اولین رآکتور هسته‌ای در کشور، تا خرید زمین در مریخ برای ایران، اولین رئیس هیئت‌مدیره و مدیرعامل شرکت ملی نفت ایران، تأسیس و ریاست انجمن فیزیک ایران، پیشنهاد و تدوین قانون ساخت دانشگاه تهران در زمان رضاشاه، تأسیس اولین رصدخانه نوین در ایران و غیره و غیره، همگی از کارهای ایشان هستند.

ولی این مرد کیست؟ مردی که علاوه بر چکیده حیرت‌برانگیز خویش، یک شخصیت بلندمرتبه داشت. مردی خوش‌رو، فروتن و باوقار. کم‌سخن می‌گفت و بسیار می‌اندیشید. قناعت و صرفه‌جویی از خصوصیات اخلاقی بارز ایشان بود. تا جایی که هر چه در اختیارش قرار می‌گرفت را به‌عنوان نعمت الهی در نظر می‌گرفت و از آن کمال استفاده را می‌برد. هیچگاه از تحصیل علم غافل نشد و در طول سی و هشت سال پایانی عمر، شبی یک ساعت به فراگیری زبان آلمانی می‌پرداخت. گوش‌دادن به اخبار داخلی و رادیو های خارجی، باغبانی و آهنگری، نجاری و ابداعات علمی و صنعتی در کارگاه کوچک خانه‌شان، از سرگرمی‌های ایشان بود.

نظم، برنامه و احساس تعهدِ بیش از حد، از ویژگی‌های بارز ایشان بود.



آری، پروفسور سید محمود حسابی. مردی که کمتر ایرانی پیدا می‌شود که نامش را نشنیده باشد. مردی پرافتخار برای ایران و جهان و کتاب استاد عشق. کتابی است که در این بخش تا حدودی به معرفی آن پرداختیم. کتابی دررابطه‌با زندگی‌نامه پروفسور حسابی. کتابی که فرزند ایشان، یعنی ایرج حسابی که اکنون نیز در قید حیات هستند، به قلم تحریر درآورده‌اند. این کتاب، به تک‌تک وقایع، داستان‌های سفرهایِ پروفسور حسابی به شهرها و کشورها، خاطره‌های دوران کودکی ایشان، تبادل نظرها با شخصیت‌های علمی بزرگ در جهان و توصیف شخصیت این انسان والامقام می‌پردازد. این کتاب به‌طورکلی در ۱۳ فصل نوشته شده و کتابی نه‌چندان حجیم است. در متن کتاب، عمده قسمت‌ها به‌صورت گفت‌وگوی استاد با فرزندشان صورت‌گرفته که آقای ایرج حسابی، آنها را بعدها به‌صورت مکتوب درآورده‌اند.

همان‌طور که کمی بالاتر هم ذکر کردم، استاد با بسیاری از دانشمندان مطرح جهان تبادل نظر داشتند. از جمله این دانشمندان، بور، فرمی، بورن، دیراک، شرودینگر و راسل بودند. بخشی که در هنگام مطالعه این کتاب بسیار مشتاق آن می‌شوید و برایتان بسیار جالب است، فصلی به نام دیدار با انیشتین است. جالب است بدانید که استاد، تنها شاگرد ایرانی پروفسور انیشتین بود و با ایشان، ملاقات‌هایی داشتند و در کرسی ایشان، به تحقیق پرداخته‌اند. به همین دلیل، خلاصه قسمت‌هایی از این فصل را برایتان بازگو می‌کنیم. استاد در روزی از روزهای خاطره‌گویی که با فرزندشان داشتند می‌گویند:

"از چندین هزار طرحی که برای بخش پروفسور انیشتین فرستاده شده بود، به‌عنوان یکی از ۵ نفر انتخاب شدم."

لذا به پرینستون رفتند. بعد از اینکه اسیستانس انیشتین، به دلیل پیچیدگی طرح استاد، قادر به بررسی کامل آن نشده بود، صلاح دیده بودند که طرح را به خود پروفسور انیشتین معرفی کنند تا ایشان بررسی کنند. استاد در لحظه ملاقات با انیشتین این چنین بیان می‌کنند که:

" از آن لحظه به بعد، دیگر او استاد من بود. برجسته‌ترین نکته، سادگی بیش از اندازه او بود. پیراهن کشی، کفش خیلی معمولی، چهره‌ای آرام، مهربان و با توجهی داشت. بسیار متواضع بود. وقتی حرف می‌زد، بسیار مؤدب و صمیمی بود و از همه بیشتر، دقت بیش از اندازه به مخاطبش بود. یک ربع قبل از من به محل ملاقات آمده بود. نظریه خود را (که نظریه بی‌نهایت بودن ذرات بود) برایش بیان کردم. بعد از دیدن نتایج محاسبات من که در چندین دفترچه بزرگ نوشته شده بود، نکاتی را خواند، لبخندی زد و گفت: "بهتر است به من فرصت دهید."

بعد از یک ماه که پروفسور انیشتین عمیقاً روی نظریه استادکار می‌کرد، وقت ملاقاتی دوباره با انیشتین تعیین شد.

"نظریه شما در آینده‌ای نه‌چندان دور، علم فیزیک را در جهان متحول خواهد کرد."

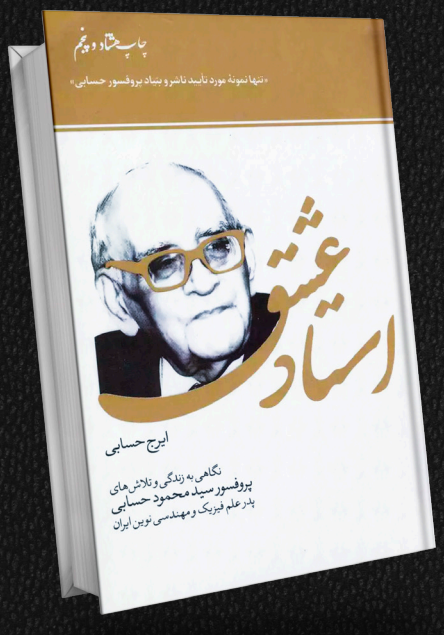
باورم نمی‌شد که چه شنیده‌ام. انتظار هر حرفی به‌غیراز این را داشتم. حس کردم چشمانم برق می‌زند. دیگر از خوشحالی نمی‌توانستم نفس بکشم."

انیشتین شرایط تحقیق و کامل‌کردن نظریه استاد را در دانشگاه شیکاگو که دارای یک آزمایشگاه پیشرفته اپتیک بود، فراهم نموده بود.

متن زیر، دررابطه‌با روز دفاع استاد نوشته شده است. دکتر حسابی در طی ۹۰ سال عمر پربرکت خویش، آن را به‌صورت نوشته به قلم تحریر درآورده‌اند که حیف است از خلاصه‌ای از آن از زبان خود دکتر حسابی غافل شویم:

" چیزی که تعجب‌آور بود، حضور، یعنی دعوت تعداد دیگری از پروفسورهای درجه اول دانشگاه پرینستون بود که آنها هم در سمت دیگری از اتاق جلسه دفاع نشسته بودند. نکته بسیار جالبی که در ذهن من نقش‌بست، این مسئله مهم بود که انیشتین با دعوت اندیشمندان دیگر در جلسه دفاع، نشان داد که ۸ مغز بهتر از ۱ مغز ارزش دارد. از طرفی اینکه تمام حضار در جلسه، قبل از ساعت مقرر حضور یافته بودند، اضطراب مرا بیشتر از حد کرده بود. بعد از اینکه انیشتین متوجه این ناآرامی من شد، سعی کرد با پرسیدن چند سؤال، فضای محیط را تغییر دهد. مثلاً از من پرسید: " آیا در شیکاگو بودید هوا سرد می‌شد؟" و یا اینکه: " آقای دکتر حسابی روزها بیشتر سرد می‌شد یا شب‌ها؟". خلاصه با این توجه و ظرافت انیشتین، کم‌کم حالم بهتر شد و به خود مسلط شدم. وقت آن رسیده بود که به دستور استاد پای تابلو بایستم و..."

تک‌به‌تک موضوعات این کتاب، حسی پر از نشاط و افتخار در انسان به وجود می‌آورد. این که چطور در بدترین و سخت‌ترین شرایط زندگی، بایستی ادامه داد و ایمان داشت. آری، سید محمود حسابی، پدر علم فیزیک و مهندسی نوین ایران، این چنین زندگی ای داشته است. بزرگ‌مردی که در ۱۲ شهریور ۱۳۷۱، در بیمارستان قلب دانشگاه ژنو در سوئیس، به دلیل بیماری قلبی، چشم از این جهان فروبست.







یادداشت مدیر مسئول

عرفان شکورزاده

با سلام و آرزوی سالی پربار و سرشار از دستاوردهای علمی و تحقیقاتی برای خوانندگان محترم مجله و همچنین عرض تبریک به مناسبت انتشار مجله شماره بیست و سوم از نشریه گشتاور.

به‌عنوان مدیرمسئول این نشریه افتخارم را اعلام می‌دارم که توانسته‌ایم با همت و تلاش بسیار همکاران محترم، مجله‌ای باکیفیت را تقدیم جامعه علمی کشور کنیم. این مجله در طول سال‌های گذشته، همواره در جهت رشد و ارتقای علوم مهندسی مکانیک گام برداشته است. در این شماره نیز، مطالب علمی ارزشمندی را در حوزه‌های مختلف این رشته به چاپ رسانده‌ایم. از معرفی پهپادها و کلیات ریخته‌گری گرفته تا عیب‌یابی سیستم‌های مکانیکی و انرژی‌های تجدیدپذیر، همگی تلاشی است در جهت به‌روز نگه‌داشتن دانش مخاطبان گرامی.

در این شماره، علاوه بر مقالات علمی رایج در زمینه مهندسی مکانیک، بخش‌های جدیدی نیز به مجله اضافه شده است که به تعدادی از آنها به‌صورت مختصر اشاره خواهم کرد.

بخش "دیدگاه" به‌عنوان بخشی جدید، میزبان نظرات و تحلیل‌های متخصصان و صاحب‌نظران برجسته این حوزه خواهد بود که به‌صورت اختصاصی به موضوعات علمی می‌پردازند. در این قسمت، موضوعات علمی خاص از دیدگاه افراد خبره و صاحب‌نظر در آن حوزه ارائه می‌شود. هدف این است که خوانندگان بتوانند نظرات و دیدگاه‌های متخصصان را در مورد موضوعات علمی مختلف بخوانند.

در کنار آن، بخش‌های "مستند علمی" و "اخبار علمی" نیز به مجله اضافه شده است تا با ارائه تازه‌های علم و فناوری، به‌ویژه در زمینه مهندسی مکانیک، به‌صورت مستند و مستقیم، شاهد یک مجله متنوع و پربار باشیم.

بخشی نیز با عنوان "جداول علمی" وجود خواهد داشت که شامل دو جدول است و هم به مسائل عمومی و هم به موضوعات تخصصی مهندسی مکانیک می‌پردازد. این قسمت از مجله به خوانندگان کمک می‌کنند تا اطلاعات عمومی و تخصصی مرتبط با رشته مکانیک را به شکل جذاب فراگیرند.

در مجموع، این بخش‌ها قرار است به‌صورت مستمر در شماره‌های آتی مجله نیز ادامه پیدا کنند، تا محتوای مجله را غنی‌تر و جذاب‌تر کرده و برای خوانندگان مفید و کاربردی باشند و امید است توجه خوانندگان محترم را به خود جلب نماید.

اما آنچه که در شماره آینده نشریه، یعنی شماره بیست‌وچهارم، مدنظر ماست، ارتباط بیش‌ازپیش این مجله با صنعت و آشنایی بیشتر مخاطبان با جنبه‌های کاربردی این رشته است. به این منظور، این شماره را به‌صورت یک ویژه‌نامه خواهیم ساخت که به معرفی صنایع مختلف و نحوه استفاده از دستاوردهای علمی در این حوزه‌ها بپردازد. امیدواریم همچون گذشته، بتوانیم با همراهی و مشارکت اساتید، محققان و مهندسان ارجمند، گامی هرچند کوچک در جهت گسترش دانش فنی و مهندسی در کشور برداریم. از همه خوانندگان محترم نشریه دعوت می‌کنم تا با ارسال مقالات و نظرات ارزشمند خود، ما را در غنی‌سازی هرچه بیشتر این مجله یاری نمایند.

در پایان، ضمن تشکر از همه همکاران و دست‌اندرکاران این نشریه که با تلاش و پشتکار خود، ما را در رسیدن به این مرحله یاری رساندند، چشم‌انداز آتی این مجله را بدین صورت ترسیم می‌کنم: تبدیل‌شدن به یک مرجع معتبر و مورداعتماد در زمینه مهندسی مکانیک در سطح ملی و حتی فراتر از آن، در راستای ارتقای دانش و فناوری در کشور عزیزمان ایران. با آرزوی توفیق روزافزون برای همگان.

موضوعات مسابقه:

قاب‌های کمتر دیده شده در صنعت و دانشگاه

کارگاه‌ها و کارخانه‌های تولیدی

مسابقه عکاسی



تاریخ ارسال آثار:
شما عزیزان می‌توانید آثار ارزنده خود را تا تاریخ **۲۰ شهریورماه** ارسال فرمایید.

شرایط ارسال آثار:
۱. تصاویر ارسالی از کیفیت خوبی برخوردار باشند.
۲. فرمت عکس ارسالی به‌صورت **JPEG** یا **PNG** باشد.

عکس‌های برتر توسط نظرسنجی در بستر فضای مجازی انتخاب خواهند گردید.

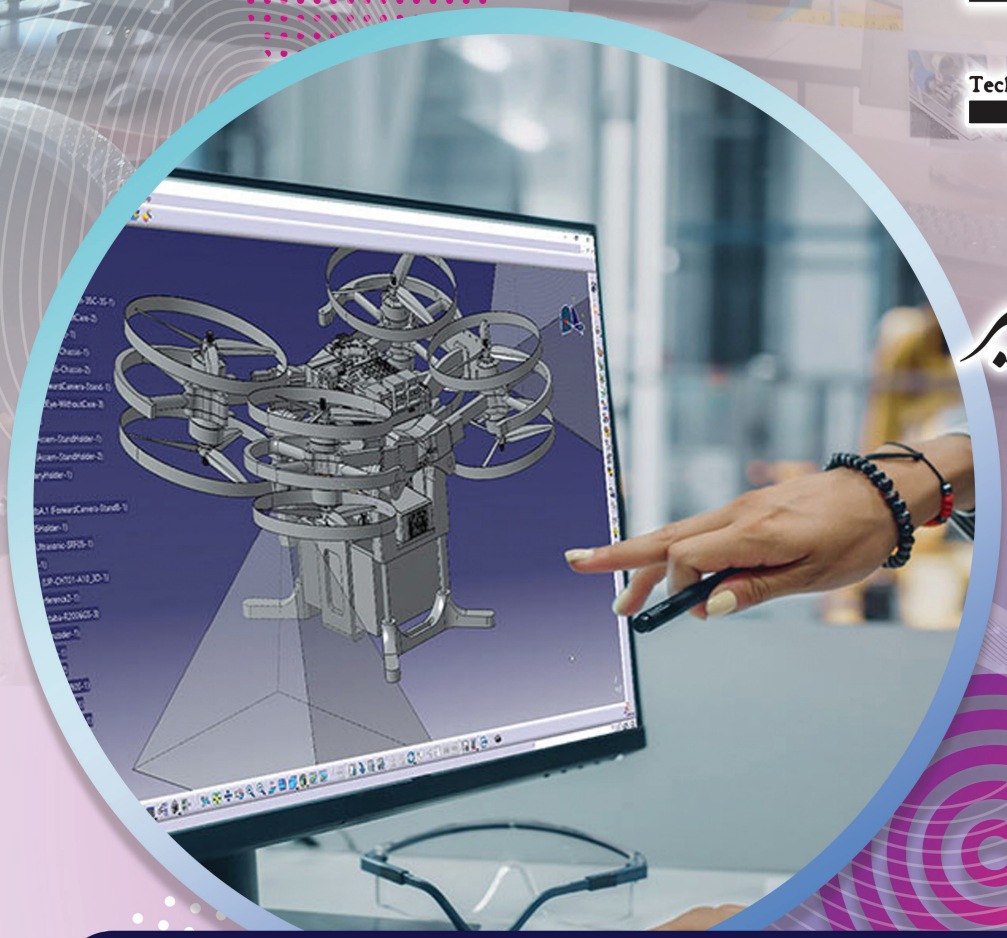
عکس منتخب در شماره بعدی از نشریه گشتاور به چاپ خواهد رسید.

ارسال آثار

جوایز:
نفر اول: نیم‌میلیون تومان
نفر دوم: چهارصد هزار تومان
نفر سوم: سیصد هزار تومان

Amirkabir
Technical and Vocational Training Center

آموزشگاه امیرکبیر



با مجوز رسمی از سازمان آموزش فنی حرفه ای کشور

CATIA, CATIA advanced, abaqus, solidworks, ansys,
powermill, MATLAB, python, Fluent, geomagic design X

با ارائه مدرک معتبر بین المللی

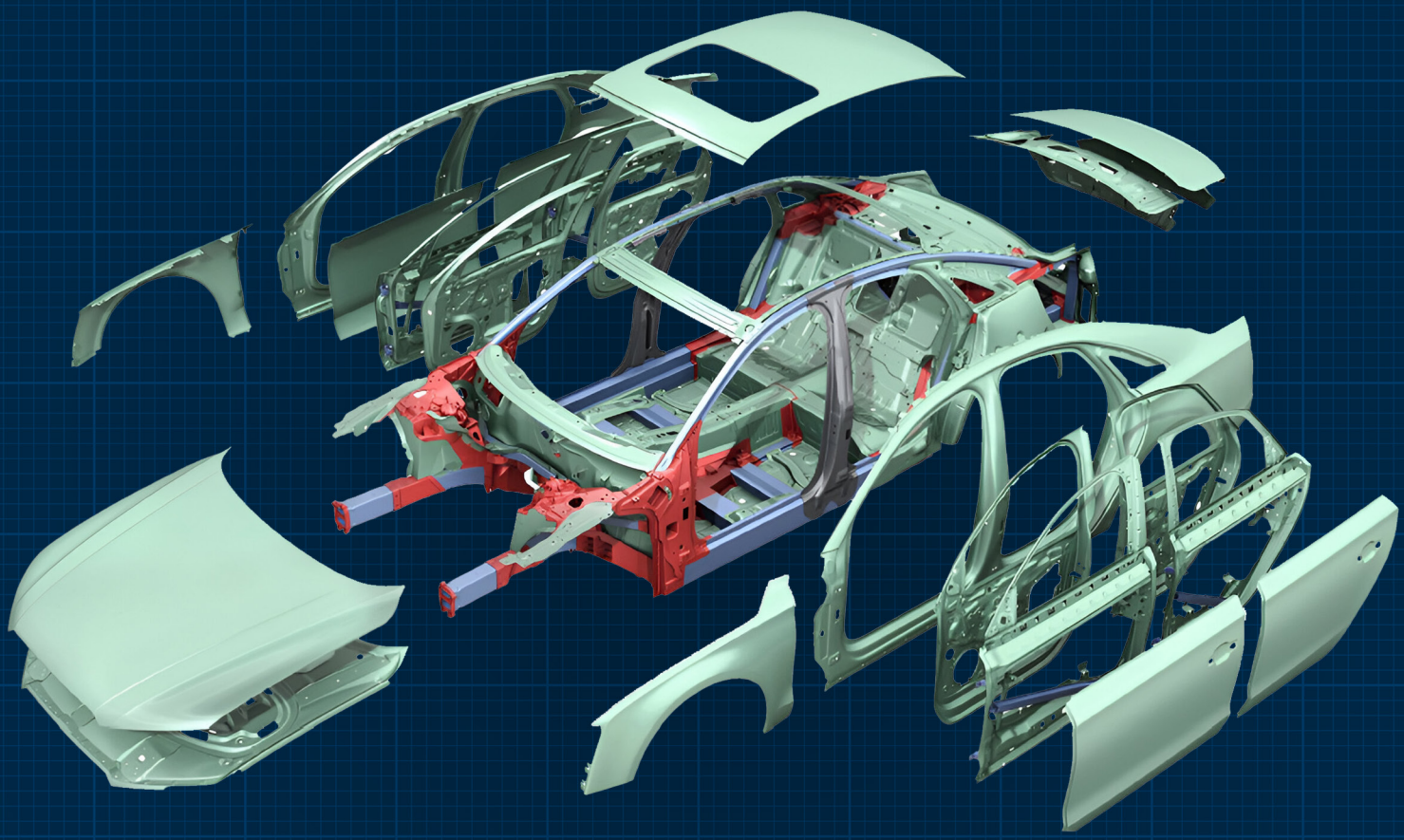
تبریز ، خیابان آزادی ، مابین ۴راه ابوریحان و
آخر شریعتی، جنب سجادیه جنوبی، پلاک ۲ ، طبقه ۲

34766779 - 34799296

www.amirkabirtvtc.ir

amirkabirtabriz


شهید
مالک رحمتی
شهید
محمدعلی
آل هاشم



آدرس:
تبریـز - فلکـه دانشـگاه - بلـوار ۲۹ بهمـن - دانشـگاه تبریـز - دانشـکده فنـی مهندسـی مکانیـک (سـاختمان ۱۴ - دانشـکده فنـی) - طبقـه اول - دفتـر انجمـن علمـی دانشـجویی مهندسـی مکانیـک دانشـگاه تبریـز

تلفن تماس: ۳۳۳۹۳۰۴۷ - ۰۴۱