

نشریه تخصصی جهش

اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی
مهندسی مکانیک ایران
شماره ۱ | اسفندماه ۱۳۹۹



معرفی نسل بعدی
وسایل نقلیه سوخت سلولی

تحول در صنعت با
ماشین‌های CNC

انواع موتورهای استرلینگ



صاحب امتیاز

اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی مکانیک ایران

مدیرمسئول: سید سعید موسوی

سردبیر: محمدجواد راجی

صفحه‌آرا و طراحی جلد:

سید امیرحسین ضیائی (گروه طراحی نگارنگ)

ویراستاران: حسین احمدی، محمد راد، فاطمه متین‌کیا

هیات تحریریه: رسول دژکام، آرش نوربخش، سیامک سیفی، آرش محبوبی دوست، امیر رضا خانی، محسن جهانبخش آبکناری، حسین محمدرضایی، حسین احمدی، یاسر عاقبتی املشی، سید محمدرضا امت محمدی، داود عباسی‌نژاد فلاح، محمد راد، جبرئیل احبابی سرای، مسعود سهامی، هدی عبدی، امیرحسین محمدی، صبا تشکر انزابی، محمد جواد راجی، کاوه چراغی

نشریه تخصصی جهش

اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی مکانیک ایران



سخن سردبیر

بسمه تعالی

همسفر با سیمرغ دانش
نشسته بر بال‌های اندیشه
بیکرانه هستی را در می‌نوردی
تا آخرین چکاد پیروزی

با عرض سلام و احترام خدمت تمامی خوانندگان عزیز بی شک یکی از مهم‌ترین دستاوردهای یک جامعه دانشجویی مقالات و دستاوردهای علمی و پژوهشی می‌باشد. در این راستا یکی از مهمترین اهداف نشریه علمی تخصصی مومنتوم جمع‌آوری و گزینش بروزترین دستاوردهای علمی و پژوهشی نخبگان و فعالان دانشجویی علاقه‌مند به همکاری این رشته می‌باشد، تا ضمن روشن شدن و آگاهی تمامی عزیزان با وسعت و زیبایی رشته مهندسی مکانیک و انشعابات آن، معظلات و خلاءهای مطالعات توسط علاقه‌مندان شناسایی شده و نسبت به رفع و بهبود آنها اقدامات مناسبی صورت پذیرد؛ تا بدین وسیله گامی هرچند کوچک در راستای تحقق اهداف یک جامعه علمی برداشته شود.

ضمن قدردانی از تمامی اعضای محترم هیات تحریریه که با قرار دادن حاصل زحمات و تلاش‌های خود در اختیار علاقه‌مندان موجب بهبود کیفی و کمی هرچه بیشتر گاهنامه علمی تخصصی جهش شده‌اند، از تمامی مشتاقان علم و معرفت نیز دعوت می‌نمایم تا ما را در این مسیر همراهی نمایند.

سردبیر نشریه تخصصی جهش
محمد جواد راجی

فهرست

- بهینه‌سازی، نمک زدایی به روش الکترودیالیز ۳
- افزایش راندمان کلی پمپ گریز از مرکز ۷
- بررسی تأثیر امواج آکوستیک سطحی بر انتقال حرارت در میکروکوکویته‌ها ۱۰
- تعریف، کاربرد و انواع کوپلینگ در صنعت ۱۱
- ایجاد یک تحول اساسی در صنعت با ماشین‌های CNC ۱۷
- موتور استرلینگ ۲۰
- تولید برق از بيو گاز ۲۲
- مرکز ضربه ۲۶
- دینامیک سیالات محاسباتی CFD ۲۹
- فناوری میکروسیالی ۳۱
- کلکتورهای سهموی خطی خورشیدی و کاربرد آنها ۳۳
- مدل سازی فیلتر مغناطیسی ۳۵
- موتور دوار یا وانکل ۳۶
- معرفی نسل بعدی وسایل نقلیه سوخت سلولی .. ۴۰
- ونتیلاتور ۴۲
- ارزیابی تاثیر مدیریت فشار ۴۴

سر مقاله

رسالت انجمن‌های علمی دانشجویی

تقویت روحیه و بنیه علمی دانشجویان مستعد و توانمند و فراهم آوردن زمینه‌های مناسب برای فعالیت‌های جمعی علمی، همچنین بهره‌گیری از توانمندی و خلاقیت آنان در تحقق توسعه علمی و نهضت تولید علم و جنبش نرم‌افزاری انجمن‌های علمی دانشجویی در حوزه‌های مختلف دانش که با حمایت دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی کشور است را بشناسیم و در راستای رسیدن به هر یک از اهداف از طریق فعالیت‌هایی مثل:

۱- مناظره و نقد علمی، ۲- هم‌اندیشی و نشست‌های تخصصی، ۳- مطالعات و پژوهش‌های علمی، ۴- نشر و ترویج یافته‌های علمی، ۵- فعالیت‌های کمک آموزشی در رابطه با برخی از مصادیق و عرصه‌های فعالیت انجمن‌ها و اتحادیه‌های انجمن‌های علمی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- برگزاری دوره‌های آموزشی تکمیلی و تقویتی و تشکیل کارگاه‌های تخصصی
۲- برگزاری و همکاری در اجرای جشنواره‌ها، کنفرانس‌ها و مسابقات علمی (داخلی و خارجی)

۳- تولید و انتشار نشریه علمی، کتاب و نشریات الکترونیکی، نرم‌افزارهای رایانه‌ای و فیلم‌های علمی-آموزشی

۴- برنامه ریزی و اجرای بازدیدهای علمی از مراکز علمی، صنعتی و فناوری

۵- اطلاع‌رسانی در خصوص کلیه فعالیت‌های مرتبط با اهداف انجمن

۶- حمایت و تشویق مادی و معنوی از ابتکارات، خلاقیت‌های علمی، فعالیت‌های پژوهشی و اختراعات دانشجویان

قاعده‌ها برای دستیابی به این امور نیازمند ایجاد زمینه‌های مناسب برای شکوفایی استعدادها، برانگیختن خلاقیت علمی دانشجویان، دانش‌آموختگان و بهره‌گیری از توانمندی ایشان در تقویت و تحقق فضای علمی دانشگاه، افزایش مشارکت و رقابت دانشجویان در فعالیت‌های علمی جمعی و نهادینه ساختن این فعالیت‌ها، حمایت از فعالیت‌های علمی دانشجویی و راهنمایی و هدایت دانشجویان در امر آموزش و پژوهش، تقویت و تحکیم پیوند های نظام آموزش عالی با بخش‌های مختلف جامعه و تعمیق دانش و بینش علمی دانشجویان با بهره‌گیری از توان علمی اعضای هیأت علمی می‌باشیم تا به وسیله این اقدامات و اندیشه‌های سیردستیابی به یک انجمن مطلوب را فراهم کنیم و به عنوان عضوی از انجمن رسالت آن را به بهترین شکل ممکن نمایان سازیم.

همواره حضور تشکلهای دانشجویی مختلف در دانشگاه، سبب پویایی، تلاش و بالندگی نسل دانشجویانیست که باور دارند ارتقا تجارب عملیاتی آنها در کنار رشد سطح علمیشان بسیار حائز اهمیت است. قاعدتا دانشجویانی که مسیر فعالیت‌های خود را و راهی درس خواندن صرف قرار می‌دهند، موفقیت‌ها و تجربه‌های منحصر به فردتری نصیبشان خواهد شد. اما باید به این نکته توجه داشت که فعالیت‌های دانشجویی باید در کنار وظیفه تحصیل قرار گیرد و نباید توازن میان این دو را به یک سوی خاص کشاند.

فعالیت در یکی از این تشکلهای دانشجویی میتواند توانایی‌هایی را در فرد به منصفه ظهور رساند که هیچ‌گاه در کلاس درس مطرح و هیچوقت توسط استادی تدریس نخواهد شد. انجمن‌های علمی به علت مزایای کم نظیر مانند دور بودن از حاشیه‌های سیاسی رایج در کشور و رویکرد تخصصی و علمی و نوع ماموریت‌های آن همواره با بیشترین اقبال از سوی دانشجویان مواجه بوده است. این امر سبب شده این تشکل به عنوان یکی از بزرگ‌ترین تشکلهای دانشجویی در دانشگاه‌ها و کشور، سهم به‌سزایی در فعالیت‌های فرهنگی، اجتماعی و علمی داشته باشد.

اما چگونه و چطور باید فعالیتی موثر، برنامه‌ای بدون و حضوری فعال در این عرصه داشت؟

همانطور که اشاره شد انجمن‌های علمی با هدف ارتقا سطح علمی دانشجویان در کالبد فرهنگی یا به میدان گذاشته است و توانسته گام به گام وظایف محوله به خود را به نحو احسن انجام دهد و قدم در راه‌های بزرگتری گذارد. تاریخ ثابت کرده است که اعتماد به نیرو و دانش جوانی توانسته دروازه‌های رشد و تعالی بشریت را بگشاید و چه محفل و بستری بهتر از انجمن‌های علمی که این استعدادها را کشف، پرورش، شکوفا و نمایان سازد و بتواند تمامی بنیه‌های بالقوه فرد را بالفعل نماید. به عنوان مثال شما در انجمن علمی دانشگاه خود فعالیت و قصد اجرای یک همایش دو روزه در زمینه نحوه طراحی بهینه در مواجهه با عوامل تاثیرگذار خارجی را دارید. در ابتدا با ارائه طرح به معاونت فرهنگی یا دانشجویی دانشگاه و تایید ایشان به راحتی مجوز شروع فعالیت خود را گرفته و فقط با پیگیری نامه‌های دعوت مهمانان، رزرو سالن همایش، بسته فرهنگی و ... میتوانید فعالیت خود را اجرا نمایید. در واقع شما با پشتیبانی و حمایت بازوی قدرتمند دانشگاه برنامه‌های خود را اجرا می‌کنید در واقع راس اجرایی امور با شماست و دانشگاه با در اختیار گذاشتن امکانات؛ فرصت آزمون و خطا، محک توانایی‌ها و کسب تجربه را در اختیار شما قرار می‌دهد. حال خود را فردی فارغ التحصیل و به دور از فضای دانشگاهی تصور نمایید که قصد اجرای همان برنامه را با همان کیفیت دارید. بدیهیست در گام اول با سد محکمی تحت عنوان مجوز فعالیت کار مواجه خواهید شد. هزینه‌های برنامه، صرف وقت بیشتر و بسیار مشکلات عدیده‌ای دیگری که همواره تا پایان برنامه همراه شما خواهد بود. حال باید به این نکته توجه نمود که رسالت یک انجمن‌های علمی در چه راستاییست و چگونه میتوان از یک انجمن علمی فواید متعددی را کسب نمود. ابتدا لازم است ساختار انجمن علمی را مورد بررسی قرار دهیم تا با شناخت کامل در جهت تقویت آن و خود گام برداریم.

انجمن‌های علمی در قالب تیم‌های ۳ الی ۵ نفره و در راس آن دبیر انجمن فعالیت‌های خود را دنبال می‌کنند. نکته بسیار مهم در این زمینه اینست که یک انجمن مطلوب حاصل یک مشارکت همگانی و تخصصی است.

منظور از تخصص همان کمیته بندی انجمن‌های علمی است که می‌بایست هر فرد در یک زمینه خاص در جهت پیشبرد اهداف انجمن قدم گذارد البته در شماره قبلی نشریه اتحادیه، مسیر راه انجمن‌های علمی به طور کامل تشریح شد.

زمانیکه از رسالت یک مجموعه حرف می‌زنیم منظور اینست که ابتدا وظایف انجمن که شامل حمایت، تقویت و ترویج فرهنگ و اخلاق علمی در دانشگاه‌های کشور،

سید سعید موسوی

دبیر اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی

مهندسی مکانیک ایران و مدیرمسئول نشریه



بهینه‌سازی، نمک‌زدایی به روش الکترو دیالیز



رسول دژکام،
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، گرایش تبدیل انرژی، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

هدف این مطالعه بهینه‌سازی یک سیستم نمک‌زدایی می‌باشد که به روش الکترو دیالیز عمل می‌کند. بدین منظور مدلی دوبعدی از دستگاه ارائه شد که در آن دو کانال رقیق و غلیظ توسط دو غشا کاتیون‌پذیر و آنیون‌پذیر از هم جدا می‌شوند. با اعمال پتانسیل الکتریکی به دو طرف کانال‌ها جریان الکتریکی باعث حرکت یون‌ها می‌شود. غشاهای به کار رفته که فقط نوع خاصی از یون‌ها را عبور می‌دهند، در طی مسیر دو ناحیه رقیق و غلیظ را ایجاد می‌کنند. برای این کار روش عددی اجزا محدود با یک مدل آزمایشگاهی اعتبارسنجی شد. سپس با تغییر پارامترهای انتخابی شامل ولتاژ اعمالی، رسانایی الکتریکی غشا، سرعت ورودی الکترولیت، طول کانال، عرض کانال و ضخامت غشا، به کمک روش طراحی آزمایش تاگوچی با انجام آزمایش‌های کمتری جواب بهینه به دست آمد. مقادیر بهینه ۱/۲ ولت برای ولتاژ، ۰/۸ زمینس بر متر برای رسانایی الکتریکی غشا، ۰/۰۰۶ متر بر ثانیه برای سرعت ورودی، ۲/۶ سانتی‌متر برای طول کانال، ۰/۲ میلی‌متر برای عرض کانال و ۰/۱۵ میلی‌متر برای ضخامت غشا به دست آمده است. با اعمال این پارامترها کاهش غلظت نهایی یون‌ها در کانال رقیق به میزان حدود ۱۰ درصد غلظت ورودی می‌رسد.

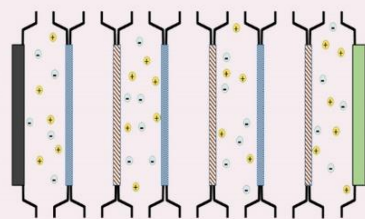
مقدمه

امروزه کمبود آب سالم یکی از چالش‌های بحرانی جهان است که با آن مواجه شده‌ایم. طبق آمار منتشر شده از سازمان سلامت جهانی در سال ۲۰۰۴ یک سوم جمعیت جهان از کمبود آب سالم رنج می‌بردند که انتظار می‌رود این مقدار به دو سوم جمعیت جهان در سال ۲۰۲۵ افزایش یابد (M. Elimelech and W. Phillip, 2011). تبدیل آب دریا به آب آشامیدنی می‌تواند یکی از راه حل های کمبود جهانی آب باشد. زیرا حدود ۹۷٪ کل منابع آب روی زمین آب دریا می‌باشد و فقط ۰/۵٪ از کل منابع آبی از آب شیرین تشکیل شده است (Kim et al, 2010). نمک‌زدایی میکروسایالی یک زمینه تحقیقاتی نوظهور است که به عنوان ابزار بهینه‌سازی برای تکنیک های سنتی عمل می‌کند و فرصت‌های جدیدی را برای دستگاه‌های آزمایشگاهی ارائه می‌دهد.

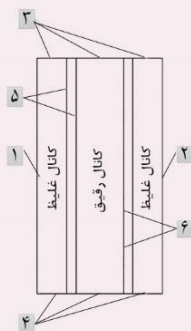
مزایای بسیاری برای کوچک‌سازی سیستم‌های شیمیایی، بیولوژیکی، انرژی و پزشکی وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به افزایش انتقال جرم و گرما در ابعاد میکرو اشاره کرد (R. S. Wegeng et al, 1994; R. S. Wegeng, 1996). مزایای دیگر سیستم‌های نمک‌زدایی میکروسایالاتی قابل حمل بودن، قابلیت ساخت در ابعاد بزرگ‌تر در صورت نتیجه‌دادن در ابعاد آزمایشگاهی و کنترل پذیری می‌باشد (R.M. McCormick et al, 1997). یکی از روش‌های نمک‌زدایی میکروسایالاتی، الکترو دیالیز نام دارد. در این روش دو الکترود به صورت موازی رو به‌روی هم قرار می‌گیرند و در میان آن‌ها غشاهای آنیون‌پذیر و کاتیون‌پذیر قرار دارند. با اعمال پتانسیل الکتریکی به محدوده مورد نظر جریان فارادیک شکل می‌گیرد که در اثر آن یون‌هایی که در محلول الکترولیت موجود هستند از میان غشا مخصوص عبور می‌کنند. کاتیون‌ها فقط از غشا کاتیون‌پذیر و آنیون‌ها فقط از غشا آنیون‌پذیر عبور می‌کنند که در نتیجه دو ناحیه رقیق و غلیظ را ایجاد می‌کنند (Roelofs et al, 2015). الکترو دیالیز در ابعاد کوچک و آزمایشگاهی ممکن است از طریق مکانیسم‌های انتقال به بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌های الکترو دیالیز در مقیاس بزرگ کمک کند. شاپوشنیک و همکاران به صورت آزمایشگاهی روی یک سیستم الکترو دیالیز تحقیق می‌کردند که هدف تحقیقشان یافتن توزیع غلظت نهایی یون‌های سدیم و کلرید در خروجی کانال‌های رقیق بود (V.A. Shaposhnik et al, 1997).

کواک و همکاران انتقال یون در یک سلول الکترو دیالیز ساخته شده از جنس پی‌دی‌ام‌اس را بررسی کردند که محلول ۱۰ میلی‌مولار سدیم کلرید وارد سیستم می‌شد. در این تحقیق امکان مشاهده میکروسکوپي دقیق توسط یک میکروسکوپ محقق شده بود که توسط این سامانه جریان سیال و پروفیل غلظت یون‌های سدیم و کلرید در سیستم الکترو دیالیزی مشاهده شد و همچنین رابطه ای بین بازده جداسازی نمک و غلظت یون‌ها استخراج شد (Kwak et al, 2013). صدرزاده و همکاران فاکتورهای موثر در جداسازی یون‌های با بارهای ۱+ و ۳+ از آبی که برای تصفیه فاضلاب استفاده میشد، بررسی کردند. در این مطالعه از روش تاگوچی برای رساندن تعداد دفعات تکرار آزمایش به کم‌ترین مقدار استفاده کردند (Sadrazadeh et al, 2007). همچنین در مطالعه‌ی دیگری نمک‌زدایی آب دریا با استفاده از یک سلول الکترو دیالیز در ابعاد آزمایشگاهی را بررسی کردند که غلظت یون‌های سدیم و کلرید کانال رقیق با اعمال ولتاژهایی بین ۲ تا ۶ ولت و غلظت یون‌های سدیم و کلرید ورودی ۳۰۰۰ ppm تا ۵۰۰۰ اندازه‌گیری کردند.





شکل شماره ۲: کانال‌های رقیق و غلیظ بعد از اعمال ولتاژ



شکل شماره ۳: شرایط مرزی سلول‌ها
شماره‌ها عبارتند از:
(۱) ولتاژ صفر، (۲) ولتاژ متغیر (۳) خروجی کانال‌ها،
(۴) ورودی کانال‌ها، (۵) غشا کاتیون پذیر (۶) غشا آنیون پذیر

معادلات حاکم

در این مدل از معادله‌ی نرنست-پلانک (Cifuentes, Gerardo, et al) برای شار یون‌ها و انتقال بار استفاده شده است که مطابق معادله زیر شار مولی ذره i را نشان می‌دهد:

$$N_i = -D_i \nabla c_i - z_i u_{mob,i} F c_i \nabla \phi_i + c_i u \quad (1)$$

عبارت اول معادله بالا بیانگر شار نفوذی می‌باشد، که در آن D_i ضریب نفوذ و ∇c_i گرادیان غلظت است. در معادله فوق عبارت دوم مربوط به اثر انتقال است که شامل بار ذرات z_i ضریب تحرک ذرات $u_{mob,i}$ ، ثابت فارادی (F) و گرادیان پتانسیل الکتریکی است.

همچنین عبارت آخر در این معادله مربوط به جابه‌جایی است که u در آن بیانگر بردار سرعت سیال است. همچنین ضریب تحرک ذرات از معادله نرنست-انیشتمین (Zourmand, Zahra, et al) حاصل می‌شود که به صورت زیر استخراج می‌شود:

$$u_{mob,i} = \frac{D_i}{RT} \quad (2)$$

که R در آن بیانگر ثابت جهانی گازها و T بیانگر دمای مطلق می‌باشند.

چگالی جریان الکترولیت با استفاده از قانون فارادی به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$i_l = F \sum_{i=1}^n z_i (-D_i \nabla c_i - z_i u_{mob,i} F c_i \nabla \phi_i) \quad (3)$$

معادله پایستگی جریان برای محاسبه پتانسیل الکترولیت به صورت زیر نوشته می‌شود (Zourmand, Zahra, et al):

$$\nabla \cdot i_l = F \sum_{i=1}^n z_i R_i \quad (4)$$

که R_i منبع واکنش بر اثر واکنش‌های الکتروده هستند. معادله (۵) در فیزیک توزیع جریان ثانویه کامسول به کار گرفته شده است که برای ناحیه مربوط به غشاها در نظر گرفته می‌شود:

$$i_l = -\sigma_i \nabla \phi_i \quad (5)$$

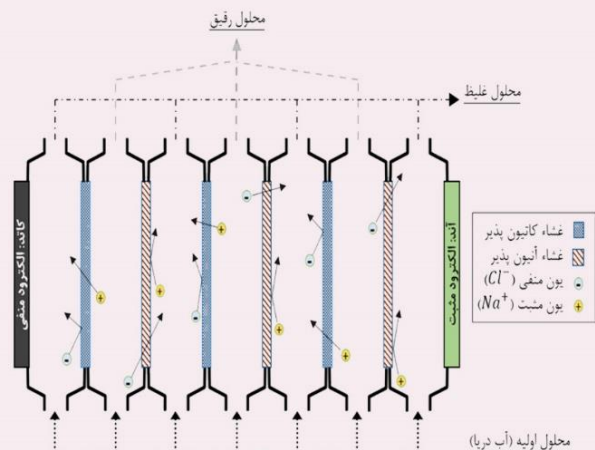
که σ_i ضریب هدایت الکترولیتی در غشا است.

در مطالعات انجام شده توسط کبای و همکاران (N. Kabay et al, 2006) دامنه پتانسیل الکتریکی استفاده شده نسبت به مطالعه کیم و همکاران (Y. Kim et al, 2012) در محدوده کوچک‌تری قرار داشت. کیم و همکاران ویژگی شرایط مرزی و تاثیر آن روی یون پذیر برای یون‌های تک‌ظرفیته و دو ظرفیته بررسی کردند. همچنین آن‌ها اثر پتانسیل الکتریکی روی غشا و یون پذیر غشا کاتیون پذیر را بررسی کردند. کمپیون و همکاران در مطالعه خود از الکترودهای مصرفی در روش الکترودیالیز استفاده کردند (Campione, Antonino, et al). ساهیل و همکاران در مطالعه خود روی روش الکترودیالیز به بررسی هندسه، نرخ جریان و ولتاژ اعمالی برای دستیابی به حداقل هزینه کل و غلظت نهایی کل بهینه پرداختند (Sahil R., et al).

در روش الکترودیالیز مجموعه‌ای از سلول‌ها به صورت موازی کنار هم قرار می‌گیرند و در این مقاله به بررسی یک سلول واحد از دستگاه الکترودیالیز می‌پردازیم. در این تحقیق برای بررسی تاثیر ۶ پارامتر روی غلظت نهایی یون‌های سدیم و کلرید، ۵ مقدار در نظر گرفته شده است که توسط روش طراحی آزمایش تاگوشی تحلیل می‌شوند.

روش تحقیق

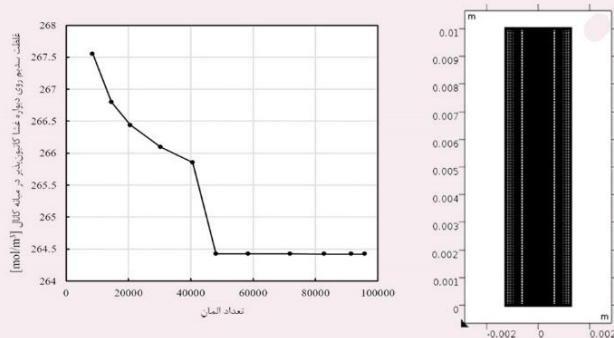
دستگاه الکترودیالیز مطابق با شکل ۱ معمولاً از مجموعه‌ای از سلول‌ها به طور موازی تشکیل شده است. به منظور تحلیل عددی این روش یکی از سلول‌ها به صورت مستطیل شکل و مطابق شکل ۳ برای مدل‌سازی در نظر گرفته شده است. با توجه به این که مقدار شوری آب دریا ۳۵ گرم بر میلی لیتر می‌باشد (National oceanographic data center, 2014) (حدود ۵۰۰ مول بر متر مکعب)، محلول الکترولیت ۵۰۰ مول بر متر مکعب حاوی یون‌های سدیم و کلرید از ورودی‌ها وارد سلول مورد نظر می‌شود. در دو طرف سلول الکترودها (آند و کاتد) قرار دارند، که با اعمال ولتاژ به دو طرف سلول یون‌های محلول تحت تاثیر میدان الکتریکی قرار گرفته و در نتیجه یون‌های مثبت سدیم تمایل به حرکت به سوی آند و یون‌های منفی کلرید تمایل به حرکت به سوی کاتد را دارند. در میانه‌ی کانال دو غشا یون‌پذیر قرار گرفته است که از هر یک نوع خاصی از یون عبور می‌کند: غشا راست فقط یون‌های منفی و غشا چپ فقط یون‌های مثبت. در طول کانال‌های سلول، به تدریج یون‌ها به کانال‌های کناری منتقل شده تا کانال میانی خالی از یون شود.



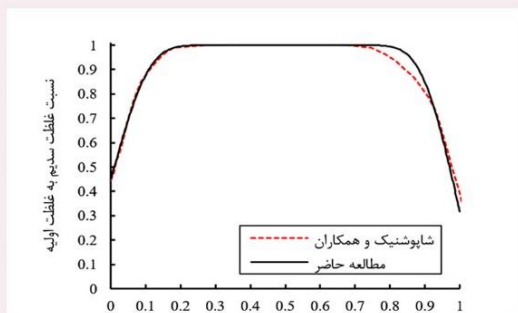
شکل شماره ۱: نحوه کار دستگاه الکترودیالیز

■ روش مدل سازی

معادلات یاد شده با ثوابت موجود در جدول (۱) برای استخراج نتایج در ورژن ۵.۳ نرم‌افزار کامسول تعریف و به روش عددی اجزا محدود حل شده است. با استفاده از دو فیزیک توزیع جریان سوم برای کانال‌ها و توزیع جریان ثانویه برای غشاهای و انتخاب متغیرها طبق جدول (۲) و رعایت شرایط مرزی مطابق شکل ۳ میانگین غلظت نهایی از کانال رقیق را مورد بررسی قرار دادیم.



شکل شماره ۴ مطالعه استقلال از شبکه و الگوی نهایی شبکه‌بندی



شکل شماره ۵ نمودار اعتبار سنجی بی بعد شده مطالعه حاضر با مدل آزمایشگاهی

■ طراحی آزمایش به روش تاگوچی

طراحی آزمایش‌ها یکی از اساسی‌ترین روش‌های تجزیه و تحلیل علمی و ابزاری قوی برای مطالعه و افزایش کنترل کیفیت تولیدات صنعتی است. اگرچه روش‌های متنوع و متفاوت آماری با مزایا و معایب خاص خود وجود دارند، ولی از میان آن‌ها روش تاگوچی شناخته‌شده‌تر و دارای موقعیتی خاص است. در سیستم‌هایی که در آن تعداد عوامل با سطوح متعددی مطالعه می‌شوند و لازم است تا آزمایش‌های فراوانی انجام گیرد تا نقطه بهینه سیستم یا فرایند به دست آید، طرح تاگوچی که حالت خاصی از طرح‌های عاملی کسری است، قادر است تا با اطمینان بالایی، تعداد آزمایش‌ها یا نمونه‌ها، زمان انجام و هزینه اجرا در رسیدن به پاسخ مطلوب را تا چندین برابر کاهش دهد و حتی می‌توان نقطه بهینه سیستم را که آزمایش آن انجام نشده است پیش بینی و برآورد کند (کاظم نژاد و همکاران، ۱۳۸۲).

در پژوهش انجام شده ۶ پارامتر اعم از ولتاژ اعمالی، رسانایی الکتریکی غشا، سرعت ورودی، طول کانال، ضخامت کانال و ضخامت غشا به عنوان پارامترهای کنترلی انتخاب شده‌اند. هر کدام از این پارامترها در ۵ مقدار مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به منظور دستیابی به بهترین نتیجه در صورتی که همه فاکتورها به صورت جداگانه بررسی شوند نیاز به ۱۵۶۲۵۰۶۵ آزمایش می‌باشد که به کمک الگوریتم پیشنهادی تاگوچی در نرم‌افزار مینی‌تب تنها ۲۵ آزمایش طبق جدول (۳) برای اندازه‌گیری غلظت نهایی یون‌های سدیم و کلرید مورد بررسی قرار می‌گیرند.

جدول شماره ۱ مقادیر عددی ثوابت و ضرایب به کار رفته در معادلات حاکم

توضیحات	مقدار	نام ضریب
ضریب نفوذ یون سدیم	$1/334 \times 10^{-9} \text{ [m}^2/\text{s]}$	D_{Na}
ضریب نفوذ یون کلرید	$2/032 \times 10^{-9} \text{ [m}^2/\text{s]}$	D_{Cl}
غلظت اولیه یون‌ها	500 [mol/m ³]	c_0
ثابت فارادی	96485/3329 [C/mol]	F
ثابت جهانی گازها	8.31446 [J/(mol.k)]	R'
دمای مطلق	298/15 [K]	T
بار یون سدیم	+1	Z_{Na}
بار یون کلرید	-1	Z_{Cl}

جدول شماره ۲ پارامترهای تعیین شده برای بهینه سازی عملکرد الکترو دیالیز

شماره	متغیر	واحد	1	2	3	4	5
1	ولتاژ اعمالی	ولت	0/2	0/7	1	1/2	1/3
2	رسانایی الکتریکی غشا	زمینس بر متر	0/01	0/02	0/05	0/08	0/1
3	سرعت ورودی	متر بر ثانیه	0/002	0/006	0/02	0/064	0/1
4	طول کانال	سانتی‌متر	0/5	1	1/5	2	2/6
5	ضخامت کانال	میلی‌متر	0/065	0/09	0/2	0/5	1
6	ضخامت غشا	میلی‌متر	0/15	0/27	0/5	0/7	1

■ بررسی استقلال از شبکه

مطالعه استقلال از شبکه برای هندسه مورد نظر در شکل ۴ نمایش داده شده است. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با بهبود شبکه‌بندی تا ۵۰۰۰ المان، تاثیر شبکه‌بندی دامنه محاسباتی بر غلظت یون سدیم روی سطح غشا کاتیون پذیر در میانه کانال قابل ملاحظه می‌باشد. اما پس از این مقدار بهبود شبکه و اضافه کردن المان‌ها بر نتیجه حل تاثیرگذار نیست. بنابراین از الگو به کار رفته در ادامه استفاده خواهد شد.

■ اعتبارسنجی

برای اعتبارسنجی روش عددی حاضر با نتایج آزمایشگاهی شاپوشنیک و همکاران (V.A. Shaposhnik et al, 1997) مقایسه شده و نتیجه آن در شکل ۵ آورده شده است. همانطور که در شکل قابل مشاهده است مقادیر محاسبه شده برای غلظت یون سدیم کمتر از ۲/۲ درصد با مقدار آزمایشگاهی اختلاف دارد.

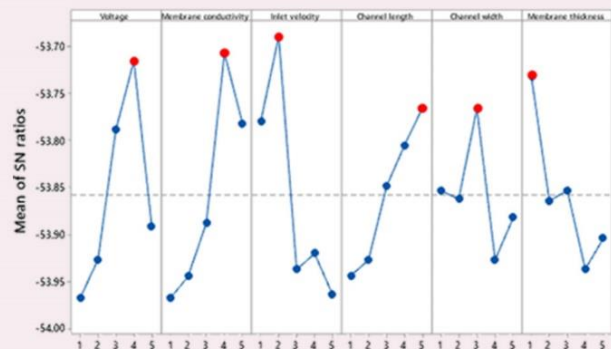
جدول شماره ۳ جدول پیشنهادی تاگوچی برای ۶ متغیر با ۵ سطح مختلف

شماره آزمایش	ولتاژ	رسانایی الکتریکی غشا	سرعت ورودی	طول کانال	ضخامت کانال	ضخامت غشا	میانگین غلظت نهایی یون سدیم در کانال رقیق
498/578	1	1	1	1	1	1	1
499/144	2	2	2	2	2	2	2
499/466	3	3	3	3	3	3	3
499/660	4	4	4	4	4	4	4
499/755	5	5	5	5	5	5	5
499/670	5	4	3	2	1	1	2
497/566	1	5	4	3	2	2	7
496/994	2	1	5	4	3	2	8
499/273	3	2	1	5	4	2	9
491/374	4	3	2	1	5	2	10
499/324	4	2	5	3	1	3	11
499/847	5	3	1	4	2	3	12
497/486	1	4	2	5	3	3	13
477/567	2	5	3	1	4	3	14
472/138	3	1	4	2	5	3	15
499/772	3	5	2	4	1	4	16
499/575	4	1	3	5	2	4	17
482/183	5	2	4	1	3	4	18
451/093	1	3	5	2	4	4	19
494/246	2	4	1	3	5	4	20
499/381	2	3	4	5	1	5	21
493/777	3	4	5	1	2	5	22
497/792	4	5	1	2	3	5	23
497/186	5	1	2	3	4	5	24
486/801	1	2	3	4	5	5	25

نتایج

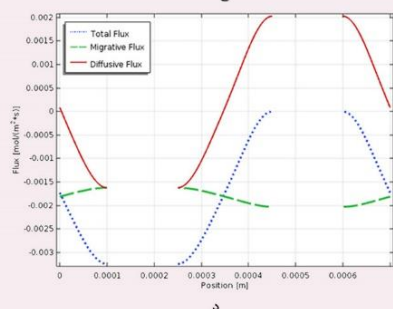
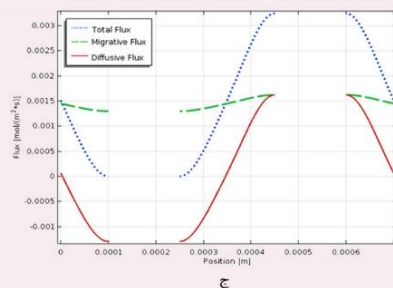
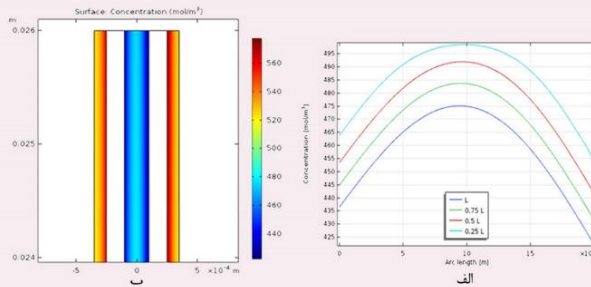
در این مقاله یک سلول الکترو دیالیز با هدف بهینه سازی عملکرد آن مورد بررسی قرار گرفت و برای هر آزمایش مقادیر خاصی از متغیرها وارد شدند. با در نظر گرفتن این مقادیر در نهایت ۲۵ آزمایش با ترکیب مختلف از پارامترها دریافت شد که هدف کمینه سازی میانگین غلظت نهایی یون سدیم، از کانال رقیق است. پس از وارد کردن مقدار عددی میانگین غلظت نهایی یون سدیم از کانال رقیق در نرم افزار مینی تب و انجام محاسبات تحلیل تاگوچی شکل ۶ استخراج گردید.

Main Effects Plot for SN ratios
Data Means



شکل شماره ۶ نمودار تاثیر پارامترها روی میانگین غلظت یون سدیم خروجی

که نتیجه می دهد به دلیل به کاتیون پذیری غشا سمت چپ، شار کل یون کلرید در ناحیه ی این غشا صفر است و همچنین به دلیل آنیون پذیری غشا سمت راست، شار کل یون سدیم در ناحیه ی این غشا نیز صفر می باشد. با توجه به غلظت نهایی یون سدیم که مقدار آن ۹۳/۴۵۱ مول بر متر مکعب حاصل شده است به این نتیجه می رسیم که حدود ۹۰۷/۴۸ مول بر متر مکعب از یون سدیم از غشا کاتیون پذیر عبور می کند همچنین می توان به طور تقریبی همین مقدار را برای یون کلرید و غشا آنیون پذیر گزارش کرد.



شکل شماره ۷: نتایج مطالعه حاضر در حالت بهینه، (الف) نمودار غلظت یون سدیم در عرض کانال در مقاطع مختلف، (ب) توزیع غلظت یون سدیم در انتهای کانال، (ج) شار کل، شار نفوذی و شار انتقالی یون کلرید، (د) شار کل، شار نفوذی و شار انتقالی یون سدیم

جمع بندی

در این مقاله تاثیر شش متغیر بر عملکرد الکترو دیالیز مورد بررسی قرار گرفت که برای بهینه سازی کاهش غلظت یون های سدیم و کلرید در خروجی از روش تاگوچی استفاده شده است. بهینه سازی توسط روش های عددی می تواند منجر به کاهش هزینه های آزمایش شود که در این تحقیق از آن بهره جسته ایم. پارامترهای بررسی شده عبارتند از ولتاژ اعمالی، رسانایی الکتریکی غشا، سرعت ورودی الکترولیت، طول کانال، عرض کانال و ضخامت غشا که مقادیر بهینه هر یک به دست آمده است. در شرایط بهینه غلظت نهایی محلول تقریباً ۱۰ درصد کاهش یافته است. در تحقیقات آینده تاثیر دیگر پارامترهای حائز اهمیت از قبیل دما، بار ذرات، ضریب نفوذ و هندسه غشا را می توان مورد مطالعه قرار داد.

باتوجه به نمودار بهترین سطوح پارامترهای ولتاژ، رسانایی الکتریکی غشا، سرعت ورودی، طول کانال، عرض کانال و ضخامت غشا به ترتیب عبارتند از سطوح ۴، ۲، ۳، ۱، ۲، ۱. در این حالت از پارامترها بهترین غلظت نهایی یون سدیم ۹۳/۴۵۱ مول بر متر مکعب گزارش شده است که برای این حالت ولتاژ ۱/۲ ولت، رسانایی الکتریکی غشا ۰/۸ زیمنس بر متر، سرعت ورودی ۰/۰۶ متر بر ثانیه، طول کانال ۲/۶ سانتی متر، عرض کانال ۰/۲ میلی متر و ضخامت غشا ۰/۱۵ میلی متر بدست آمده است. با توجه به شکل ۷ الف، در چهار مقطع از کانال نمودار توزیع غلظت یون سدیم قابل مشاهده است و در طول کانال میانگین غلظت یون های الکترولیت کاهش می یابد و در نهایت در انتهای کانال به کمترین مقدار خود می رسد. در شکل ۷ ب غلظت یون های الکترولیت در کانال های رقیق و غلیظ نمایش داده شده است که با توجه به آن نتیجه می گیریم در طول مسیر کانال ها، کانال وسط رقیق تر و کانال های کناری غلیظ تر می شوند. در شکل ۷ ج و د نمودار شار انتقال جرم یون های کلرید و سدیم قابل مشاهده است.

افزایش راندمان کلی پمپ گریز از مرکز

آرش نوربخش،

کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی، دانشگاه تبریز

سیامک سیفی،

کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی، دانشگاه علم و صنعت

چکیده

امروزه پمپ های گریز از مرکز نقش بسیار مهمی در صنعت و کشاورزی دارند، به همین علت همواره بهبود عملکرد آن ها مورد توجه محققین بوده است. در این مقاله هدف بررسی یک نمونه پمپ گریز از مرکز در محل آزمایشگاه شرکت پمپیران و بهبود شرایط هیدرولیکی آن است. به منظور بررسی تجربی، پمپ ۱۲۵-EN۶۵ بصورت عملی تست گردیده است. سپس با استفاده از روش طراحی لوبانوف پمپ طراحی شده است. در ادامه تاثیر زاویه خروجی پروانه یعنی β_2 بر روی راندمان هیدرولیکی با ثابت در نظر گرفتن قطر بیرونی پروانه یعنی D_2 بررسی شده و با محاسبه ضریب لغزش بصورت تابعی از β_2 ، راندمان هیدرولیکی پمپ بصورت تابعی از β_2 مدل سازی شده است. برای دقت بیشتر در محاسبات تلفات نیز وارد محاسبات گردیده است. سپس زاویه β_2 بهینه، بر اساس بهترین نکته عملکرد از نمودار راندمان کل ارائه شده توسط نرم افزار متلب، انتخاب شده است. ابعاد طرح ارائه شده در جدولی لیست و با مدل موجود در بازار مقایسه گردیده است. همچنین پمپ ارائه شده در نرم افزار سی اف توربو، طراحی و مدل ساخت پمپ توسط نرم افزار کتیا ارائه شده است. پمپ بصورت عددی با نرم افزار آنسیسور کینچ-توربو ماشین فلوید فلو، شبیه سازی شده است. روش حل حجم محدود به همراه مدل آشفتگی کا-امگا اس تی برای تحلیل عددی مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج عددی و تجربی همخوانی قابل قبولی با هم دارند. نتایج بدست آمده نشان می دهد که راندمان کلی پمپ ۷/۷ درصد افزایش پیدا کرده است.

مقدمه

در مورد اثر زاویه تخلیه در عملکرد پمپ سانتریفیوژ با سرعت ویژه ۱۰۷ و سرعت چرخشی ۱۴۰۰ دور بر دقیقه، انجام دادند. پروانه از نوع بسته با شش تیغه بود و زاویه خروجی به ترتیب ۲۳ و ۶۵ درجه بود. نتایج نشان داد که با افزایش زاویه تخلیه هد نیز افزایش یافته است.

تمامی موارد فوق نشان دهنده این است که راندمان هیدرولیکی یک پمپ گریز از مرکز به شدت به هندسه پروانه بستگی داشته و تغییرات کوچک در جزئیات هندسی می تواند منجر به تغییرات محسوسی در عملکرد پمپ شود.

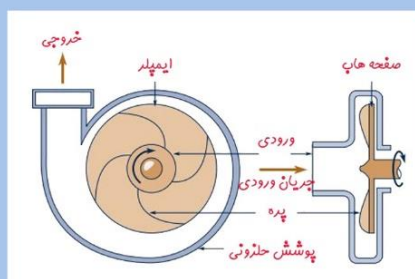
عبدالرحیم و همکاران با نصب ورق هایی از جنس فلز و پلاستیک در پره های پمپ های گریز از مرکز، برای بهبود عملکرد و صرفه جویی در انرژی با استفاده از ارتقاء آیرودینامیکی و کنترل پنل های

توربوماشین ها وسایلی هستند که با استفاده از یک حرکت دورانی پیوسته، با سیالی که از آن ها عبور می کند، تبادل انرژی می کنند. پمپ های گریز از مرکز دسته ای از توربو ماشین ها می باشند که زاویه ورود و خروج سیال در آنها به اندازه ۹۰ درجه با هم اختلاف دارد. امروزه پمپ های گریز از مرکز در زمینه های صنعتی مانند صنایع شیمیایی، نفت و گاز، داروسازی و غیره کاربردهای فراوانی دارند. در حال حاضر هدف اصلی در طراحی پمپ های سانتریفیوژ، افزایش کارایی و بهبود شرایط هیدرودینامیکی می باشد که برای این منظور کارها و تحقیقات مختلفی انجام گرفته است.

عوامل مختلفی بر عملکرد پمپ ها موثر می باشند، که در اینجا زاویه خروجی پروانه و تاثیر آن بر عملکرد پمپ مورد بررسی قرار خواهد گرفت. اثرات زاویه خروجی پروانه بر روی عملکرد پمپ های سانتریفیوژ از سال ۱۹۵۰ مورد بررسی قرار گرفته است. زمانی که پمپ های سانتریفیوژ با آب کار می کنند، یک آزمایش نشان می دهد راندمان هیدرولیکی پمپ را می توان تا ۴۰ درصد با تغییر زاویه خروجی تیغه بهبود بخشید، بدیهی است این ادعا نیاز به تایید تجربی دارد. تیوبکورو و همکاران آزمایشاتی

داخلی تحقیقاتی انجام داده اند، که منجر به کاهش حجم فن ها گردید. همچنین بهبود عملکرد فن ها به انتخاب زاویه خروجی بستگی دارد که با انتخاب درست آن می توان بازده استاتیکی را افزایش داد.

بهبود عملکرد هیدرولیک پمپ های سانتریفیوژ بر روش های طراحی و بهینه سازی پارامترها استوار است. نتایج شبیه سازی سه بعدی نشان می دهد که پره هایی با زاویه بزرگتر توانایی کنترل قوی تری بر الگوی جریان در پروانه دارند.



$$N_s = \frac{N \times Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

در سیستم SI، N بر حسب rpm، Q بر حسب m^3/s و H بر حسب متر می باشد.

با در دست داشتن سرعت مخصوص و استفاده از جداول و فرمول های مربوطه، به دست آوردن پارامترهای طراحی هیدرولیکی پمپ های گریز از مرکز ممکن خواهد بود.

به دست آوردن پارامترهای طراحی هیدرولیکی پمپ های گریز از مرکز سرعت دورانی خروجی:

$$U_2 = \sqrt{\frac{g H}{\psi}}$$

با فرض 1α برابر 90° درجه، سرعت دورانی ورودی را بدست می آوریم:

$$U_1 = \frac{\pi D_1 N}{60}$$

برای به دست آوردن عرض پروانه در ورود و خروج از روابط زیر استفاده می شود:

$$Q = \pi b_1 D_1 C_{1m} k_1$$

$$Q = \pi b_2 D_2 C_{2m} k_2$$

ضریب لغزش را با نماد σ به صورت زیر تعریف می شود:

$$\sigma = \frac{H_{th}}{H_E}$$

برای محاسبه ضریب لغزش راه های مختلفی وجود دارد که در این پژوهش از روش ویسنر استفاده می شود:

$$\text{if } \frac{R_2}{R_1} < \exp(8.16 \frac{\sin \beta_2}{z})$$

$$\beta = \left(1 - \frac{\sqrt{\sin \beta}}{z^{0.7}}\right) \left[1 - \left(\frac{\frac{R_2}{R_1} \exp(\frac{8.16 \sin \beta_2}{z})}{1 - \exp(\frac{8.16 \sin \beta_2}{z})}\right)^3\right]$$

$$\phi = \frac{C_{2m}}{U_2}$$

$$\sigma = \frac{\beta - \phi \cot \beta_2}{1 - \phi \cot \beta_2}$$

برای محاسبه راندمان هیدرولیکی، محاسبه تلفات مورد نیاز خواهد بود، که در ادامه کار تلفات اصطکاکی، تلفات پخش و تلفات اختلاط بصورت تابعی از زاویه خروجی (β_2) محاسبه شده و با صرف نظر از تلفات حلزونی، حاصل جمع تلفات فوق به عنوان تلفات کلی پمپ مد نظر قرار خواهد گرفت.

راندمان ها

راندمان هیدرولیکی

$$\eta_h = \frac{H_{act}}{H_{th}} = 1 - \frac{h_{losses}}{H_{th}}$$

عملکرد پمپ های سانتریفیوژ در هنگام پمپاژ مایعات چسبناک به شدت کاهش می یابد. تغییر برخی از ویژگی های هندسه پروانه در این نوع پمپ ها عملکرد خود را بهبود می بخشد. حل عددی انجام شده زاویه خروجی و عرض عبور پروانه و تغییر هم زمان آنها نشان می دهد که در عرض 21° میلیمتر و زاویه خروجی 30° درجه عملکرد آنها بهبود می یابد و دلیل آن کاهش تلفات است.

لی و همکاران تاثیر زاویه خروجی پره بر راندمان پمپ، را که معمولاً به صورت تجربی بررسی می شده با بررسی مقایسه ای عملکرد پروانه با زاویه خروجی 44° درجه و 20° درجه با استفاده از شبیه سازی عددی با نرم افزار فلوئنت انجام داده و نشان دادند زاویه خروجی بزرگ تر به بهبود عملکرد پمپ کمک می کند. تطبیق با نتایج تجربی نشان داد که شبیه سازی عددی در بررسی تاثیر زاویه خروجی پروانه بر عملکرد پمپ قابل استفاده می باشد.

راجندران و همکاران از نرم افزار انسیس برای شبیه سازی جریان در داخل پروانه استفاده کرده و به این نتیجه دست یافتند که جریان های داخلی پیچیده داخل پروانه می توانند با استفاده از شبیه سازی به دست آیند و الگوی جریان و توزیع فشار در کانال پروانه را به دست آورند.

کووی و همکاران برای بررسی تاثیر زاویه خروجی بر عملکرد و جریان های داخلی پمپ، پمپ گریز از مرکز با زوایای خروجی متعدد را به روش های عددی و تجربی بررسی کرده و نشان دادند نتایج عددی قابل قبولی با نتایج تجربی دارد، همچنین پمپ سانتریفیوژ با سرعت ویژه پایین و با زاویه خروجی پره بزرگتر راندمان هیدرولیکی بالاتری خواهد داشت.

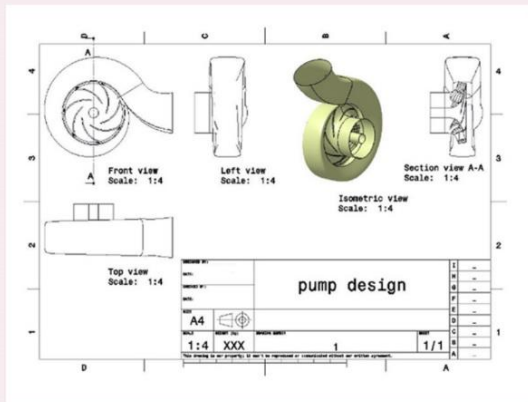
با چارودیسی و همکاران عملکرد هایی با قطر یکسان و زوایای خروجی مختلف را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که قطر خروجی پروانه، زاویه و تعداد پره های پروانه مهم ترین عوامل تاثیر گذار بر راندمان هیدرولیکی پمپ می باشند. آنها 30° ، 40° و 50° درجه را بررسی کرده و دریافتند که هد خروجی بررسی عددی به میزان 10% درصد با هد تئوری اختلاف داشته و دلیل این اختلاف را مربوط به روش طراحی فیلایدر که با فرض یک بعدی بودن، پیچیدگی های جریان سه بعدی را مد نظر قرار نداد و از روابط تجربی برای تخمین تلفات هیدرولیکی بهره می گیرد، دانستند. علی رغم تمامی این موارد تاثیر زاویه خروجی پره بر عملکرد پمپ با بهره گیری از شبیه سازی عددی محرز شده، بطوریکه با افزایش زاویه خروجی پره، منحنی عملکرد پمپ برای تمامی دبی ها نرم تر و پهن تر شده و در دبی های بالا منجر به افزایش قابل توجهی در راندمان هیدرولیکی می شود.

با توجه به بررسی های انجام گرفته توسط محققین، تاکنون تاثیر زاویه خروجی پروانه (β_2) بر روی راندمان هیدرولیکی با رویکرد استفاده شده در این مطالعه مورد بررسی قرار نگرفته است. در پژوهش حاضر با انتخاب زاویه بهینه β_2 ، راندمان پمپ گریز از مرکز مورد بررسی، به روش تجربی و عددی بررسی شده و ارتقا یافته است.

طراحی هیدرولیکی پمپ های گریز از مرکز

سرعت مخصوص

معیار شناسایی انواع توربو پمپ ها می باشد، که بصورت سرعت دورانی یک پمپ یک طبقه که یک متر مکعب بر ثانیه را به اندازه 1 یک متر پمپاژ نماید، تعریف می شود:



شکل ۳: حالت سه نمای مدل ساخت در کتیا

همچنین از نرم افزار انسیس برای مدل سازی سیالاتی و بررسی صحت محاسبات استفاده می شود.

جدول ۲: نتایج عملکرد در انسیس فلونت

Rotation Speed	303.6870	[radian s ⁻¹]
Reference Diameter	0.1377	[m]
Volume Flow Rate	0.0291	[m ³ s ⁻¹]
Head (LE-TE)	21.2521	[m]
Head (IN-OUT)	20.3005	[m]
Flow Coefficient	0.0367	
Head Coefficient (IN-OUT)	0.1138	
Shaft Power	6433.8700	[W]
Power Coefficient	0.0046	
Total Efficiency (IN-OUT) %	89.7351	
Static Efficiency (IN-OUT) %	76.8800	

نتیجه گیری کلی

پس از محاسبه راندمان های هیدرولیکی، مکانیکی و حجمی، راندمان پمپ قابل محاسبه بوده و ملاحظه می شود که با انتخاب زاویه خروجی برابر با ۲۹/۵ درجه، راندمان پمپ برابر با ۸۴/۱۵ خواهد بود. این مقدار به اندازه ۷/۷۰ درصد بیشتر از مدل موجود می باشد.

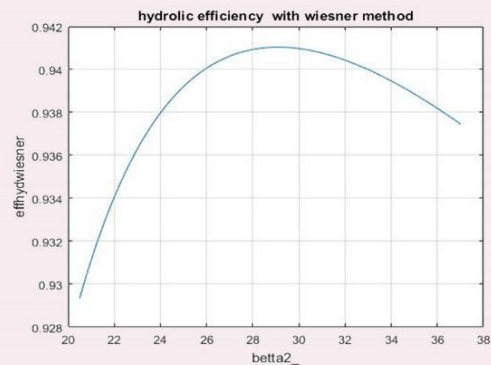
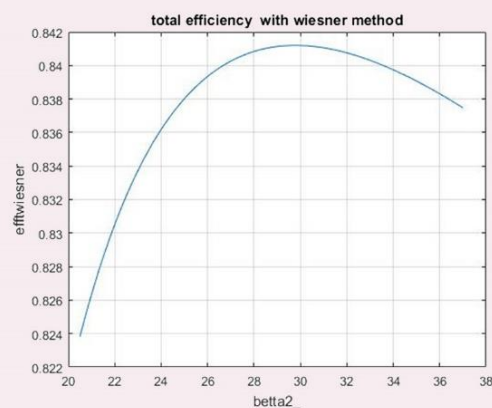
پیشنهادهای برای کارهای آینده

اقداماتی جهت بالا بردن دقت محاسباتی و ارائه مدلی کامل تر و با کیفیت هر چه بالاتر به شرح زیر قابل انجام هستند:

۱. بررسی تاثیر صافی سطح بر روی راندمان
۲. ارائه نقشه ساخت برای طرح ارائه شده
۳. طراحی دقیق حلزونی پمپ
۴. بررسی تلفات موجود در حلزونی

نتایج و بحث

با انجام محاسبات مربوطه و با بهره گیری از نرم افزار متلب نمودارهای مربوطه قابل ترسیم خواهند بود.

شکل شماره ۱: نمودار راندمان هیدرولیکی بر حسب β_2 شکل شماره ۲: نمودار راندمان کل بر حسب β_2

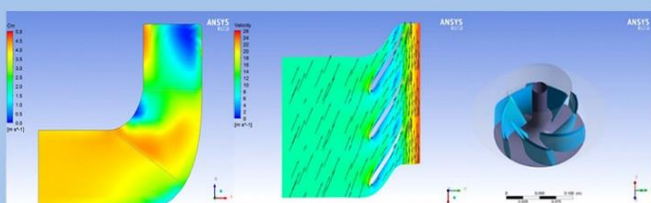
اطلاعات مربوط با طرح بهینه پیشنهادی بر اساس محاسبات فوق در جدول زیر ارائه شده است و همچنین این پارامترها با مدل موجود در بازار نیز مقایسه گردیده اند.

جدول ۱: مقایسه نتایج و مدل موجود

مشخصات پمپ	مدل موجود	طرح ارائه شده
B_1 (mm)	33	34/1
B_2 (mm)	24	18/147
D_1 (mm)	100	98
D_2 (mm)	139	146/66
Thickness (mm)	5	25
z	7	7
β_2	25	29/5
η	78/2	84/15

شبیه سازی کامپیوتری

پس از خروجی گرفتن طرح فوق در نرم افزار کتیا مدل ساختی برای آن با شکل سه نما ارائه می شود:



سرعت Cm در طول پره

کانتور سرعت در پره

هندسه پروانه

بررسی تاثیر امواج آکوستیک سطحی بر انتقال حرارت در میکروکویتی‌ها



آرش مخویی دوست،
دانشجوی دکتری، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

چکیده

به عنوان (SAW) در این مقاله امواج آکوستیک سطحی یک تکنولوژی برای به هم ریختن جریان به منظور افزایش انتقال حرارت در میکروکویتی‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که جریان آکوستیک می‌تواند جریان توده سیال را بر هم زند و گردابه‌های چرخشی در داخل میکروکویتی ایجاد کند و با از بین بردن لایه مرزی حرارتی نرخ انتقال حرارت را افزایش دهد. همچنین آرایه‌های مختلف مبدل صوتی به منظور بررسی اثر آن بر انتقال حرارت در نظر گرفته شد.

با پیشرفت قطعات الکترونیکی به سوی یکپارچه شدن و توان بیشتر، فناوری‌های خنک کاری فعلی قادر به حذف مقدار حرارت تولید شده از آنها نخواهد بود. بنابراین یک فناوری جدید برای خنک کاری مورد نیاز است. خنک کاری میکروفلوئیدیکی دارای نویدهای بالقوه‌ای برای چالش‌های مدیریت حرارتی است. تا به امروز، تحقیق و توسعه زیادی در فناوری خنک کاری میکروفلوئیدیکی، هم در جریان تک فاز و هم در جریان دو فاز وجود داشته است. اما، یک محدودیت بالقوه، به ویژه در جریان تک فاز برای مدیریت حرارتی میکرو الکترونیک‌ها، نرخ‌های جریان بالا و فشارهای بالای مورد نیاز برای افزایش مطلوب انتقال حرارت جابجایی در میکرو کانالها است. عامل محدودکننده انتقال حرارت جابجایی تشکیل یک لایه مرزی حرارتی در سطح اشتراک سیال، دیواره است. شار حرارتی در این لایه محدود به رسانایی سیال است. بنابراین، روش‌های مؤثر برای از بین بردن لایه مرزی حرارتی می‌تواند به کاهش نیاز پمپاژ برای خنک کاری میکروفلوئیدیکی کمک کند. در سال‌های اخیر، استفاده از تأثیر ارتعاشات آکوستیک در افزایش انتقال حرارت در سیستم‌های حرارتی افزایش چشمگیری داشته است. به طور مثال تسریع واکنش‌های شیمیایی، خشک کردن، کاربردهای سرمایشی مبدل‌های حرارتی و کنترل دما بخشی از کاربردهای تأثیر امواج آکوستیک بر انتقال حرارت است.

به عنوان (SAW) در این مقاله امواج آکوستیک سطحی یک تکنولوژی برای به هم ریختن جریان به منظور افزایش انتقال حرارت در میکروکویتی‌ها بررسی شده است. اینها امواج فراصوتی هستند که در امتداد یک سطح SAW الاستیک منتشر می‌شوند. هنگامی که این امواج با محیط سیال تماس می‌یابند منجر به جریان یافتن سیال میشوند. این اثر به عنوان جریان آکوستیک شناخته در میکروفلوئیدیکی SAW می‌شود. از جمله کاربردهای شامل اختلاط و آکوستوفورسیس برای مرتب سازی ذرات و سلول‌ها می‌باشد. برای بررسی اثر جریان آکوستیک بر انتقال حرارت در جریان‌های میکروکویتی، شبیه سازی‌های عددی دو بعدی انجام شد. OpenFOAM با استفاده از کد متن باز، SAW ها با آرایشهای مختلف یک جفت مبدل و دو جفت مبدل، با جریان آرام و تکفاز کوپل شده اند و تأثیر آن‌ها بر ایجاد چرخش و هرج و مرج در یک میکروکویتی مورد بررسی قرار گرفته است.

معادلات ریاضی

سه روش برای مدلسازی جریان‌های آکوستیک وجود دارد: سرعت لغزش، روش اغتشاش و روش مستقیم. در این مقاله، جریان آکوستیک با روش اغتشاش مدل سازی شده است. در این روش، متغیرهای معادلات ناویر-استوکس و پیوستگی به صورت یک بسط تعادلی نوشته می‌شوند. مقدار تعادل که متناظر با مرتبه صفر است، در زمان و مکان در غیاب تحریک آکوستیک ثابت است. بنابراین متغیرها به صورت زیر بسط می‌یابند:

$$T = T_0 + T_1 + T_2 \quad (1)$$

$$p = p_0 + p_1 + p_2 \quad (2)$$

$$u = u + u_1 + u_2 \quad (3)$$

که در آن (۰) به مرتبه صفر، (۱) به مرتبه اول و (۲) به مرتبه دوم اشاره می‌کند. مؤلفه‌های مرتبه سوم و بالاتر نادیده گرفته می‌شوند، زیرا برای توصیف اثرات جریان آکوستیک ناچیز می‌باشند. متغیرهای مرتبه اول که نشان دهنده انتشار میراشده موج آکوستیک هستند، تجزیه و تحلیل جریان آکوستیک لحظه‌هایی را ارائه می‌دهند، در حالی که متغیرهای مرتبه دوم، میانگین اثرات جریان آکوستیک را توصیف می‌کنند.

برای مرتبه اول، میدان آکوستیک SAW می‌تواند با معادله انتقال حرارت ترمودینامیکی برای دمای T_1 توصیف شود. معادله پیوستگی بر حسب فشار P_1 و معادله ممنتوم برای میدان

سرعت u_1 به ترتیب به صورت زیر می‌باشند:

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = D \nabla^2 T_1 + \frac{\alpha T_0}{\rho_0 C_p} \frac{\partial p_1}{\partial t} \quad (4)$$

$$\frac{\partial p_1}{\partial t} = \frac{1}{\gamma K} \left[\alpha \frac{\partial T_1}{\partial t} - \nabla \cdot u_1 \right] \quad (5)$$

$$\rho_0 \frac{\partial u_1}{\partial t} = -\nabla p_1 + \mu \nabla^2 u_1 + \left(\mu_B + \frac{\mu}{3} \right) \nabla (\nabla \cdot u_1) \quad (6)$$

که در آن D نفوذ حرارتی، T_0 دمای دیواره چگالی، ρ_0 ضریب انبساط حرارتی، α نسبت ظرفیت حرارتی ویژه، γ تراکم پذیری آیزنتروپیک، μ_B و μ به ترتیب ویسکوزیته دینامیکی بالک و برشی می‌باشند.

کوپلینگ بین معادلات مرتبه اول و معادلات مرتبه دوم با سرعت u_2 و فشار p_2 انجام می‌شود. از آنجایی که اثرات حرارتی در مرتبه اول کوچک هستند، هیچ کوپلینگی بین میدان دمای T_2 و معادلات مرتبه اول انجام نمی‌شود. از آنجایی که مقیاس زمانی اثرات ویسکوز بزرگتر از مقیاس زمانی اولتراسوند است، متغیرهای وابسته در طول یک دوره تحریک باید به صورت متوسط زمانی باشند.

معادله پیوستگی، منتوم و انرژی متوسط زمانی مرتبه دوم عبارتند از:

$$\rho_0 \nabla \langle u_2 \rangle = -\nabla \cdot \langle \rho_1 u_1 \rangle \quad (7)$$

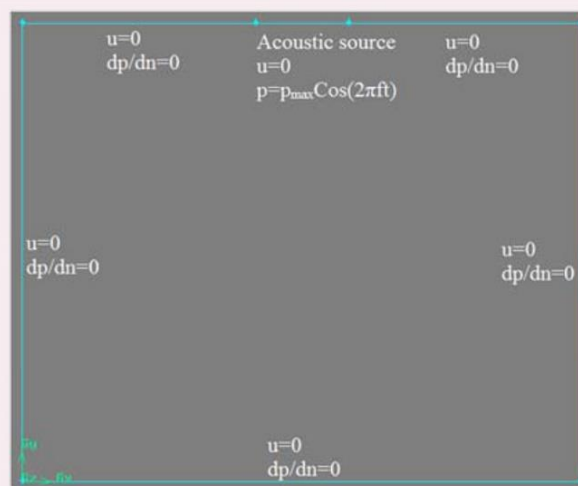
$$\mu \nabla^2 \langle u_2 \rangle + \left(\mu_B + \frac{\mu}{3} \right) \nabla \nabla \cdot \langle u_2 \rangle - \nabla \langle p_2 \rangle \quad (8)$$

$$\begin{aligned} &= \langle \rho_1 \frac{\partial u_1}{\partial t} \rangle \\ &+ \rho_0 \langle (u_1 \cdot \nabla) u_1 \rangle \\ \rho_0 C_p \langle u_2 \rangle \nabla T_2 &= \nabla \cdot (K \nabla T_2) + Q \end{aligned} \quad (9)$$

که در آن x نشان دهنده متوسط زمانی کمیت X در یک دوره نوسان کامل است. حاصل ضرب‌های نتایج مرتبه اول به عنوان ترم‌های چشمه (سمت راست معادله ۷ و ۸) برای معادلات مرتبه دوم عمل می‌کنند.

■ دامنه محاسباتی، شبکه بندی و شرایط مرزی

شکل ۱ شرایط مرزی برای دستگاه معادلات مرتبه اول را نشان می‌دهد. شرایط اولیه برای سرعت و فشار برای معادلات مرتبه اول و دوم صفر تنظیم شده است. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، یکی از دیوارهای بالایی صفحه به عنوان یک منبع فشار در نظر گرفته شده است. منبع فشار برای آرایش یک جفت مبدل در دیوارهای بالا و پایین و برای آرایش دو جفت مبدل در هر چهار دیواره اعمال شده است، که بدان معنی است که موج در این مرزها تولید می‌شود و به دامنه منتقل می‌شود. همچنین فرض بر این است که گرادیان فشار در دیواره‌های دیگر برابر با صفر است. برای دستگاه معادلات مرتبه دوم شرایط مرزی تمامی دیواره‌ها سرعت و گرادیان فشار صفر تنظیم شده است.



شکل شماره ۱: شرایط مرزی

طول ناحیه‌ای که به آن میدان آکوستیک اعمال می‌شود ۲/۴ و طول ۰/۴ میلیمتر، طول دیواره‌های بالا و پایین ۲ میلیمتر می‌باشد. به منظور استقلال دیواره‌های جانبی نتایج محاسباتی از شبکه بندی سه شبکه یکنواخت کاملاً با سازمان ۳۰۰×۱۸۰، ۶۰۰×۳۶۰ و ۱۲۰۰×۷۲۰ در نظر گرفته شد و نیروی آکوستیک برای آنها مقایسه شد.

با توجه به اینکه نیروی آکوستیک مربوط به دو شبکه بندی ۶۰۰×۳۶۰ و ۱۲۰۰×۷۲۰ به یکدیگر نزدیک بودند لذا شبکه بندی ۶۰۰×۳۶۰ به عنوان شبکه هدف برای محاسبات در نظر گرفته شد.

جدول ۱ خواص سیال و برخی پارامترهای شبیه سازی را که برای شبیه سازی معادلات مرتبه اول استفاده می‌شود، نشان می‌دهد.

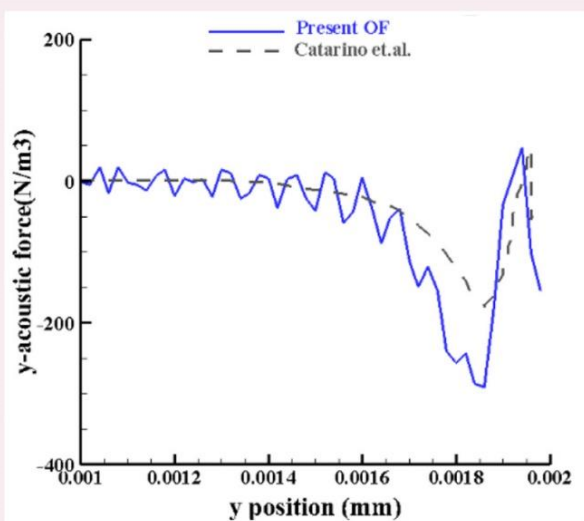
جدول ۱: خواص سیال و برخی پارامترها برای مدل‌سازی عددی

پارامتر	مقدار
سرعت صوت	۱۴۴۰ m/s
فرکانس	۱۰ MHz
دامنه فشار	۲۰ kPa
چگالی	۹۹۸ kg/m³
ویسکوزیته سینماتیکی	۸۹×۱۰⁻⁸ m²/s
گام زمانی مرتبه اول	۹-۱۰ s
زمان شبیه‌سازی مرتبه اول	۵-۱۰ s

■ اعتبارسنجی

برای اعتبارسنجی کد، کار عددی کاتارینو و همکاران در نظر گرفته شده است. مقدار خواص ترموفیزیکی و گام زمانی در جدول ۱ نشان داده شده است. شکل ۲ نتایج کنونی را با نتایج کاتارینو و همکاران مقایسه می‌کند.

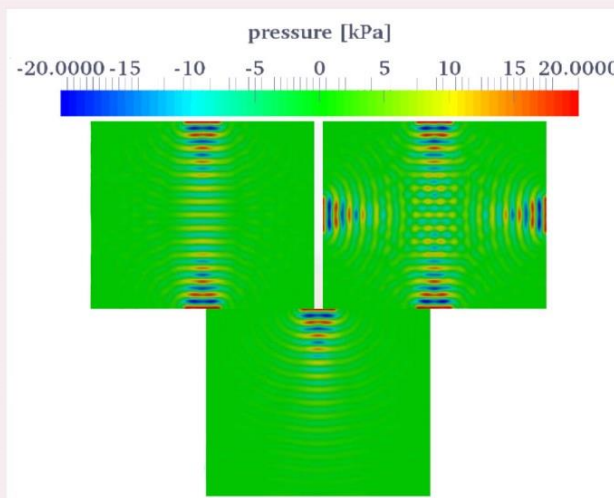
نتایج مؤلفه y نیروی آکوستیک متوسط تطبیق خوبی را نشان می‌دهد.



شکل ۲: اعتبارسنجی

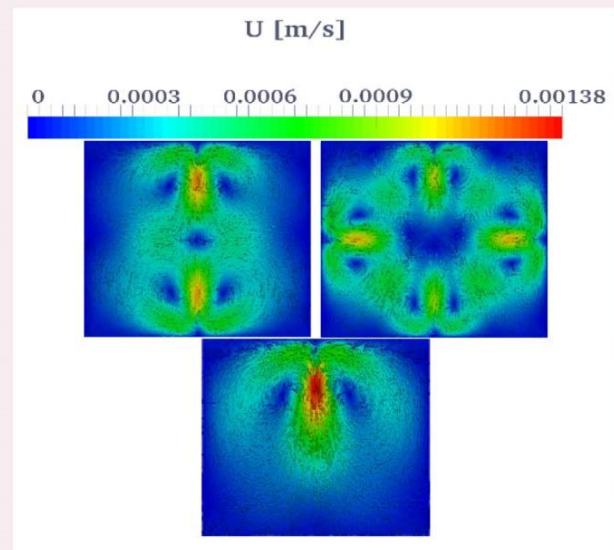
نتایج و بحثها

شکل ۳ فشار لحظه‌ای حاصل از انتشار آکوستیک درون دامنه میکروفلوییدیک را پس از ۹ میکرو ثانیه شبیه‌سازی برای سه مورد تک مبدل، یک جفت و دو جفت مبدل نشان می‌دهد. انتشار امواج آکوستیک منجر به یک پروفیل فشار با باندهای فشار بالا و پایین می‌شود، که دامنه‌های پیک آن با دور شدن موج آکوستیک از مبدل کاهش می‌یابد. همانطور که از شکل ۳ مشخص است، برای آرایه‌های جفت مبدل، موج آکوستیک قبل از میرا شدن در اثر ویسکوزیته سیال به موج مقابل خود برخورد می‌کند. این برخورد موج در حالت دو جفت مبدل منجر به شکل گیری آرایه‌های ماتریسی در مرکز میکروکویته شده است.



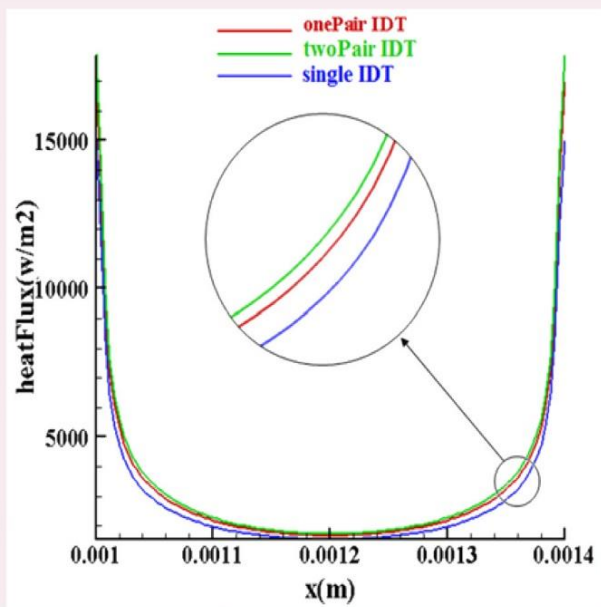
شکل ۳ مقایسه میدان فشار برای سه آرایش مبدل صوتی

شکل ۴ میدان سرعت را پس از حل معادلات مرتبه دوم در یک جریان پایا نشان می‌دهد. می‌توان دید که تحریر مبدل آکوستیک منجر به جریان چرخشی می‌شود. تعداد گردابه‌های مختلف جهت تشکیل شده در اثر اعمال میدان آکوستیک برای آرایش تک، یک جفت و دو جفت مبدل به ترتیب برابر با ۴، ۲ و ۸ گردابه می‌باشد.



شکل ۴: مقایسه میدان سرعت برای سه آرایش مبدل صوتی

شکل ۵ نمودار شار حرارتی را روی دیواره بالایی تحت میدان آکوستیک نشان می‌دهد. انتظار می‌رود با افزایش تعداد گردابه‌ها بتوان میزان انتقال حرارت را بهبود داد. در آرایش تک مبدل دو گرداب بزرگ وجود دارد که موجب اختلاط بیشتر سیال و کاهش اثر لایه مرزی در نزدیکی دیواره‌های جامد می‌شود. با افزایش تعداد گردابه‌های و در نتیجه اختلاط بهتر جریان در آرایه‌های جفت مبدل، همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، انتقال گرما افزایش یافته است.



شکل ۵ شار حرارتی در امتداد دیواره تحت آکوستیک بالایی در سه آرایش مختلف

نتیجه گیری

در این مقاله امواج آکوستیک سطحی به عنوان یک فناوری برای بهم ریختن جریان به منظور بهبود انتقال حرارت در میکروکویته‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. با به کارگیری یک و دو جفت مبدل صوتی نسبت به مبدل تک میزان شار حرارتی به ترتیب ۴/۹۶ و ۱۵/۹۹ درصد افزایش یافت.

تعریف، کاربرد و انواع کوپلینگ در صنعت



امیر رضا خانی،
مهندسی مکانیک، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)



محسن جهانبخش آبنکاری،
مهندسی مکانیک، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

تعریف

لرزش شوند.
*کوپلینگ‌ها دارای محدودیت در حداکثر سرعت دورانی خود می‌باشند.
*کوپلینگ‌ها نباید باعث هدر رفت انرژی و توان قابل انتقال شوند.

پارامترهای طراحی و یا انتخاب کوپلینگ عبارتند از:

۱. ظرفیت انتقال گشتاور
۲. حداقل و حداکثر قطر سوراخ
۳. طریقه نصب
۴. نامیزانی مجاز
۵. محدوده حداکثر سرعت مجاز
۶. انعطاف‌پذیری جسم و...

کاربرد کوپلینگ

کارکرد اساسی کوپلینگ انتقال حرکت گردشی و نیرو گشتاوری از یک قسمت به قسمتی دیگر با حداکثر بهره برداری موثر است.

کوپلینگ‌ها ممکن است کارکردهای ثانویه‌ای نیز داشته باشند نظیر جبران و تصحیح نامحوری بین شفت‌ها، مهار حرکت محوری شفت‌ها، کمک به مهار و جذب ارتعاشات و ضربه‌های ناشی از بارگذاری، جذب شوک‌های ناگهانی اعمال شده به سیستم، اتصال دو قطعه دوار به یکدیگر، پایان دادن به حرکت شفت‌ها و...

یکی از مهمترین مزایا و کاربرد کوپلینگ، جبران ناهمراستایی موجود بین دو شفت است که نباید این میزان از حد استاندارد هر کوپلینگ بیشتر باشد؛ زیرا هر مدلی از کوپلینگ با توجه به عملکردی که دارد تا حدود مشخصی از این میزان ناهمراستایی را می‌تواند جبران نماید.

کوپلینگ‌ها در یک سیستم صنعتی همانند فیوز عمل می‌کنند به این معنی که در مواقعی که حرکت چرخشی از حد مجاز بیشتر شود، کوپلینگ شکسته می‌شود تا به کل سیستم آسیبی وارد نشود و سیستم سالم باقی بماند. این مورد از کاربردهای کوپلینگ منجر به کاهش هزینه‌های مربوط به تعویض قطعات و تعمیر قطعات در سیستم‌های صنعتی می‌گردد.



انتقال قدرت، توان، انرژی و نیرو از ماشین محرک (ماشین تولید کننده توان و انرژی همانند الکتروموتور، توربین گازی و...) به ماشین متحرک (ماشین چرخنده با توان ماشین محرکه مانند کمپرسور، پمپ و...) در جهان صنعتی مدرن از طریق قطعاتی نظیر کوپلینگ، کلاچ، تسمه، چرخ دنده، زنجیر و... انجام می‌شود، که هر یک از آنها با توجه به نوع ماشین و کاربرد در شرایط خاص خود مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کوپلینگ‌ها یکی از سیستم‌های انتقال قدرت مکانیکی می‌باشند که گشتاور را از شفت ماشین محرک به شفت ماشین متحرک منتقل می‌کنند. در اصطلاح کوپلینگ قطعه‌ای است برای اتصال دو شفت در حال دوران از انتها به یکدیگر که به منظور انتقال قدرت، انتقال توان، انتقال نیرو، انتقال انرژی و انتقال دور از ماشین محرک به ماشین متحرک و همچنین در هم محور کردن شفت ماشین محرک با شفت ماشین متحرک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شفت‌هایی که به وسیله کوپلینگ به یکدیگر متصل شده‌اند از یکدیگر نمی‌توانند جدا شوند اما تا حد مجازی می‌توانند اجازه درجاتی از جابه‌جایی، حرکت و یا هر دو آنها را به قطعات دوار بدهد.

کوپلینگ‌ها حرکت دورانی دستگاه تولیدکننده قدرت (موتور) را به شفت منتقل می‌کنند و زمینه‌ساز چرخش شفت می‌شوند.

شفت‌های متصل به کوپلینگ لزوماً دارای قطرهای یکسان نمی‌باشند و کوپلینگ‌ها توانایی انتقال گشتاور، توان و قدرت از یک شفت به شفتی دیگر با قطرهای متفاوت را دارند و همچنین می‌توانند محورهایی با مقاطع عرضی متفاوت را به یکدیگر متصل نمایند.

ویژگی‌های کوپلینگ

*کوپلینگ‌ها برای بازدهی بیشتر باید دارای خصوصیتی مخصوص خود باشند؛ یک کوپلینگ باید بتواند در برابر شوک ناگهانی که تحت تاثیر تغییر بار یا توقف ناگهانی محرک اتفاق می‌افتد، مقاومت کند.

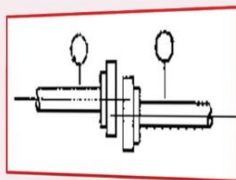
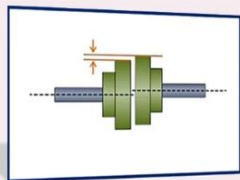
*کوپلینگ‌ها باید منعطف باشند تا بتوانند قدرت را از محرک به پمپ در سرعت‌های بالا و در زمانی که دو محور به طور کامل هم محور نباشند، منتقل کنند.

*کوپلینگ‌ها باید قدرت تحمل لرزش‌ها را نیز داشته باشند تا بتواند بر نامیزانی‌های محوری، شعاعی و... غلبه کنند.

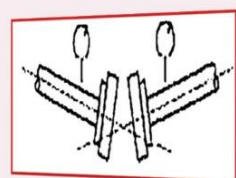
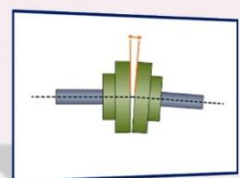
*کوپلینگ‌ها نباید لرزش‌های ایجاد شده را به سمت منبع نیرو منتقل کنند.

*کوپلینگ‌ها نباید در سرعت‌های بالا در حین چرخش دچار

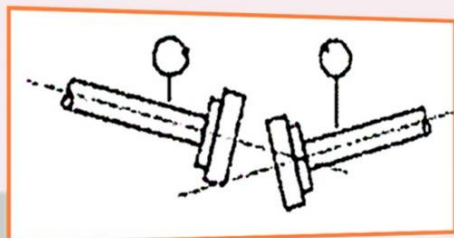
حال به تعریف هر کدام از انواع انحراف در کوپلینگ می‌پردازیم. انحراف محوری: هنگامی که محور دوران شفت‌های اتصالی منطبق بر هم نباشند، انحراف محوری به وجود می‌آید؛ یعنی محورهای دو شفت باهم موازی هستند اما محورهای شفت‌ها در یک ارتفاع قرار ندارند.



انحراف زاویه‌ای: هنگامی که محور دوران شفت‌های اتصالی نسبت به هم زاویه داشته باشند و موازی نباشند، انحراف زاویه‌ای به وجود می‌آید؛ یعنی محور هر دو شفت در یک ارتفاع و موقعیت قرار دارد ولی فاصله بین محورها از بالا به پایین متفاوت است.



انحراف مختلط: هرگاه محور دوران شفت‌های اتصالی نسبت به هم، هم‌زاویه‌دار باشند و نیز هم محور نباشند، انحراف مختلط به وجود می‌آید؛ یعنی محورهای موجود نه در یک راستا و نه در یک ارتفاع نسبت به یکدیگر قرار دارند.



کوپلینگ‌ها در صنعت شیمی، صنعت نفت و گاز، پتروشیمی، داروسازی، کارخانجات کاغذ و نیشکر، توربین‌های بادی، نیروگاه سوخت فسیلی، واحدهای صنعتی آبی و هسته‌ای، موتورهای صنعتی، پمپ‌ها، ماشین‌آلات بسته‌بندی مواد غذایی، ماشین‌آلات بطری‌سازی، شرکت‌های تصفیه آب، ماشین‌آلات معدن‌کاری و استخراج معدنی، صنایع دریایی، ماشین‌های اداری، صنایع فولادسازی، ماشین‌های راهسازی، صنایع راه آهن، دستگاه‌های تراشکاری، دستگاه‌های خردکن و... کاربرد ویژه‌ای دارند.

کوپلینگ‌ها در موتورهای سانتریفیوژ، پمپ‌های سانتریفیوژ، کلوز پمپ‌ها که شفت و موتور به صورت سری قرار دارد، استفاده می‌شود و در صورت عدم انتخاب کوپلینگ با کیفیت، امکان صدمه به انکودر یا موتور نیز وجود دارد.

■ اهداف استفاده از کوپلینگ در ماشین‌آلات و دستگاه‌های صنعتی

۱. فراهم کردن اتصال شفت‌های دستگاه‌هایی مانند موتور و ژنراتور که به طور جداگانه ساخته می‌شوند.
۲. قطع ارتباط شفت‌ها در حین تعمیرات، جابه‌جایی‌ها و ایجاد تغییرات و جایگزینی بر روی دستگاه‌ها.
۳. رفع کردن ناهم‌ترازی و نامیزانی موجود بین شفت‌ها برای ایجاد انعطاف‌پذیری مکانیکی.
۴. انتقال بارهای فشاری محوری بین ماشین‌آلات.
۵. کاهش انتقال بارهای ناگهانی و شوک‌های الکتریکی از یک شفت به شفتی دیگر.
۶. کاهش ضربه‌ها و ارتعاشات بارگذاری در دستگاه‌های دوار و تعدیل نمودن ارتعاشات و ضربه‌ها.
۷. محافظت در برابر اضافه بار.
۸. اتصال بخش درایورها به یکدیگر (اتصال بخش راننده به بخش راننده‌شونده).
۹. انتقال توان و نیرو از یک انتها به انتهای دیگر (همانند انتقال توان از موتور به پمپ).
۱۰. عدم انتقال گرما از سمت موتور به سمت متحرک سیستم.

■ انحراف در کوپلینگ

به طور معمول کوپلینگ‌ها در زمان بهره‌برداری و فعالیت شفت‌ها، اجازه‌ی جدا شدن شفت‌ها از یکدیگر را به هم نمی‌دهند؛ البته کوپلینگ‌های محدودکننده گشتاور می‌توانند زمانیکه میزان گشتاور از حدی بالاتر رفت دچار لغزش و یا جدایی بشوند و اتصال مابین شفت‌ها را قطع نمایند.

باتوجه به موقعیتی که محور شفت‌های ماشین‌های متحرک و ماشین‌های متحرک نسبت به هم دارند سه نوع وضعیت ناهم‌راستایی یا انحراف به وجود می‌آید که عبارت است از:

۱. انحراف محوری، موازی یا شعاعی
۲. انحراف زاوی‌های
۳. انحراف مختلط

دلائل انواع ناهم‌راستایی و انحراف در کوپلینگ‌ها

۱. تغییر بار
۲. تغییر دما و انبساط قطعات به دلیل حرارت موجود در حین فعالیت
۳. نیروهای دینامیکی
۴. استارت ناگهانی محور محرک یا توقف سریع محور محرک
۵. تلرانس نصب قطعات کوپلینگ به یکدیگر
۶. تلرانس ساخت و مونتاژ کوپلینگ
۷. جابه‌جایی فوندانسون ماشین
۸. شل شدن مهره‌ها و پیچ‌های نگهدارنده
۹. فرسایش قطعات و زنگ زدن اتصالات و قطعات موجود در سیستم

■ تاثیر ناهمراستایی و نامحوری در عملکرد کوپلینگ

۱. کاهش بازده کوپلینگ و سیستم
 ۲. تخریب سریع قطعات کوپلینگ و سیستم
 ۳. افزایش اتلافات انرژی
 ۴. افزایش ارتعاشات در کوپلینگ
 ۵. داغ کردن یاتاقان‌های موجود در سیستم
- تحقیقات نشان می‌دهد که علت ۶۰ درصد خرابی در ماشین آلات صنعتی در کشورهای پیشرفته، ناهمراستایی بین قطعات می‌باشد که هزینه‌های چند صد میلیون دلاری را برای رفع آن در سال در پی خواهد داشت.

■ انواع کوپلینگ

کوپلینگ‌ها در دو گروه اصلی قرار می‌گیرند که عبارتند از:

۱. کوپلینگ‌های صلب یا کوپلینگ‌های سخت
۲. کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر

■ معرفی کوپلینگ‌های صلب

کوپلینگ‌های صلب جهت اتصال دو محور کاملاً هم‌راستا مورد استفاده قرار می‌گیرند و قادر به تحمل هیچگونه ناهمراستایی محوری هر چند کم نمی‌باشند. به همین دلیل در مواردی کاربرد دارند که محورها دارای تراز جانبی و زاویه‌ای دقیق می‌باشند، به همین دلیل این نوع کوپلینگ‌ها در مقایسه با کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر کاربرد کمتری در صنعت دارد و نامیزانی شفت‌ها روی عملکرد و عمر کوپلینگ‌های صلب تاثیر بسزایی می‌گذارد. باتوجه به اینکه کوپلینگ‌های صلب نمی‌توانند هیچگونه انحراف یا عدم همراستایی بین محورهایی که توسط کوپلینگ به یکدیگر متصل شده‌اند، را جبران نمایند. بنابراین، محورها می‌بایست از همراستایی محوری و همراستایی زاویه‌ای خوبی برخوردار باشند.

لازم به ذکر است که وجود هرگونه عدم تقارن محوری در کوپلینگ‌های صلب، سبب خرابی‌های سریع در اثر تنش‌های بالا و افزایش بارهای تکیه‌گاهی می‌شود.

■ ویژگی‌ها و کاربردهای کوپلینگ‌های صلب:

با توجه به اینکه کوپلینگ‌های صلب، محور تجهیزات را به طور مستقیم به محور محرک (موتور) متصل می‌کنند، این انتقال حرکت هیچگونه بار محوری (فشارمحوری) به محرک (موتور) وارد نمی‌کند. کوپلینگ‌های صلب، تماماً از مواد فلزی ساخته می‌شوند که این ویژگی امکان استفاده از کوپلینگ‌ها را در دماهای بالا، سرعت‌های بالا، فضاها و محلول و محرک‌هایی با اسب بخار بالا را فراهم می‌کند.

به طور کلی کوپلینگ‌های صلب به دلیل برخورداری از یک طرح ساده نیرومند، قادر به انتقال قدرت بیشتری در مقایسه با کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر در همان اندازه و ابعاد

هستند ولی این ویژگی جزء در اسب بخارها یک مزیت به شمار نمی‌رود. کوپلینگ‌های صلب می‌توانند برای اتصال دو سیستم جداگانه مانند یک موتور و یک ژنراتور و یا برای ایجاد اتصال در یک سیستم واحد مورد استفاده قرار بگیرند.

کوپلینگ‌های صلب می‌توانند به منظور کاهش شوک و سایش در نقطه اتصال شفت‌ها در میان آن‌ها به کار روند. کوپلینگ‌های صلب موثرترین انتخاب برای تنظیم دقیق و نگهداری ایمن از شفت‌ها و سیستم مورد نظر می‌باشد. با تنظیم دقیق شفت‌ها و نگهداری محکم آن‌ها در محل، کوپلینگ‌های صلب به افزایش راندمان و افزایش عمر دستگاه کمک می‌کنند.

■ معرفی کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر

کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر امکان ایجاد کمی حرکت و جابه‌جایی را بین شفت‌ها ایجاد می‌کنند. کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر چهار وظیفه اصلی بر عهده دارند که عبارتند از:

۱. انتقال گشتاور و سرعت از شفت محرک به شفت متحرک در صورت نامیزانی محوره‌ای شفت آن‌ها.
۲. خنثی و مستهلک کردن ارتعاشات و نویز
۳. جبران نامیزانی‌ها
۴. تاثیر بر فرکانس طبیعی سیستم کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر می‌توانند عدم تقارن‌های محوری، شعاعی، زاویه‌ای و انحراف مختلط را بین محور محرک و محور متحرک تحمل کنند؛ یعنی از کوپلینگ‌های انعطاف‌پذیر برای انتقال گشتاور از یک شفت به شفتی دیگر هنگامی که دو شفت کمی ناهم‌تراز باشند نیز استفاده می‌شوند.



کوپلینگ مخروطی قفل کننده شفت



کوپلینگ های غلافی

کوپلینگ های فلنجی





کوپلینگ یونیورسال



کوپلینگ دنده ای



کوپلینگ روتکس



کوپلینگ دیافراگمی



کوپلینگ دیسکی



کوپلینگ زنجیری

کوپلینگ های انعطاف پذیر می توانند از قطعات شفت در برابر اثرات مضر تولید شده به سبب نامیزانی شفت ها، نیروهای ناگهانی، انبساط، لرزش های شفت و... محافظت کنند.

در اکثر کوپلینگ های انعطاف پذیر برای جلوگیری از سایش درونی قطعات متحرک با یکدیگر، نیاز است تا میزان آزادی محوری تجهیزات شافت کوپلینگ محدود گردد.

در کوپلینگ های انعطاف پذیر، شوک های ناگهانی توسط ماده الاستیکی که از جنس پلییورتان های مرغوب می باشد، جذب می شود و به سمت های دیگر وارد نخواهند شد که این عمل به کاهش انتقال بارهای شوک از یک شفت به شفتی دیگر کمک می کند.

کوپلینگ های انعطاف پذیر توانایی نصب سریع و آسان را در خود دارند.

کوپلینگ های انعطاف پذیر دارای طول عمر بیشتری در مقایسه با کوپلینگ های صلب می باشند؛ به همین دلیل استفاده از کوپلینگ های انعطاف پذیر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر می باشد.

کوپلینگ های انعطاف پذیر در ماشین های اداری، سر و مکانیزم ها، ابزارهای دقیق، ماشین آلات سبک، صنایع فولاد، پتروشیمی، آب و برق، ماشین آلات راهسازی، ماشین آلات سنگین و... مورد استفاده قرار می گیرند.

کوپلینگ های انعطاف پذیر می بایست قدرت را به صورت موثر انتقال دهند. معمولاً میزان انتقال قدرت که در حین انتقال توسط یک کوپلینگ انعطاف پذیر هدر می رود، کم است. اگرچه برخی از کوپلینگ ها نسبت به سایرین از بهره وری بالاتری برخوردارند اما اتلاف قدرت که بر اثر گرمای حاصل از اصطکاک قطعات لغزشی و غلطشی در کوپلینگ انعطاف پذیر در سرعت های بالا و همچنین مزاحمت هوا و اتلافات اصطکاکی به طور غیرمستقیم اتفاق می افتد در کاهش راندمان و کارایی کوپلینگ بسیار مؤثر می باشد.

مهم ترین کوپلینگ های انعطاف پذیر

۱. کوپلینگ های دنده ای و چرخ دنده ای

۲. کوپلینگ های شبکه ای

۳. کوپلینگ های فنری

۴. کوپلینگ های زنجیری

۵. کوپلینگ های یونیورسال

۶. کوپلینگ های میله ای

۷. کوپلینگ های دیسکی

۸. کوپلینگ های دیافراگمی

۹. کوپلینگ های مغناطیسی

۱۰. کوپلینگ های روتکس

« ایجاد یک تحول اساسی در صنعت با ماشین‌های CNC

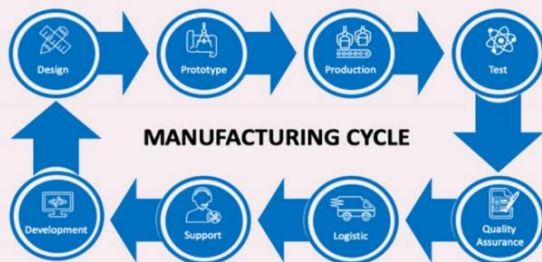




حسین محمدرضایی،
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه بوعلی سینا همدان

مقدمه

پیچیده و انجام فرایندهایی با انعطاف‌پذیری و سرعت بالا شد. بر اساس این روش می‌توان هر ماشین تولیدی را مجهز به کنترلر نمود. تفاوتی ندارد که این ماشین از نوع سنتی همچون ماشین تراش و یا از نوع ماشین‌های نوین همچون اسپارک و وایرکات باشد.



شکل شماره ۲: چرخه تولید محصول

چرخه تولید محصول

در این مرحله یکی از مهم‌ترین عوامل موثر، ماشین آلات و دستگاه‌های تولیدی هستند که باید با در نظر گرفتن مولفه‌های اساسی تولید بتوانند محصولی متناسب با آنچه طراحی شده را به بهترین روش ممکن بسازند. پس مهندسان باید متوجه جایگاه مهم و تعیین‌کننده این ماشین‌ها در تولید و صنعت شده و در جهت بهبود عملکرد و توانایی‌های آن‌ها اقدام کنند. بخش بزرگی از این ماشین‌ها را، ماشین‌های ابزار تشکیل می‌دهند. دستگاه‌هایی که می‌توان آن‌ها را پرکاربردترین و متنوع‌ترین ماشین‌های تولید صنعتی نام نهاد. گستردگی و گوناگونی فراوان در استفاده از روش‌های براده‌برداری و تغییر شکل در قطعه اولیه و تبدیل آن به محصول نهایی، در ابعاد، جنس‌ها، پیچیدگی و کیفیت‌های مختلف را می‌توان شاخصه اصلی این ماشین‌ها دانست.

اما آنچه که در دهه‌های گذشته باعث ایجاد یک تغییر و پیشرفت مهم در صنعت ماشین‌های ابزار و در نتیجه علم تولید شد، بکارگیری کامپیوترها برای کنترل و هدایت این ماشین‌ها به جای نیروی انسانی است. در واقع فلسفه استفاده از هوش مصنوعی در صنعت را می‌توان کاهش حداکثری خطا، خطر و محدودیت‌های انسانی، و در عوض افزایش سرعت، دقت، کیفیت و ده‌ها مولفه مثبت دیگر که دخیل در فرایندها تولیدی هستند دانست. آغاز این حرکت با اختراع سیستم کنترل عددی بود. اما بدلیل ضعف این سیستم‌ها در ذخیره‌سازی داده‌های ورودی، از کامپیوترها برای رفع مشکلات و بهینه‌سازی این سیستم‌ها استفاده می‌شود. سیستم کنترل عددی توسط کامپیوتر یا به اختصار CNC را می‌توان نتیجه این ارتقاء دانست. در حقیقت خصوصیت کنترل ماشین‌های ابزار توسط کامپیوتر باعث پایداری در وضعیت ماشینکاری، امکان انجام محاسبات

بخش‌های اصلی سیستم‌های کنترل عددی

۱. برنامه و داده‌های ورودی، که شامل کدهای کنترلی حرکتی و عملیاتی ماشین‌های CNC هستند، به این صورت که هر فعالیتی در ماشین کد مخصوص به خود را دارد و با توجه به فرایند مورد نظر برنامه اجرای آن براساس این کدها نوشته می‌شود. این کدها را به اصطلاح G کدها می‌نامند
۲. واحد کنترل که خود شامل دو بخش می‌شود (الف): واحد پردازش اطلاعات، (ب): واحد کنترل عملکرد
۳. ساختار و اجزای بدنه ماشین
- این اجزاء تشکیل دهنده ماشین‌های CNC خود شامل اجزاء زیر می‌شود (الف): اسکلت و بدنه ماشین که اجزای دیگر بر روی آن قرار می‌گیرند (ب): سیستم تامین حرکت و قدرت، که قدرت را از موتور به عنوان محرک گرفته و به اجزای متحرک ماشین که حرکات خطی یا دورانی دارند منتقل می‌کند، (ج): ریل‌ها که به منظور کنترل حرکت اجزایی که حرکت خطی دارند مثل میز کار بکار می‌روند
۴. سیستم اندازه‌گیری جابجایی ابزار و قطعه کار
۵. ابزارها و ابزارگیر
۶. سیستم پایش وضعیت که وظیفه بررسی و نظارت بر عملکرد و شرایط ماشینکاری را به عهده دارد.



شکل شماره ۱: دستگاه CNC



از دیگر قابلیت‌های این سیستم‌ها امکان ایجاد ارتباط بین کنترلرهای آن‌ها با نرم افزارهای طراحی و ساخت مهندسی است. به این صورت که فایل خروجی این نرم افزارها را می‌توان به صورت کدنویسی شده به عنوان ورودی وارد سیستم ماشین کرد. این امکان توانسته مهندسان را قادر به ایجاد پیوستگی در مراحل چرخه تولید گرداند، در نتیجه بر سرعت، دقت و کیفیت کار آنها افزوده شود.

از نرم افزارهای ساخت معروف می‌توان به پاورمیل، مسترکم و آج کم اشاره کرد. به کمک این نرم افزارها می‌توان مراحل و راهبردهای فرایندهای ماشین کاری را طراحی و برنامه ریزی کرده و سپس با دقت بالایی در ماشین اجرا کرد.

بخش مهمی که باعث تمایز بین ماشین‌های مختلف CNC می‌شود، کنترلرهای این دستگاه‌ها است. هر یک از شرکت‌های اصلی در زمینه ساخت اتوماسیون‌های صنعتی کنترلرهای ماشین ابزار مخصوص به خود را ساخته و به بازار عرضه می‌کنند.

از معروف‌ترین و پرکاربردترین کنترلرهای مورد استفاده در صنعت ایران می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. زیمنس

۲. فانوک

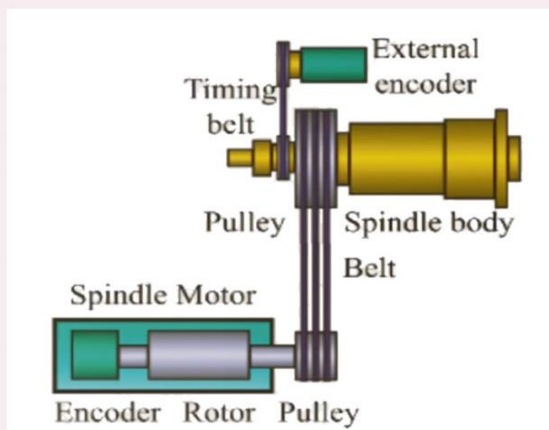
۳. هایدن هاین

از بزرگ‌ترین شرکت‌های فعال در زمینه ساخت ماشین‌آلات CNC هم می‌توان به DMG MORI اشاره کرد.

مهندسان مکانیک با توجه به زمینه علمی و مهارتی خود، اصلی‌ترین نقش را در مراحل طراحی و ساخت محصولات صنعتی دارند. بر همین اساس بصورت مستقیم با این ماشین‌ها در ارتباط هستند. آن‌ها علاوه بر توانایی تعریف مراحل ساخت و کدنویسی برای فرایندهای مختلف مورد نیاز، باید بتوانند مسئولیت ارتقاء و حتی ساخت ماشین‌های جدید و خاص هر خط تولید را هم بر عهده بگیرند.

با توجه به مزیت‌های فراوان ماشین‌های CNC، این ماشین‌ها در صنعت کشور ما ایران هم دارای جایگاه مهمی هستند.

در خطوط تولید بسیاری از کارخانجات می‌توان حضور موثر و پر رنگ این دستگاه‌ها را مشاهده کرد. بر همین اساس آشنایی بیشتر با این ماشین‌ها می‌تواند برای دانشجویان مهندسی مکانیک جذاب باشد.



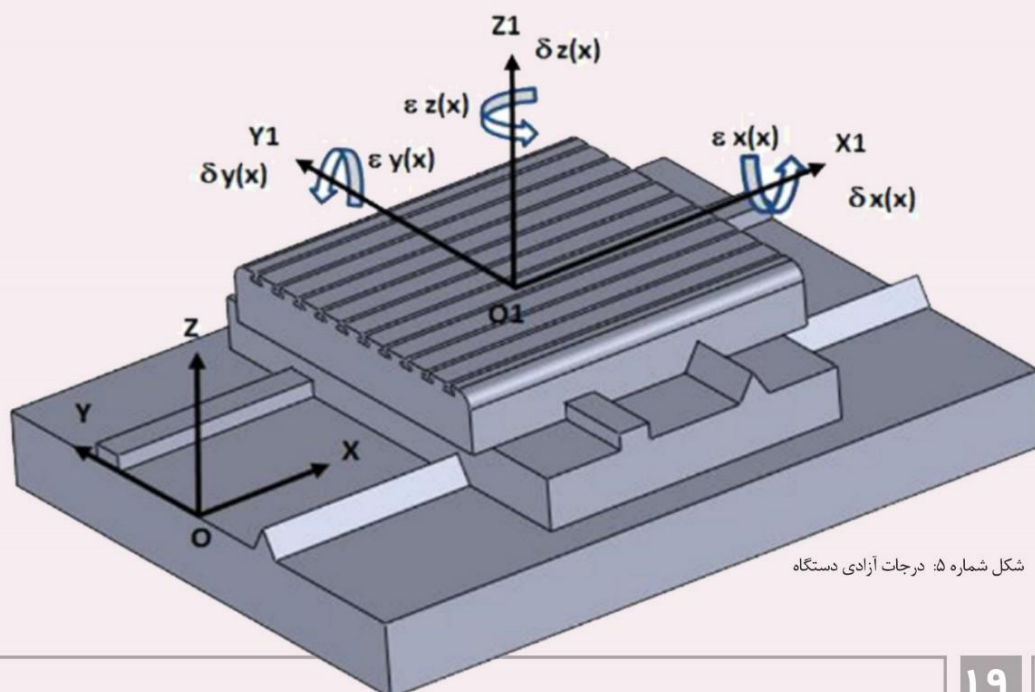
شکل شماره ۳: اجزای دستگاه

■ مدل سیستم انتقال قدرت از موتور به اسپیندل

ماشین‌های CNC براساس مقدار درجه آزادی حرکت محورهای ابزار و میز قطعه کار طبقه بندی می‌شوند. حرکات خطی و دورانی که ابزار یا قطعه کار هر یک به تنهایی یا با یکدیگر می‌توانند انجام دهند مقدار درجه آزادی را تعیین می‌کند. هرچه درجه آزادی در ماشین بیشتر باشد، می‌توان قطعات پیچیده‌تری با دقت و سرعت بیشتری تولید کرد.



شکل شماره ۴: نمونه‌ای از یک کنترلر



شکل شماره ۵: درجات آزادی دستگاه

موتور استرلینگ

مقدمه

موتور استرلینگ که به آن ماشین استرلینگ هم گفته می‌شود یک موتور حرارتی است که در سال ۱۸۱۶ توسط دکتر رابرت استیرلینگ اختراع شد. موتور استرلینگ یک موتور حرارتی با آلایندگی بسیار پایین (صوتی و گازهای گلخانه‌ای) است که با منابع انرژی خارجی مختلفی کار می‌کند. اگر این منبع انرژی نور خورشید باشد، همین میزان کم آلایندگی به صفر می‌رسد. موتور استیرلینگ قابلیت بازدهی بیشتری نسبت به موتورهای بنزینی و دیزلی دارد اما امروزه موتورهای استیرلینگ فقط در برخی کاربردهای خاص مانند زیردریایی‌ها یا ژنراتورهای کمکی در قایق‌ها (که عملکرد بی صدا مهم است) استفاده می‌شود. اگر چه موتورهای استیرلینگ به تولید انبوه نرسید اما برخی اختراعات پر قدرت با این موتور کار می‌کند.

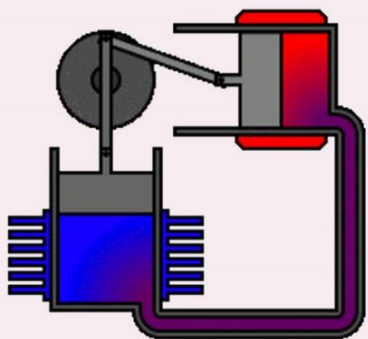
سیستم موتورهای استرلینگ کاملاً مشابه سیستم‌هایی که با گاز کار می‌کنند می‌باشد (معمولاً هوا و گاه‌ها هلیوم یا هیدروژن). در این سیستم، سیال به مکان‌هایی در داخل سیستم که دمای مختلف دارد انتقال داده شده و مرتباً گرم و سرد می‌شود. به بیان دیگر، این تغییرات حجمی ناشی از جابجایی سیال در قسمت‌های سرد و گرم یک سیلندر بسته می‌باشد. موتور استرلینگ از دو سیلندر و دو پیستون تشکیل شده‌است در داخل سیلندر بزرگتر که به آن سیلندر جابجایی نیز گفته می‌شود، پیستون جابجایی قرار دارد و در داخل سیلندر کوچکتر نیز پیستون کار یا قدرت واقع شده‌است. هر دو پیستون کار یا قدرت از طریق محور مربوطه با اختلاف فاز در حدود ۹۰ از یکدیگر به میل لنگ وصل شده‌اند. دو انتهای سیلندر جابجایی، بوسیله یک مجرا به یکدیگر متصل می‌باشند و صرف نظر از تلفات مکانیکی می‌توان فشار محفظه‌های بالا و پایین آن را یکسان فرض نمود.

پیستون جابجایی بدون نیاز به درزبندی نسبت به سیلندر به راحتی می‌تواند در داخل آن حرکت کند و گاز عامل را که در داخل موتور قرار دارد از طریق مجرای مورد اشاره، به قسمت فوقانی یا تحتانی خود هدایت کند.

حسین احمدی،

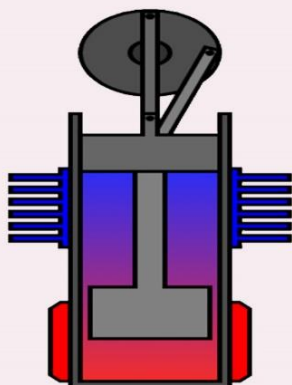
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه دامغان

متصل شده‌اند. پیستون گرم در کنار منبع گرم و پیستون سرد در کنار منبع سرد قرار می‌گیرد. این نوع از موتورها، از لحاظ مفهومی، ساده‌ترین ترکیب را در میان انواع ترکیبات موتور استرلینگ دارند. گرچه احتیاج به آب‌بندی هر دو پیستون از معایب آن به شمار می‌رود و مسئله آب‌بندی پیستون گرم به دلیل تماس با منبع گرم از مشکلات فنی آن می‌باشد. موتورهای آلفا دارای نسبت توان به حجم بالایی هستند.



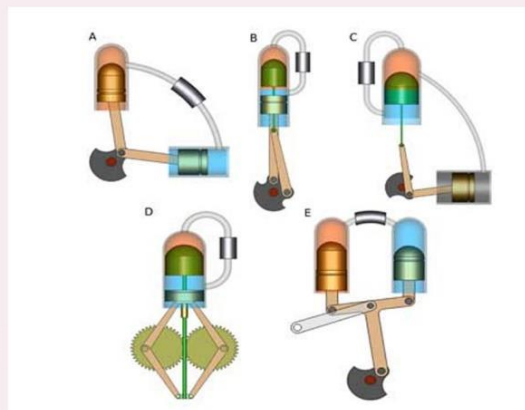
موتورهای نوع بتا

موتور استرلینگ نوع بتا، قدیمی‌ترین ساختمان موتورهای استرلینگ می‌باشد. اختراع رابرت استرلینگ به عنوان اولین موتور استرلینگ دارای ساختمان بتا بوده‌است. موتورهای نوع بتا از ترکیب پیستون قدرت و جابجا کننده استفاده می‌کنند. ساختمان موتور به این گونه است که هر دو پیستون در یک سیلندر به طور خطی قرار گرفته‌اند.



موتورهای نوع گاما

موتور استرلینگ نوع گاما همانند موتور نوع بتا دارای ترکیب پیستون جابجا کننده می‌باشد. در این نوع موتور پیستون و جابجا کننده در دو سیلندر مجزا قرار دارند. موتور استرلینگ گاما نسبت به نمونه‌های آلفا و بتا، دارای نسبت تراکم کمتری می‌باشد. اما به دلیل اینکه تنها پیستون قدرت نیاز به آب‌بندی دارد و همچنین سیلندرها مجزا

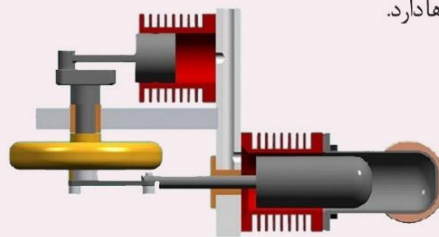


انواع موتور استرلینگ

موتورهای نوع آلفا

موتورهای نوع آلفا دارای دو سیلندر مجزا برای فضاهای تراکم و انبساط بوده و در هر سیلندر یک پیستون قرار دارد. دو سیلندر مجزا به واسطه هیت‌ر، بازیاب و کولر به هم

هستند، از لحاظ مکانیکی ساده‌ترین آرایش را در میان سایر چیدمان‌ها دارد.



مزایای موتور استرلینگ

امروزه از موتور استرلینگ در موارد بسیار تخصصی مثل زیردریایی و مولدهای کمکی، جایی که عملکرد بی سرو صدا اهمیت دارد، استفاده می‌شود. این موتورهای یک دسته از موتورهای حرارتی خاص هستند. زیرا بازده آن‌ها تقریباً نزدیک ماکزیمم بازدهی است که توسط تئوری پیش بینی می‌شود (بازده چرخه کارنو). انبساط آن هنگام گرم شدن و انقباض آن هنگام سرد شدن نیروی این موتور را تامین می‌کند. این مقدار گاز بین دو انتهای سرد و گرم در حرکت است و هیچگاه از این چرخه خارج نمی‌شود. یک پیستون وظیفه انتقال گاز به دو منبع سرد و گرم را انجام می‌دهد که حرکت آن ناشی از انبساط و انقباض حجم گاز است. گاز در این چرخه هیچوقت از موتور استرلینگ خارج نمی‌شود. این موتور برخلاف موتورهای دیزلی یا بنزینی هیچ کانال تخلیه ندارد زیرا اساس کار آن بر احتراق سوخت نیست بنابراین کاملاً بی صدا عمل می‌کند. منبع تامین گرمای آن می‌تواند انرژی خورشیدی، سوخت‌های فسیلی یا هر نوع گرمای اتلاف شده در طبیعت باشد.

نوعی از این موتور بنام موتور استرلینگ خورشیدی وجود دارد که از سال ۱۹۸۴ تا حال حاضر مدت ۲۰ سال است که در نهایت بازدهی موثر در حدود ۳۰۰۰ ساعت تابش نور خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل کرده‌است. این شرکت در حال حاضر با سرمایه‌گذاری مشترک شرکت بویینگ و دپارتمان انرژی ایالات متحده و لابراتوار ملی سانیدا مشغول کار روی استفاده اقتصادی از این سیستم هستند.

مراحل سیکل استرلینگ

۱. حرارت به گاز داخل سیلندر گرم منتقل می‌شود (چپ) و سبب ایجاد فشار می‌شود این فشار پیستون را مجبور می‌کند تا به سمت پایین حرکت کند و این قسمتی از سیکل استرلینگ است که کار انجام می‌دهد.
۲. هنگامی که پیستون راست به طرف پایین حرکت می‌کند پیستون چپ بالا می‌آید. این جابجایی گاز داغ را به داخل سیلندر سرد می‌راند، که به سرعت گاز داخل منبع

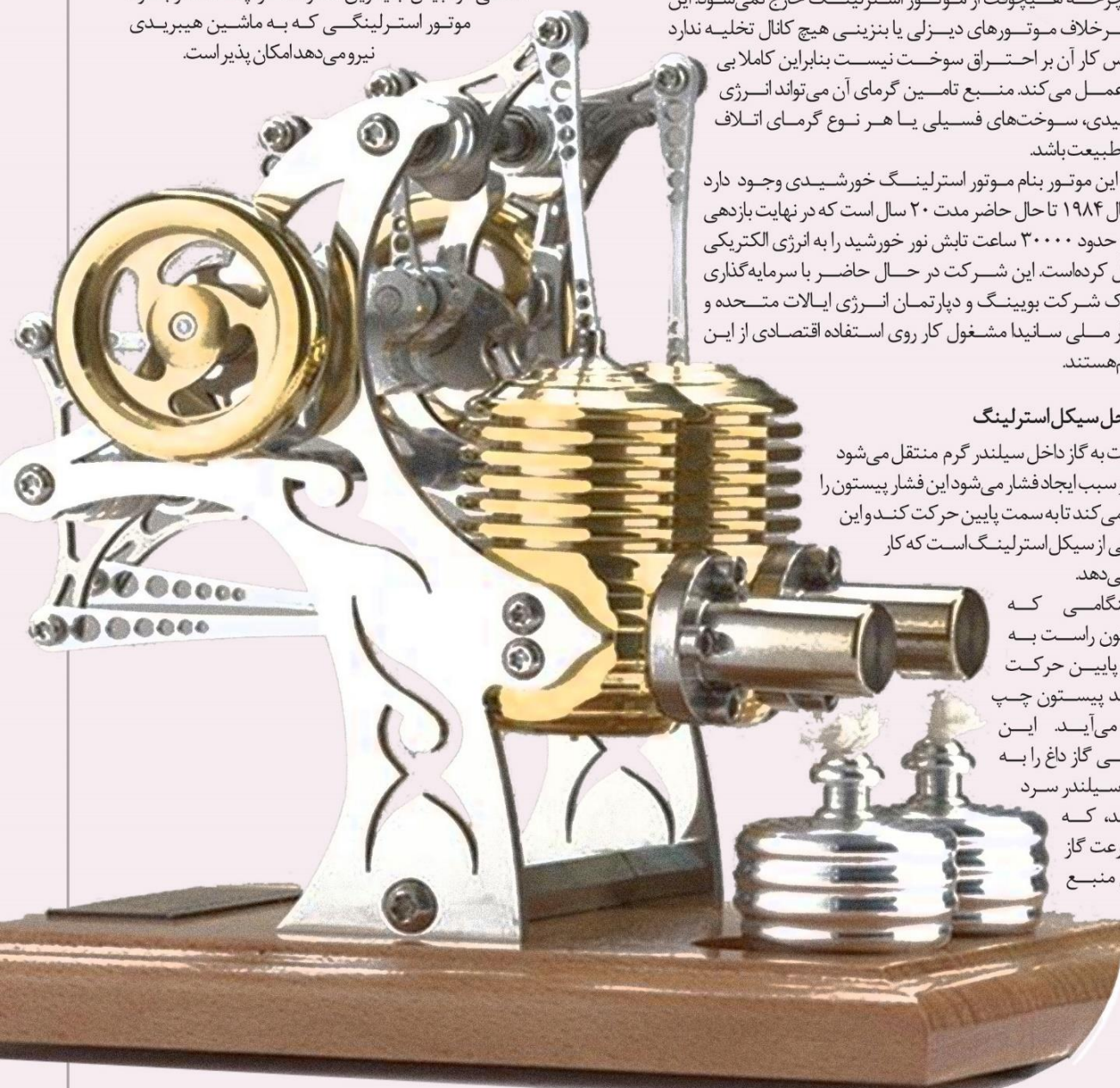
سرد راه سرد می‌کند و فشار آن کاهش می‌یابد. این عمل فشرده کردن گاز را در قسمت بعدی سیکل ساده‌تر می‌کند.

۳. پیستون داخل سیلندر سرد (راست) شروع به فشرده کردن گاز می‌کند و گرمای تولید شده توسط این مترکم سازی به وسیله‌ی منبع سرد حذف می‌شود.

۴. هنگامی که پیستون چپ پایین می‌رود پیستون سمت راست بالا می‌آید. این عمل گاز را به داخل سیلندر گرم می‌راند، که به سرعت گرم شده و فشار ایجاد می‌کند. در این هنگام سیکل تکرار می‌شود.

چرا موتورهای استرلینگ متداول نیستند؟

دو ویژگی وجود دارد که ساخت موتورهای استرلینگ را برای استفاده در بسیاری از کاربردها مانند بسیاری از ماشین‌ها و کامیون‌ها غیرعملی می‌کند. به دلیل اینکه منبع حرارت در خارج است، مقداری طول می‌کشد تا موتور به تغییرات گرمایی داخل سیلندر عکس العمل نشان دهد. برای انتقال حرارت بین دیواره‌های سیلندر و گاز داخل موتور زمانی صرف می‌شود. این بدین معناست که: • موتور قبل از اینکه کار مفید را ایجاد کند به مقدار زمانی نیاز دارد تا گرم شود. • موتور نیروی خروجی‌اش را نمی‌تواند به سرعت تغییر دهد. این نقص‌ها باعث شده است که این موتور با موتورهای احتراق داخلی اتومبیل جایگزین نشود. هر چند که وجود موتور استرلینگی که به ماشین هیبریدی نیرو می‌دهد امکان پذیر است.



» تولید برق با استفاده از بیوگاز





یاسر عاقبتی املشی،
مدرس دانشگاه آزاد گیلان

چکیده

محدودیت انرژی‌های فسیلی و رشد روز افزون تقاضای انرژی، افزایش استانداردهای زندگی، گرم شدن کره زمین و در نهایت مشکلات زیست محیطی سبب گردیده تا هر روز شاهد پیشرفت‌هایی در فناوری و استفاده از انرژی‌های نو باشیم. نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان نیروگاه‌های پیشرفته و نوین در حال توسعه بوده و سرعت با افزایش میزان قدرت منصوبه و کاهش قیمت روبرو می‌باشند. بهره‌برداری از تجربیات کشورهای توسعه یافته منجر به استفاده از انرژی‌های نوین در کشورهای در حال توسعه خواهد شد. در این مقاله ابتدا روش‌های گوناگون استحصال انرژی و بیوگاز از زیست توده بررسی شده و سپس واحدهای تولیدکننده بیوگاز شناسایی گردیده و آنگاه مطالعه نسبتاً کاملی از کارهای انجام شده در این باره در کشور انجام گرفته است.

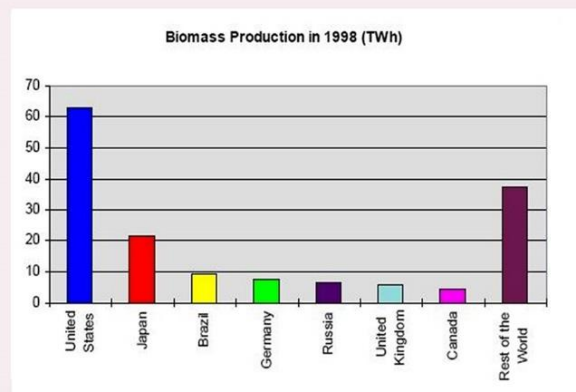
مقدمه

در سال ۱۷۷۶ شروع شده است. شروع تحقیقات عمده در زمینه تخمیر غیرهوازی و کاربرد آن در کشاورزی را به شخصی به نام دیوی و در سال ۱۸۰۸ نسبت داده اند. در سال ۱۸۸۴ طرحی به اجرا درآمد که به وسیله انرژی بیوماس روشنایی خیابان‌های شهر زیبای پاریس را تأمین می نمود.

امروزه منابع مفید و کاربردی بیوماس تنها به چوب و برگ خشک محدود نمی‌شود و طیف وسیعی از مواد، از جمله ضایعات جامد و مایع شهری و ضایعات صنعتی و غیره را نیز در بر می‌گیرد. به عنوان مثال در طول سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۰ میانگین مصرف سالانه انرژی بیوماس در جهان عادل ۱۴ کوادریلیون بوده است.

زیست توده در جهان

بیش از ۱۵۵ TWh برق زیست توده در جهان در سال ۱۹۹۸ تولید شده است، این بخش به شکل واضح توسط آمریکای شمالی با تولید ۶۸ TWh (که ۵/۴۳٪ از مجموع جهانی می باشد) مورد تسلط واقع شده است. اروپای غربی (۴۰ TWh) و شرق آسیا (۲۵ TWh) به ترتیب جایگاه‌های دوم و سوم را در دست دارند. در ایالات متحده آمریکا، زیست توده بیش از ۳٪ از مصرف انرژی ایالات متحده را نمایندگی می‌کند؛ در فنلاند، سوئد و اتریش، ۱۳ تا ۱۸ درصد از برق تولیدی توسط زیست توده پشتیبانی می‌شود.



شکل شماره ۱: کشورهای اصلی تولید کننده برق از زیست توده در سال ۱۹۹۸

تکامل تولید انرژی از زیست توده بین سال‌های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۸، توسط رشد پایدار اروپای غربی (۷/۸٪ به ازای هر سال)، شرق آسیا (۷/۲٪) و جنوب آمریکا (۶/۸٪) مشخص می‌شود. از سوی دیگر، این دوره شاهد از بین رفتن تولید در یکی از تولید کنندگان مهم بود؛ تولید در کشورهای مشترک المنافع (شوروی سابق) از ۳۰/۶ TWh در سال ۱۹۹۳ به عدد ۲۹/۵ TWh در پایان سال ۱۹۹۸ رسید. لازم به ذکر است، نرخ رشد متوسط سالانه این صنعت در سطح جهانی، ۰/۲٪ می‌باشد.

پسماندهای موجود در لندفیل (خاک چال) شامل مواد با تنوع وسیعی می‌باشند، اما قسمت عظیمی از آنها قابلیت تجزیه زیستی را دارا هستند. این مواد شامل پسماندهای دامی، مواد گیاهی، کاغذ و چوب بوده که توسط میکروارگانیسم‌ها در لندفیل تجزیه می‌شوند. در این فرایند گاز تولید شده که حاوی درصد بالای گاز متان می‌باشد را می‌توان با سوزاندن در ژنراتورهای CHP تبدیل به انرژی الکتریکی (برق) و حرارتی (آب داغ) نمود. دفن زباله‌ها در دفن‌گاه‌ها (لندفیل) و تشکیل حوزه‌های متمرکز دفن زباله شهری، علاوه بر سازماندهی و مدیریت زباله هدف‌هایی چون جمع‌آوری بیوگاز تولیدی و جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای را دنبال می‌کند. امروزه در بیشتر کشورهای جهان به دلیل وضع قوانین زیست محیطی شدید، از روش سنتی سوزاندن زباله استفاده نمی‌شود. زیرا به دلیل وجود این قوانین، صنایع موظف به نصب فیلترها و سایر تجهیزات کنترل‌کننده آلاینده‌های زیست محیطی هستند و از این رو به دلیل تحمیل هزینه‌های گزاف، این روش جای خود را به دفن زباله در دفن‌گاه‌ها داده است.

با این وجود، بی توجهی به دفن‌گاه‌ها و رها کردن زباله در محل دفن بدون تدابیر زیست محیطی نیز امکان پذیر نیست. در گذشته مقررات خاصی برای مکان‌های دفن زباله (لندفیل) وجود نداشت و لندفیل‌ها مکان‌هایی بد بو و بدون پوشش بودند که معضلات زیست محیطی فراوانی ایجاد می کردند. با افزایش جمعیت و افزایش تولید زباله‌های شهری مقررات خاصی توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) در مورد تشکیل لندفیل ها وضع شد و به تدریج سایر کشورها نیز به توسعه و اجرای این قوانین پرداختند. با رشد آگاهی نسبت به تاثیر آلاینده های لندفیل‌های غیر مهندسی بر محیط زیست ضوابطی برای طراحی لندفیل‌ها شکل گرفت.

از نقطه نظر تاریخی، استفاده از انرژی بیوماس (زیست توده) به آغازی‌ترین دوره‌های تاریخ باز می‌گردد، از زمانی که آتش شناخته شد، انسان نخستین همواره چوب و برگ خشک گیاهان را به عنوان سوخت استفاده می‌کرد و این چرخه تا قرن حاضر نیز ادامه پیدا کرده است.

قدیمی‌ترین مورد خروج گاز و اشتعال ناقص آن به وسیله دفن زباله در طبقات زیر زمین، توسط پیلی نی روس گزارش شده است. وی خروج گانه گاز طبیعی و اشتعال آن را از طبقات زیرین زمین مشاهده کرد. ولی وان هلمونت در سال ۱۶۳۰ شناسایی و اشتعال این گاز را رسماً اعلام نمود. در سال ۱۶۶۷ دانشمندی به نام شرلی، گاز مرداب را کشف نمود ولی اصلی‌ترین تاریخچه عملی گاز متان به عنوان ترکیب اصلی بیوگاز حاصل از مواد تخمیر شده توسط ولتاو

اصلاح لندفیل‌هایی که قبلاً ساخته شده‌اند. یک نیروگاه گازی لندفیلی (بیوگازی)، متان زائد را می‌سوزاند. گاز متانی که در غیر اینصورت یا در اتمسفر آزاد می‌شود و یا در فرایند شعله‌ور سوزانده می‌شود.

فرایندهای ترموشیمیایی

در فرایندهای ترموشیمیایی، بیوماس با دریافت گرما به محصولات بسیار با ارزشی، که معمولاً از نوع یک مخلوط گازی، یک مایع نفت مانند، و یا چیزی شبیه زغال کربنی خالص می‌باشند، تبدیل می‌گردد. توزیع این محصولات بستگی به میزان و حجم بیوماس، دما و فشار واکنش، مدت زمان حضور در محل احتراق و ارزش گرمایی بیوماس دارد. در فرایندهای ترموشیمیایی دما بالا (بیشتر از ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد)، بیوماس به گاز تبدیل می‌گردد و در فرایندهای دما پایین (کمتر از ۴۰۰ درجه سانتیگراد) به عنوان مثال زغال چوب تولید می‌گردد. با استفاده از روش‌هایی می‌توان از بیوماس تولید سوخت‌های مایع و یا مواد شیمیایی دیگر نیز نمود. فن‌آوری ترموشیمیایی در صورتی که نوع فرایند متناسب با نوع ماده خام و نوع محصول مورد نظر انتخاب شود و شرایط عملیاتی با دقت کافی تنظیم شوند، دارای عملکرد خوبی می‌باشد. در کشورهای اروپایی تولید سوخت‌های مایع برای کاربرد در صنعت ترابری و موتورهای احتراق داخلی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در حالیکه، در برخی از کشورها نظیر برزیل تولید زغال برای کاربرد در صنایع ذوب فلزات و سرامیک دارای اهمیت است.

برخی از کشورهای مانند کانادا بر روی بازیافت سوخت مایع و نیز تولید سوخت گازی تلاش‌های فراوانی نموده‌اند. بر اساس تجربیات حاصله، فن‌آوری تولید زغال و تولید گاز مصنوعی با ارزش حرارتی پائین، دارای کمترین پیچیدگی می‌باشند. تولید سوخت‌های مایع نیازمند تجهیزات و ملحقات بیشتری است و به دقت بیشتری نیاز دارد. چوب و زائدات جنگلی مناسب‌ترین مواد خام برای فن‌آوری ترموشیمیایی محسوب می‌گردند. پس از آنها زائدات کشاورزی لینگوسولزی در رده بعدی ارزشی جای دارند. زباله‌های شهری بدلیل ناهمگونی در ترکیب خود، عملکردی چندان خوبی در این فن‌آوری نشان نداده‌اند، چنانکه در آمریکا تنها یک واحد آشکافت زباله تا سال ۱۹۹۲ مشغول به کار بوده‌است.

بررسی بیوماس از دیدگاه اقتصادی

بیوماس، یک منبع تجدیدپذیر می‌باشد، که به راحتی در دسترس بشر قرار دارد. ارزش بهای این منبع بسیار کم و حتی در بعضی موارد منفی می‌باشد. بیوماس کاربردهای گوناگونی دارد و می‌تواند به عنوان مواد غذایی حیوانات، مواد اولیه صنعتی، مواد اولیه تولید انرژی و غیره مورد استفاده قرار گیرد که هر کدام از این کاربردها دارای ارزش اقتصادی خاص خود می‌باشد. افزایش بهای سوخت‌های فسیلی و نیز رو به اتمام بودن آنها از یک طرف و پیشرفت‌های سریع در فن‌آوری تولید انرژی با استفاده از منابع بیوماس از طرف دیگر، این منابع را کاملاً قابل رقابت با سوخت‌های فسیلی می‌کند و به نظر می‌رسد، منابع بیوماس در آینده یکی از بهترین انتخاب‌ها جهت جایگزینی منابع انرژی فسیلی، و تامین انرژی مورد نیاز بشر باشد. استفاده از بیوماس در مناطق دور افتاده روستایی، برای تولید انرژی الکتریکی و تامین دیگر مصارف انرژی، باعث

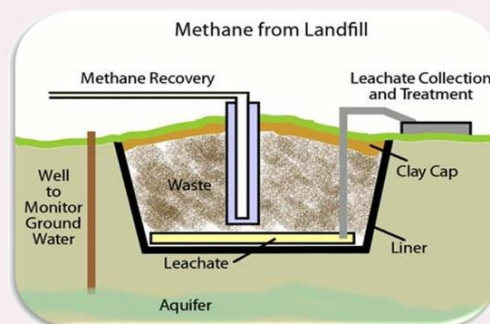
روش‌های جمع‌آوری بیوگاز-لندفیل

جمع‌آوری بیوگاز به دو روش فعال و غیرفعال صورت می‌گیرد که به‌طور خلاصه، درسیستم‌های جمع‌آوری فعال از دمنده‌های مکانیکی و یا کمپرسورها به منظور ایجاد یک گرادیان فشار اجباری به عنوان نیروی منتقل کننده گاز استفاده می‌شود. در حالی که در سیستم‌های جمع‌آوری غیرفعال، گرادیان فشار طبیعی به وجود آمده بین فشار گاز تولیدی داخل لندفیل و فشار هوای محیط، باعث انتقال و استخراج گاز می‌گردد. اگر در یک لندفیل از پوشش‌های مصنوعی مناسب در کف، دیواره‌ها و روی سطح بالایی برای محبوس کردن گاز لندفیل استفاده شود، یک سیستم جمع‌آوری غیرفعال نیز می‌تواند بازده عملکردی مشابه بازده سیستم‌های فعال داشته باشد.



شکل شماره ۲: سیستم جمع‌آوری بیوگاز از لندفیل

سیستم‌های جمع‌آوری فعال از نظر ساختار لوله‌گذاری نیز به دو دسته چاهک‌های عمودی و کانال‌های افقی تقسیم می‌شوند. انتخاب نوع سیستم جمع‌آوری گاز برای یک لندفیل خاص بستگی به مشخصات و محدودیت‌های موجود دارد. برای مثال در لندفیل‌هایی که عملیات حفر عمیق با خطر همراه است یا به دلایل دیگر امکان اجرای چاهک‌های عمودی وجود ندارد از روش کانال‌های افقی استفاده می‌شود.



شکل شماره ۳: سیستم‌های جمع‌آوری فعال از نظر ساختار لوله‌گذاری

عدم توجه به محل‌های دفن زباله می‌تواند اثرات جبران ناپذیری را به همراه داشته باشد، به‌طور کلی اثرات زیست محیطی گاز لندفیل عبارتند از:

- ایجاد بوهای نامطبوع
 - انتشار گازهای آلاینده
 - آلودگی آب‌های زیرزمینی و گاه‌ا سطحی
 - خطرات بهداشتی
 - تاثیر در پدیده گرمایش جهانی از طریق تولید گاز متان
 - احتمال بروز آتش‌سوزی و انفجار در محل دفن
- استفاده از گاز حاصل از لندفیل‌ها می‌تواند اثرات زیست محیطی خطرناکی که از عملکرد لندفیل‌ها ناشی می‌شود را کاهش دهد. تولید انرژی الکتریکی از گاز حاصل از محل‌های دفن زباله، مزایایی را برای کیفیت هوا عرضه می‌کند. چه در مورد لندفیل‌های جدید و چه در مورد تصمیم‌گیری برای



صرفه‌جویی بسیار در صنعت برق و نیز در مصرف سوخت‌های فسیلی می‌گردد.

■ بررسی زیست محیطی منابع بیوماس

استفاده از منابع بیوماس، باعث کاهش میزان اسیدی بودن باران، آلودگی خاک و آب می‌گردد. با کشت محصولات انرژی‌زا، می‌توان جایگاه‌هایی وسیع برای حیات‌وحش تهیه نمود و بدین ترتیب تاثیر مثبت بر زندگی آنها داشت.

کاهش میزان آزاد شدن گازهای گلخانه‌ای: استفاده از سوخت‌های فسیلی جهت تامین انرژی مورد نیاز بشر، موجب آزاد شدن حجم بسیار زیادی از گازهای گلخانه‌ای نظیر دی‌اکسید کربن و متان در اتمسفر می‌گردد. این امر به خصوص در سالیان اخیر موجب تغییرات نامطلوب آب و هوایی بر روی کره زمین گردیده است. تکنولوژی‌های استحصال انرژی از منابع بیوماس، به دلیل ویژگی‌های خاص خود، می‌توانند تا حدودی جایگزین مناسبی برای تولید انرژی از طریق احتراق مستقیم فسیلی باشند. کاهش میزان اسیدی بودن باران: باران اسیدی یکی از عوامل مهم در از بین بردن دریاچه‌ها و آبزیان موجود در آنها و در نتیجه به خطر انداختن زندگی انسان‌ها و نیز حیات وحش می‌باشد. دلیل اصلی به وجود آمدن باران‌های اسیدی، رها شدن سولفور و اکسیدهای نیتروژن ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی بر روی کره زمین می‌باشد. منابع بیوماس شامل هیچ‌گونه سولفور نمی‌باشند، و از آنجایی که به آسانی با زغال سنگ مخلوط می‌شوند، می‌توان با سوزاندن مشترک این منابع با زغال سنگ تا حدودی از روند تولید سولفور کاست و بدین طریق باعث کاهش باران‌های اسیدی گردید. کاهش فرسایش خاک: با کشت محصولات انرژی‌زا در زمین‌های حاشیه‌ای کویر، می‌توان تا حدودی سبب کاهش فرسایش خاک گردید. محصولات انرژی‌زا اغلب با دوام هستند، که این امر موجب استفاده کمتر از ماشین‌آلات کشاورزی در زمین‌های زیر کشت

آنها و در نتیجه باعث کاهش فشردگی، جابجایی و تخریب خاک می‌شود. کاهش آلودگی آب: محصولات بیوماس می‌توانند به طریق گوناگون روند آلودگی آب را کاهش دهند. به عنوان مثال با کشت محصولات انرژی‌زا در زمین‌های حاشیه دریاها می‌توان از اکوسیستم آبیان موجود در آنها حفاظت کرد و یا تبدیل پسماندهای شهری و غیرشهری به عناصر سودمند، از انتشار آلودگی و یا جاری شدن آنها به سمت رودخانه‌ها، دریاها، آب‌های زیرزمینی و دیگر منابع آبی جلوگیری نمود.

■ نتیجه‌گیری

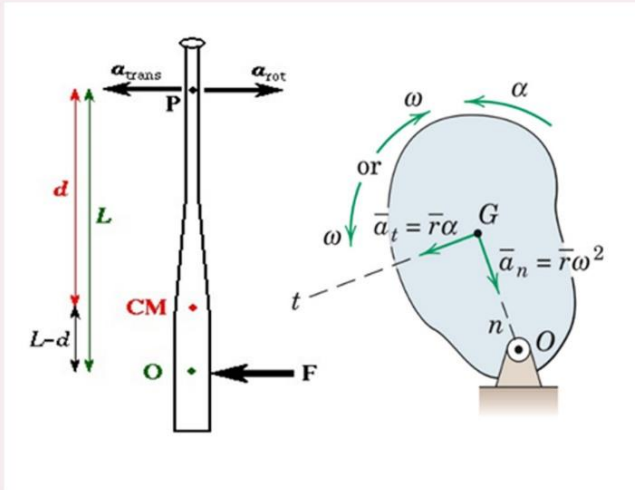
ایران از جمله کشورهایی است که دارای منابع گسترده ای برای تولید بیوگاز می‌باشد. با احتساب مقادیر معمول بازدهی بیوگاز از فضولات دامی، زائدات کشاورزی، زباله های شهری و فاضلاب‌های شهری و صنایع غذایی و اعمال ضرایب اطمینان، بیوگاز حاصل به طور میانگین حدود ۳۵/۱۶۱۴۶ میلیون مترمکعب، معادل ۳۲۳ پتاژول (۱۰۱۵ ژول) انرژی خواهد بود.

متأسفانه علی‌رغم داشتن این پتانسیل و فن‌آوری نسبتاً ساده مولدها و راکتورهای بیوگاز، از این منابع هیچ گونه استفاده شایانی در کشور نمی‌گردد. واحدهای انگشت شمار موجود هم به علت مشکلات اجرایی و عدم راهبری صحیح و کارآ، بازده مطلوبی ندارند. هم اکنون دو مولد بیوگاز روستایی (هضم فضولات دامی)، یک مولد هضم فاضلاب انسانی و سه راکتور تصفیه فاضلاب‌های صنعتی از بیوگاز تولیدی استفاده می‌کنند. این اعداد در مقایسه با تعداد واحدهای بیوگاز روستایی در کشورهای چین، هند و نپال (به ترتیب ۵,۰۰۰,۰۰۰، ۲,۷۰۰,۰۰۰ و ۳۷,۰۰۰) در حکم صفر است. مهم‌ترین عوامل بازدارنده در توسعه بیوگاز در ایران عبارتند از ارزان بودن انرژی، نبودن مرجع و متصدی مشخص و واحد برای این نوع انرژی، عدم مشارکت مردمی و عدم آموزش و آشنایی کافی.

مرکز ضربه

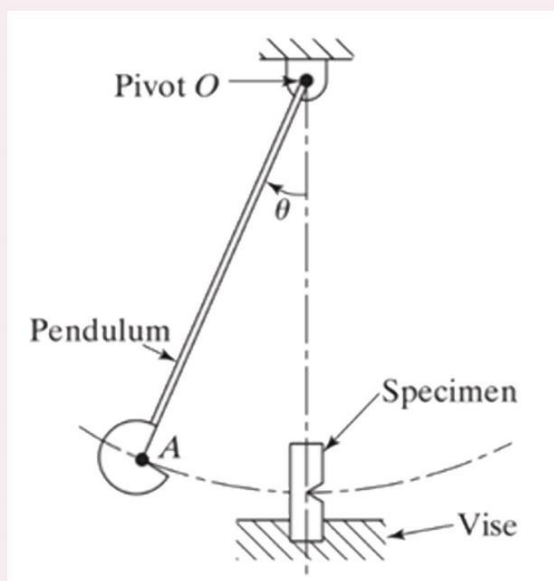


سید محمدرضا امت محمدی،
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز



شکل شماره ۲: شتاب‌های اینرسی انتقالی و دورانی در حالت ایده آل
همدیگر را در راستای اثر نیروی ضربه‌ای خنثی می‌کنند

در طراحی آزمایش تست ضربه نیز که برای سنجش مقاومت اجسام در بارگذاری دینامیکی استفاده می‌شود، مفهوم مرکز ضربه کاربردی است. زیرا باعث می‌شود نیرو در مفصل حداقل شود و این امر، عمر یاتاقان را افزایش می‌دهد (شکل ۳).

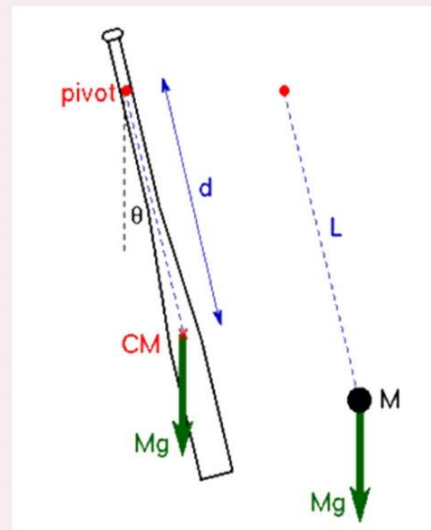


شکل شماره ۳: مرکز ضربه پاندول است

مقدمه

میله صلبی را در نظر بگیرید که جرم کل آن M بوده و یک سر آن در نقطه O لولا شده است و در حالت تعادل استاتیکی قرار دارد. اگر یک شرط اولیه از جنس جابجایی زاویه‌ای کوچک به آن اعمال کنیم (شکل ۱)، سیستم حول وضعیت تعادل استاتیکی خود شروع به ارتعاش می‌کند و می‌دانیم دوره تناوب این ارتعاشات برابر است با d فاصله مرکز جرم تا محل لولاست:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_o}{Mgd}} \quad (1)$$



شکل شماره ۱: مرکز جرم میله

در صورتی که بخواهیم این توزیع پیوسته را با یک جرم متمرکز معادل کنیم، دوره تناوب نوسانات در این حالت (آونگ ساده)، خواهد بود:

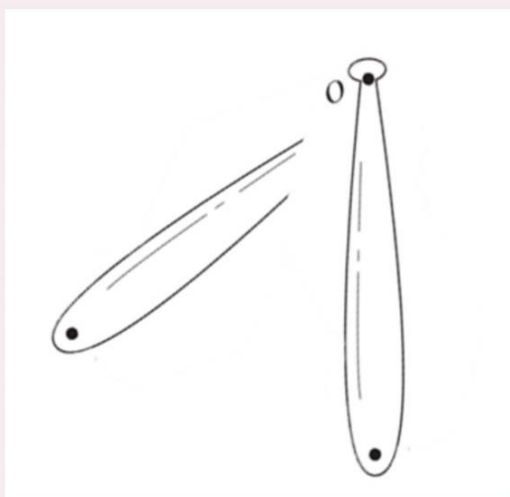
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2)$$

که L طول نخ مورد نیاز برای آویختن وزنه است. بدیهی است شرط آنکه فرکانس ارتعاشات تغییر نکند، آنست که:

$$L = \frac{I_o}{Md} \quad (3)$$

آزمایش‌ها نشان می‌دهد نقطه دیگری نیز وجود دارد که اگر این میله صلب از آن نقطه آویخته شود، دوره تناوب تفاوتی با حالت قبل نمی‌کند. این نقطه بخصوص، اصطلاحاً مرکز ضربه نامیده می‌شود.

در بازی‌های راکتی مثل بیسبال، نقطه برخورد توپ با راکت بسیار اهمیت دارد؛ چرا که احتمال دارد در اثر نیروهای وارد شده دست ورزشکار آسیب ببیند. این رویداد، تحت عنوان نقطه مطلوب مطرح می‌شود چرا که باعث حداقل شدن نیروی وارد شده به دست می‌شود.



شکل شماره ۵: دیاگرام سینماتیکی حرکت دوران خالص جسم حول یک نقطه

پیدا کردن نقطه مطلوب

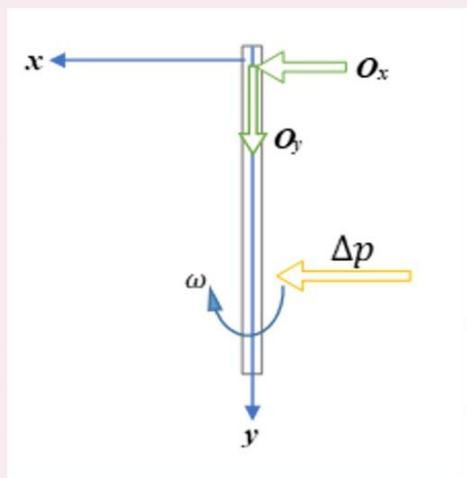
در مسئله بازی بیسبال، میچ دست می‌تواند یک لولا مدل شود. گفته شد اگر توپ به مرکز ضربه برخورد کند، نیروی تکیه‌گاهی در راستای انگشتان دست صفر خواهد بود و در نتیجه نیروی آسیب‌زایی وجود نخواهد داشت. صحت این قضیه را می‌توان با رویکرد ایمپالس-مومنتم بررسی کرد. برای مدل‌سازی این مسئله، فرض‌های زیر را در نظر می‌گیریم:

۱. چوب بیسبال، یک میله یکنواخت و همگن است.

۲. تکیه‌گاه مفصلی بدون اصطکاک و یک درجه آزادیست.

۳. حرکت راکت، در یک صفحه قائم انجام می‌گیرد.

۴. توپ بطور عمودی به دسته راکت که ساکن است برخورد می‌کند.



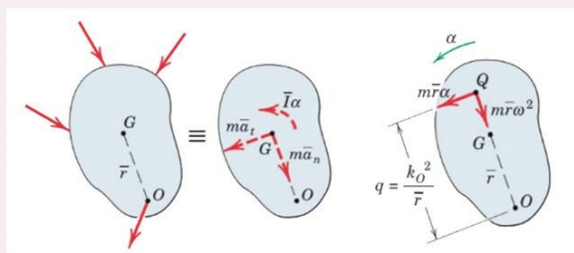
شکل شماره ۶: موقعیت مرکز ضربه (فاصله نسبی تا لولا)

دینامیک مرکز ضربه در حالت کلی

فرض می‌کنیم جسم صلبی حول یک نقطه مانند O حرکت دوران خالص انجام دهد. می‌دانیم:

$$\sum M_O = I_O \alpha \quad (4)$$

$$\sum M_G = I_G \alpha \quad (5)$$



شکل شماره ۴: دیاگرام سینماتیکی حرکت دوران خالص جسم حول یک نقطه

حال نیروی اینرسی و گشتاور اینرسی در مرکز جرم را به نقطه Q منتقل می‌کنیم. می‌دانیم در انتقال نیرو، یک کوپل نیز پدید می‌آید. می‌توان فاصله را طوری تنظیم کرد که گشتاورها یکدیگر را خنثی کنند. در این حالت روابط زیر برقرار خواهد بود:

$$\sum M_Q = 0 \quad (6)$$

$$\sum F = m a_G \quad (7)$$

به عبارتی، می‌توان نقطه‌ای مثل Q در امتداد OG چنان یافت که برآیند تمام نیروهای موثر به جسم از آن بگذرد. موقعیت این نقطه را که مرکز ضربه گفته می‌شود، از روابط زیر می‌توان تعیین کرد (شکل ۵):

$$k_G = \sqrt{\frac{I_G}{m}} \quad (8)$$

$$= k_G^2 + \bar{r}^2 k_O^2 \quad (9)$$

$$OQ = \frac{k_O^2}{\bar{r}} \quad (10)$$

K_G : شعاع ژیراسیون حول مرکز جرم

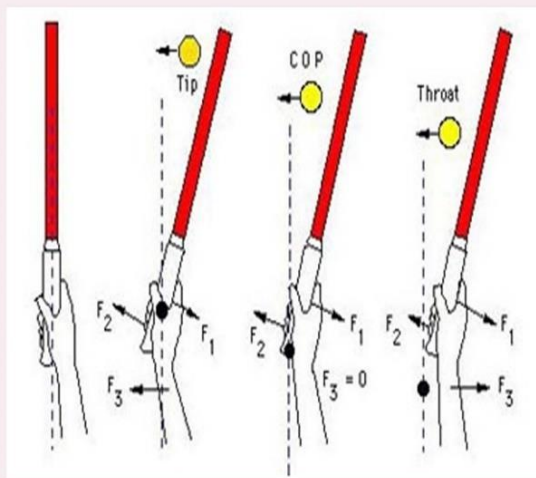
K_O : شعاع ژیراسیون حول مرکز دوران

$\bar{r}$: فاصله مرکز جرم تا نقطه دوران

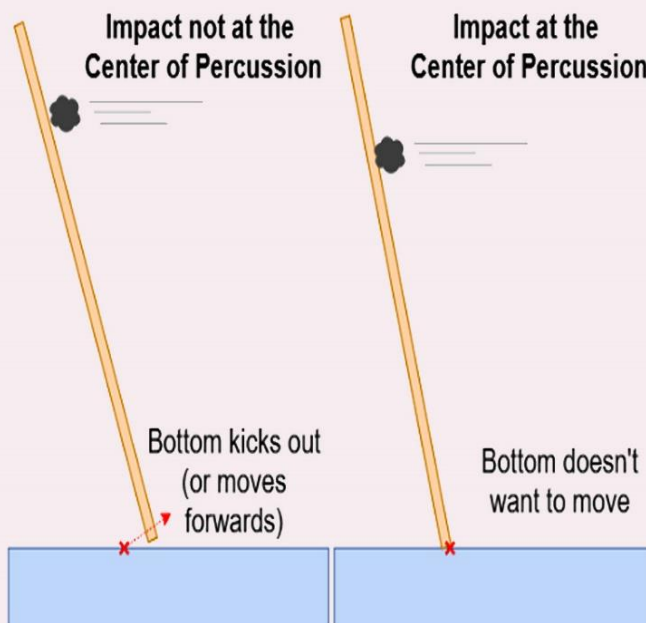
I_G : ممان اینرسی جرمی قطبی حول مرکز جرم

کلام پایانی

این پژوهش را می‌توان از مباحث بیومکانیکی دانست. مکانیک، صرفاً دانش خودرو و مواد و ماشین‌آلات صنعتی نیست. به کمک علم مکانیک می‌توان مطالعاتی انجام داد که در راستای حفظ سلامتی انسان است. البته بیومکانیک یک زمینه بسیار گسترده است. بیومکانیک حتی می‌تواند آسیب دیدگی‌ها را تحلیل کند و مدل‌هایی ارائه کند که از آسیب‌های بعدی جلوگیری کند و یا در فرایند درمان تأثیرگذار باشد. البته سایر علوم از جمله دانش آمار و تکنولوژی‌هایی مثل پردازش تصویر، نقش به‌سزایی در این مطالعات ایفا می‌کنند.



شکل شماره ۷



شکل شماره ۸

جرم چوب دسته راکت را m و طول آن را L در نظر می‌گیریم که مرکز جرم آن در وسط میله واقع است. توپ ضمن حرکت خود، دارای تکانه است و در برخورد با راکت، طبق رابطه ایمپالس-مومنتوم، سرعت میله را تغییر می‌دهد. در حالت کلی موقع برخورد، مومنتوم میله به مقدار Δp تغییر می‌کند. لذا:

(۱۱)

$$V_G = \frac{\Delta p}{m}, V_G = \omega l/2 \Rightarrow 2 \Delta p = \omega m l$$

حال می‌خواهیم از ایمپالس-مومنتوم زاویه‌ای استفاده کنیم. نقطه برخورد را مرجع می‌گیریم. قبل برخورد، تکانه زاویه‌ای صفر است و لذا طبق پایستگی مومنتوم زاویه‌ای:

(۱۲)

$$H_i = 0 \Rightarrow H_f = 0 \Rightarrow (v - \frac{l}{2} \omega) \Delta p = I_G \omega$$

$$v = \frac{2l}{3} \Rightarrow I_G = \frac{1}{12} m l^2$$

به نظر شما، اگر ایمپالس در این نقطه اعمال شود، کدام مولفه نیرو در تکیه‌گاه، صفر خواهد بود؟ (چک کنید!)

مطالعات تجربی

محل COP به موقعیت مفصل بستگی دارد. طی سال‌های گذشته، محققان این فرض را رعایت کرده‌اند که نقطه لولا، زیر دست‌ها یا حداقل در میچ دست‌ها، در حین چرخش و برخورد با توپ است. آزمایشات اخیر به طور قطعی نشان داده‌اند که اینچنین نیست. در مطالعه میدانی تجربی کاملاً دقیق برای راکت‌های بیس‌بال در حالی که بازیکنان حرفه‌ای از توپ‌ها و راکت‌های استاندارد واقعی خود استفاده می‌کردند، از سیستم‌های ویدئویی سه‌بعدی استفاده شد و حرکت راکت‌ها در کل نوسانات با دقت ردیابی گردید. تفسیر نتایج نشان داد که در حین برخورد با توپ، مرکز چرخش آنی (در نقش لولا) در نقطه ۶ اینچی روی دسته قرار ندارد و در میچ دست هم نیست. در عوض در حدود ۵/۲ اینچ از انتهای دسته و در حدود ۵/۲ اینچ از محور راکت فاصله دارد. نقطه مناسب اصابت توپ، نقطه‌ای است که ضربه‌ی ایجاد شده در دست‌ها را به حداقل برساند. تحقیقات اولیه توسط آقایان نوبل و برودی نشان می‌دهد که بهترین مکان برای ضربه زدن به چوب دستی با حداقل نیروی اعمال شده در دست‌ها، بین COP (نسبت به نقطه ۶ اینچی در دسته راکت) و گره ناشیاز اولین مود ارتعاش خمشی قرار دارد. روبرت آدایر مدتهاست استدلال می‌کند که صرفاً محل گره ناشی از اولین مود ارتعاشات خمشی تأثیرگذار است. رود کراس آزمایش‌های بی شماری را در مورد چوب بیس‌بال و راکت‌های تنیس انجام داد و نتیجه گرفت که مناسب‌ترین مکان جایی بین گره‌های دو مود خمشی اول است که مود دوم از اهمیت بیشتری برخوردار است. (البته دیدگاه‌های بحث برانگیز دیگری نیز در مورد نقطه مطلوب وجود دارد. اطلاعات تکمیلی را در وبسایت معرفی شده می‌توانید جست و جو کنید)

دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)



داوود عباسی نژاد فلاح،
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی ارومیه

مقدمه

شبیه‌سازی به مدل‌ها و روش‌های شبیه‌سازی وابسته است.

دینامیک سیالات محاسباتی یک روش برای حل مسائل سیالاتی بصورت عددی و حل به کمک رایانه می‌باشد. در گذشته برای مطالعه رفتار سیال و طراحی و تولید یک محصول از روش‌های دیگر استفاده می‌شده است. این روش‌ها شامل دینامیک سیالات تحلیلی (AFD) و دینامیک سیالات تجربی (EFD) می‌باشند. اما بدلیل اینکه معادلات حاکم بر سیالات (پیوستگی جرم، مومنتوم و انرژی) بصورت معادلات دیفرانسیل جزئی بوده و جز در موارد خاص حل تحلیلی ندارند و نیز بدلیل هزینه‌های آزمایشگاهی و سایر مشکلات مربوط به آن، روش دینامیک سیالات محاسباتی به یک ابزار بسیار مهم برای شبیه‌سازی پدیده‌های مختلف سیالاتی در گستره وسیعی تبدیل شده است.

■ **مراحل حل مسئله به کمک دینامیک سیالات محاسباتی**
در حالت کلی مراحل حل مسئله به کمک این روش در

- زیر آورده شده است
- شناسایی مسئله:
- مشخص کردن اهداف حل مسئله
- تعیین دامنه محاسباتی
- پیش پردازش:
- تعیین پارامترهای محاسباتی
- ایجاد هندسه مسئله
- ایجاد مش بندی مناسب
- مشخص کردن فیزیک حل
- تعیین شرایط اولیه و مرزی متناسب
- انتخاب روش گسسته‌سازی و حلگر مناسب

■ ایجاد هندسه

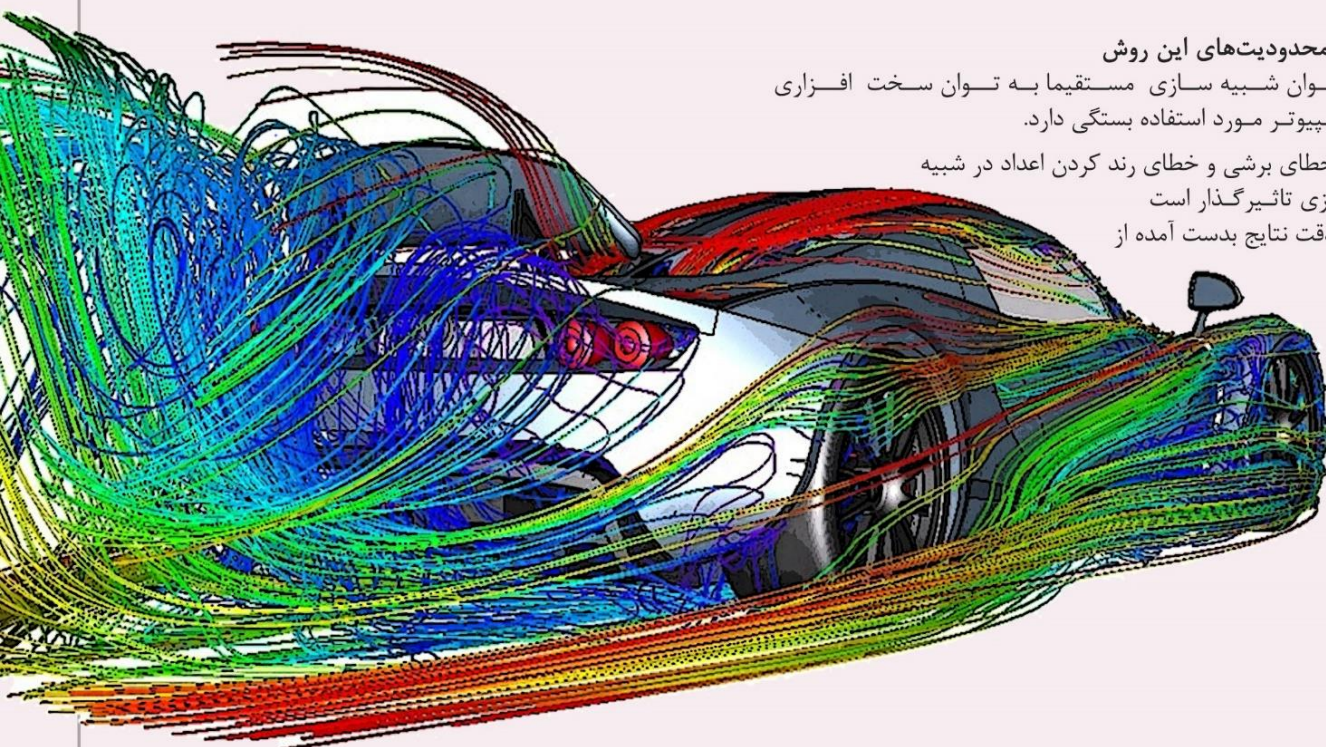
طرح ساده شده از مسئله اصلی باید قبل از حل تعیین شده و سپس در یکی از نرم افزارهای طراحی کد (CAD) مدل سازی شود. در پارهای از مسائل میتوان هندسه را به منظور ساده‌سازی بصورت دو بعدی نیز در نظر گرفت. به منظور طراحی هندسه می‌توان از نرم افزارهایی همچون سالید ورکز، کتیا، کمبیت و... استفاده کرد.

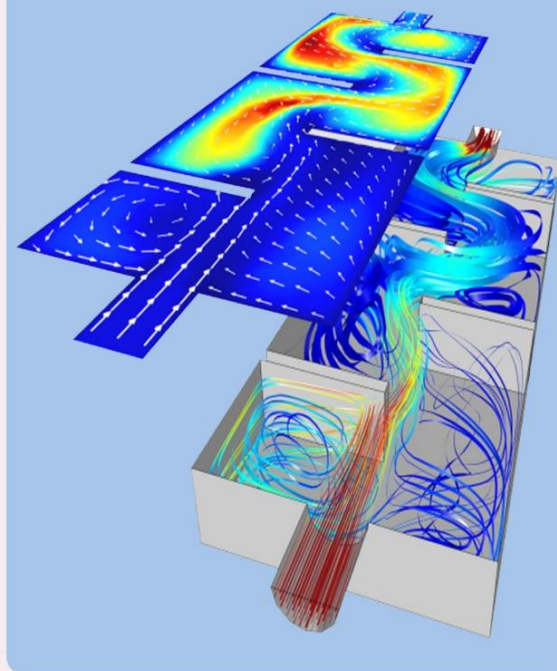
■ مزایای این روش

- ارزان و مقرون به صرفه در مقایسه با روش‌های آزمایشگاهی
- کاهش خطای اندازه‌گیری
- توانایی در پیش‌بینی پیامدهای طراحی
- امکان تست نمونه‌های اولیه طراحی برای بهینه‌سازی محصول نهایی
- امکان ارائه اطلاعات کمی و کیفی رفتار جریان سیال مطابق نیاز کاربر
- امکان شبیه‌سازی مدل‌هایی که به آسانی قابل آزمایش نیستند

■ محدودیت‌های این روش

- توان شبیه‌سازی مستقیماً به توان سخت افزاری کامپیوتر مورد استفاده بستگی دارد.
- خطای برشی و خطای رند کردن اعداد در شبیه سازی تاثیرگذار است
- دقت نتایج بدست آمده از





■ شرایط مرزی

شرایط مرزی مقادیر متغیرهای مسئله در مرزهای دامنه محاسباتی می‌باشند که انتخاب مناسب آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای در شبیه سازی ها برخوردار است.

■ انتخاب حلگر

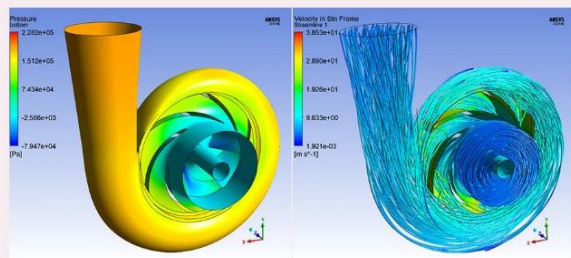
حلگر عبارت است از نرم افزار هایی مانند کامسول، فلوئنت، اوپن فوم و... که وظیفه حل معادلات حاکم بر مسئله بر طبق شرایط اولیه و مرزی تعیین شده را دارند. این نرم افزارها که بر اساس روش های گسسته سازی مختلف یعنی حجم محدود و المان محدود کدنویسی شده اند کار شبیه سازی را انجام می‌دهند. انتخاب نوع حلگر بایستی متناسب با توانایی آن نرم افزار باشد.

■ حل معادلات حاکم

معادلات حاکم بر اساس محاسبات عددی یعنی روش تکرار توسط حلگر انتخاب شده صورت می‌پذیرد. حل تا زمانی که اختلاف دو جواب متوالی کمتر از مقدار معین شده توسط کاربر باشد ادامه می‌یابد.

■ پس پردازش

در مرحله پایانی از حل یک مسئله به کمک دینامیک سیالات محاسباتی نوبت به پس پردازش یا استخراج نتایج می‌رسد. در این مرحله نتایج بدست آمده در قالب کانتور، نمودار، جدول و... استخراج می‌شوند.



■ مش بندی یا شبکه بندی

همانطور که در بالا نیز به آن اشاره شد، بدلیل اینکه معادلات حاکم بر سیالات و انتقال حرارت معادلات دیفرانسیل جزئی می‌باشند، امکان حل تحلیلی آنها مگر در بعضی مسائل خاص و با ساده سازی های زیاد امکان پذیر نیست. به همین دلیل مهندسان برای حل اینگونه مسائل به روش های عددی که با استفاده از محاسبات عددی انجام می‌شوند روی آورده اند. بدین منظور دامنه محاسباتی که یک محیط کاملاً پیوسته است، به کمک شبکه بندی به سلول های کوچک گسسته می‌شود. این روش جواب های مسئله را فقط در مراکز سلول ها به دست می‌دهد که این خود به روش های متعددی صورت می‌گیرد. از جمله روش های حل عددی می‌توان به روش تفاضل محدود، المان (اجزاء) محدود و حجم محدود اشاره کرد.

■ فیزیک مسئله

■ مدل فیزیکی

مدل فیزیکی با توجه به شرایط مسئله تعیین می‌گردد. هر مدل فیزیکی معادله حاکم و شرایط مرزی مختص خودش را دارد. انواع مدل های فیزیکی شامل جریان های چندفازی، توربولانس، جریان های ماخ بالا، انتقال حرارت، انتقال جرم و ... می‌باشد.

■ شرایط اولیه

برای مسائلی که وابسته به زمان هستند شرایط اولیه بایستی لحاظ شوند. به میزان مرتبه مشتق نسبت به زمان شرط اولیه خواهیم داشت. شرط اولیه در واقع یک مقدار از متغیر وابسته به زمان در لحظه شروع به حل است که انتخاب آن به خود مسئله بستگی دارد.

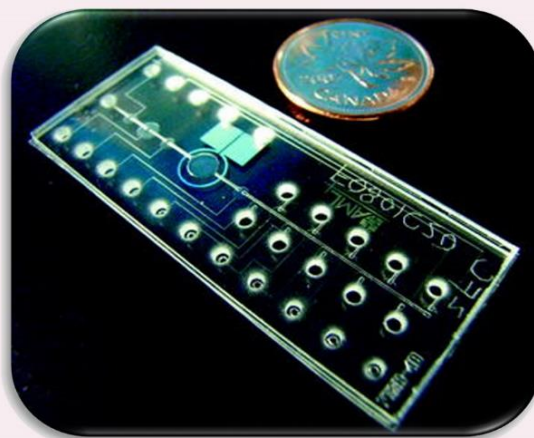
فناوری میکرو سیالی



محمد راز،
کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی،
دانشگاه صنعتی ارومیه

مقدمه

در سال های اخیر پیشرفت دانش بشر باعث ایجاد انقلاب های بزرگ در حوزه های مختلف علمی و صنعتی گردیده است. فناوری میکروسیالی با ساخت میکرو ابزارها با کانال هایی در ابعاد میکرو و نانو و همچنین کنترل رفتار جریان سیال درون آن ها سروکار دارد. فناوری میکروسیالی به معنای مینیاتورسازی (کوچک سازی) می باشد که انجام آنالیزهای پیچیده بیولوژیکی و شیمیایی در مدت زمان کوتاه و یک فضای کوچک را فراهم می سازد. این تکنولوژی زیرمجموعه ای از تکنولوژی سیستم های میکروالکترومکانیکی (MEMS) یا میکروسیستم های تحلیل کلی (micro-TAS) می باشد. فناوری میکروسیالی نام گسترده تری برای دستگاه های مکانیکی همچون میکرومیکسرها، سوپاپ ها، پمپ ها، سنسورها، جریان سنج ها و غیره می باشد.



شکل شماره ۱: تصویری از یک تراشه میکرو سیالی

کاربردها

در سال های اخیر فناوری میکروسیالی و آزمایشگاه روی تراشه (LOC) رشد چشمگیری در کارهای صنعتی و دانشگاهی داشته اند. سیستم های میکروسیالی گسترده وسیعی از کاربردها در حوزه های زیست شناسی و پزشکی را دارا هستند. آزمایش های تشخیصی و تحقیقاتی زیادی وجود دارند که در آنها نمونه ها مورد آزمایش قرار می گیرند. این آزمایش ها بخش وسیعی از کاربردهای سیستم های میکروسیالی را در این حوزه ها دربر می گیرند. این سیستم ها در زمینه های مختلف پزشکی و بیولوژیکی از جمله آنالیز DNA و آنالیز عمومی سلول ها، دستگاه های مبتنی بر اساس پروتئین و دستگاه های جداسازی و تشخیص مولکولی مورد توجه قرار گرفته اند.

ساختمان تشکیل دهنده

اولین مواد استفاده شده در ساخت این تراشه ها از جنس شیشه، سیلیکونیا الاستومر (نوعی پلیمر که قابلیت ویسکوالاستیسیته (گرانروی و کشسانی باهم) دارد) بودند. درون این تراشه ها ساختمان هایی با ابعاد میکرو و نانو تعبیه شده اند که سیالات با حجم های میکرونی (درحد میکرولیتر، نانولیتتر و پیکولیتتر) درون آن ها جریان دارند. وجود ساختمان هایی همچون لوله ها، دریچه ها، کانال ها و غیره امکان ورود چندین سیال را به داخل تراشه می دهد. این سیالات با استفاده از میکروپمپ ها امکان ورود به داخل تراشه را پیدا می کنند که با توجه به هدف طرح با هم ترکیب شده و یا واکنش شیمیایی خاصی را دنبال می کنند. نهایتاً، محصولات اصلی از طریق خروجی ها به بیرون دستگاه منتقل می شوند. ساخت تراشه ها از جنس سیلیکون و شیشه دارای مزایایی همچون پایداری شیمیایی بود اما عواملی از جمله غیرشفاف بودن و گران بودن باعث استفاده از مواد جدیدی در ساخت این تراشه ها شد. امروزه پلی دی متیل سیلوکسان ها و دیگر پلیمرهای بر پایه سیلوکسان کاربرد وسیعی در تولید تراشه ها دارند. این پلیمر مزایای فراوانی را در آزمایش های بیولوژیکی فراهم می آورد.

شفافیت این ماده به بررسی به وسیله میکروسکوپ نوری و فرابنفش کمک می کند. همچنین این ماده قابلیت استریل کردن و استفاده مجدد را دارد.

مزایا

سیستم های میکروسیالی بدلیل مزیت هایی که دارند از موضوعات جذاب دنیای فناوری بشمار می روند، بطوری که شرکت های زیادی در دنیا به دنبال توسعه این فناوری هستند. این فناوری آینده امید بخشی را از خود نشان می دهد، به گونه ای که ساخت کیت های آزمایشگاهی در سال های آینده آزمایشگاه روی تراشه را جایگزین تست های تشخیص طبی رایج خواهد کرد. استفاده از فناوری میکروسیالی مزایای بسیاری را در حوزه های مختلف علمی فراهم آورده است. این مزایا سبب شده است که این فناوری به یک فناوری به سرعت در حال توسعه و جذاب تبدیل شود. در زیر به مهمترین این مزایا اشاره شده است.

* مقرون به صرفه بودن و کم هزینه بودن انجام آزمایش ها

* تحلیل سریعتر و زمان پاسخگویی کمتر در انجام آزمایش

* اتلاف کمتر ماده و انرژی

* کاهش دخالت نیروی انسانی در نتیجه کاهش خطای انسانی و جلوگیری از ایجاد بسیاری از آلودگی ها

* امکان تولید تراشه های ایمن برای مطالعات بیولوژیکی، شیمیایی و رادیواکتیو

* انجام فرآیند تشخیص و جداسازی باحساسیت و قدرت تفکیک بالا

معایب

پیچیدگی بیشتر فرایندها در آزمایشگاه روی تراشه نسبت به آزمایش های مرسوم بدلیل غالب بودن اثرات فیزیکی و شیمیایی در مقیاس های کوچک مانند زبری سطح و نیروهای موینگی.

■ دستگاه تحلیلی میکروسیالی کاغذی

*کانال‌ها: شبکه‌های میلی‌متری آبدوست که سیال را از میان یک دستگاه منتقل می‌کنند.

*تقویت کننده‌های جریان: محل‌هایی با شکل‌های مختلف که سرعت جریان در آن به منظور پایداری جریان اصلاح می‌شود.

*مقاومت‌های در برابر جریان: یک عنصر مویرگی می‌باشد که به منظور کنترل زمانی یک جریان با سرعت کاهش یافته از آن استفاده می‌شود.

*موانع: محل‌های آگریز که از خروج سیال به بیرون کانال خودداری می‌کنند.

*خروجی‌ها: محلی که آزمایش بیولوژیکی در آن انجام می‌شود. کاغذ یک محیط متخلخل می‌باشد که سیال در آن در مرحله اول به روش تبخیر و فیتیله گذاری جابجا می‌شود. حرکت سیال از یک محیط متخلخل به کمک اثرات تبخیر، هندسه و نفوذپذیری مدیریت می‌شود. این عوامل باعث نفوذ مویرگی محدود شده که می‌تواند به کمک تبخیر و با کنترل هندسه و میزان تخلخل تنظیم شود.

بدلیل مواد مورد استفاده و مراحل ساخت، فرایند ساخت دستگاه‌های میکروسیالی بر پایه کاغذ ساده و مقرون به صرفه می‌باشد. این دستگاه‌ها از ریزمجره‌های آب گریز/آب دوست ساخته می‌شوند که مایعات درون آن‌ها به کمک نیروی کشش سطحی در هر دو بعد عرضی و طولی حرکت می‌کنند. روش‌های متعددی برای ساخت این دستگاه‌ها وجود دارد که با توجه محل مورد استفاده از آن‌ها متفاوت هستند. اولین مرحله از ساخت مربوط به تبدیل برخی از نواحی آب دوست کاغذ به آب گریز به وسیله چاپ خطوط آگریز موازی است. این خطوط آب گریز مسیر ریز مجراها را مشخص می‌کنند. عمق ریز مجراها نیز به وسیله ضخامت کاغذ مورد استفاده مشخص می‌گردد. جریان مایعات درون ریزمجرها بر پایه جریان موئینگی می‌باشد. بدلیل وجود موانع آب گریز، نمونه‌های آب دوست به اطراف پخش نشده و درون کانال‌های تعبیه شده حرکت می‌کنند.

دستگاه‌های میکروسیالی بر پایه کاغذ را می‌توان با استفاده از انواع متفاوت چاپ جوهر افشان، چاپ موم، لیتوگرافی نوری، چاپ فلکسوگرافی، قلم زنی، درمان با پلاسما، درمان با لیزر، پردازش نور دیجیتالی، پرینتر سه بعدی و موم غربالگری تولید کرد. هر یک از این روش‌ها موانع فیزیکی آب گریزی را بر روی کاغذ آب دوست ایجاد می‌کنند که منفعلانه مایعات را منتقل می‌کنند.

کاغذ به دلیل قابل چاپ بودن، هزینه کم، وزن سبک و یکبار مصرف بودن به یک ماده بسیار مهم و انعطاف پذیر در تکنولوژی میکروسیالی تبدیل شده است. استفاده از مواد رایج سنتی در ساخت تراشه‌ها بسیار هزینه بالایی داشته و نیاز به نیروی آموزش دیده دارد. اما امروزه دستگاه‌های تشخیص بیماری ارزان قیمت و در دسترس مورد نیاز بوده و تهیه فناوری‌های تشخیصی حتی برای کشورهای توسعه یافته اقتصادی نیز بدلیل گران قیمت بودن این ابزارها می‌تواند مشکل آفرین باشد. دستگاه‌های تحلیلی میکروسیالی کاغذی ابزارهایی سازگار با محیط زیست و به صرفه می‌باشند که امکان انجام آزمایش‌ها در شرایط اضطراری و در مناطق دور افتاده را نیز فراهم می‌آورند. در این فناوری از یک کاغذ الگودار که بر روی آن حجم کمی از ماده بتواند طبق الگو به حرکت درآید، استفاده می‌کنند. دستگاه‌های تحلیلی میکروسیالی کاغذی دستگاه‌هایی از جنس مواد آبدوست (قطبی) سلولز یا نیتروسلولز هستند که هدایت مایع را با روش اشباع از یک ورودی به یک خروجی دلخواه هدایت می‌کند. مهمترین مزیت آن این است که این دستگاه بر خلاف دستگاه‌های پیچیده‌تر میکروسیالی تا حد زیادی به صورت غیرفعال کنترل می‌شود. توسعه دستگاه‌های میکروسیالی بر پایه کاغذ از اوایل قرن بیست و یکم برای تأمین نیاز به سیستم‌های تشخیصی پزشکی ارزان قیمت و قابل حمل آغاز شد.

دستگاه‌های تحلیلی میکروسیالی کاغذی علاوه بر آنالیزهای بیوشیمیایی برای تشخیص‌های پزشکی و پزشکی قانونی نیز کاربرد دارند. از کاغذها با انواع مختلف برای ساخت این نوع دستگاه‌ها بر اساس نوع کاربریشان استفاده می‌شود که شامل مواد مختلفی از جمله سلولز تا شیشه یا پلیمر می‌شود. به کمک صفحات کاغذی می‌توان آزمایش‌های گوناگون شناسایی مولکولی، بیوشیمیایی و ایمونولوژیک را بصورت هم زمان انجام داد. اولین ابزار تشخیصی بر پایه کاغذ برای آزمایش ادرار ساخته شده است که برای اندازه گیری پروتئین و غلظت گلوکز ادرار از آزمون‌های رنگ سنجی استفاده می‌کرد. از کاربردهای دیگر این دستگاه‌ها می‌توان به تشخیص سموم و عوامل بیماریزا اشاره کرد. دستگاه‌های میکروسیالی بر پایه کاغذ از موارد زیر ساخته می‌شوند:

*ورودی: بستر (سلولزی) محلی که سیالات بصورت دستی پخش می‌شوند.

نمای سه بعدی



نمای جانبی



کلکتورهای سهموی خطی خورشیدی و کاربرد آن‌ها



جبرئیل احبابی سرای،
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

عامل به وسیله‌ی پمپی که در مدار کلکتور قرار دارد سیال را به حرکت در می‌آورد و آن را به یک مبدل حرارتی می‌برد تا حرارت گرفته شده توسط سیال به آبی که در مبدل حرارتی وجود دارد داده شود. آب درون مبدل حرارتی تبخیر می‌شود و به توربین فرستاده می‌شود تا انرژی الکتریکی تولید شود.

کلکتور سهموی خطی خورشیدی

این کلکتورها با شکل دادن یک ورق منعکس کننده به شکل یک سهمی ساخته می‌شوند. یک لوله سیاه فلزی که با یک لوله شیشه‌ای به منظور کاهش تلفات حرارتی پوشش داده شده، در امتداد خط کانونی دریافت کننده قرار داده شده است. به منظور دستیابی به دماهای بالا با کارایی بالا، کلکتورهایی با راندمان بالا مورد نیاز است. با کلکتورهای سهموی می‌توان به دماهایی تا حدود ۴۰۰ درجه سانتیگراد با یک ساختار خیلی ساده و هزینه کم دست یافت. کلکتورهای سهموی دماهای بین ۵۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد را می‌توانند به طور مؤثر تولید کنند. دریافت کننده یک کلکتور سهموی خطی معمولاً یک لوله جاذب به همراه روکش شیشه‌ای است که در امتداد خط کانونی نسبت به سطح خارجی دریافت کننده قرار داده می‌شود. اندازه لوله و همچنین نسبت تمرکز، براساس مقدار اشعه منعکس شده مشخص می‌شود. سطح دریافت کننده با پوشش انتخابی مناسبی اندوده شده است، به طوری که دارای ضریب جذب بالایی برای تشعشعات خورشیدی و همچنین ضریب صدور پائینی برای اتلاف تشعشعات گرمایی باشد. معمولاً یک روکش شیشه‌ای روی لوله جاذب قرار می‌دهند تا تلفات انتقال حرارت را کاهش دهد. اما عیب شیشه این است که اشعه منعکس شده برای رسیدن به لوله دریافت کننده باید از شیشه عبور کند که باعث تلفات انتقال از شیشه می‌شود. معمولاً جداره شیشه را یک پوشش ضد انعکاس می‌دهند تا انتقال تشعشع را بهبود بخشند. یک روش برای کاهش تلفات جابه‌جایی از لوله جذب کننده و در نتیجه افزایش راندمان کلکتور که البته در کلکتورهایی با دماهای بالا به کار می‌رود این است که در فضای بین کاور شیشه‌ای و لوله جذب کننده، خلاء ایجاد کنند. کلکتورهای سهموی نسبت به کلکتورهای صفحه تخت دارای بازده حرارتی و نوری بالاتر و از سویی دمای کاری بالاتر هستند، اما در مقابل دارای معایبی همچون تکنولوژی پیچیده‌تر، طراحی سخت تر و هزینه بیشتر را شامل می‌شود. از برخی کاربردهای کلکتور سهموی می‌توان به تولید آب گرم، تولید بخار، گرمایش و سرمایش صنعتی اشاره کرد. کلکتور سهموی بدلیل ضریب تمرکز و ایجاد دمای بالا در کانون کلکتور در صدر توجه پژوهشگران و صنعتگران این حوزه قرار دارد.

بعد از انقلاب صنعتی مصرف انرژی به شدت افزایش یافت، از این رو کمبود انرژی دانشمندان را به سمت یافتن منابع جدید انرژی سوق داد. در طی دهه‌های گذشته قیمت سوخت‌های فسیلی بطور حیرت‌انگیزی افزایش داشته است. همچنین، تأثیرات نامطلوب استفاده از سوخت‌های فسیلی بر روی محیط‌زیست، سبب شده‌است که انرژی‌های تجدیدپذیر بخصوص انرژی خورشید بیش از قبل مورد توجه واقع شود. انرژی خورشیدی را می‌توان منبع اصلی همه انرژی‌های موجود اعم از فسیلی و تجدیدپذیر بر زمین دانست. منبع انرژی‌های زمین‌گرمایی و بیومس نیز از خورشید است. از آنجایی که این انرژی به وفور یافت می‌شود و هزینه‌های استفاده از آن نسبتاً کم می‌باشد، این منبع انرژی به طور گسترده در دنیا مورد استفاده قرار گرفته‌است. پاک بودن انرژی خورشیدی اصلی‌ترین مزیت این منبع انرژی است. بنابراین استفاده از تابش متمرکز شده‌ی خورشید به عنوان یک منبع گرمایی عظیم می‌تواند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی در واحدهای نیروگاهی باشد. کلکتورهای خورشیدی نقش مهمی در استفاده از انرژی خورشید دارند به صورتی که در خیلی از کشورهای توسعه یافته دنیا نیروگاه‌هایی وجود دارد که به وسیله‌ی این کلکتورها انرژی از خورشید دریافت می‌شود و به وسیله‌ی دیگر تجهیزات به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

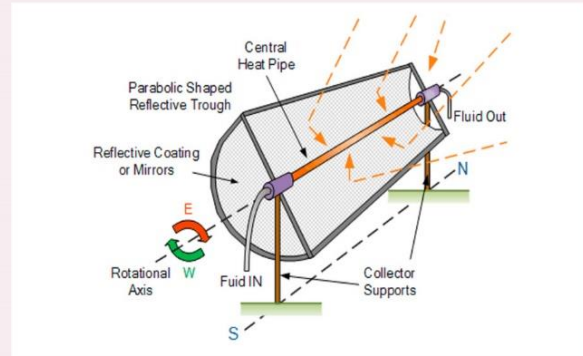
کلکتورهای خورشیدی

کلکتور خورشیدی وسیله‌ای است که تشعشع ورودی خورشید را جذب نموده و آن را به گرما تبدیل کرده و سپس به سیالی که در کلکتور در حال گردش است (معمولاً هوا، آب یا روغن) منتقل می‌نماید. کلکتور خورشیدی جزء اصلی هر سامانه خورشیدی است. بطور کلی دو نوع کلکتور خورشیدی وجود دارد: غیر متمرکزکننده یا ثابت و متمرکزکننده. یک کلکتور غیرمتمرکز مساحت یکنواختی برای جذب تشعشع خورشیدی دارد، در حالی که یک کلکتور خورشیدی متمرکزکننده و تعقیب کننده خورشید معمولاً سطح منعکس کننده مقعری دارد تا پرتو تشعشعی خورشیدی را به سمت یک سطح دریافت کننده کوچکتر متمرکز کند در نتیجه شار تشعشعی افزایش می‌یابد.

این نوع کلکتورها دارای دو نوع چرخان و غیرچرخان هستند و در آن‌ها می‌توان از ردیاب استفاده کرد. کلکتورهای خورشیدی یک صفحه آینه‌ای است که دارای یک لوله در مرکز خود می‌باشند که این لوله حاوی سیالی است که ضریب هدایت حرارتی بالایی دارد. این لوله به دو صورت شفاف یا روکش دار استفاده می‌شود. پرتوهای خورشید از سطح آینه‌ای کلکتور بازتاب شده و روی لوله‌ی ذکر شده متمرکز می‌شوند و سیال درون آن را گرم می‌کند. سیال

معرفی قسمت‌های اصلی کلکتور سهموی خورشیدی

به طور کلی کلکتور سهموی از سه قسمت اصلی تشکیل شده است. یک قسمت آینه مانند که نور تابیده شده را بازتاب می‌کند و سهمی شکل است. قسمت دیگر که در کانون سهمی قرار دارد روکش شیشه‌ای و لوله جاذب است و قسمت سوم سیال ناقل حرارت است که از داخل لوله جاذب عبور می‌کند.



صفحات منعکس کننده

صفحات منعکس کننده خورشیدی از خم کردن ورق‌هایی که ضریب انعکاس بالایی دارند درست می‌شوند. این صفحات به شکل سهمی هستند تا پرتوهای خورشید را در هر سطح مقطع از طول لوله روی کانون متمرکز کنند. معمولاً از ورق استیل، آلومینیوم صیقلی و یا آینه به دلیل ضریب انعکاس بالا استفاده می‌شود.

روکش شیشه‌ای

از شیشه به دلیل کاهش افت‌های جابجایی و ضریب عبور مناسب به طور گسترده‌ای در کلکتورهای خورشیدی استفاده می‌شود. روکش شیشه‌ای می‌تواند ۹۰٪ تابش‌های با طول موج کوتاه خورشید را عبور دهد ولی طول موج‌های بلند صادره از صفحات جذب کننده را عبور نمی‌دهد. شیشه با مقدار کمی آهن به طور نسبی ضریب عبور بالایی برای تابش خورشید (تقریباً ۹۳٪-۸۵٪) در حالت عادی دارد، ولی ضریب عبور آن برای طول موج‌های بلند (۵-۵۰ μm) صادره از صفحات گرم شده توسط خورشید تقریباً صفر است.

لوله جاذب

لوله جاذب تابش عبوری از روکش شیشه‌ای را تا حد امکان جذب می‌کند، در حالیکه باید حداقل انرژی حرارتی را از بالا توسط اتمسفر و از پایین توسط پشت کلکتور هدر دهد. صفحات کلکتور، انرژی ذخیره شده را به مایع منتقل می‌کنند. این لوله باید ضریب جذب بالا (α) در مقابل طول موج‌های کوتاه تابش خورشید و ضریب صدور پایین (ϵ) در طول موج‌های بلند تابش خورشید داشته باشد. که این ضریب جذب به طبیعت و رنگ پوشش و زاویه برخورد بستگی دارد.

سیال ناقل حرارت

انتخاب سیال انتقال دهنده حرارت یکی از مهمترین بخش‌ها برای افزایش بازدهی حرارتی است. بالا بودن ضریب هدایت گرمایی، ضریب جابجایی، ظرفیت گرمایی ویژه و پایین بودن ویسکوزیته از فاکتورهای مهم در انتخاب سیال مورد استفاده در کلکتورها است.

سیالات مورد استفاده بیشتر، آب و انواع روغن‌ها هستند. اخیراً برای بهبود خواص ترموفیزیکی سیالات عامل از نانوسیال‌های فلزی و غیرفلزی استفاده می‌شود. نانوسیال‌ها با نانو ذرات فلزی به علت بالا بودن ضریب هدایتشان، باعث افزایش ضریب هدایت حرارتی سیال می‌شوند.

استفاده از نانوسیالات و محیط‌های جذب مستقیم (حجمی) در کلکتورهای خورشیدی روشی جدید در ساخت و توسعه این کلکتورها به وجود آورده است که به نام کلکتورهای جذب مستقیم معروف‌اند. انگیزه اصلی استفاده از نانوسیال پتانسیل بالقوه این سیال در جذب مستقیم تشعشع خورشید و بالا بردن خواص ترموفیزیکی سیال پایه است. در کلکتورهای خورشیدی سطحی سیال به طور مستقیم انرژی خورشید را جذب نمی‌کند بلکه گرما از صفحه جاذب به سیال منتقل می‌شود.

با توجه به خواص تشعشعی و ترموفیزیکی محیط متخلخل که قدرت جذب و پراکنش بالا و ضریب هدایت بالایی را در اختیار می‌گذارد استفاده از آنها در کلکتورهای خورشیدی جذب مستقیم نیز می‌تواند باعث بهبود عملکرد حرارتی و اپتیکی کلکتورها شود. در کلکتورهای جذب مستقیم فرایند جذب تشعشع سطحی نیست و توسط سیالات جاذب یا محیط‌های جاذب حجمی نظیر محیط متخلخل در حجم صورت می‌گیرد. به همین دلیل در مقایسه با کلکتورهای جذب سطحی، دمای سطح بیرونی پایین می‌آید و باعث کاهش افت‌های تشعشعی و جابجایی می‌شود. کلکتورهایی که از نوع جذب سطحی هستند دارای سطوح مناسبی برای جذب تابش خورشید هستند ولی نحوه و عملکرد انتقال حرارت در آن‌ها با افت زیادی همراه است. ولی در گیرنده‌های جذب حجمی تابش متمرکز شده به طور مستقیم جذب سیال شده و این تابش به طور یکنواخت تری در سیال توزیع می‌شود که این مسئله می‌تواند سبب کاهش اختلاف دمای بین سطح کلکتور و سیال عامل شود. یکی از شیوه‌های پیشنهاد شده برای افزایش بازدهی کلکتورهای خورشیدی در عین حفظ سادگی سیستم، جذب مستقیم انرژی خورشید توسط توده یا حجم سیال است. زیرا در جذب حجمی بیشینه دما در عمق اتفاق می‌افتد ولی در جذب کننده سطحی بیشینه دما در سطح اتفاق می‌افتد که باعث افت‌های تشعشعی و جابجایی در سطح می‌شود.



مدلسازی فیلتر مغناطیسی



مسعود سهامی،
دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی،
دانشگاه علم و صنعت

میدان مغناطیسی خارجی تا حد اشباع مغناطیسی میله‌ها، جذب ذرات شدیداً افزایش می‌یابد.

بعد از حالت اشباع چنانچه میدان خارجی از حد مشخصی فزونی یابد، بازدهی جذب دچار کاهش می‌گردد و لذا عملکرد این فیلترها در حالت اشباع بهینه می‌باشد.

عمده مسایل محدود به مطالعات عددی فیلتراسیون مغناطیسی دویعدی است. در مطالعات اندکی بازدهی جذب فیلتر مغناطیسی مشبک متشکل از یک توری شبکه‌ای تحت جریان یکنواخت با توزیع اندازه ذرات یکنواخت محاسبه شده و با تعمیم این نتایج برای یک مجموعه از صفحات توری، میزان جذب مورد بررسی قرار گرفته است. با این وجود تاکنون عملکرد فیلترهای

مغناطیسی در کانال‌های سه‌بعدی و تحت پروفیل‌های سرعت توسعه یافته به ازای ورود طیف ذرات با اندازه‌های مختلف و بررسی جامع پارامترهای موثر مانند قطر ذرات، فواصل بین میله‌ها، چیدمان میله‌ها و سرعت جریان سیال به علت زمان‌بر بودن شبیه‌سازی و بالا بودن هزینه اقتصادی مربوط به مدل آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار نگرفته است.

جداسازی و فیلتراسیون میکروذرات ضعیف مغناطیسی از جریان سیال یکی از معضلات مهم در صنعت است. به عنوان مثال در فرایند شیرین‌سازی گاز، حضور ذرات ضعیف مغناطیسی در جریان‌های سیال موجب تخریب تجهیزات دوار و بازدهی عملکرد چرخه‌های فرایندی می‌گردد. جداسازی این ذرات از سیال آمین با استفاده از فیلترهای مکانیکی به خاطر ریز بودن این ذرات و افت فشار زیاد این فیلترها بسیار پرهزینه و کم‌بازده می‌باشد.

فیلترهای جداساز با گرادیان مغناطیسی شدید، فیلترهایی با افت فشار کم هستند و جهت جداسازی ذرات میکرونی از سیال پایه حتی در سرعت‌های جریان بالا قابل استفاده می‌باشند. این فیلترها شامل مجموعه‌ای از میله‌های باریک فرومغناطیس با سطوح مقطع دایروی هستند که به صورت موازی یا متقاطع بر مسیر جریان قرار می‌گیرند.

اعمال میدان مغناطیسی خارجی بر این مجموعه میله‌ها باعث می‌شود تا میدان مغناطیسی در اطراف آن‌ها تا چندین برابر میدان خارجی تقویت شود که خود باعث افزایش نیروی مغناطیسی وارد بر ذرات و جذب بیشتر ذرات بر روی میله‌ها می‌گردد. از آنجا که در فیلترهای مغناطیسی هزینه شستشوی ماتریس‌ها نسبت به تعویض کارتریج‌ها در فیلترهای مکانیکی بسیار کم‌تر است لذا فیلترهای مغناطیسی جایگزین مناسبی برای این فیلترها در صنعت می‌باشند.

به علاوه از جنبه مسایل محیط‌زیستی، استفاده از این فیلترها هم‌راستا با معاهدات بین‌المللی برای حفظ محیط زیست است زیرا عملکرد مناسب آن‌ها می‌تواند منجر به کاهش اتلاف سوخت و تولید دود در دیگ‌های بخار گردد.

در برخی حالات ساده، حل تحلیلی میدان مغناطیسی و جریان سیال حامل ذرات پارامغناطیسی حول یک میله مغناطیسی قابل انجام است و اثر تغییرات پارامترهای موثر بر جذب مانند سرعت جریان، میدان مغناطیسی خارجی و قطر ذرات بر بازدهی جذب یک میله مغناطیسی شده مورد مطالعه قرار گرفته است.

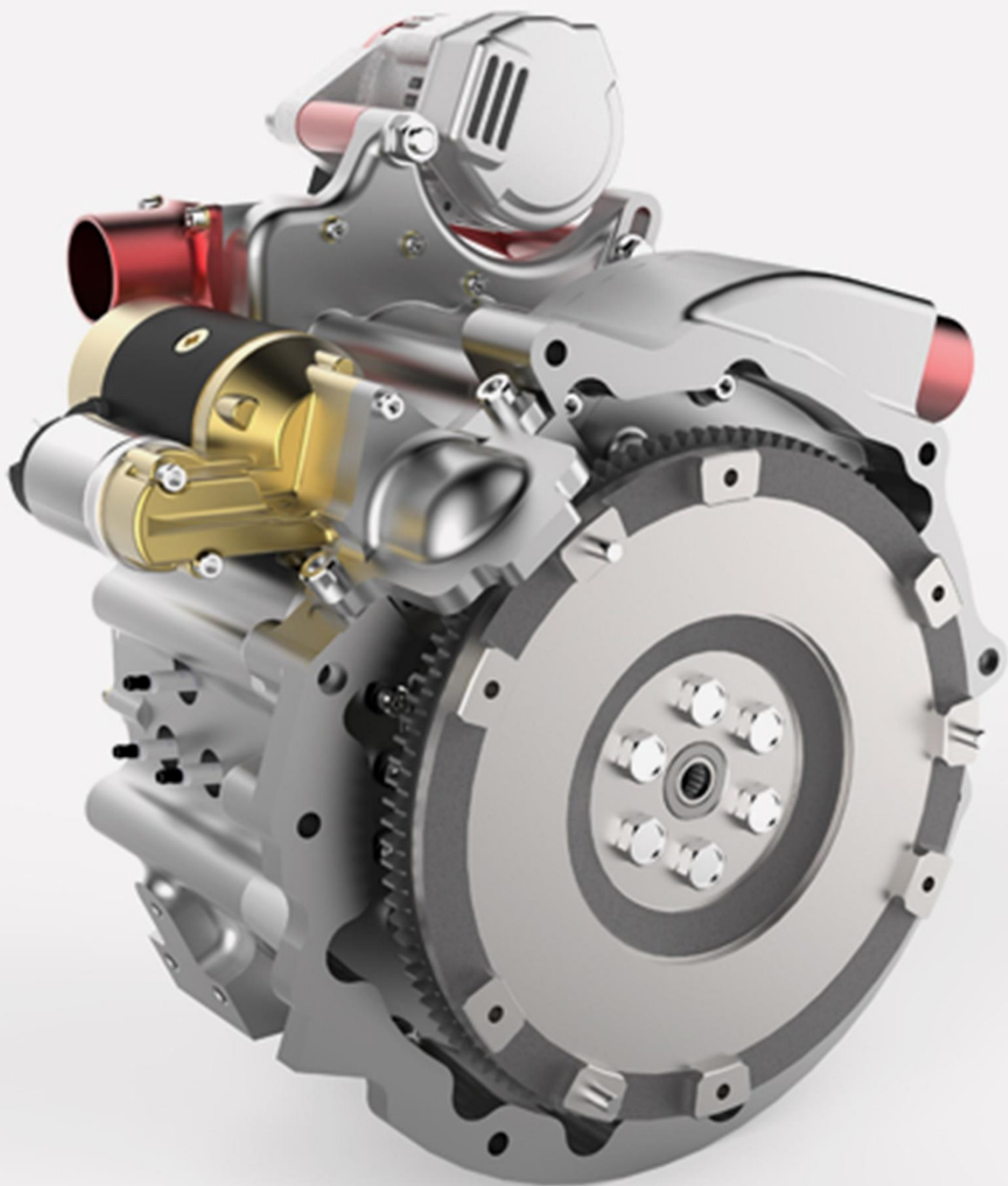
با این وجود، در این تحلیل‌ها اثر هم‌پوشانی میدان‌های مغناطیسی مربوط به میله‌های مجاور لحاظ نشده است. مشخص شده است که هرچه لزجت جریان سیال افزایش یابد بازدهی جذب فیلترهای مغناطیسی مشبک کاهش می‌یابد. ضمناً هرچه قطر میله‌های موجود مغناطیسی کوچک‌تر باشد گرادیان مغناطیسی ایجاد شده در اطراف میله‌ها و در نتیجه جذب ذرات توسط آن‌ها افزایش می‌یابد. جذب کامل ذرات زمانی رخ می‌دهد که اثرات نیروی مغناطیسی از اثرات نیروی پسا در فضای بین میله‌ها بیشتر باشد. با افزایش



شکل شماره ۱: نمونه‌ای از فیلتر مغناطیسی بویلر



موتور دوار یا وانکل





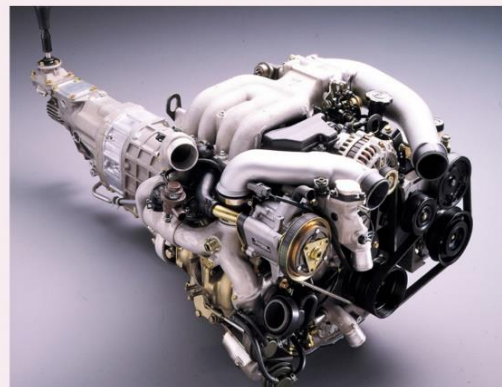
هدی عبدی،
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه قم

■ بیوگرافی کوتاهی از وانکل

فلیکس وانکل در ۱۳ آگوست ۱۹۰۲ در شیلراشتراس، در نواحی جنگلی سوایا به دنیا آمد. وانکل از دبیرستان اونتپریمما در سن ۱۹ سالگی فارغ التحصیل شد اما شرایط بد و فقر خانواده‌اش در دوران بعد از جنگ مانع ادامه تحصیل وی شد. در سال ۱۹۲۷ او طرح‌هایی از موتوری بدون پیستون یا همان موتورهای دورانی را ارائه داد و توانست پس از تلاش‌های بسیار برای گرفتن حق اختراع، در سال ۱۹۲۹ حق مالکیت دستگاه صنعتی‌اش را به مدت ۶ دهه از آن خود کند. در سال ۱۹۳۳ برای ثبت این اختراع اقدام کرد و در نهایت در سال ۱۹۳۶ توانست امتیاز این موتور را نیز بدست آورد. او اولین نمونه واقعی موتورهای دورانی را در فوریه سال ۱۹۵۷ معرفی کرد. در ماه می، نمونه صنعتی او که قادر به ۲ ساعت کار و تولید ۲۱ اسب بخار قدرت بود به تولید رسید. اما نمونه اصلی آن برای فروش، در جولای سال ۱۹۵۸ آماده شد.



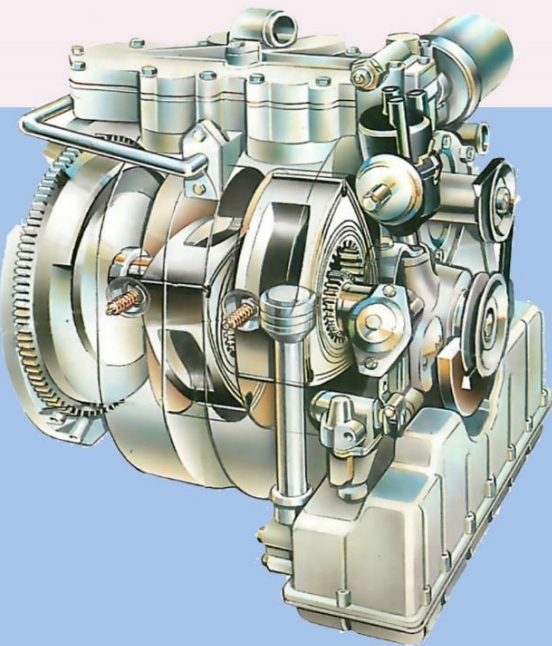
فلیکس وانکل به رغم آنکه همه عمرش را صرف کار بر روی اتوموبیل‌ها کرد، هیچ‌گاه گواهینامه رانندگی نگرفت و رانندگی هم نکرد. وی سرانجام پس از تحمل یک دوره طولانی بیماری، در سال ۱۹۸۸ درگذشت.



■ نحوه کارکرد موتور وانکل

روتور و محفظه در موتورهای دوار، جایگزین پیستون‌ها، سیلندرها، سوپاپ‌ها، شاتون‌ها و میل بادامک در موتورهای پیستونی شده است. روتور مسیر بیضی شکلی را طی می‌کند که در طول این مسیر هر سه راس روتور با سطح محفظه در تماس می‌باشند. چرخش روتور درون محفظه سه حجم مجزا از گازها را به وجود می‌آورد و گازها بطور متناوب منبسط و منقبض می‌شوند. این انبساط و انقباض، هوا و سوخت را به داخل موتور می‌کشد، آن را متراکم می‌کند و توان مفیدی از گازهای منبسط شده تولید می‌نماید و سپس بعد از احتراق آن را تخلیه می‌کند. در موتورهای پیستونی یک حجم یکسان و مشخص (برابر حجم سیلندر) بصورت پی در پی تحت تأثیر چهار فرایند مکش، تراکم، احتراق و تخلیه قرار می‌گیرد، حال اینکه در موتورهای دورانی هر کدام از این چهار فرایند در نواحی خاصی از محفظه سیلندر که تنها متعلق به همان فرایند می‌باشد، صورت می‌پذیرد. موتور دورانی همانند موتورهای رایج پیستونی از سیکل چهار زمانه استفاده می‌کند که به شکل کاملاً متفاوتی به خدمت گرفته شده است. قلب یک موتور دورانی، روتور آن است که معادل پیستون در موتورهای درون سوز پیستونی می‌باشد. روتور روی یک بادامک دایره‌ای شکل بزرگ بر روی محور خروجی سوار شده است. این بادامک از خط مرکزی محور خروجی فاصله داشته و همانند یک میل لنگ عمل می‌کند.

چرخش روتور نیروی لازم جهت چرخش محور خروجی را تأمین می‌کند. هم‌زمان با چرخش روتور در محفظه، بادامک در یک مسیر دایره‌ای به حرکت درآمده می‌شود، بصورتی که هر دور کامل روتور منجر به سه دور چرخش محور خروجی می‌گردد. در هنگامی که روتور درون محفظه حرکت می‌کند اندازه سه حجم ایجاد شده توسط روتور نیز تغییر می‌کند.



نیروی وارد از طرف روتور به این بادامک‌ها گشتاوری در محور ایجاد می‌کند که باعث چرخیدن آن می‌گردد.

■ نحوه استقرار اجزاء موتور وانکل (دوار)

موتور دورانی بصورت لایه لایه مونتاژ می‌گردد. یک موتور دو رتوره به پنج لایه اصلی تقسیم‌بندی می‌شود که با یک ردیف دایره‌ای از پیچ‌های بلند کنار هم نگه داشته شده‌اند. آب خنک‌کاری در مسیرهای دور تا دور قطعات جریان دارد. لایه‌های اول و آخر دارای آب‌بندی و همچنین یاتاقان‌های مناسب جهت محور خروجی می‌باشد و همچنین دو محفظه روتور را آب‌بندی می‌کنند. سطوح داخلی این قطعات بسیار صاف و هموار هستند که این خود به آب‌بندی روتور کمک می‌کند. روی هر یک از قطعات یک پورت ورودی تعبیه شده است. لایه بعدی محفظه بیضی شکلی است که قسمتی از محفظه کل روتور می‌باشد و این لایه دارای پورت خروجی می‌باشد. در مرکز هر روتور یک چرخ دنده داخلی بزرگ قرار دارد که حول یک چرخ‌دنده کوچک‌تر ثابت روی محفظه موتور می‌چرخد. این دو چرخ دنده مسیر حرکتی روتور را تعیین می‌کنند. همچنین، روتور روی بادامک دایره‌ای شکل محور خروجی واقع شده و آن را به گردش درمی‌آورد.

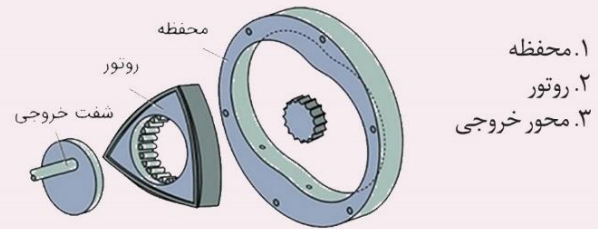
■ چهار فرایند سیکل چهار زمانه

فرایند مکش در موتور وانکل: فاز مکش از زمانی شروع می‌شود که یکی از تیغه‌های روتور از روی پورت مکش عبور کند و پورت مکش در معرض محفظه سیلندر و روتور واقع شود، در این لحظه حجم محفظه کمترین مقدار خود می‌باشد. با حرکت روتور حجم محفظه منبسط شده و فرایند مکش اتفاق می‌افتد و در پی آن مخلوط سوخت و هوا به داخل محفظه کشیده می‌شود. هنگامی که تیغه بعدی روتور از جلوی پورت ورودی می‌گذرد محفظه بصورت کامل نشت‌بندی می‌شود تا فرایند تراکم آغاز گردد.

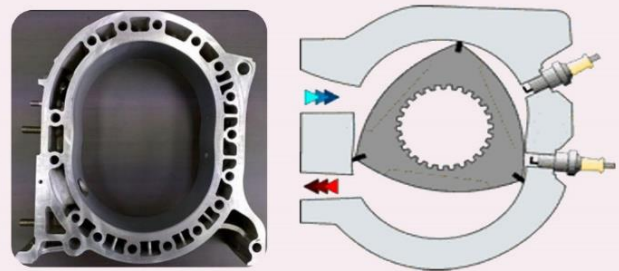
فرایند تراکم در موتور دورانی: با ادامه حرکت روتور درون محفظه، حجم محبوس شده سوخت و هوا کوچک‌تر و فشرده تر می‌گردد. وقتی سطح روتور در این حجم بطرف شمع می‌چرخد حجم مربوطه به کمترین مقدار خود نزدیک می‌شود و این درست هنگامی است که با جرقه شمع احتراق شروع می‌گردد. فرایند احتراق در موتور وانکل: حجم محفظه احتراق گسترده و طولانی است بنابراین سرعت پخش شعله تنها با وجود یک شمع بسیار کم است و احتراق ناقصی بدست می‌دهد. از این رو در اکثر موتورهای دورانی از دو شمع در طول این ناحیه استفاده می‌شود. هنگامی که شمع‌ها جرقه می‌زنند مخلوط سوخت و هوا محترق شده و فشار بسیار بالایی را ایجاد می‌کنند که باعث تداوم چرخش روتور می‌گردد. فشار احتراق روتور را در جهت خودش وادار به حرکت می‌کند و حجم ناحیه محترق شده، رفته رفته زیاد می‌شود. در اینجا است که فرایند انبساط رخ داده و در نتیجه توان تولید می‌گردد تا جایی که تیغه روتور به پورت خروجی برسد. فرایند تخلیه در موتور وانکل: هرگاه تیغه روتور از پورت خروجی عبور کند، گازها با فشار بالا رها شده و به سمت پورت خروجی جریان می‌یابند. با ادامه حرکت روتور حجم محبوس فشرده می‌گردد و گازهای باقیمانده را به طرف پورت خروجی می‌رانند. وقتی این حجم به کمترین مقدار خود نزدیک می‌شود، تیغه روتور در حال گذار از پورت ورودی است و در این زمان سیکل جدید شروع می‌گردد.

■ قطعات یک موتور دورانی

موتورهای دورانی دارای سیستم جرقه و سوخت‌رسانی مشابه با موتورهای پیستونی می‌باشند. موتورهای دورانی از قطعات زیر تشکیل شده‌اند:



روتور: روتور یک قطعه مثلثی شکل با سه سطح برآمده یا محدب می‌باشد که هر کدام از این سطوح همانند یک پیستون عمل می‌کنند. همچنین، هر کدام از این سطوح دارای یک گودی یا تورفتگی می‌باشد که حجم موتور را بیشتر می‌کند. در راس هر وجه یک تیغه فلزی قرار گرفته که عمل آب‌بندی سه حجم محبوس در بین روتور و جداره سیلندر را بر عهده دارد. بعلاوه، در هر سمت روتور (سطح فوقانی و تحتانی) رینگ‌های فلزی قرار گرفته‌اند که وظیفه آب‌بندی جانبی روتور را به عهده دارند. روتور دارای یک چرخ‌دنده داخلی در مرکز یک وجه جانبی می‌باشد که این چرخ‌دنده با چرخ دنده دیگری که بصورت ثابت روی محفظه سیلندر قرار دارد، درگیر می‌شود و این درگیر شدن، مسیر و جهت حرکت روتور را درون محفظه تعیین می‌نماید.

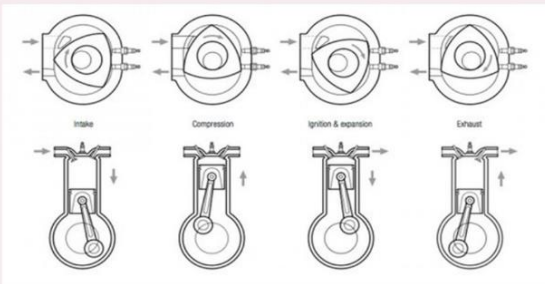


محفظه سیلندر: محفظه سیلندر تقریباً بیضی شکل است و شکل محفظه احتراق نیز به گونه‌ای طراحی شده که همواره سه لبه روتور در تماس با دیواره محفظه قرار گیرند و سه حجم آب‌بندی شده را بسازند. هر قسمت از این محفظه به یکی از چهار فرایند موتور (مکش، تراکم، احتراق، تخلیه) اختصاص دارد. پورت‌های مکش و تخلیه هر دو در دیواره محفظه تعبیه شده‌اند که هیچ‌گونه سوپاپی برای این پورت‌ها وجود ندارد. پورت تخلیه مستقیماً به اگزوز خودرو راه دارد و پورت مکش به دریچه گاز. مجاری ورود مخلوط سوخت و هوا و خروج دود روی محفظه قرار دارند. توجه به این نکته حائز اهمیت است که هیچ شیر یا دریچه‌ای سر راه مجاری قرار ندارد و مجاری سوخت مستقیماً به گلویی کنترل بنزین و مجاری تخلیه مستقیم به بخش اگزوز متصل هستند. این در حالی است که در موتورهای پیستونی مجاری توسط سوپاپ کنترل می‌شوند.

محور خروجی: محور خروجی دارای یک برآمدگی مدور (بادامک) می‌باشد که نسبت به خط مرکزی محور، خروج از مرکز دارد. هر روتور روی یکی از این بادامک‌ها سوار می‌شود. این بادامک همانند یک میل‌لنگ در موتورهای پیستونی عمل می‌کند. از آنجا که این بادامک‌ها دارای یک خروج از مرکز می‌باشند،

■ اساس کار موتور وانکل

اساس کار موتور وانکل مانند سایر موتورهای احتراق داخلی است که در آن، انرژی شیمیایی به حرارتی و بعد به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود. در موتور وانکل مانند موتورهای بنزین "چهار زمانه" وجود دارد که مخلوط هوا و بنزین وارد محفظه‌ای از موتور می‌شود. سپس با کوچک شدن حجم آن، مخلوط هوا و بنزین تحت فشار قرار گرفته و با ایجاد جرقه از طریق شمع انفجار حاصل می‌شود. مولکول‌های گاز بر اثر احتراق منبسط می‌شوند. بنابراین، فشار محفظه تراکم به شدت بالا رفته و نیروی آن به روتور اعمال می‌شود. نهایتاً، بدلیل اختلاف مرکز دوران بین روتور و میل‌لنگ، نیروی چرخش در روتور تولید می‌گردد.



این نیروی چرخشی به بادامک محور که در داخل روتور قرار دارد، وارد می‌شود و باعث چرخش محور متصل به چرخ‌ها می‌شود. در موتورهای پیستونی چرخه‌ی کامل در چهار زمان و یا در دو زمان انجام می‌شود. در موتور وانکل نمی‌توان این اصطلاح را بکار برد زیرا حرکت مشخصی در یک زمان مشخص قابل تفکیک نیست، تنهائی می‌توان گفت عملیات انجام شده چرخه‌ای خودکار است.

■ مزیت‌های موتور وانکل

تعداد قطعات متحرک در موتور وانکل در مقایسه با موتور چهار زمانه پیستونی بسیار کمتر است. همین موضوع موجب می‌شود طراحی این موتور ساده‌تر و قابلیت اطمینان آن بالاتر باشد. اندازه و وزن این موتور، در حدود یک سوم موتور پیستونی است. در حالی که می‌تواند همان توان خروجی را فراهم کند. از این رو، نسبت توان به وزن افزایش یافته است.

■ معایب موتور وانکل

در این موتور، هر یک از محفظه‌ها دمای متفاوتی دارد. در نتیجه، انبساط نقاط مختلف محفظه اصلی، متفاوت خواهد بود. از این رو در برخی شرایط، روتور نمی‌تواند محفظه را به طور کامل آب بندی کند. مرحله احتراق، طولانی و در حال حرکت اتفاق می‌افتد. همین امر باعث می‌شود این مرحله به کندی انجام شود و ممکن است گاهی اوقات بدون اینکه احتراقی صورت بگیرد، مخلوط سوخت و هوا از آگزوز خارج شوند. با توجه به احتمال خروج سوخت تازه از آگزوز، این موتور نیم‌تواند در برخی از بندهای استانداردهای بین المللی نمره قبولی کسب کند.

■ مزایای موتور وانکل در مقایسه با موتور پیستونی

۱. قطعات متحرک کمتر: موتورهای دورانی در مقایسه با موتورهای چهار زمانه پیستونی، قطعات متحرک کمتری دارند. یک موتور دورانی دو روتور، مجموعاً سه قطعه متحرک اصلی دارد: دو روتور و محور خروجی این در حالی است که ساده‌ترین موتورهای پیستونی چهار سیلندر، حداقل ۴۰ قطعه متحرک دارد، مانند پیستون‌ها، شاتون‌ها، میل لنگ، میل بادامک، سوپاپ‌ها، فنر سوپاپ‌ها، اسبک‌ها، تسمه تایمینگ کم بودن قطعات متحرک می‌تواند دلیلی بر قابلیت اعتماد و اعتبار

موتورهای دورانی باشد و به همین دلیل است که کارخانه‌های سازنده وسایل هوانوردی (هواپیما و کایت‌های با موتور احتراق داخلی)، موتورهای دورانی را به موتورهای پیستونی ترجیح می‌دهند.

۲. کارکرد نرم و بدون لرزش: موتور دورانی به دلیل تقارن خاص قطعات گردنده، دارای یک نوع بالانس داخلی است که هرگونه ارتعاش و لرزشی را از بین می‌برد. همچنین انتقال قدرت در موتورهای دورانی نرم‌تر است، زیرا هر احتراق در طول ۹۰ درجه چرخش روتور حاصل می‌شود و از آنجایی که چرخش محور خروجی سه برابر چرخش روتور است، پس هر احتراق در طول ۲۷۰ درجه چرخش محور خروجی حاصل می‌گردد.

۳. حرکت آهسته: از آنجا که گردش روتور، یک سوم گردش محور خروجی آن است، قطعات اصلی موتور آهسته‌تر از قطعات موتورهای پیستونی حرکت می‌کنند که این موضوع قابلیت اطمینان به این موتور را بالا می‌برد و قطعات آن استهلاک کمتری خواهند داشت.

■ کاربرد موتورهای وانکل

از جمله مصارف این موتور می‌توان در صنایع نظامی به عنوان پیشران وسایل پرنده سبک و همچنین در موارد متعددی صنایع خودرو فقط در مزدا (مدل‌های RX7 و RX8) و بنز C111 و کانسپت نام برد. شرکت مزدا در تولید و توسعه خودروهایی که از موتور دورانی استفاده می‌کنند، سابقه طولانی دارد. مزدا RX7 که در ۱۹۷۸ به بازار خودرو آمد، موفق‌ترین خودرو با موتور دورانی بوده است، ولی قبل از آن خودروها، کامیون‌ها و حتی اتوبوس‌هایی با موتور دورانی تولید شده بودند. سرآغاز آن‌ها نیز کوسمو اسپورت در ۱۹۶۷ بود. آخرین سالی که RX7 در آمریکا فروخته شد، سال ۱۹۹۵ بود، ولی پیش بینی می‌گردد که موتورهای دورانی در آینده‌ای نزدیک به بازار خودرو بازگردند. مزدا RX7 خودرو جدیدی از شرکت مزدا است که یک موتور دورانی جدید و برتر به نام «رنه سیس» را عرضه کرده است. این موتور که موتور بین‌المللی سال ۲۰۰۳ نامیده شد، به صورت طبیعی مکش دارد و یک موتور دو روتوره می‌باشد که قدرت آن ۲۵۰ اسب بخار است.

■ وانکل‌های سپاه

با توجه به این نیاز، متخصصان سپاه پاسداران انقلاب اسلامی با تولید ۲ موتور وانکل در ابعاد و کارکردها مختلف، قدرت عملیاتی پهپاد های نیروی هوافضا را بالا برده‌اند، چیزی که سردار حاجی زاده فرمانده نیروی هوافضای سپاه پاسداران ۸ آذر سال ۹۳ در قالب افزایش برد پهپاد های سپاه خبر داده و گفته بود: "هر چند که ابتدا، پهپاد مهاجر برد ۳ کیلومتری داشت اما امروز با ساخت انواع پهپاد با تنوع مأموریتی مختلف شعاع عملیاتی آنها نیز تا ۳ هزار کیلومتر افزایش یافته که این مسئله یک خودکفایی بزرگ در صنعت دفاعی محسوب می‌شود." شاید یکی از مهمترین دلایل افزایش برد پهپادهای سپاه به ۳ هزار کیلومتر، نصب و به کارگیری موتورهای وانکل روی این پهپاد هاست؛ سردار سلامی جانشین فرمانده کل سپاه هم درباره این تحول گفته بود: "امروز به یک نقطه بسیار قابل قبولی در این زمینه رسیده‌ایم؛ این توانمندی ما در این فناوری در حدی است که به عنوان مثال یکی از پهپاد های ما با ویژگی رادار گریزی ۳۰ ساعت مداومت پرواز دارد و شعاع عملیاتی آن نیز حدود ۳ هزار کیلومتر است که هم در بخش شناسایی و هم در بخش تهاجمی کاربرد فوق‌العاده‌ای دارد."

معرفی نسل بعدی وسایل نقلیه سوخت سلولی



امیرحسین محمدی،
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه بوعلی سینا همدان



به گفته‌ی هیوندای، از زمان راه اندازی اولین سلول سوختی تولید شده در جهان در سال ۲۰۱۳، این شرکت اجزای تشکیل دهنده آن را برای ساختن سیستم کوچک‌تر، سبک‌تر و قوی‌تر بازنگری کرده است. در نتیجه، سلول سوختی نسل دوم هیوندای دارای بالاترین راندمان سیستم در جهان است که در هر ۱۰۰ کیلومتر ۱ کیلوگرم هیدروژن مصرف می‌کند.

هیوندای پیشگام در فن آوری سلول‌های سوختی است و از سال ۱۹۹۸ تحقیق و توسعه را برای آن آغاز کرده است. و در سال ۲۰۱۳ پیشگام تجاری سازی وسایل نقلیه سلولی سوخت هیدروژن و سلول سوختی ix35 به بازار است. هیوندای اولین خودروساز جهان با تولید انبوه خودروی سلولی سوخت هیدروژن شد. تلاش بی‌سابقه‌ای در صنعت خودرو!

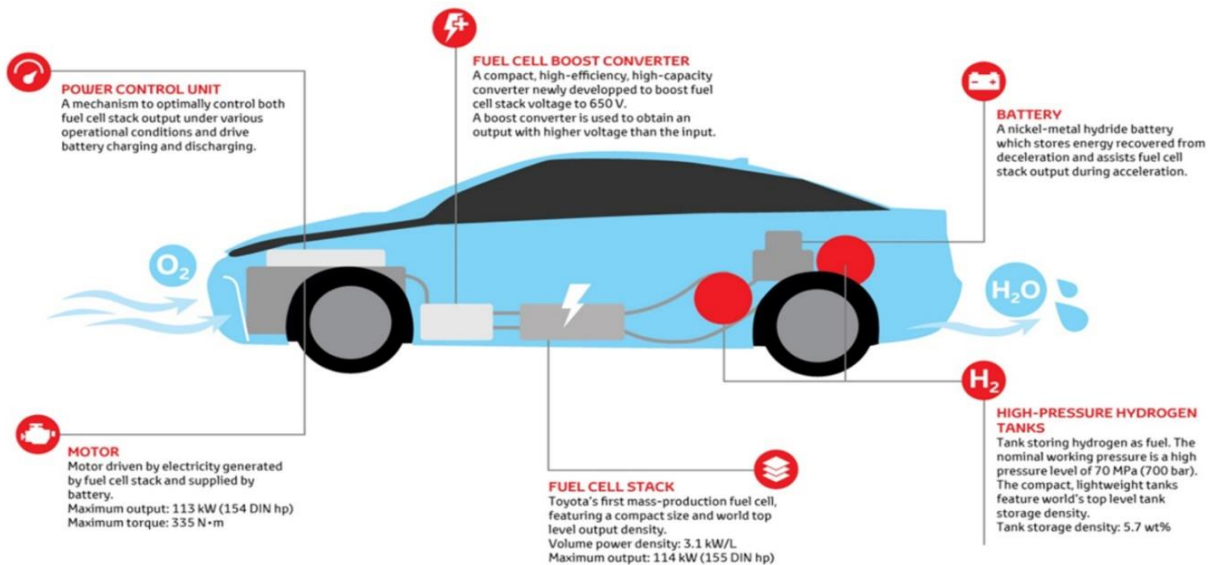
شرکت هیوندای، سرمایه‌گذاری سنگینی بر فناوری خودروهای هیدروژنی داشته‌است. در ادامه به بررسی نسل دوم خودروی سلول سوختی این شرکت کره‌ای، با نام نکسو می‌پردازیم.

این خودرو فقط اولین خودروی هیدروژنی دنیا نیست، بلکه پرچمدار فناوری‌های هیوندای است و روزانه از هیدروژن که یکی از فراوان‌ترین عناصر موجود در روی زمین است استفاده کرده و آن را به الکتریسیته تبدیل می‌کند و خروجی آن فقط آب و هوای پاک است که کمک شایانی به حفظ و بقای محیط زیست می‌کند.

سیستم سوخت سلولی نکسو ۲۰۲۰ از ترکیب اکسیژن و هیدروژن برای ایجاد الکترون‌ها که موتور الکتریکی را تغذیه می‌کند استفاده می‌کند و باتری با ولتاژ بالای ۵۶/۱ کیلو وات ساعت را شارژ می‌کند. این محصول ضمن تولید هیچ ذراتی یا انتشار گازهای گلخانه‌ای به غیر از هوای تصفیه شده و قطرات آب تمیز، بهترین عملکرد را در کلاس خود ارائه می‌دهد. نکسوی جدید همزمان با مدت زمان شارژ شدن پنج دقیقه‌ای و برد چشمگیر ۴۱۴ مایل، جایگزین مناسبی برای موتور احتراقی و رفت و آمدهای روزمره و سفرهای طولانی می‌باشد.



Fuel cell electric technology explained



این خودرو با دو مدل Blue به قیمت ۵۸۷۳۵ دلار و Limited به قیمت ۶۲۱۸۵ دلار عرضه شده است. ویژگی‌ها و امکانات مدل Blue شامل موارد زیر است:

- ۳۸۰ مایل رانندگی و شارژ دهی
- مصرف سلول سوختی هیدروژن
- رینگ‌های ۱۷ اینچی
- سیستم کمک به جلوگیری از برخورد به جلو با تشخیص عابر پیاده
- LCD 3/12 اینچی لمسی مسیریابی
- دارای Android Auto و Apple CarPlay

همچنین ویژگی‌ها و امکانات مدل Limited این خودرو شامل موارد زیر است:

- ۳۵۴ مایل رانندگی و شارژ دهی
- مصرف سلول سوختی هیدروژن
- رینگ‌های ۱۹ اینچی
- سانروف با قدرت آفتاب‌گیری
- مانیتور نمایش نقطه کور
- کمک پارکینگ هوشمند از راه دور

نکسو واقعاً خودروی شگفت‌انگیزی است. با وجود تمام محدودیت‌های که برای این خودرو هست ولی هنوز هم این مدل یک پیشرفت فوق‌العاده و تأثیرگذار در صنعت خودروهای سلول سوختی محسوب می‌شود. هرچند که استفاده جهانی و فراگیر از سوخت هیدروژن شروع نشده یا حتی نزدیک هم نیست ولی نکسو کمک می‌کند تا نشان دهد که این هدف قابل دستیابی‌تر از آن چیزی است که به نظر می‌رسد.



ونتیلاتور



صبا تشکر انزابی،
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه قم

برای فعال کردن تنفس مصنوعی برانگیخته می‌کند.



ونتیلاتورهای فشار مثبت در چهار نوع فشار ثابت، حجم ثابت، زمان ثابت و فرکانس بالا می‌باشند که در زیر به بررسی مختصر هریک می‌پردازیم:

۱. فشار ثابت‌ها؛ حجم جاری ثابت را زمانی پایان می‌دهند که فشار راه‌های هوایی بیمار به حد از پیش تنظیم شده برسد؛ بنابراین، با تنظیم مقادیر بالاتر فشار بر روی دستگاه، می‌توان حجم بیشتری را به ریه‌ها رساند. فشار راه‌های هوایی بیمار در این نوع تهویه ثابت (برابر با فشار تنظیمی بر روی دستگاه) و حجم متغیر است.

۲. در دستگاه‌های حجم ثابت مرحله دم یا جریان گاز به داخل ریه‌ها زمانی پایان می‌پذیرد که حجم از پیش تنظیم شده بر روی دستگاه، در داخل ریه‌ها گنجانده شود. دستگاه رساندن حجم را تا رسیدن به حجم تنظیمی ادامه خواهد داد که یکی از مزیت‌های بارز این مد هاست. زیرا پیش از سایر مد‌ها توانایی کنترل تهویه و اکسیژناسیون (تکنیکی برای فراهم ساختن حمایت قلبی و تنفسی خارج از بدن با هدف احیای قلبی-تنفسی) را دارد و حجم از پیش تنظیم شده را (با فشارهای متفاوت) به ریه‌های بیمار تحویل می‌دهد. همین مزیت دلیل کاربرد گسترده از این ماشین‌ها در کنترل بیماران دچار اختلالات حاد تهویه‌ای است. از معایب آن این که ممکن است فشار راه‌های هوایی را در حد مقادیر خطرناک بالا برده و بیمار را در معرض خطر ابتلاء به باروتروما (آسیب فیزیکی ناشی از تغییرات فشار محیط اطراف روی فضاهای هوایی موجود در حفرات بدن انسان) قرار دهد.

۳. زمان ثابت‌ها به دلیل تحت کنترل بودن زمان، سرعت جریان بایستی به گونه‌ای تنظیم شوند که حجم جاری مورد نظر در آن زمان وارد ریه‌ها شود. از این ماشین‌ها به ویژه در تهویه ریه کودکان و نوزادان استفاده می‌شود.

ونتیلاتور یا دستگاه تنفس مصنوعی، دستگاهی است که با توجه به شرایط بیمار به عمل تنفس کمک می‌کند و یا برای بیمارانی که قادر به تنفس نیستند، تنفس را بصورت کامل انجام می‌دهد. دستگاه به نحوی طراحی شده است تا هوای قابل تنفس (در صورت نیاز هوا با درصد اکسیژن بیشتر) را به داخل ریه‌ها بفرستد و پس از اینکه از پر شدن شش و ریه‌ها از اکسیژن مطمئن شد، با اندکی درنگ دی اکسید کربن را از ریه‌ها خارج کند و با تکرار مجدد این روند به هوا رسانی به قسمت‌های مختلف بدن کمک می‌کند. از این دستگاه بصورت عمده در بخش‌های مراقبت ویژه، بخش اورژانس و بیهوشی استفاده می‌شود و بصورت کلی دو دسته اند:

۱. ونتیلاتورهای فشار منفی که به شکل محفظه‌ای هستند که تمامی اطراف قفسه سینه یا بدن (بجز سر و گردن) را می‌پوشانند. در زمان دم، هوای درون محفظه تخلیه شده، منجر به ایجاد فشار منفی در درون محفظه گردیده، پس از آن موجب کشیده شدن دیواره قفسه سینه به بیرون و اتساع یا باز شدن آن می‌شود.

۲. ونتیلاتورهای فشار مثبت که در زمان دم، گاز را با فشاری بیشتر از فشار اتمسفر به درون ریه‌ها به جریان انداخته، یک فشار آلئول (انتهایی‌ترین بخش نای) مثبت ایجاد می‌کنند و موجب گستردگی و اتساع قفسه سینه می‌شوند. در این نوع تهویه، تعبیه و قرار دادن راه‌های مصنوعی یا همان لوله تراشه یا تراکستومی کافدار، ضروری است تا جریان هوا با حجم موردنظر به طور کامل در زمان دم با فشار مثبت وارد ریه‌ها شود.

آغاز تهویه مصنوعی با لوله‌گذاری تراشه فراهم می‌شود. لوله گذاری داخل تراشه، انتوبه کردن یا لوله‌گذاری نای به معنای قرار دادن یک لوله قابل انعطاف در داخل نای است. لوله تراشه یک کاتتر (لوله نازک، معمولاً بلند و قابل انعطاف) است که در داخل نای قرار داده می‌شود که هدف آن ایجاد و حفظ راه‌های هوایی مطمئن برای بیمار بوده تا تبادلات گازی به درستی انجام شود. لوله تراشه تقریباً همیشه از طریق دهان قرار داده می‌شود و گاهی اوقات بنا به شرایط از طریق بینی برای بیمار قرار داده می‌شود.

پس از آن با استفاده از دستگاه‌های پیشرفته که امروزه تحت کنترل ریز پردازنده‌ها هستند تنفس مصنوعی برای بیمار شروع می‌شود. ریزپرداز یا ریزپردازند تراشه کوچکی است که می‌تواند عملیات حسابی و منطقی را انجام دهد. این ریزپردازنده به تهویه کمک خواهد کرد.

پیکفولومتر به ریز پردازنده متصل می‌شود. این واحد توانایی بیمار را در تنفس به طور طبیعی با نظارت بر مصرف گاز کنترل خواهد کرد. بنابراین، اگر مقدار مصرف گاز به کمتر از مقدار مورد نظر تنزل کند، این واحد سیگنال‌های کنترل را به ریز پردازنده صادر خواهد کرد.

ریزپردازنده به نوبه خود سیگنال‌های راه‌اندازی را به فرمان‌یار ونتیلاتور که به بیمار متصل است صادر می‌کند.

دستگاه ریه نیز برای اندازه‌گیری پارامترهای مختلف تنفس به بیمار متصل است. ماشین‌های قلب و ریه سیستم‌هایی هستند که گردش و اکسیژن‌رسانی و فیلتراسیون خون را به عنوان جانشین موقت برای عملکرد گردش قلبی-ریوی خون بر عهده دارند. اگر پارامترهای اندازه‌گیری شده به اندازه کافی رضایت بخش نباشد، واحد دستگاه ریه، ریزپردازنده را

۴. فرکانس بالاها می‌توانند حجم‌های جاری کوچک (۵-۱ میلی لیتر بر کیلوگرم یا در حدود ۵۰ تا ۱۰۰ میلی لیتر بر کیلوگرم) را با فرکانس بالا (از ۱۵۰ سیکل در دقیقه یا ۲۰ دور در ثانیه) در اختیار ریه بیمار قرار دهند.

در حال حاضر گروهی از مهندسان موسسه فناوری جورجیا، دانشگاه کرانفیلد انگلستان و دانشگاه اموری آمریکا، یک آمبویگ طراحی کرده‌اند که قابلیت استفاده همزمان برای دو بیمار را دارد. آمبویگ یا بی‌وی‌ام یک مخزن هوایی متشکل از سیلیکونیا پلاستیک بوده که برای ایجاد فشار مثبت ریوی در شرایط پنوموتوراکس یا در تنفس مصنوعی هنگام احیای قلبی-ریوی استفاده می‌شود (پنوموتوراکس زمانی رخ می‌دهد که هوا در میان دیواره سینه و ریه، که فضای ریوی نامیده می‌شود، نفوذ کند). این دستگاه مجهز به شیر یک طرفه است که باعث می‌شود کیسه هوا بصورت خود به خود پر شده و خالی نشود. ونتیلاتور جدید ترکیبی از آمبویگ‌ها و یک وسیله نقلیه موتوری به منظور فشار دادن کیسه هوا و یک کنسانتره اکسیژن است. موضوع قابل توجه در مورد دستگاه جدید این است که دو آمبویگ آن به طور متناوب فشرده می‌شود؛ بنابراین، قابل استفاده همزمان برای دو بیمار است.



گروهی از مهندسان دانشگاه کالیفرنیا تصمیم گرفته‌اند تا با اصلاح دستگاه‌های تنفسی مانند دستگاه‌های بای‌پپ و سی‌پپ که برای درمان آپنه خواب (وقفه‌ی تنفسی) به کار می‌روند و نسبتاً فراوان هستند، این خلأ را پر کنند. در صنعت تجهیزات پزشکی هر دو نوع دستگاه دارای یک واحد قابل برنامه‌ریزی هستند و انتقال هوای فشرده از طریق ماسک‌ها و پوشش سر که با لوله به صورت متصل شده‌اند انجام می‌گیرد و ماسک و دستگاه را به هم وصل می‌کند. یک دستگاه فشار مثبت دو طرفه تنفسی بی‌پپ هوا را به عنوان یک دستگاه فشار جریان هوای همواره مثبت سی‌پپ ارائه می‌دهد و در عمل و طراحی به یک دستگاه سی‌پپ فشار پشت سر هم مثبت هوایی بسیار نزدیک است؛ اما دارای دو فشار متفاوت است. هر دو نوع ماشین، هوا را تحت فشار قرار داده که از طریق ماسک به راه‌های تنفسی بیمار روانه می‌شوند. فشار هوا از مسدود شدن عضلات گلو جلوگیری می‌کند و موانع تنفس را کاهش می‌دهد. هر دو ماشین بای‌پپ و سی‌پپ به بیماران کمک می‌کنند تا به سهولت و به طور پی‌در پی در خواب نفس بکشند. بی‌پپ‌ها می‌توانند زمان بندی تنفسی داشته باشند که میزان نفس‌ها را در هر دقیقه برای فرد مصرف کننده اندازه‌گیری کند. مهندسان دانشگاه مرلند نیز با تغییر شیردوش‌های استفاده نشده به دستگاه‌های تنفس مصنوعی، پنجره جدیدی رو به این چالش باز کرده‌اند. این مهندسان توانسته‌اند جریان هوا را در شیردوش‌ها معکوس کنند. به این معنی که شیردوش به جای مکیدن هوا و دوشیدن شیر، قادر به دمیدن هوا به ریه‌های بیماران است.

مهندسان بریتانیایی هم در حال تهیه یک نسخه مدرن از ونتیلاتورهای فشار منفی هستند که بیشتر با نام "ریه آهنی" شناخته می‌شود تا برای بیماران مبتلا به بیماری کووید-۱۹ که تحت مراقبت قرار دارند، یک جایگزین ساده و ارزان قیمت برای دستگاه‌های تنفس مصنوعی تهیه کنند. دستگاه‌های فشار مثبت متناوب با استفاده از فشار مثبت کار می‌کنند؛ یعنی آنها هوا یا اکسیژن را مستقیماً درون ریه‌ها پمپاژ و راه تنفس بیمار را باز می‌کنند. در حالی که ریه آهنی برعکس است و با کاهش فشار هوا در اطراف شش‌ها باعث تنفس می‌شوند. یک ریه آهنی در شکل کلاسیک خود، یک محفظه استوانه‌ای بزرگ و هوابندی شده (غیر قابل نفوذ هوا) که به اندازه کافی برای نگه داشتن یک فرد که سرش از یک انتها بیرون بماند، بزرگ است. داخل محفظه یک دیافراگم قرار دارد که به یک موتور الکتریکی وصل شده است. با چرخش موتور، میل‌لنگ شروع به کار می‌کند که باعث انقباض و انقباض دیافراگم می‌شود. با انجام این کار، حجم داخل محفظه بزرگ و کوچک می‌شود و باعث می‌شود فشار هوا افت و افزایش پیدا کند. این باعث می‌شود قفسه سینه بیمار منقبض و منبسط شود و به وی اجازه می‌دهد حتی اگر کاملاً فلج باشد، نفس بکشد.

محصول جدید که کاری مشترک از محققان دانشگاه "وارویک"، گروه هوافضا و دفاعی "مارشال"، بیمارستان گوش و حلق و بینی ملی رویال و گروه‌هایی از دانشمندان، پزشکان، دانشگاهیان، تولیدکنندگان و مهندسان است، "اکسوونت" نامیده می‌شود. این دستگاه بر خلاف دستگاه‌های تنفس مصنوعی فشار مثبت، نیازی به لوله‌گذاری ندارد و طراحی و عملکرد بسیار ساده‌تری دارد. به گفته طراحان آن، بیماران می‌توانند در طول استفاده از آن بیدار بمانند، دارو مصرف کنند، غذا بخورند و مایعات بنوشند و از طریق تلفن با عزیزان خود صحبت کنند. علاوه بر این، این دستگاه کارایی قلب را نسبت به ونتیلاتورهای معمولی ۲۵ درصد بیشتر بهبود می‌بخشد که می‌تواند عملکردهای قلبی را نیز تحت تأثیر قرار دهد. این دستگاه تنها با محصور کردن قفسه سینه کار می‌کند و برای کار، نیازی به هوای فشرده شده یا اکسیژن ندارد و تنها چند قسمت متحرک دارد که به راحتی هم در دسترس هستند.

یک شرکت تولید کننده رایانه‌های مخصوص بازی نیز یک ونتیلاتور توسعه داده است که ال‌ای‌وی نام دارد. این ونتیلاتور با استفاده از نسخه قدیمی کیس پی‌سی اف ۱۳۱ ساخته می‌شود که به طور اتوماتیک فعال می‌شود و مجهز به یک نمایشگر لمسی است.

اخیراً کارخانه‌های خودرو سازی مانند تسلا و فورد و نیز شرکت‌های اپل، تسلا و دایسون نیز به چالش ساخت ونتیلاتور پیوسته‌اند. در ایران نیز متخصصین شرکت سایپا اقدام به ساخت یک نمونه ونتیلاتور فشار مثبت از نوع آمبویگ نموده‌اند که علاوه بر قیمت تمام شده‌ی پایین، قابلیت تولید سریع را دارا می‌باشد. این نمونه‌ی اولیه آزمایشی بود و نمونه اصلی جهت اخذ تاییدیه‌های لازم در حال بررسی می‌باشد.

طی مصاحبه‌ی به عمل آمده از این شرکت در این نمونه از ونتیلاتورهای ساده معروف به اس‌وی‌کی به منظور ایجاد قابلیت تحریک دستی در حین بروز احتمالی نقص فنی به صورت قابل دسترسی طراحی شده‌اند تا بتوان آمبویگ را تحریک دستی کرد از قطعاتی مانند چرخدنده، گریپر (آلمانی که با حرکت دورانی خود آمبویگ را فشرده می‌سازد)، کنترلر و موتور استفاده شده که دارای قابلیت تنظیم کورس و سرعت می‌باشند. کورس میزان تنظیم زوایای حرکت گریپر می‌باشد به این معنا که چند درجه بسته شود و آمبویگ را فشار دهد تا بتوان میزان هوای ورودی به ریه را کنترل کرد.

ارزیابی تاثیر مدیریت فشار

محمدجواد راجی،

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی، دانشگاه علم و صنعت

چکیده

یکی از مهم‌ترین مسائل در شبکه‌های آبرسانی، مسئله نشت و تلفات آب می‌باشد. وجود نشت در تمام سیستم‌های توزیع آب، حتی شبکه‌های جدید، امری اجتناب ناپذیر است. از جمله تبعات نشت آب، نیاز به منابع تأمین آب با کیفیت مناسب، افزایش هزینه‌های تولید، تصفیه، انتقال و توزیع آب، ورود آلودگی به شبکه و... می‌باشد. بنابراین یکی از مشکلات بهره‌برداری در شبکه توزیع آب، میزان آب به حساب نیامده است که تلفات زمینه و نشت فیزیکی، از اجزاء مهم آن محسوب می‌شود. امروزه کاهش نشت با استفاده از مدیریت پارامترهای هیدرولیکی نظیر فشار در کنار پروژه‌های نشت‌یابی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا در این تحقیق یکی از زون‌های شبکه روستایی مجتمع شیردار کلا و گاوانکلا شهرستان بابل به دلیل بحرانی بودن فشار در غالب ساعات شبانه روز، بالا بودن معیار تراکم حوادث و نیز شرایط خاص توپوگرافی و اختلاف ارتفاع زیاد شبکه نسبت به مخزن، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این راستا با اجرای عملیات کنترل فشار مبتنی بر مدل سازی هیدرولیکی شبکه، میزان فشار متوسط قبل و بعد از اجرای عملیات مدیریت فشار به ترتیب ۸۶/۸ متر و ۴۱/۵ متر محاسبه گردید. در نهایت با کمک روش آنالیز اجزای نشت و شکستگی، میزان تلفات از ۴ لیتر بر ثانیه به ۱/۴ لیتر بر ثانیه کاهش یافت که برآورد می‌شود این مهم ۸۸۹ میلیون ریال کاهش هزینه سالیانه به همراه خواهد داشت.

مقدمه

در طول تاریخ، شکوفایی تمدن‌های بشری با دسترسی به منابع آب رابطه مستقیم داشته است. آب با تأثیر دوگانه کمی و کیفی خود که عامل تعیین کننده‌ای در توسعه اقتصادی و اجتماعی از ابتدای تمدن تاکنون به شمار رفته، برخلاف منابع دیگر هیچ جایگزینی نداشته و از این‌رو، به عنوان یک کالای غیرقابل برگشت باید تلقی گردد. به طور کلی عامل اصلی انتقال آب در شبکه‌ها، اختلاف هد فشاری بین دو نقطه می‌باشد. فشار بیش از حد استاندارد در گره‌های شبکه باعث ایجاد شکستگی و به موجب آن پدیده نامطلوب نشت می‌گردد. نشت از شبکه‌ها در اثر عواملی چون کیفیت پایین مواد مصرفی لوله‌ها و سایر اجزای شبکه، خطاهای طراحی، نگهداری نامناسب، فشار بالا در شبکه و عوامل تصادفی اتفاق می‌افتد با توجه به شکل یک، روش‌های کاهش نشت، شامل کنترل غیرفعال، برخورد روزمره با حوادث و شکستگی‌های گزارش شده و کنترل فعال نشت، مانند یافتن مستقیم محل نشت و ترمیم آن و تعویض خطوط لوله آسیب دیده و مدیریت فشار می‌باشد. در خصوص مدیریت منابع آب با کنترل فشار شبکه و با زون بندی و اجرای صحیح مدیریت فشار علاوه بر جلوگیری از شکستگی به کاهش تلفات و استفاده صحیح از منابع آبی رسید. از مشکلات اساسی فشار شبکه می‌توان به توزیع ناعادلانه آب بین مشترکین در مناطق مختلف، شکستگی لوله های آب و هدررفت آن و سایر موارد اشاره نمود که خود دلیلی بر دغدغه‌های مسئولین در امر آبرسانی می‌باشد.

مسائل حوزه تقاضا باعث شده که تحقیقات گسترده‌ای در زمینه کاهش میزان هدررفت واقعی و مدیریت بهینه فشار در داخل و خارج از کشور انجام بگیرد. در یک تحقیق در شبکه آب شهر یاسوج با کمک مطالعه انواع شبکه‌ها، وضعیت توپوگرافی و نحوه تقسیم بندی نواحی فشار، اقدام به مدیریت هوشمند فشار با استفاده از شیرهای فشار شکن با الگوی زمانی شد که این مهم باعث شد اثرات نامطلوب فشار به حد قابل توجهی تعدیل پیدا کند. در تحقیقی دیگر با کمک شبیه‌سازی هیدرولیکی در منطقه ۴ شهر تهران به تأثیر مثبت عملیات مدیریت فشار پی

برده شد؛ طبق نتایج حاصله، گروه تحقیقاتی دریافتند که کاهش فشار میانگین ۳ متر آب می‌تواند منجر به ذخیره آب به میزان ماهانه ۲۰۷۶۰ مترمکعبی گردد (زمانی، مهاجری وحسینی ۱۳۹۸). طبق مطالعه انجام شده توسط بابیک و همکاران (۲۰۱۴) روی شبکه آب کوتز صربستان، با کاهش فشار ورودی شبکه از ۲۹/۵ متر به ۱۷/۵ متر با استفاده از شیرهای کنترل فشار، از هدر رفت ۹۲۷ لیتر آب در روز جلوگیری کردند. نورهام سمیر و همکاران در سال ۲۰۱۷ روشی را به‌عنوان یک ابزار درست برای تصمیم‌گیری و تعیین راه‌حل مطلوب برای کاهش نشت توصیه کردند. آنان در این تحقیق، مدل سازی نشت به عنوان تابعی از فشار و طول لوله، ضریب نشت، استفاده از شیرهای فشار شکن برای ایجاد نوسان فشار انجام داده و سناریوهای مختلف را تحت نرم‌افزار هیدرولیکی برای به حداقل رساندن نشت از طریق تنظیمات مؤثر شیر توسعه دادند.

این رویکرد در یک منطقه ایزوله اندازه‌گیری (DMA) در اسکندریه مصر اعمال شد. کاربرد این رویکرد نتایج دلگرم‌کننده‌ای را ایجاد کرد، جایی که نشتی در DMA تا ۳۷ درصد برای بهترین سناریو حذف شد. بنابراین، این روش به‌عنوان یک ابزار درست برای تصمیم‌گیری و تعیین راه‌حل مطلوب برای کاهش نشت توصیه شده است. در سال ۲۰۱۸ کاراواری و همکاران با تحلیل هیدرولیکی شبکه تحت سه سناریو، تأثیر عملیات مدیریت فشار را در شهر کوس یونان مورد بررسی قرار دادند.



شکل شماره ۱: پارامترهای مؤثر بر کاهش نشت

آنالیز اجزاء (روش BABE)

آنالیز اجزاء هدررفت روشی است که طی آن حجم نشت موجود در شبکه مبنی بر نوع نشت و مدت زمان رخداد آن مدل سازی می شود. در واقع در این روش عوامل دخیل در رخداد نشت با استفاده از آمارهای حاصل از تعمیرات مورد ارزیابی قرار می گیرند. در دیدگاه BABE (روش آنالیز اجزاء نشت) فرض بر این است که تعداد سالانه تعمیرات بیانگر تعداد سالانه نشت و ترکیب جدید می باشد؛ که سپس این نشت ها به گروه های مختلف و با دبی های مختلف طبقه بندی می شوند. اگر زمان متوسط هر کدام از گروه های نشت و ترکیب ها به طور منطقی ارزیابی شود، آنگاه حجم سالیانه هدر رفت مربوط به گروه های مختلف را می توان محاسبه نمود. در صورت نبود اطلاعات اولیه دقیق، می توان از مقادیر مندرج در استانداردها که به عنوان یک برآورد اولیه هستند، استفاده کرد.

شکستگی های گزارش شده و گزارش نشده

$$Q_{LP} = FQ_{leak} \left(\frac{P_{av}}{50} \right)^N L t \quad (1)$$

$$Q_{SP} = FQ_{leak} \left(\frac{P_{av}}{50} \right)^N L t \quad (2)$$

QLP: نشت ناشی از شکستگی خطوط لوله

QSP: نشت ناشی از شکستگی انشعابات

F: فراوانی وقوع شکستگی در خط اصلی شبکه بر حسب کیلومتر بر سال و برای انشعابات فراوانی وقوع شکستگی انشعابات بر حسب ۱۰۰۰ انشعاب بر سال (جدول ۱)

QLeak: دبی نشت ناشی از شکستگی در فشار ۵۰ متر (جدول ۴)

t: مدت زمان کل وقوع شکستگی بر حسب ساعت (جدول ۵)

n: تعداد انشعابات بخش بر هزار (جدول ۳)

L: طول خط اصلی شبکه بر حسب کیلومتر (جدول ۳)

N: توان فشار در شبکه

نشت زمینه

$$Q_{BLP} = Q_{leak} \left(\frac{P_{av}}{50} \right)^N \quad (3)$$

$$Q_{BSP} = Q_{leak} \left(\frac{P_{av}}{50} \right)^N \quad (4)$$

QBLP: نشت زمینه از خطوط اصلی

QBSP: نشت زمینه از انشعابات

Pave: فشار متوسط شبکه بر حسب متر

N: توان فشار در شبکه

L: طول خط لوله اصلی بر حسب کیلومتر

n: تعداد انشعابات

Qleak: نرخ نشت از خطوط اصلی بر حسب لیتر بر

کیلومتر بر ساعت و برای انشعابات، نرخ نشت از انشعابات بر

حسب لیتر بر انشعاب بر ساعت (جدول ۶)

با توجه آمار حوادث شرکت آب و فاضلاب روستایی

شهرستان بابل، تعداد شکستگی های گزارش شده شبکه

توزیع و انشعابات زون مورد بررسی از مجتمع

شیردار کلا-گاوانکلا در سال ۹۷ در جدول (۱) آورده شده است.

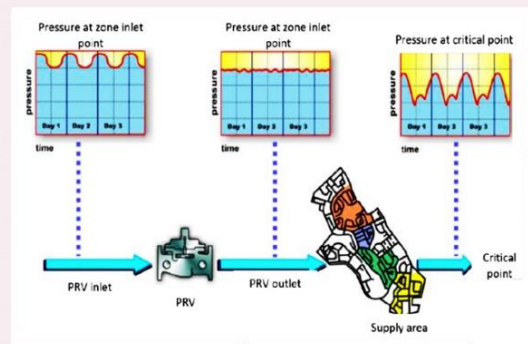
طبق نتایج سناریوی سوم که هم شبکه به مناطق مجزای اندازه گیری تقسیم بندی شد و هم مدیریت فشار با استفاده از نصب شیر فشار شکن در مناطق ورودی هر منطقه ایزوله انجام انجام گرفت، کمترین میزان نشت از شبکه حاصل گردید

در این تحقیق با شبیه سازی هیدرولیکی شبکه با نرم افزار EPANET2 و اجرای مناسب و کارآمد طرح مدیریت فشار با کمک نصب شیر فشار شکن (PRVs) در بهینه ترین موقعیت، کاهش فشار شبکه و به تبع آن کاهش نشت مورد بررسی قرار می گیرد. برای بررسی تأثیر اجرای طرح مدیریت فشار، فشار ساعت ۱۲ شب به عنوان ساعت کمترین مصرف و بالاترین فشار شبکه جهت تعیین فشار میانگین نقاط انتخاب گردیده است.

مواد و روش ها

به طور کلی مدیریت و کنترل فشار در شبکه به روش های مختلفی انجام می شود. در این تحقیق با توجه بررسی های تحقیقات پیشین می توان با نصب شیرفشار شکن در محل مناسب به نتیجه مطلوب رسید.

استفاده از شیر فشار شکن بهینه ترین و اقتصادی ترین روش می باشد شیر فشار شکن در تمام مدت شبانه روز یک فشار ثابتی در خروجی (فشار پیوسته) خود تأمین می کند و با افزایش و کاهش مصرف، فشار خروجی تغییر نمی کند و این در حالی است که در نقطه بحرانی دوردست (محل مصرف مشترکین) منحنی فشار متناسب با مقدار مصرف در شبانه روز متغیر است، به طوری که در اواخر شب با افزایش فشار و در اوایل روز با کاهش فشار روبرو است ولی خروجی فشار شکن هیچگونه تغییری نمی کند و با خروجی ثابت کار می کند که نمونه ای از آن در شکل شماره دو نشان داده شده است.



شکل شماره ۲: کنترل فشار با شیرفشار شکن با خروجی ثابت

به طور کلی فرایند ارزیابی و تعیین حجم نشت موجود در شبکه آبرسانی به سه روش انجام می شود (راهنمای بالانسینگ و راهنمای مدیریت هدررفت واقعی):

* روش بالا به پایین (بالانسینگ آب)

* آنالیز اجزاء (روش BABE)

* روش پایین به بالا (تعیین حداقل جریان شبانه)

روش بالانسینگ آب به دلیل مستقل بودن از فشار شبکه و روش پایین به بالا به دلیل نیاز به نصب دستگاه های اندازه گیری در مناطق ورودی و خروجی زون ها، در این تحقیق مورد بررسی قرار نمی گیرد.

جدول شماره ۶ مقادیر پیشنهادی برای نرخ نشت زمینه در فشار ۵۰ متر (برحسب شرایط زیر بنایی شبکه)

مولفه‌های تلفات زمینه	واحد	بد	متوسط	خوب
تلفات زمینه شبکه	لیتر بر کیلومتر بر ساعت	60	40	20
تلفات زمینه	لیتر بر کیلومتر بر ساعت	4.5	3	1.5
انشعابات				

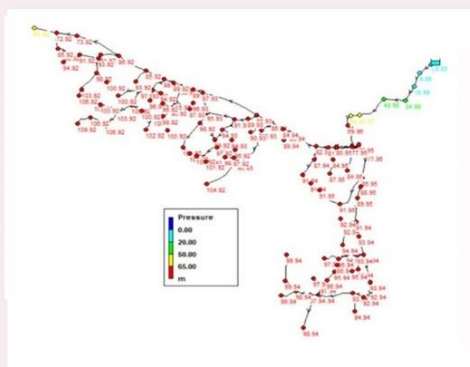
برای محاسبه حجم نشت، نیاز به محاسبه توان فشار در شبکه می‌باشد. با توجه به عدم وجود شرایط مناسب و عدم امکان استفاده از روش عملی، مقدار توان فشار با استفاده از بررسی اطلاعات و پژوهش‌های معتبر گذشته که در جدول (۷) آورده شده است، ۱ در نظر گرفته شده است. هرچند تغییر میزان N به $1/15$ ، اختلاف مقدار هدررفت ایجاد شده را به مقدار کمی تغییر خواهد داد.

جدول شماره ۷ محدوده تغییر و مقدار متوسط توان فشار

کشور	تعداد زون‌های مورد آزمایش	مقدار متوسط N	محدوده مقادیر N
انگلیس 1997	17	1/13	0/7 – 1/68
ژاپن 1979	20	1/15	0/63 – 2/12
برزیل 1998	13	1/15	0/52 – 2/79
انگلیس 2003	75	1/01	0/36 – 2/95

نتایج و بحث

پس از اجرای عملیات مدیریت فشار و با مقایسه بین شرایط هیدرولیکی شبکه پیش و پس از اجرای عملیات نتایج قابل توجهی استخراج گردید؛ به صورتی که شرایط هیدرولیکی شبکه پیش از اجرای طرح مدیریت فشار در شکل (۳) برای ساعت ۱۲ شب به عنوان زمان کمترین مصرف، طبق الگوی زمانی مصرف موجود، نشان داده شده است.



شکل شماره ۳ شرایط هیدرولیکی شبکه پیش از عملیات PM

جدول شماره ۱ آمار حوادث گزارش شده مجتمع

روستا	شبکه توزیع	انشعابات
زون مورد بررسی	73	58

با توجه به اینکه برای افزایش دقت در محاسبات، نیاز به تخمین حوادث گزارش نشده شبکه توزیع و انشعابات می‌باشد، بنابراین می‌توان از استانداردها و فرضیات موجود در جدول (۲) استفاده کرد.

جدول شماره ۲ اطلاعات پایه برای تخمین شکستگی‌های گزارش نشده در یک سال

ردیف	بخش‌های مختلف شبکه	تعداد شکستگی‌های گزارش نشده	دبی شکستگی‌های گزارش شده
1	شبکه توزیع	5 تا 10٪ شکستگی‌های گزارش شده	$Q/2$ شکستگی گزارش شده
2	انشعابات	30 تا 35٪ شکستگی‌های معادل Q شکستگی گزارش شده	گزارش شده

طول شبکه و تعداد مشترکین زون مورد بررسی در جدول (۳) آورده شده است. میزان دبی نشت ناشی از شکستگی‌های گزارش شده و گزارش نشده برای شبکه توزیع و انشعابات، طبق استاندارد موجود در جدول (۴) می‌باشد. لازم به ذکر است که تمامی مقادیر دبی نشت در جدول شماره (۴) بر حسب (m^3/h) عنوان شده است. مدت زمان کل وقوع شکستگی با توجه به اطلاعات شرکت آب و فاضلاب منطقه در جدول (۵) آورده شده است. میزان دبی نشت‌های زمینه نیز با توجه به شرایط زیر بنایی شبکه مورد بررسی قرار گرفته و برای سه حالت شرایط زیر بنایی بد، متوسط و خوب در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول شماره ۳ طول و تعداد انشعابات شبکه

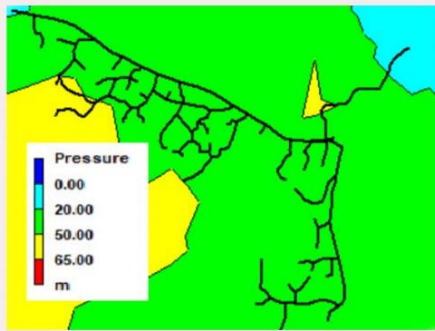
روستا	تعداد انشعابات (فقره)	طول شبکه (کیلومتر)
شبکه مورد	514	10/7

جدول شماره ۴ مقادیر پیشنهادی جهت محاسبه حجم آب تلف شده ناشی از شکستگی‌ها

جزئیات	شکستگی‌های گزارش شده	شکستگی‌های گزارش نشده
شبکه	فراوانی وقوع دبی نشت	فراوانی وقوع دبی نشت
توزیع	0.15 بر کیلومتر برسال	0.008 بر کیلومتر برسال
انشعابات	2.5 بر 1000 انشعاب	0.825 بر 1000 انشعاب

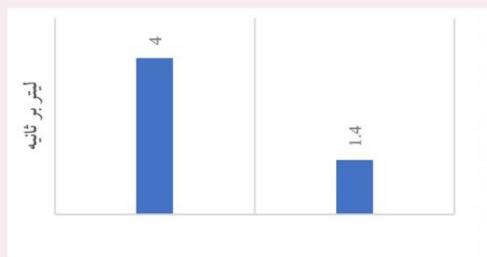
جدول شماره ۵ متوسط مدت زمان حادثه

روستا	شبکه توزیع (ساعت)	انشعابات (ساعت)
زون مورد بررسی	24	72

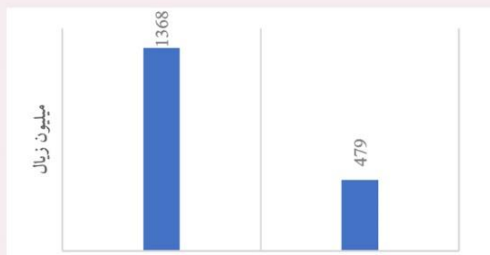


شکل شماره ۷ وضعیت میانگین فشار نقاط پس از PM

در نهایت پس از بررسی های صورت گرفته میزان هدررفت آب به طور قابل توجهی بهبود یافته و زیان شرکت از ۱,۳۶۸,۰۰۰,۰۰۰ ریال در سال به ۴۷۹,۰۰۰,۰۰۰ ریال در سال کاهش یافته و این یعنی در مجموع ۸۸۹,۰۰۰,۰۰۰ ریال سودآوری سالیانه نصیب شرکت خواهد شد. میزان هدررفت آب و هزینه تلفات سالیانه پیش و پس از عملیات مدیریت فشار به ترتیب در شکل های (۸ و ۹) نشان داده شده است.



شکل شماره ۸ میزان هدررفت واقعی



شکل شماره ۹ هزینه تلفات سالیانه

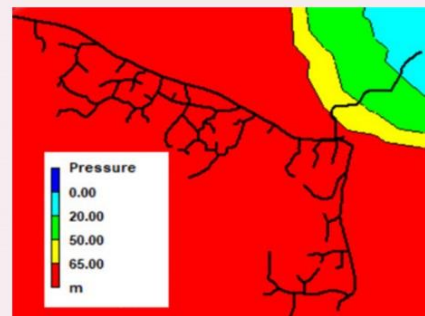
نتیجه گیری

مطالعه کنونی که بر اساس تحلیل هیدرولیکی با کمک نرم افزار شبیه ساز هیدرولیکی EPANET2 انجام گرفت، با استفاده از فرآیند سعی و خطا بهینه ترین نقطه برای اجرای برنامه مدیریت فشار و نصب شیر فشار شکن انتخاب گردید و با کمک تحلیل صورت گرفته لزوم اجرای عملیات مدیریت فشار در شبکه اثبات شد. به طور کلی برای بهبود شرایط هیدرولیکی پس از عملیات مدیریت فشار می توان با استفاده از آمار حوادث موجود، در مناطقی که تکرار وقوع حوادث زیاد است اقدام به تعویض خطوط لوله و انشعابات شود؛ زیرا پیش بینی می شود حجم قابل توجهی از نشت های زمینه از این نواحی رخ می دهد. به طور کلی مهم ترین دستاوردهای این مطالعه شامل موارد زیر می شود:

- کاهش حجم تلفات به میزان ۶/۲ لیتر بر ثانیه
- کاهش میانگین فشار شبکه از ۸/۸۶ به ۵/۴۱ متر
- کاهش ۸۱ درصدی نقاطی که فشار آن ها بیش از ماکزیمم فشار مجاز (۵۰ متر) است.
- سودآوری حدود ۹۰۰ میلیون ریالی در سالیانه
- افزایش رضایت مشترکین

همانطور که مشاهده می شود در حالتی که عملیات مدیریت فشار اجرا نشده، فشار شبکه در تمامی نقاط پایین دست مخزن در وضعیت بحرانی قرار داشته که این موضوع سبب ایجاد نشت و شکستگی های مکرر می شود؛ بنابراین حجم قابل توجهی از آب هدر می رود، که این موضوع نارضایتی مشترکین و زیان شرکت را در پی خواهد داشت. طبق نتایج حاصل مشاهده می شود بیش از ۹۶٪ از نقاط، فشاری بیش از حداکثر فشار مجاز تعریف شده (۵۰ متر) دارند.

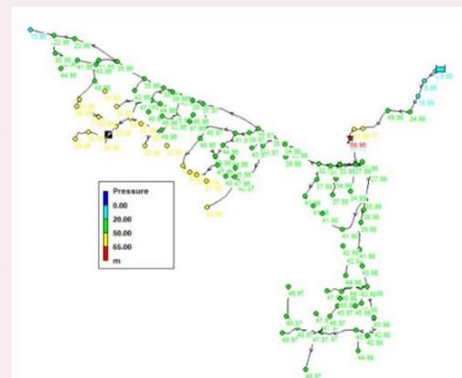
در شکل (۴) میانگین فشار تمامی نقاط شبکه پیش از اجرای عملیات مدیریت فشار نشان داده است، همانطور که مشاهده می شود، فشار تمامی نقاط پایین دست به طور میانگین در وضعیت بحرانی قرار دارند.



شکل شماره ۴ میانگین فشار نقاط پیش از عملیات PM

پس از اجرای بهینه مدیریت فشار و نصب شیر فشار شکن در موقعیت مناسب با استفاده از فرآیند سعی و خطا و تنظیم فشار خروجی شیر فشار شکن در فشار ۲۰ متر، وضعیت شبکه به طور قابل ملاحظه ای بهبود یافت، به گونه ای که فشار شبکه در تمامی ساعات از جمله ساعت ۱۲ شب که بیشترین فشار را دارد نیز به وضعیت ایده آل رسید. شرایط هیدرولیکی شبکه پس از اجرای عملیات مدیریت فشار برای ساعت ۱۲ شب در شکل (۵) نشان داده شده است.

پس از اجرای بهینه طرح مدیریت فشار تنها ۱۵٪ از نقاط شبکه به طور میانگین فشاری بیش از ماکزیمم فشار مجاز دارند. وضعیت میانگین فشار شبکه نیز پس از اجرای عملیات مدیریت فشار به طور قابل توجهی بهبود یافت؛ در این حالت وضعیت غالب نقاط شبکه به صورت ایده آل بوده و تنها تعدادی از نقاط پایین دست در وضعیت درآستانه بحرانی بودن قرار دارند. کانتور میانگین فشار شبکه پس از اجرای عملیات مدیریت فشار در شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل شماره ۵ شرایط هیدرولیکی شبکه پس از عملیات PM



اعضای اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی مکانیک ایران (مجمع چهارم)

سید سعید موسوی
دبیر اتحادیه و مدیرمسئول نشریه



محمدجواد راجی
مسئول کمیته آموزش و سردبیر نشریه



محمد قربانی فارمد
مسئول کمیته ارتباط با صنعت



امیرحسین سالاری
مسئول کمیته نشر و انفورماتیک



علی نهایت فخار
مسئول کمیته همایشات و مسابقات



سید یونسی
مسئول کمیته پژوهش



سید مهدی موسوی
مسئول کمیته روابط عمومی



وحید کیخای مقدم
بازرس اتحادیه



سهند شریفی
بازرس علی البدل اتحادیه





سومئ

SUMEI

اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی مکانیک ایران را در شبکه‌های مجازی دنبال کنید:



/sumei_official



/sumei_official