

در حالت اتومات

۱- بمنظور اجتناب از اتلاف حرارتی تاندیش در زمان ریخته گری و به حداقل رساندن مقدار هیدروژن داخل مذاب، لازم است حدود ۵ ساعت قبل از زمان پیش بینی شده جهت تخلیه کوره قوس الکتریک طبق منحنی حرارتی ارائه شده پیشگرم تاندیش را آغاز نموده و دمای آن به ۱۱۵۰ و ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد بررسد و تا زمان قرار گرفتن «پایل» بر روی برج گردان در این دما حفظ شود. (با تشخیص سربرست شیفت)

در حالت دستی

(الف) شرایط عادی :

- ۱- پس از استقرار تاندیش روی تاندیشکار ۲ مشعل روشن شود.
- ۲- حدود ۴/۵ ساعت قبل از شروع ریخته گری دو مشعل دیگر روشن شود.
- ۳- یک ساعت بعد دو مشعل دیگر روشن شود.

(ب) شرایط اضطراری :

منظور از شرایط اضطراری زمانی است که به دلایلی مذاب آماده شده ولی تاندیش روی بسطح استگاه آماده نباشد در این صورت تاندیش را طبق دستورالعمل زیر پیشگرم کنید.

۱- دو مشعل روشن شود.

۲- پس از ۲۰ دقیقه دو مشعل دیگر روشن شود (چهار مشعل)

۳- پس از ۲۰ دقیقه دو مشعل دیگر روشن شود (شش مشعل)  
بازرگی های فنی

قبل از استفاده از تاندیش چهت ریخته گری لازم است بازرگی های زیسر در طول پیشگرم کردن تاندیش انجام گیرد:

- ۱- کنترل وضعیت نسوز تاندیش و اطمینان از سلامت آن.
- ۲- اطمینان از سته بودن وجود کک در داخل استکانی ها.
- ۳- کنترل وضعیت مشعل های پیشگرم کن و اطمینان از روشن بودن و عملکرد صحیح آن.

نکات ایمنی

رعایت نکات ایمنی زیر در هنگام آماده سازی تاندیش الزامی است:

- ۱- قبل از ریختن کک به داخل استکانی های تاندیش لازم است آنرا کاملاً خشک نمود.
- ۲- استفاده از ماسک صورت در زمان ریختن کک و همچنین بازرگی های پشمی از داخل تاندیش الزامی است.

عملیات ریخته گری

(الف) اتاق کنترل اصلی

(ب) قرار دادن دامی بار

(ج) سکونسهاي اتوماتيك قرار گرفتن دامی بار

ریخته گری :

(الف) سیکل عملکرد پاتیل و تاندیش :

۱- قرار دادن پاتیل روی بازوی برج گرداننده پاتیل.

۲- نصب سیلندر دریچه کشویی و شلنگ های خنک کننده آن.

۳- مشعل های پیشگرم تاندیش را خاموش کنید.

(ب) شروع ریخته گری :

- ۱- یکبار دریچه کشویی را عقب و جلو نموده تا از عملکرد صحیح دریچه اطمینان حاصل کنید.



۲- تاندیش را به وسیله مذاب پر کنید تا به مقدار ۸ تا ۱۰ تن برسد و در صورت نیاز مقداری پودر تاندیش یا سبوس روی سطح ذوب داخل تاندیش بریزید.

ج) راه اندازی شاخه ها :

۱- کنترل کنید «پتانسیومتر»ها در وضعیت عدد صفر باشد.

۲- تنظیم کننده وضعیت را از حالت آمادگی به حالت ریخته‌گری تغییر دهید.

(۳) بررسی های لازم در سطح ریخته‌گری در زمان ریخته‌گری :

۱- سطح مذاب داخل تاندیش کنترل گردد.

۲- پودر تاندیش در دسترس باشد.

۳- سیلیکون کلسیم در دسترس باشد.

۴- لاس اکسیژن در دسترس باشد.

پایان ریخته‌گری :

(الف) پایان ریخته‌گری پاتل :

۱- در هر مرحله ریخته‌گری لازم است پاتل مذاب بعدی ۱۰ دقیقه قبیل از خالی شدن پاتل قبیل روی برج گرداننده قرار گیرد تا سیلندر دریجه کشویی و شلینگ هوای مربوطه به آن نصب گردد.

۲- زمانی که وزن «پاتل» قبیل به صفر رسید و یا به مرحله ای رسید که دیده شد سرباره از آن خارج می‌شود، دریجه کشویی پاتلی که در حال ریخته‌گری است باید بسته شود.

۳- پاتل قبیل را توسط جرثقیل سقفی به محل تخلیه سرباره منتقل کرده و تخلیه نمایید و سپس آن را به محل تعمیر دریجه کشویی منتقل کنید.

ب) پایان ریخته‌گری تاندیش :

شاخه ها طبق مراحل زیر بسته شوند:

- ابتداء شاخه های ۱ و ۶ را بیندید (زمانی که تقریباً ۱۸ تن مذاب داخل تاندیش است).

- در مرحله دوم شاخه های ۲ و ۵ را بیندید (زمانی که تقریباً ۱۲ تن مذاب داخل تاندیش است).

ج) اقامتات مورد نیاز در شرایط غیر نرمال :

۱- توقفات ناشی از برق :

- فوراً جریان مذاب را از تاندیش توسط ناوادانی منحرف نموده و سریعاً توسط ابزار مناسب استکانی تاندیش را مسدود کنید.

- سریعاً شمش ها را از شاخه ها خارج کنید.

۲- قطع آب خنک کننده مدار اولیه :

- سریعاً جریان مذاب از تاندیش توسط ناوادانی متوقف کرده و با ابزار مناسب استکانی را مسدود کنید.

- سریعاً شمش ها را از شاخه ها خارج کنید.

عیوب ریخته‌گری

مهترین عیوبی که در بیلت ریخته‌گری شده بوجود می‌آیند عبارتند از

۱- عیوب سطحی

۱-۱- ترک های طولی لبه (کناری)

۱-۲- ترک های سطحی طولی

۱-۳- ترک های عرضی لبه ای (کناری)

۱-۴- ترک های عرضی سطحی

۱-۵- حفره طولی

۱-۶- عیوب داخلی

۱-۷- ترک های طولی لبه (کناری)

۱-۸- ترک های سطحی طولی

۱-۹- ترک های عرضی لبه ای (کناری)

۱-۱۰- ترک های عرضی سطحی

۱-۱۱- حفره طولی

۱-۱۲- عیوب هندسی

لوژی شدن



# نیروگاههای قلب کارخانه

اين نیروگاهها از انرژي نهفته شده در جزر و مد استفاده می‌کنند، اين انرژي عبارت است از انرژي پتانسیل (انرژي نهان یا سکن) حاصل از جاذبیت عمودی توجه آب ساکن و یا انرژی جنبشی وابسته به شدت جریان (انرژی جریان جزر و مدی) که هر دو بخشنده‌ترین و مددکش‌ترین قدرت هستند. در نوترون به دو بخش کوچکتر تقسیم می‌شود. در این روش غالباً از عنصر اورانیوم استفاده می‌شود.

■ نیروگاههای کازی با سوخت خرد چوب این نیروگاهها معمولاً در نزدیکی مناطق چنگالی که خرد چوب و خاک ارde زیاد، با خاطر تولید چوب ایجاد می‌شود، برای استفاده از این محصولات جانبی و تولید انرژی مفید از آنها نصب می‌شود. در اطاق سوخت نوع نیروگاهها «مکائیزم» هایی بکار گرفته شده که خرد چوب و خاک ارde با هوا بطرور کامل سوخته شود و گازهای حاصل از این احتراق، توربو ژنراتور گاز را به حرکت در آورده و انرژی الکتریکی تولید نمایند.

■ نیروگاههای زیاله سوز بخاری یکی از مشکلات بزرگ زیست محیط تولید حجم

بسیار زیاد زیاله در شهرهای بزرگ می‌باشد، که در این زمینه تحقیقات وسیعی صورت گرفته است و تا کنون عمدترین راه حل، سوزاندن زیاله و در برخی موارد تبدیل زیاله به کود و بازیابی زیاله می‌باشد، که در میان میدان مغناطیسی قوی عبور داده می‌شود و بونهای مثبت و منفی بر روی «الکترود» که در بالا و پایین جریان گاز پلاسمای قرار دارد، تجمع می‌نمایند و در حقیقت یک ژنراتور جریان مستقیم را بوجود می‌آورند، قدرت الکتریکی این ژنراتور جریان مستقیم را اینورترهای الکترونیک قرت، بصورت برق جریان منتاب، مناسب با شبکه در می‌آورند.

■ نیروگاههای شکافت هسته‌ای با وجود تعدد در راکتورها، تقریباً همه آنها از اجزای اورد و انرژی الکتریکی تولید نمود.

■ نیروگاههای بیوماس پوشش برای سوخت، کند کننده نوترون‌های

نیروگاههای جوش (گداخت) هسته‌ای تحقیقات اساسی برای ساخت راکتورهای جوش هسته‌ای با ظرفیت بالای هزار مگاوات از سال‌های قبل ادامه دارد. ساخت یا بهای این راکتورهای جوش هسته‌ای، ایزوتوپ‌های اتم میدرورز می‌باشد. در راکتور این نیروگاهها بوسیله بیدانهای مغناطیسی قوی و «پاس»‌های با فرکانس رادیویی و روش‌های دیگر ایجاد لفله پلاسمای کنکل شده با دمای سیار بالا حدود حتی سیصد میلیون درجه کلوین را می‌نمایند. با استفاده از این درجه حرارت بالا که در حلقه پلاسمای با خاطر واکنش‌های جوش هسته‌ای ایجاد می‌شود در اطراف محفظه «پلاسمای بوسیله مبدل‌های حرارتی مختلف می‌توان آب را بصورت بخار مناسب توربین‌های بخار تربو ژنراتور بخاری در آورد و بوسیله آن تولید قدرت‌های زیاد نمود. البته تا کنون داشتنمداد موفق به تولید انرژی بطور مداوم با این راکتورها نشده‌اند.

نیروگاه تبدیل انرژی اقیانوسی این نیروگاهها با بهره برداری از اختلاف دمای میان سطح و عمق اقیانوس یک سیکل حرارتی باد و چشمۀ عظیم گرم و سرد تشکیل می‌دهند و از این راه می‌توان با استفاده از ایجاد بخار و تقطیر موادی مانند «رویان» با «آمونیاک» سیکل حرارتی کامی را تشکیل داد و به وسیله تجهیزات ویژه‌ای انرژی مکانیکی و در نهایت انرژی الکتریکی تولید نمود.

نیروگاههای جزر و مدی



بخشی از آن یک منبع انرژی زای قابل بهره برداری را تشکیل دهد، بیوماس گویند. انرژی‌های بدست آمده از اغلب سیستم‌های «بیوماس» را به عنوان انرژی تجدید پذیر به شمار می‌آورند. در سیستم‌های «بیوماس» که کار قابل سوختن تولید می‌شود، می‌توان از این گاز به عنوان منبع حرارتی نیروگاه‌های کوچک حرارتی استفاده نمود، به این نوع نیروگاه‌ها، نیروگاه‌های بیوماس می‌گویند.

#### ■ نیروگاه سیکل ترکیبی شکل گرفته‌اند.

□ قدرت واحد گاز و واحد بخار در حداکثر بار سیستم مساوی است.

□ راندمان این نوع سیکل ترکیبی از واحد بخاری ساده پیشتر و از سیکل ترکیبی بدون مشعل کمتر می‌باشد. این نوع واحدها غالباً در مواردی که علاوه بر تأمین انرژی الکتریکی، تأمین آب مصرفی و یا بخار مورد نیاز واحدهای صنعتی نیز مد نظر باشد، به کار می‌رود.

□ این نوع سیکل ترکیبی عموماً به منظور بالا بردن قدرت و جلوگیری از نوسانات قدرت توربین بخار با تغییر بار توربین گاز به کار گرفته می‌شود. امکان کارکرد واحد بخار در نقطه کار مناسب تر با تعبیه مشعل ساده، به کارگیری سوخت مناسب و استفاده از گاز داغ خروجی توربین گاز به عنوان هوای دم عملی است.

■ نیروگاه‌های سیکل ترکیبی چه تأمین هوای دم کوره بخاری

□ این نوع سیکل ترکیبی مشابهت زیادی با توربین بخار معمولی دارد با این تفاوت که در نیروگاه بخاری از توربین گاز خواهد بود. در برخی از طراحی‌ها، دو توربین گاز، انرژی مورد نیاز برای یک توربین بخار را ایجاد می‌کنند و در نتیجه، توان تولیدی توربین‌های بخار در حدود توربین‌های گاز می‌شود.

■ نیروگاه سیکل ترکیبی نیروگاهی است که شامل تعدادی توربین گاز و توربین بخار می‌شود. در این نوع نیروگاه، با استفاده از بولیر بازیاب، از حرارت موجود در گازهای خروجی از توربین‌های گاز، برای تولید بخار آب مورد نیاز در توربین‌های بخار استفاده می‌شود. اگر توربین گاز به صورت سیکل ترکیبی نباشد، گازهای خروجی آن، که می‌توانند ۵۰۰ درجه سانتیگراد دما داشته باشند، مستقیماً وارد هوا شده و انرژی یاقی مانده در آن هدر می‌رود. در حالی که در نیروگاه سیکل ترکیبی، از این انرژی استفاده شده و بولیر توربین بخار مون نیاز به سوخت، بخار آب تولید می‌کند. بنابراین، با استفاده از این روش، راندمان سیکل افزایش می‌یابد.

■ به صورت توربیک، انرژی قابل بازیابی از اکزوز توربین‌های بخار حدود نصف انرژی تولید شده توسط خود توربین گاز است. بنابراین، توان توربین بخار حدود نصف توربین گاز خواهد بود. در برخی از طراحی‌ها، دو توربین گاز، انرژی مورد نیاز برای یک توربین بخار را ایجاد می‌کنند و در نتیجه، توان تولیدی توربین‌های بخار در حدود توربین‌های گاز می‌شود.

■ نیروگاه‌های سیکل ترکیبی بدون مشعل

□ در این نوع، دود خروجی از اکزوز توربین گاز که حجم بالا و دمای زیادی (دامای گاز خروجی در بار اسمی در حدود ۵۰۰ درجه سانتی گراد است) دارد به بولیری هدایت می‌شود و به چای مشعل و سوخت در واحدهای بخاری، چهت تولید حرارت به کار می‌رود. بخار تولید شده نیز توربین بخار را به چرخش در می‌آورد. این امر باعث بالا رفتن راندمان مجموعه نیروگاهی می‌گردد، ضمن آنکه هزینه‌های سرمایه گذاری به ازای هر کیلووات تا حد قابل ملاحظه ای کاهش پیدا می‌کند.

□ این مجموعه برای تولید برق بایه استفاده می‌شود و کارآیی آن در صورتی که فقط برای تولید برق به کار رود تا ۵۰ درصد هم بالا نیز رود.

□ در مناطق سردسیر با یکارگیری توربین بخار با فشار خروجی زیاده جای کندانسور و برج خنک کن در تأمین آب گرم و بخار مصرفی گرمایش مناطق شهری و صنعتی نیز استفاده می‌شود که در این صورت راندمان تا ۸۰ درصد هم افزایش می‌یابد.

■ نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با سوخت اضافی (مشعل)



# Non-Destructive Testing

## پاکتیست غیر مخرب



مهدي موسى حسن خاني

۴۱

يا مجموعه‌اي از قطعات را با استفاده از روش‌هاي که بر کارابي نهاي آنها تاثير نمي گذارند شامل مي‌گردد و به عبارت ديگر بازرسی قطعه بدون تخريب نمودن آن است.

توليدکنندگان برای رسیدن به اهدافی نظير اطمینان از بعيي محصول خود و افزایش قابلیت اطمینان، حلوگیری از شکست قطعه و ایجاد حوادث خطر افزین برای جان انسان‌ها، ایجاد منافع برای مصرف‌کنندگان، اطمینان از رضایت مشتری و حفظ اعتیاد تولیدکننده برای کمک به طراحی بهتر محصول، به منظور کاهش هزینه‌های تولید، حفظ سطح کیفیت یکنواخت و برای اطمینان از آمادگی عملیاتی از آزمون‌های غیر مخرب پیشرفته استفاده می‌کنند.

وجود عیوب مختلف در برخی از قطعات ممکن است به شکست فاجعه بار قطعه همراه با زیان‌های اقتصادي و خطرات جانی منجر شود.

حوداچی از اين قبيل که در طول سالیان گذشته در صنایع مختلف بر اثر مخфи ماندن عیوب رخ داده است، بازرسی غیر مخرب را به عنوان يك ابزار مقيد بلکه به عنوان يك ضرورت انکارناپذير برای صنایع مختلف مطرح کرده و اين امر منجر به توسعه و پیشرفت مستمر روش‌های گوناگون بازرسی غیر مخرب شده است.

اجراي بازرسی غیر مخرب نيز مانند هر فرآيندي متاحمل هزينه است ولی معمولاً استفاده موثر از روش‌هاي بازرسی موجب صرفه جویي های مالي قابل ملاحظه‌اي خواهد شد.

مي توان رايچ ترين عيوب مختلفي را که امکان دارد در يك قطعه ایجاد شود به صورت زير دسته‌بندی نمود:

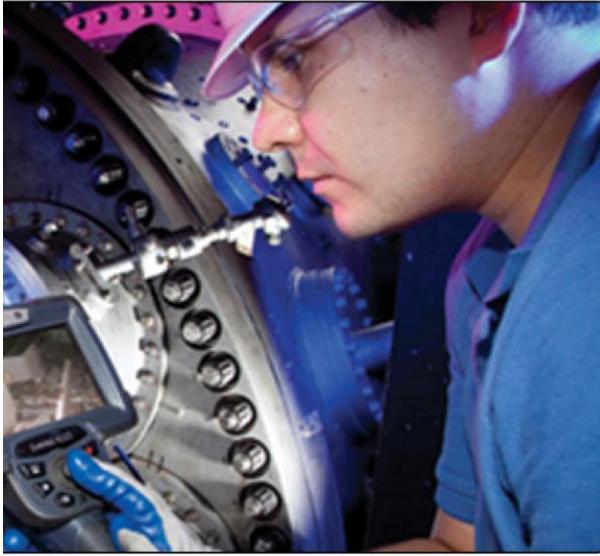
- عيوبی که در حين ساخت مواد خام و يا تولید قطعات ریختگی به وجود می‌آیند. مانند «آخال»‌های سرباره، تخلخل‌های گازی و انقباضی، ترکهای نتشی، جدایش و ناخالصی.

امروزه از آزمون غیر مخرب در صنایع مختلف استفاده فراوانی می‌شود. به طوری که در اغلب کدها و دستور العمل‌های ساخت یا نگهداری تجهیزات و قطعه‌ها اجرای يك یا چند روش آزمون غیر مخرب در روای بازرسی و کنترل کیفی به صورت الزام آورده شده در این مطلب دلایل استفاده از آزمون‌های غیر مخرب بان گردیده است. همچنین رایچ ترين روش‌های بازرسی غیر مخرب معروف شده، شرایط و ویژگی‌های هر روش را به صورت مختصر مورد ارزیابی قرار داده و نحوه آشکارسازی عیوب مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پیشرفت و ارتقای صنایع مختلف نیازمند تولید قطعه‌ها، ماشین آلات و تجهیزات مناسب می‌باشد و يكی از اهدافی که همواره صنایع مرتبط با ساخت و تولید به دنبال آن بوده‌اند، اطمینان از سلامت و کیفیت محصولات تولید شده می‌باشد.

كارکرد هر قطعه‌اي می‌تواند بر اثر وجود عيوب مختلف تحت تاثير قرار بگيرد و اين عيوب ممکن است در هر زمانی در حين فرآيند ساخت و يا در طول عمر کاري قطعه به وجود آيد. آزمون‌های غیر مخرب از مؤثرترین و كاربردی ترين ابزارهای شناسایي عيوب و نقص‌های مختلف در قطعه‌های گوناگون هستند و برای تعیین و تشخیص کیفیت محصولات به کار می‌روند.

آزمون غیر مخرب عملیاتی است که بازرسی و يا آزمون (تست) قطعات و



- عیوبی که حل فرآیند تولید قطعات به وجود می‌آیند. مانند عیوب ماشینکاری، عیوب جوشکاری، عیوب عملیات حرارتی و ترک‌های ناشی از تنش‌های پسماند.

- عیوبی که در زمان موتناز ایجاد می‌شوند. مانند کم شدن قطعات، موتناز نادرست و ترک‌های ناشی از تنش اضافی.

- عیوبی که در طول عمر کاری و یا در زمان حمل و نقل ایجاد می‌گرددند. مانند خستگی، خودگی، سایش، خش و ناپایداری حرارتی.

هر یک از روش‌های بازرسی غیر مخرب با توجه به مهیت و بیزگی‌های خود تنها قادر به شناسایی برخی از عیوب فوق بوده و تاکنون روشی ایداع نشده است که قادر باشد تمامی عیوب و نقص‌های قطعات مختلف را شناسایی کند. هر کدام از روش‌های آزمون غیر مخرب نیازمند شرایطی است و حساسیت خاص خود را دارد.

اما به طور کلی می‌توان گفت تمامی روش‌های بازرسی غیر مخرب مراحل زیر را طی می‌کنند:

- استفاده از یک خاصیت فیزیکی.

- تغییر در خاصیت فوق به دلیل وجود عیوب.

- آشکارسازی تغییر ایجاد شده به کمک یک آشکار ساز مناسب.

- تبدیل تغییر آشکار شده به نحوی که قابل تفسیر باشد.

- تفسیر نتایج به دست آمده.

۴۲

#### اعتماد پذیری در آشکارسازی نقص:

اعتماد پذیری هر روش آزمون غیر مخرب، معیاری برای کارایی آن روش در آشکارسازی ترک‌هایی با نوع، شکل و اندازه خاصی است. پس از انجام بازرسی، درباره اختلال قطعی عدم تقصی با شکل، نوع و اندازه و پیره در قطعه می‌توان اظهار نظر کرد هر چه این احتمال بیشتر شود اعتبار روش به کار رفته بیشتر خواهد شد. اما همیشه باستی به یاد داشت که بازرسی غیر مخرب درباره بیشتر قطعات به وسیله انسان انجام نمی‌شود و ذاتاً دو نفر یک نوع کار تکراری را به روش یکسان انجام نمی‌دهند بنابراین در ارزیابی اعتبار بازرسی باید در پذیرش یا رد قطعه به وسیله دوره آماری برآورد کرد.

نقش بازرس غیر مخرب در نهایت تضمین قابل قبول برای نبود نقص‌های در حد بچرانی شکست برواسس طراحی بازگذاری قطعات در حین کار است.

دو نمونه از پرکاربرد ترین روش‌های تست غیر مخرب  
بازرسی چشمی (VT) Visual Testing

بازرسی چشمی ابتدائی ترین و رایج‌ترین روش بازرسی غیر مخرب می‌باشد و در بیشتر اوقات، اولين مرحله از بازرسی یک قطعه است، به طوری که در بسیاری از برنامه‌های تدوین شده توسط سازنده جهت کنترل کیفیت محصولات از آزمون چشمی به عنوان اولين تست و در بعضی از موارد به عنوان تنها روش بازرسی استفاده می‌شود. اگر آزمون چشمی به طور مناسب اعمال شود، ابزار ارزشمندی می‌تواند واقع کردد. به علاوه باقتضای محدود عیوب سطحی، بازرسی چشمی می‌تواند به عنوان تکنیک فوق العاده کنترل فرآیند نادرست و ترک‌های ناشی از تنش اضافی.

بازرسی چشمی در شناسایی مسائل و مشکلات بعدی ساخت به کار گرفته شود.

منظور از آزمون چشمی شناسایی تواضع و معایب سطحی توسط چشم انسان است که می‌تواند با چشم غیر مسلح و یا سلسنج انجام بذیرد. بازرسی با چشم

غیر مسلح فقط عیوب‌های نسبتاً بزرگی را که به سطح قطعه راه دارند نمایان خواهد کرد. با به کار بردن یک میکروسکوپ می‌توان کارایی بازرسی چشمی را افزایش داد. در این نوع بازرسی‌ها، بزرگنمایی سیار زیاد ضرورتی ندارد و بیشتر «میکروسکوپ»‌هایی که بین منظور در دسترس هستند، بزرگنمایی در حدود ۵ تا ۷۵ برابر دارند.

بازرسی چشمی منحصر به سطوح خارجی نمی‌شود. با استفاده از ابزارهای چشمی می‌توان بازرسی سطوح داخلی نظیر لوله‌ها، حفره‌ها، کانال‌ها و قسمت‌های غیر قابل دسترس را انجام داد. این ابزارها به دو صورت «صلب» و «اعطاچار پذیر» هستند و دارای قسمت‌های زیر می‌باشند:

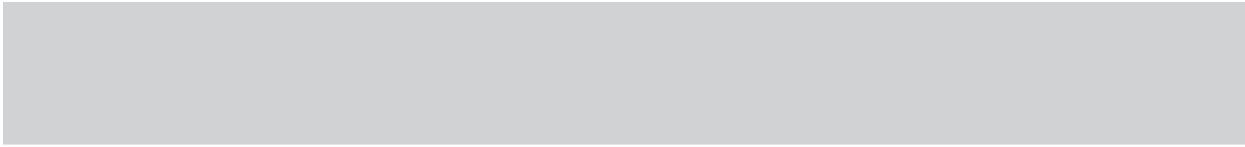
- منبع تأمین نور: شامل یک چشمۀ خارجی با شدت متغیر و یا «لامپ کوارتز هالوژنی با تری دار» می‌باشد.

- سیستم انتقال نور و نتایج: از فیبر نوری برای انتقال نور به محل مورد نظر و همچنین انتقال نتایج به «پرتوور» استفاده می‌شود.

- مجموعه عدسی‌ها: به دو صورت دید مستقیم و دید عمود بر روی ابزار قرار می‌گیرند.

- سیستم نمایش: می‌تواند در خود ابزار و یا به صورت مجزا در اتاق بازرسی قرار گیرد.

هر برنامه کنترل کیفیت که شامل بازرسی چشمی باشد، باید محتوی یک سری فعالیت‌های متولی انجام شده در طول تمام مراحل کاری ساخت باشد. کشف و رفع کاستی‌ها در زمان‌های فوق، کاهش هزینه را در بر خواهد داشت.



- ظاهر کننده
- برس و فرچه
- چراغ فربینش

**بازرسی با مایع نافذ دارای پنج مرحله به شرح زیر است:**

**تمیز کاری سطحی:** استفاده از اسپری «cleaner»

در صد عده‌های از اطمینان تست به تمیز کاری و آماده سازی سطوح مورد بازرسی استنگی دارد. در صورت وجود آلودگی در سطح، به دلیل عدم امکان نفوذ مایع نافذ، بعضی از نقص‌ها پنهان می‌مانند و یا به دلیل واکنش نفوذ کننده با برخی از آلودگی‌های سطح، قابلیت نفوذ کاهش می‌باشد. درین مرحله باید هرگونه آلودگی از روی سطح پاک شود. نوع تمیز کاری به نوع آلودگی و تعداد قطعات مورد بازرسی استنگی دارد. لایه‌های اکسیدی، پوسته‌های چوشکاری و نظایر آن را می‌توان توسط «برسکاری»، «شن‌باشی» و یا استفاده از مواد ساینده دیگر برطرف نمود. برای پاک کردن روغن، چربی، براده و نظایر آن نوع آلودگی‌ها می‌توان از مواد شوینده‌ای تغیر پوذردهای شوینده صنعتی، پخار بر فشار آب و یا مواد شیمیایی حلال مانند «استن» یا «الکل» استفاده نمود استفاده از اسپری «cleaner» در این مرحله ممکن است.

#### اعمال مایع نافذ :

پس از آماده سازی سطح، مایع نافذ به سطح اعمال می‌شود. طی این مرحله باید لایه نازکی از مایع به صورت یکنواخت بر روی سطح ایجاد گردد و این لایه باید دست زمانی بر روی سطح پایه بماند تا نفوذ آن به درون نقص‌های سطحی کامل باشد. مدت زمان بیانی برای نفوذ می‌نماید. مایع نافذ از نظر دیده شدن به دو دسته همراه با مواد رنگی و همراه با مواد «فلوئورسان» تقسیم می‌شود و زمان نفوذ برای آن از ۲۰ تا ۳۰ ثانیه تا ۱۵ دقیقه متغیر است. زمان نفوذ براساس حساسیت مواد بیان تعبیم می‌شود و معمولاً در حدود ۱۵ دقیقه است. انتخاب روش اعمال ممکن است از این ادرازه، شکل و تعداد قطعات استنگی دارد و می‌توان با توجه به شرایط ذکر شده از روش‌های «سیلانی»، «گوطه‌وری»، «قلم» و اسپری «cleaner» استفاده نمود.

**حذف مایع نافذ اضافی:** استفاده از اسپری cleaner

در این مرحله مایع نافذ اضافی باید از سطح پاک شود. باید دقت شود تا شرایطی ایجاد نگردد که عیوب نیز از مایع نافذ تخلیه شوند. این مرحله حد بهینه دارد و در صورتی که بیشتر از آن انجام شود، کاستی‌ها نیز از مایع نافذ پاکسازی خواهد شد و اگر کمتر از آن انجام شود، قسمت‌های سالم که مایع نافذ از آن پاک نشده است به صورت معیوب شناخته می‌شوند. حذف مایع نافذ اضافی با استفاده از مواد پاک کننده مخصوص به همان مایع نافذ انجام

به طور کلی نشان داده است بسیاری از کاستی‌ها که بعدها با تست پیشرفت‌هه کشف می‌شوند با بازرسی چشمی به راحتی قابل کشف می‌باشند. برای مثال: در فرآیند جوشکاری می‌توان کاستی‌های نظری «خلل» و «فرج» های سطح جوش، سوتگی و بریدگی کثار جوش و یا بر نشدن کامل شکاف جوش، حفره انتهایی چاله جوش، گرد جوش اضافی و یا سرفنت فلز جوش، تعیین «گلویی» لازم و به طور کلی تعیین ابعاد جوش، ترک در جوش یا منطقه محاور جوش، جایگاهی و تاب برداشت و تغییر اندازه اجزای مورد جوش را این روش شناسانه نمود.

در این نوع بازرسی برای رسیدن به نتایج صحیح باید شرایط زیر را فراهم نمود:

- شدت نور در حدود «۸۰۰ تا ۱۰۰۰ لوکس»

- جداسازی محیط بازرسی از سایر مکانها .

- حداکثر زمان کارکرد یک «پراتور» ۲ ساعت باشد.

- نور محیط ترکیبی از نورهای سفید و زرد رنگ باشد.

#### بازرسی با مایع نافذ

بازرسی با مایع نافذ یکی از روش‌هایی است که می‌تواند برای عیوب‌بیانی تعداد وسیعی از قطعات مورد استفاده قرار گیرد، به شرطی که عیوبها به صورت شکستگی در سطح قطعه ظاهر شوند. اساس روش بر این است که مایع نافذ بر اثر خاصیت «مویینگی» که یک پدیده کشش سطحی است باعث کشیده شدن مایعات به منافذ تنگ می‌گردد به درون ترک‌های سطحی نفوذ کرده و پس از یک مرحله ظهور، هر عیوبی که به شکل ترک یا شکستگی در سطح قطعه وجود دارد، با چشم رویت می‌شود. برای بهتر دیده شدن این ترک، مایع نافذ معمولاً به رنگ‌های روش و قابل دید بوده و یا به ماده «فلورست» آگشته می‌شود. معمولاً برای رنگین نمودن مایع از رنگ قرمز استفاده می‌شود که با نور طبیعی یا نور مصنوعی قابل دید می‌باشد.

تجهیزات تست: شامل یک سروی تجهیزات قابل حمل می‌باشد که عبارتند از:

- مایع نافذ
- تمیز کننده
- حلال

می‌شود و معمولاً به صورت اسپری بر روی سطح اعمال شده و توسط یک دستمال پاک می‌شود.

#### اعمال ماده ظاهرساز : استفاده از اسپری developer

این مرحله برای آشکار شدن کامل نقص‌ها به کار میرود. معمولاً ماده ظاهرساز به صورت پودر بسیار ریز سفید رنگ است و می‌توان آن را به صورت پاشش دستی توسط مایعی که پودر در آن حل شده است و یا توسط یک اسپری به سطح اعمال نمود. ماده ظاهر ساز با جذب مایع نفوذ کننده از دون نقصها باعث ظهور عیوب می‌شود وی به دلیل بخش اندک مایع نفوذ کننده در ظاهر ساز، پهنه‌ی ظاهری نقص بزرگتر از اندازه واقعی آن دیده می‌شود.

**از ویژگی‌هایی که هر ماده ظاهر ساز باید داشته باشد:**  
- توانایی تشکیل یک لایه نازک بر سطح داشته باشد و به راحتی نیز نابود شود.

- به وسیله نفوذ کننده به راحتی خیس شده و جذب کننده خوبی باشد .  
- یک زمینه برای نمایش نقصها بر روی سطح ایجاد کند.

- از نظر فیزیکی نه زیاد خشک و نه به شدت جاذب رطوبت باشد تا عیوب را خوب نشان دهد.

- از نظر شیمیایی نباید برای اپراتور و همچنین قطعه تحت بازرسی آسیب‌رسان باشد.

#### بررسی و تفسیر نتایج:

در هر کدام از مواد نافذ تفسیر توسعه چشم و یک نور مشخص صورت می‌گیرد. برای مواد نافذ همراه با مواد رنگی که معمولاً به رنگ قرم هستند از نور معمولی در حد دو لامپ «فلوروست» استفاده می‌شود. مواد «فلونورسان» به نور فرا بنتش با شدت ۸۰۰-۱۰۰۰  $\mu\text{w/cm}^2$  نیاز است.

**مشخصه‌های مواد تمیز کننده :**  
- تمیز کننده‌ها ملاوه بر تمیز کردن سطح باید باعث باز شدن منافذ موجود بر روی سطح شوند تا اینکه مایع نافذ برایتی در منافذ موجود نفوذ داشته باشد.

- تمیز کننده‌ها شامل: محلال‌ها و تمیز کننده‌های «آلتراسونیکی»، تمیز کننده‌های آکالاینی (قایلای)، بخار، آب، تمیز کننده‌های شیمیایی می‌باشند.  
- محلال‌ها برای تمیز کردن روغن، گریس بکاربرد می‌شوند و برای از بین بردن زنگ زدگی‌ها باید از روش‌های مکانیکی استفاده کرد.

- تمیز کننده‌های «آلتراسونیکی» با مواد محلال دیگر برای از بین بردن مواد داخل منافذ و شکستن آنها به دانه‌های ریزتر کاربرد دارد.

- مواد قایلای با آب برای محیط‌هایی که احتمال آتش سوزی وجود داشته باشد کاربرد دارد.  
- حمام‌های «اسیدی» و «بازی» برای از بین بردن زنگ زدگی‌ها و سایر مواد بر روی سطح می‌باشند.

#### مشخصه‌های ماده نفوذ کننده:

- خاصیت ترشوندگی: نفوذ کننده باید توانایی نفوذ به درون نقص‌های سطحی ریز را داشته باشد. (که قطره آب بر روی یک سطح صاف و ایجاد زاویه تماس با سطح زاویه ای است بین خطی عبوری از محل نقطه تماس قطره با سطح و خط عبوری موازی سطح قطعه در راستای مختلف)

- قوام: ماده نفوذ کننده باید خاصیت «ترددکنندگی» سطحی خوبی داشته و بتواند بر روی قطعه لایه سطحی نازک را نگه دارد و بدین ترتیب در فاصله زمانی قابل توجهی به درون نقص خوارانده شود.

- شارندگی: مایع نفوذ کننده بایستی کمترین مقدار کشیده شدن از دون نقص‌ها زدوده شود.

- انجلاخ پذیری: ماده نفوذ کننده بایستی توانایی حل و گشودن راه در آلوگی‌های نقص باشد.

- پایداری: مایع نفوذ کننده باید در گسترده دمایی و رطوبتی پایدار بماند و قابل ذخیره سازی باشد.

- شستشو پذیری: زدودن مواد از روی سطوح قطعه، بدون تغییر درون نقص‌ها

از مزايا اين روش مي توان به موارد زير اشاره کرد :  
- روشی نسبتا ساده است و تجهيزات مورد نياز آن نسبت به ديگر روشهاي ارزان است.  
- محل عيب را روی سطح نمایش می‌دهد .  
- از انداده های بالای این روش می توان به موارد زیر اشاره کرد :  
- مایع معلق: اساس مایع نافذ مواد نفتی و روغنی است. برتری این مایع حل بذیر بودن مایع نافذ اضافی در آب به واسطه شکسته شدن پیوندهای مواد روغنی است.

#### مزایا و محدودیت‌ها:

از مزايا اين روش می توان به موارد زير اشاره کرد :  
- روشی نسبتا ساده است و تجهيزات مورد نياز آن نسبت به ديگر روشهاي ارزان است.  
- محل عيب را روی سطح نمایش می‌دهد .  
- از انداده های بالای این روش تقریبا سطحی قطعه قابل دیدن است .  
- محدودیتی از نظر جنس قطعه مورد بررسی وجود ندارد .  
- از معایب اين روش می توان به موارد زير اشاره کرد:  
- با اين روش فقط نقص‌های سطحی قطعه قابل دیدن است.  
- جسم باید تقریبا سطح غیر هموار و صافی داشته باشد .  
- در این روش هرگونه «خلل» و «فرج» به عنوان نقص دیده می‌شود .  
**گستره کاربرد:**

- اين روش می تواند بر روی قطعات بزرگ و سنگين که جاهه جايی آنها مشکل است به کار رود.  
- شناسابي ترک و منفذ در انواع جوش  
- شناسابي عيوب سطحی در ريخته گري  
- شناسابي ترک ناشي از خستگي در اجسام تحت تنفس  
- در صنایع لوله سازی، خودرو، کشتی سازی، هواپیما سازی و ...



## سخن آخر

در بایان از خداوند منان سپاس گذارم که ما را در این امر خطیر یاری نمود و برگی دیگر از نشریه‌ی عصر مکانیک ورق خورد.

در ضمن سپاس فراوان از اعضای زحمتکش انجمن و اعضای هیئت تحریریه نشریه فوق به دلیل زحمات بی شائبه شان.

و همچین استادیم محترمی که این گروه را تنها نگذاشته اند و از هر کمکی در برع ننموده و با ارائه مقالات علمی خود این نشریه را پرپارتر نمودند. قبلا از دیبر محترم انجمن بخاطر تمام زحماتشان تشکر به عمل می آید.

مریم پورفلاح - سردیبر



### 6 Conclusion:

In the present work, a spatial 3DoF tensegrity mechanism was introduced and its kinematics, statics and dynamics were studied. Due to the presence of unconstrained degrees of freedom, analysis of this type of mechanism is generally more challenging and complicated in comparison with conventional mechanisms. Being an under actuated mechanism, its kinematics and statics should be considered simultaneously. For a special case, where gravity and external forces were neglected, inverse kinematics of the mechanism was also studied. Finally, using the principle of virtual work, a dynamic model of the tensegrity mechanism was developed and some numerical examples were solved.

### REFERENCES

- [1] Fuller, R.B., 1962. Tensile-integrity structures, United States Patent 3,063,521.
- [2] Pugh, A., 1976. An introduction to tensegrity, University of California Press, Berkeley, CA, USA.
- [3] Oppenheim, I., and Williams, W., 1997, "Tensegrity Prisms as Adaptive Structures". ASME Adapt. Struct. Mater. Syst., 54, pp. 113–120.
- [4] Shibata, M., Saijo, F., Hirai, S. 2009. "Crawling by Body Deformation of Tensegrity Structure Robots". Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation , art. no. 5152752 , pp. 4375-4380
- [5] Sultan, C. and Skelton, R., 2004. "A force and torque tensegrity sensor". Sensors and Actuators, A: Physical, Vol. 112, No. 2–3, pp. 220–231. doi:10.1016/j.sna.2004.01.039
- [6] Arsenault, M., 2010. "Determination of the analytical workspace boundaries of a novel 2-DoF planar tensegrity mechanism". Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering, Vol. 34, No. 1, pp. 75–92.
- [7] Arsenault, M. and Gosselin, C., 2008. "Kinematic and static analysis of a three-degree-of-freedom spatial modular tensegrity mechanism," International Journal of Robotics Research, Vol. 27, No. 8, pp. 951–966.
- [8] Arsenault, M., Gosselin, C., 2008. "Kinematic and static analysis of 3-PUPS spatial tensegrity mechanism". Mechanism and Machine Theory, 44, pp. 162-179.
- [9] Arsenault, M., Gosselin, C., 2006. "Kinematic, static and dynamic analysis of a planar 2-DoF tensegrity mechanism". Mechanism and Machine Theory 41 (9), pp.1072–1089.
- [10] Chen, S., Arsenault, M., 2012. "Analytical Computation of the Actuator and Cartesian Workspace Boundaries for a Planar 2-Degree-of-Freedom Translational Tensegrity Mechanism," Mechanisms and Robotics, Vol. 4, 011010.
- [11] Arsenault, M., Gosselin, C., 2007. "Static Balancing of Tensegrity Mechanisms". Mechanical Design, Vol. 129, pp. 295-300.
- [12] Schenk, M., Herder, J., and Guest, S., 2006. "Design of a Statically Balanced Tensegrity Mechanism," Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference.
- [13] Shekarforoush, S.M.M., Eghtesad, M., Farid, M., 2010. "Design of statically balanced six-degree-of-freedom parallel mechanisms based on tensegrity system". ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings 4 , pp. 245-253
- [14] Moon, Y., Crane, C.D., and Roberts, R., 2012. "Position and Force Analysis of a Planar Tensegrity-Based Compliant Mechanism". Journal of Mechanisms and Robotics, Vol. 4, 011004.
- [15] Moon, Y., Crane, C.D., and Roberts, R., 2011. "Analysis of a Spatial Tensegrity-based Compliant Mechanism," 13th World Congress in Mechanism and Machine Science, Guanajuato, México, 19-25.
- [16] Baruh, Haim., 1999. Analytical dynamics, Mc Grow-Hill, International Edition, Singapore.
- [17] Wittenburg, J. 2008. " Dynamics of Multibody Systems". Published by Springer.

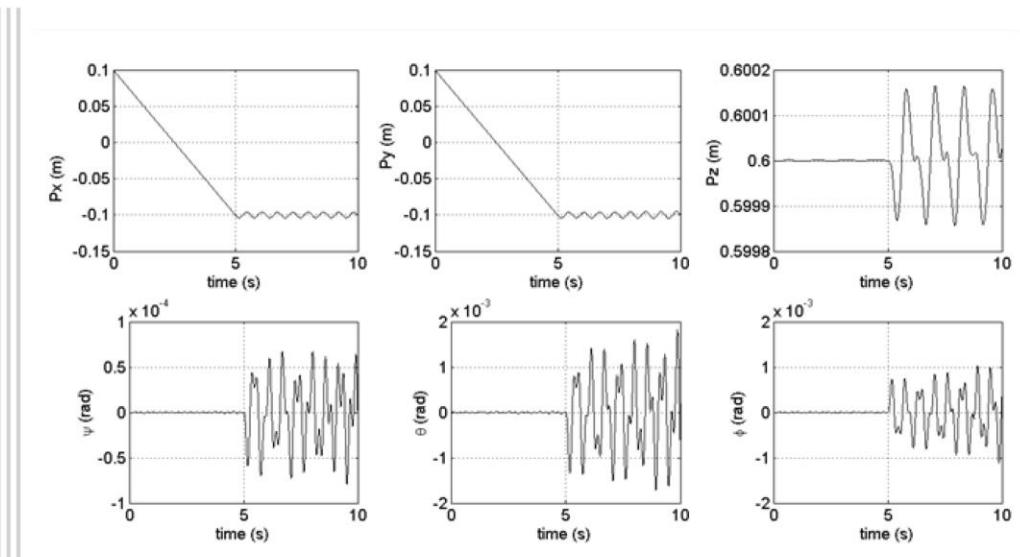
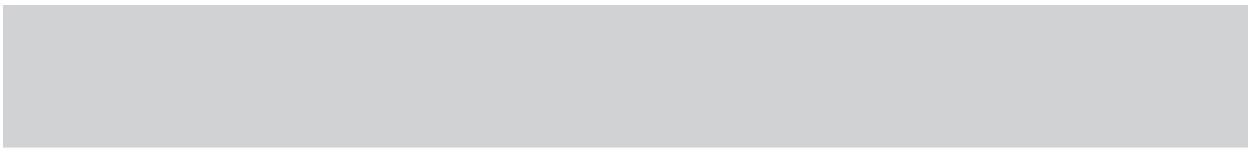


Fig. 8.Centroid's trajectory and Euler angles of the moving plate for example 2.

47

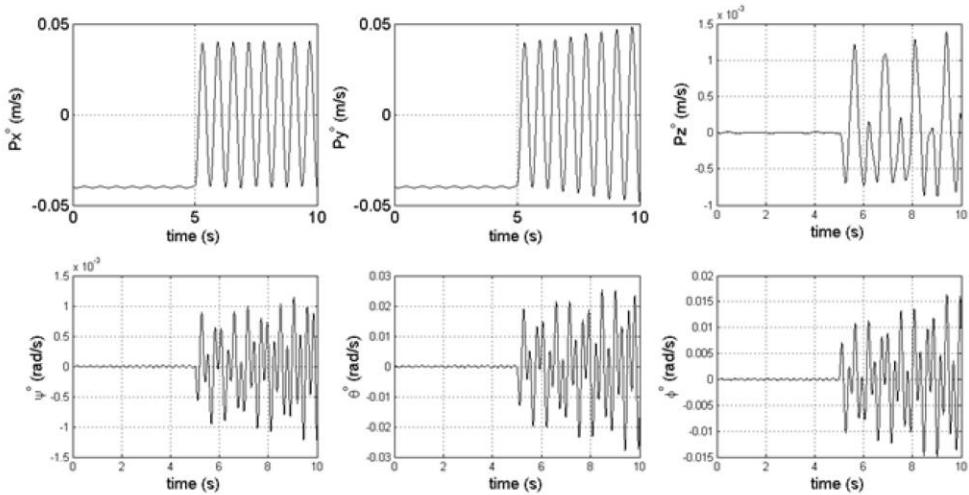


Fig. 9.Centroid's velocity of the moving plate and derivative of Euler angles for example 2.

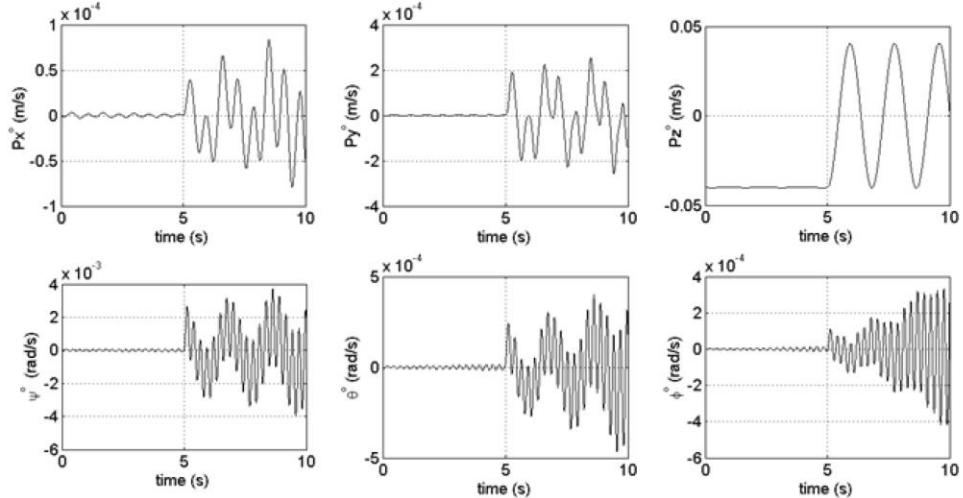


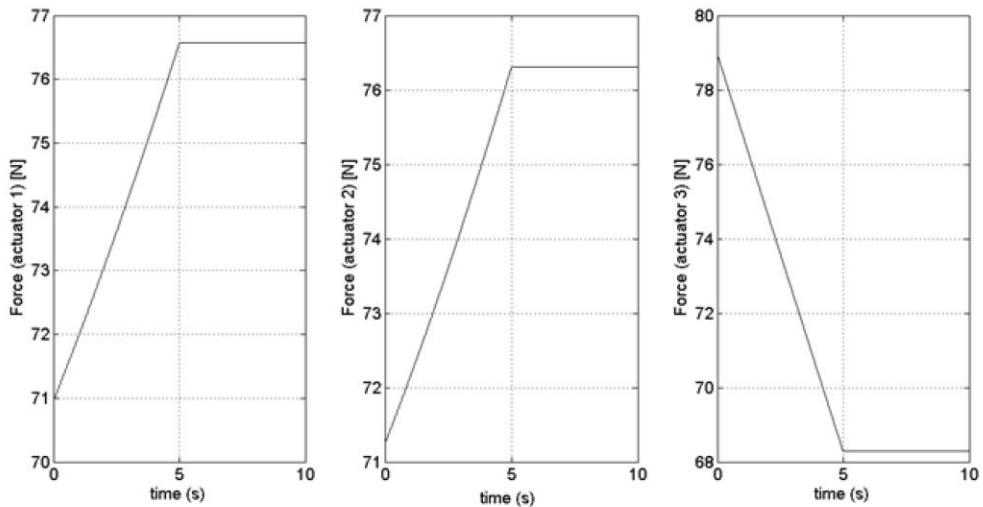
Fig. 4. Forces in the actuators (N), (versus. time).

In the second example, the moving platform travels from initial position  $q = [0.1, 0.1, 0.6, 0, 0, 0]^T$  to the second equilibrium

configuration  $q = [-0.1, -0.1, 0.6, 0, 0, 0]^T$  in 5s. Similar to the first case, forces in the actuators, position, orientation and velocity of the

centroid of the mechanism and its velocity are plotted for 10 second in Figs. (7), (8) and (9), respectively.

48



49

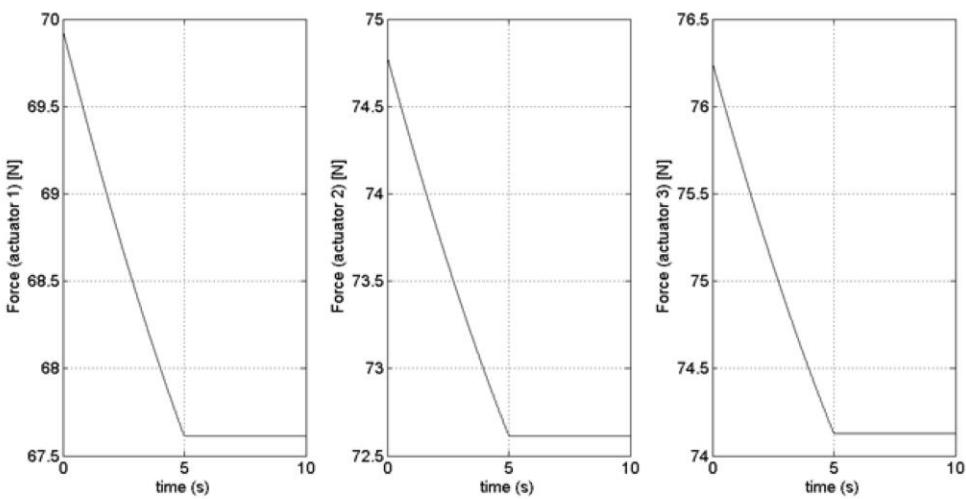


Fig. 4. Forces in the actuators (N), (versus. time).

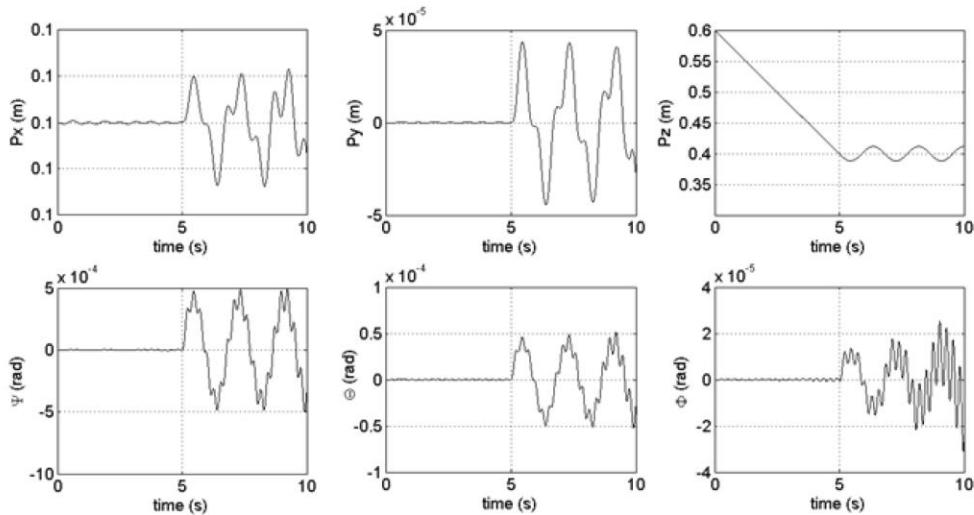


Fig. 5. Centroid's trajectory and Euler angles of the moving plate.

The following assumptions are used to develop a simple dynamic model for the mechanism:

1. The joints and actuators are assumed to be frictionless.
2. The springs are massless with zero damping coefficients.
3. The two segments of prismatic actuators are treated as infinitesimally thin rod
4. External forces are neglected. Using the principle of virtual work, the following relation can be written

$$\sum_{i=1}^3 [m_i \mathbf{G}_i^T \mathbf{T}_i [\mathbf{I}, -\hat{\mathbf{U}}_{pi}, \mathbf{K}_i]] + \mathbf{H}_i^T (j_1 + j_2) \frac{\dot{s}_{pi}}{l_p} [\mathbf{I}, -\hat{\mathbf{U}}_{pi}, \mathbf{K}_i]] = 0 \quad (43)$$

where  $\mathbf{J}_1$  and  $\mathbf{J}_2$  are the inertia tensors of segment 1 about point  $C_1$  and segment 2 about point  $b_1$ , with respect to the axis of hydraulic actuators, respectively. Using Eq. (43), the equations of motion of the system can be obtained. As mentioned, longitudinal component of angular velocity of two segments of each arm are neglected [17]. Given the symmetry of inertia tensors, we have

$$(\mathbf{J}_1 + \mathbf{J}_2) \cdot \dot{\Omega}_{pi} = (j_1 + j_2) \dot{\Omega}_{pi} \quad (44)$$

where,  $j_1$  and  $j_2$  are the moments of inertia about the lateral axis. Furthermore,

$$\dot{\Omega}_{pi} \times (\mathbf{J}_1 + \mathbf{J}_2) \cdot \dot{\Omega}_{pi} = 0 \quad (45)$$

Using the above expressions and relations for  $\dot{\Omega}_{pi}$  and  $\dot{s}_{pi}$  from Eqs. (32) and (34), dynamic equations of the mechanism can be expressed in the following matrix form

$$\mathbf{M}\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{D} = \mathbf{P}\mathbf{U} \quad (46)$$

Matrices  $\mathbf{C}$ ,  $\mathbf{M}$  and  $\mathbf{D}$  are given by:

$$\mathbf{M} = \sum_{i=1}^3 [m_i \mathbf{G}_i^T \mathbf{T}_i [\mathbf{I}, -\hat{\mathbf{U}}_{pi}, \mathbf{K}_i]] + \mathbf{H}_i^T (j_1 + j_2) \frac{\dot{s}_{pi}}{l_p} [\mathbf{I}, -\hat{\mathbf{U}}_{pi}, \mathbf{K}_i]] \quad (47)$$

$$\mathbf{C} = \sum_{i=1}^3 [m_i \mathbf{G}_i^T \mathbf{T}_i [\mathbf{0}_{3x3}, -\hat{\mathbf{U}}_{pi}, \mathbf{K}_i]] + \mathbf{H}_i^T (j_1 + j_2) \frac{\dot{s}_{pi}}{l_p} [\mathbf{0}_{3x3}, -\hat{\mathbf{U}}_{pi}, \mathbf{K}_i]] \quad (48)$$

$$\mathbf{D} = -\sum_{i=1}^3 [m_i \mathbf{G}_i^T \mathbf{g}] - \sum_{i=1}^3 [m_i \ell_z \mathbf{H}_i^T (\mathbf{s}_{pi} \times \mathbf{g})] + \sum_{i=1}^3 \left[ \begin{bmatrix} \mathbf{s}_{pi} \\ -\mathbf{K}_i^T \hat{\mathbf{U}}_{pi}^T \mathbf{s}_{pi} \end{bmatrix} \right] (l_p - \ell_i) \quad (49)$$

and matrices  $\mathbf{P}$  and  $\mathbf{U}$  are given by

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{s}_{p1} \\ -\mathbf{K}_1^T \hat{\mathbf{U}}_2^T \mathbf{s}_{p1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{s}_{p2} \\ -\mathbf{K}_1^T \hat{\mathbf{U}}_3^T \mathbf{s}_{p2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{s}_{p3} \\ -\mathbf{K}_1^T \hat{\mathbf{U}}_1^T \mathbf{s}_{p3} \end{bmatrix} \quad (50)$$

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{bmatrix} \quad (51)$$

parts, such as the actuators, are light enough, the Euler angles are approximately zero and the movement of the mechanism can be considered as pure translational. As a result, although the gravity field is not considered in static equation, the computed forces can be used to the actuators in a dynamic simulation with a good approximation. In the following, two numerical examples are presented. Geometrical parameters used in the examples are specified in table (1).

Table 1: The geometric parameters of the mechanism

d (m)	0.8
D (m)	1
m <sub>1</sub> (kg)	0.2
m <sub>2</sub> (kg)	0.3
l <sub>1</sub> (m)	0.3
l <sub>2</sub> (m)	0.4
k (N/m)	40

In the first example, the moving platform in a pure translational motion travels from initial equilibrium position

$\mathbf{q} = [0, 1, 0, 0, 0, 0]^T$  to the second equilibrium configuration

$\mathbf{q} = [0, 1, 0, 0.4, 0, 0]^T$  in 5s. For this specified trajectory, forces in the actuators of the mechanism are plotted versus time in Fig. (4). These forces are used to move the robot through the specified trajectory. The equations of motions are solved by a fourth order Runge-Kutta method. The platform's centroid trajectory and the orientation of the moving plate are plotted in Figs. (5), and their time derivatives are plotted in Figs. (6). From Fig. (5) it is seen that the Euler angles fluctuate with small amplitude.

In which,  $\hat{(\cdot)}$  denotes the skew-symmetric matrix associated with the vector  $(\cdot)$ .

#### 4 Static Analysis

In the first part of this section, virtual changes of kinematic parameters are derived and then generalized forces of gravity, springs and actuator forces are obtained. Finally, using the principle of virtual work, static equilibrium equations of the mechanism are derived.

##### 4-1 Virtual Change Of $\Omega_{pi}$ , $l_{pi}$ And $r_i$

A kinematic approach [16] is used to derive the variation of vectors. In this method, virtual displacements are regarded as partial differentials while time is assumed to be fixed. To derive the virtual change of the length of the  $i$ th arm, first we dot multiply Eq. (15), by  $s_{pi}$  to get

$$\dot{l}_{pi} = \dot{s}_{pi} \cdot \ddot{\mathbf{r}}_{pi+1} \quad (28)$$

and then using this equation and Eq. (12), the variation of  $\delta l_{pi}$  can be written as

$$\delta l_{pi} = s_{pi}^T [\mathbf{I}, -\tilde{\mathbf{U}}_{pi+1} \mathbf{K}_1] \left[ \frac{\delta \mathbf{r}}{\delta \theta} \right] \quad (29)$$

similarly

$$\delta l_{si} = s_{si}^T [\mathbf{I}, -\tilde{\mathbf{U}}_{si} \mathbf{K}_1] \left[ \frac{\delta \mathbf{r}}{\delta \theta} \right] \quad (30)$$

Also, substituting Eq. (12) into Eq. (19), angular velocity of the  $i$ th actuator arm can be written as

$$\dot{\Omega}_{pi} = \frac{1}{l_{pi}} \dot{s}_{pi} \times (\mathbf{r} + \omega \times \mathbf{U}_{pi+1}) \quad (31)$$

Using kinematic approach, the variation of the angle of each arm,  $\delta \Omega_{pi}$  can also be expressed as

$$\delta \Omega_{pi} = \mathbf{H}_i \left[ \frac{\delta \mathbf{r}}{\delta \theta} \right] \quad (32)$$

where

$$\mathbf{H}_i = \frac{1}{l_{pi}} \tilde{\mathbf{s}}_{pi} [\mathbf{I}, -\tilde{\mathbf{U}}_{pi+1} \mathbf{K}_1] \quad (33)$$

In what follows, the virtual change of the position vector of the  $i$ th arm is derived. Using Eqs. (12), (19) and (22), we get

$$\delta \mathbf{r}_i = \mathbf{G}_i \left[ \frac{\delta \mathbf{r}}{\delta \theta} \right] \quad (34)$$

where

$$\mathbf{G}_i = (\mathbf{I}_{3 \times 3} - \frac{\ell_1}{l_{pi}} \tilde{\mathbf{s}}_{pi} \tilde{\mathbf{s}}_{pi}) [\mathbf{I}, -\tilde{\mathbf{U}}_{pi+1} \mathbf{K}_1] \quad (35)$$

##### 4-2 Generalized Forces Of Springs

The virtual work of the force in the  $i$ th spring can be written as

$$\delta w_i = -f_{si} \delta l_{si} \quad (36)$$

where,  $f_{si} = k(l_{si} - \ell_{si})$  is the force in the  $i$ th spring and  $k$  is spring constant and  $\ell_{si}$  is the spring free length. Finally, the generalized force for the  $i$ th spring can be written as

$$\mathbf{Q}_{si} = -k(l_{si} - \ell_{si}) \begin{bmatrix} \mathbf{s}_{si} \\ -\mathbf{K}_1^T \tilde{\mathbf{U}}_{pi+1}^T \mathbf{s}_{si} \end{bmatrix} \quad (37)$$

##### 4-3 Generalized Force Of Gravity

The virtual work of the gravity vector  $\mathbf{g} = [0, 0, -9.8]^T$  is

$$\delta w_g = \sum_{i=1}^3 [m_i \delta \mathbf{r}_i \cdot \mathbf{g}] + \sum_{i=1}^3 [m_i \ell_{si} \delta \Omega_{pi} \cdot (\mathbf{s}_{pi} \times \mathbf{g})] \quad (38)$$

where  $m_1$  and  $m_2$  are the masses of piston and cylinder of the arms, respectively. Using Eqs. (32) and (34) for  $\delta \Omega_{pi}$  and  $\delta \mathbf{r}_i$ , the generalized forces of gravity can be written as

$$\mathbf{Q}_g = \sum_{i=1}^3 [m_i \mathbf{G}_i^T \mathbf{g}] + \sum_{i=1}^3 [m_i \ell_{si} \mathbf{H}_i^T (\mathbf{s}_{pi} \times \mathbf{g})] \quad (39)$$

##### 4-4 Generalized Forces Of Actuators

The actuating force in the  $i$ th actuator is and its virtual work is

$$\delta w = \sum_{i=1}^3 [\tau_i \delta \mathbf{r}_{pi+1} \cdot \mathbf{s}_{pi}] = \sum_{i=1}^3 [\tau_i \delta \mathbf{r}_{pi+1}^T \mathbf{s}_{pi}] \quad (40)$$

The virtual work of  $-\tau_i$  acting on the second segment of the  $i$ th actuator is zero. Using Eq. (40), the generalized force of the  $i$ th actuator can be obtained as

$$\mathbf{Q}_{pi} = \sum_{i=1}^3 \tau_i \begin{bmatrix} \mathbf{I}_{3 \times 3} \\ -\mathbf{K}_1^T \tilde{\mathbf{U}}_{pi+1}^T \end{bmatrix} \mathbf{s}_{pi} \quad (41)$$

#### 4-5 Equilibrium Equations:

Using the principle of virtual work, static equilibrium condition for the mechanism is obtained in the absence of gravitational and external forces as

$$\sum_{i=1}^3 \left[ \tau_i \begin{bmatrix} \mathbf{s}_{pi} \\ -\mathbf{K}_1^T \tilde{\mathbf{U}}_{pi+1}^T \mathbf{s}_{pi} \end{bmatrix} \right] = \sum_{i=1}^3 \left[ k(l_{si} - \ell_{si}) \begin{bmatrix} \mathbf{s}_{si} \\ -\mathbf{K}_1^T \tilde{\mathbf{U}}_{pi+1}^T \mathbf{s}_{si} \end{bmatrix} \right] \quad (42)$$

In the proposed tensegrity mechanism, if the lengths of hydraulic actuators are fixed, three degrees of freedom are eliminated. The other degrees of freedom that are unconstrained are driven to minimize potential energy. Therefore, because of the presence of unconstrained degree of freedoms, kinematic and static equations are considered simultaneously. In inverse kinematics of the introduced mechanism, the actuator forces are obtained in such a way that the moving platform be in a given position while satisfying static equilibrium equations. For the present problem, the number of static equations is more than the number of unknowns. However, in a special case when the Euler angles are zero, the nonhomogeneous system of equations are consistent and there is an exact solution for the actuator forces for any position of the moving plate.

#### 5 Dynamic Analysis:

a rotation matrix given by

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} c\psi c\theta & -s\psi c\phi + c\psi s\theta s\phi & s\psi s\phi + c\psi s\theta c\phi \\ s\psi c\theta & c\psi c\phi + s\psi s\theta s\phi & -c\psi s\phi + s\psi s\theta c\phi \\ -s\theta & c\theta s\phi & c\theta c\phi \end{bmatrix} \quad (7)$$

For a 3-2-1 transformation, the angular velocity of the moving plate is

$$\begin{aligned} \omega = & (-\psi \sin(\theta) + \phi) X_b + (\psi \sin(\phi) \cos(\theta) + \theta \cos(\phi)) Y_b + \\ & (\psi \cos(\theta) \cos(\phi) - \theta \sin(\phi)) Z_b \end{aligned} \quad (8)$$

which in matrix form is

$$\omega = \mathbf{K}_1 \Theta \quad (9)$$

where

$$\mathbf{K}_1 = \begin{bmatrix} -s\theta & 0 & 1 \\ c\theta s\phi & c\phi & 0 \\ c\theta c\phi & -s\phi & 0 \end{bmatrix}, \quad \Theta = \begin{bmatrix} \psi \\ \theta \\ \phi \end{bmatrix} \quad (10)$$

### 3-2 Kinematics Of The Arms:

The position vector of point  $p_i$  is given by

$$\mathbf{r}_{pi} = \mathbf{r} + \mathbf{A} \bar{\mathbf{U}}_{pi} = \mathbf{r} + \mathbf{U}_{pi} \quad (11)$$

where,  $\mathbf{U}_{pi}$  is the transformation of  $\bar{\mathbf{U}}_{pi}$  to the reference frame  $O(X_b, Y_b, Z_b)$ . The velocity and acceleration of point  $p_i$ , in the reference frame, is found by taking the time derivative of Eq. (11).

$$\dot{\mathbf{r}}_{pi} = \ddot{\mathbf{r}} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{U}_{pi} \quad (12)$$

$$\ddot{\mathbf{r}}_{pi} = \ddot{\mathbf{r}} + \boldsymbol{\omega} \times \dot{\mathbf{U}}_{pi} + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{U}_{pi}) \quad (13)$$

The position vector of point  $p_i$  is expressed in terms of actuator arms, quantities  $l_{pi}$  and by  $s_{pi}$

$$\mathbf{r}_{pi+1} = \mathbf{r}_{bi} + l_{pi} \mathbf{s}_{pi} \quad (14)$$

In this equation,  $l_{pi}$  is the variable length of actuators

arms and  $\mathbf{s}_{pi}$  is the unit vector pointing in the direction from  $b_i$  to  $p_i$ . The velocity of  $p_i$  is given in terms of the angular velocity of the arms,  $\Omega_{pi}$ , by differentiating Eq. (14).

$$\dot{\mathbf{r}}_{pi+1} = l_{pi} \dot{\mathbf{s}}_{pi} + l_{pi} \ddot{\Omega}_{pi} \times \mathbf{s}_{pi} \quad (15)$$

Closed loop vector equations for each arm yield the following expressions

$$\mathbf{s}_{pi} = (\mathbf{r} + \mathbf{U}_{pi+1} - \mathbf{r}_{bi}) / l_{pi}, \quad \mathbf{s}_{si} = (\mathbf{r} + \mathbf{U}_{pi} - \mathbf{r}_{bi}) / l_{si} \quad (16)$$

$l_{pi}$  is the variable length of spring arms and  $\mathbf{s}_{si}$  is the unit vector pointing from  $b_i$  to  $p_i$ . Cross multiplication of the Eq. (15), by  $\mathbf{s}_{pi}$  gives

$$\mathbf{s}_{pi} \times \dot{\mathbf{r}}_{pi+1} = l_{pi} \mathbf{s}_{pi} \times (\Omega_{pi} \times \mathbf{s}_{pi}) \quad (17)$$

The second term in the right-hand side of the above equation can be rewritten as

$$l_{pi} \mathbf{s}_{pi} \times (\Omega_{pi} \times \mathbf{s}_{pi}) = l_{pi} (\mathbf{s}_{pi}, \mathbf{s}_{pi}) \Omega_{pi} - l_{pi} (\mathbf{s}_{pi}, \Omega_{pi}) \mathbf{s}_{pi} \quad (18)$$

Neglecting the longitudinal component of angular velocity of actuator arms, since the leg is treated as infinitesimally thin rod, the above relation simplifies to

$$\mathbf{s}_{pi} \times (\Omega_{pi} \times \mathbf{s}_{pi}) = \Omega_{pi} \quad (19)$$

Using Eqs. (17) and (19) the angular velocity of each actuator arm is obtained

$$\Omega_{pi} = \frac{1}{l_{pi}} \mathbf{s}_{pi} \times \dot{\mathbf{r}}_{pi+1} \quad (20)$$

The angular acceleration of the  $i$ th actuator arm is found by differentiating the above equation.

$$\ddot{\Omega}_{pi} = \frac{1}{l_{pi}} \left[ \mathbf{s}_{pi} \times \ddot{\mathbf{r}}_{pi+1} + (\Omega_{pi} \times \mathbf{s}_{pi}) \times \dot{\mathbf{r}}_{pi+1} \right] - \frac{l_{pi}}{l_{pi}^2} \mathbf{s}_{pi} \times \ddot{\mathbf{r}}_{pi+1} \quad (21)$$

Neglecting terms with lower-order derivatives [17], we have

$$\ddot{\Omega}_{pi} = \frac{1}{l_{pi}} \mathbf{s}_{pi} \times \left[ \ddot{\mathbf{r}} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{U}_{pi+1} \right] \quad (22)$$

It is worth noting that angular velocity and angular acceleration of two segments of each actuator arm are identical and perpendicular to  $\mathbf{s}_{pi}$ . As shown in Fig. 3, each actuator arm is made of two segments, piston (link 1) and cylinder (link 2), with mass centers  $C_1$  and  $C_2$ , respectively. The location of point  $C_1$  is determined by the length  $\ell_1$ .

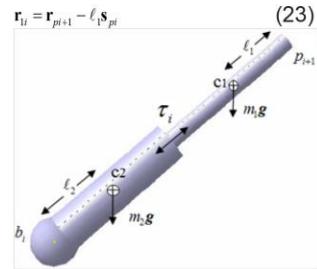


Fig. 3. Schematic representation of the  $i$ th actuator arm.

Differentiating Eq. (23), and substituting for  $\dot{\mathbf{r}}_{pi+1}$  from Eq. (12), the velocity of point  $C_1$  is obtained

$$\mathbf{r}_{iU} = \ddot{\mathbf{r}} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{U}_{pi+1} - \ell_1 \Omega_{pi} \mathbf{s}_{pi} \quad (24)$$

Upon differentiation, we get the following expression for the acceleration of the piston segment of each actuator

$$\ddot{\mathbf{r}}_{iU} = \ddot{\mathbf{r}}_{pi+1} - \ell_1 (\Omega_{pi} \times \mathbf{s}_{pi}) + \ell_1 (\Omega_{pi}, \Omega_{pi}) \mathbf{s}_{pi} \quad (25)$$

Neglecting lower-order derivatives [17], and using Eq. (22), the above expression can be rewritten as:

$$\ddot{\mathbf{r}}_{iU} = \mathbf{T}_i (\ddot{\mathbf{r}} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{U}_{pi+1}) \quad (26)$$

where

$$\mathbf{T}_i = \left[ \mathbf{I}_{3x3} + \frac{\ell_1}{l_{pi}^2} \tilde{\mathbf{s}}_{pi} \tilde{\mathbf{s}}_{pi} \right] \quad (27)$$

tensegrity system is shown in Fig. 1. As it can be seen, it is similar to the Stewart platform which has six degree of freedom. In this parallel robot, six identical limbs connect the fixed base to the moving plate through universal and spherical joints. This construction is called a U-P-S (Universal-Prismatic-Spherical) limb. By considering a Stewart platform, we suppose that three of U-P-S limbs are replaced with three linear springs. Because of the elastic nature of springs, the length of springs can be changed and consequently springs can play the role of U-P-S limbs without any change in the total degrees of freedom of the mechanism. The introduced mechanism consists of three springs joining node pairs  $b_i p_i$ , three prismatic actuators joining node pairs  $b_i p_{i+1}$  and three strings joining node pairs  $p_i p_{i+1}$  ( $i=1,2,3$  ( $p_i p_{i+1}$  with  $i+1=1$  if  $i=3$ )). These strings are in tension and the shape of triangle  $p_1 p_2 p_3$  does not alter. Consequently, it can be replaced with a triangular plate. The proposed mechanism has six-degree-of-freedom. Three translational motions of the mechanism are controlled by prismatic actuators. Therefore, it is considered as a 3-DoF spatial mechanism.

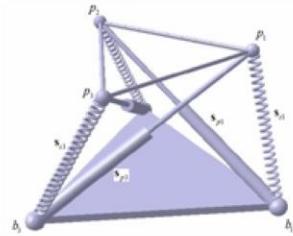
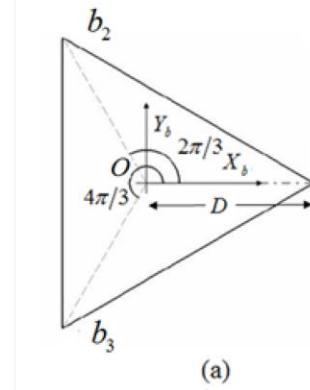


Fig. 1. Schematic of the spatial mechanism.

As illustrated in Fig. 2, a reference frame  $O(X_b, Y_b, Z_b)$  is attached to the centroid of triangle

$\Delta b_1 b_2 b_3$  with its  $X_b$ -axis directed toward node  $b_1$  and  $Z_b$ -axis perpendicular to the fixed base. Also, a mobile frame  $P(X_i, Y_i, Z_i)$  with origin is placed at the geometric center of triangle  $\Delta p_1 p_2 p_3$ , where  $Z_i$ -axis perpendicular to the plane formed by nodes  $p_1 p_2 p_3$  and  $Y_i$ -axis pointing to the center point of  $p_1 p_2$ .



(a)

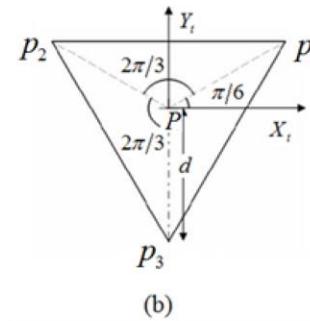


Fig. 2. Tensegrity mechanism: (a) base and (b) moving plate.

The position vector of  $b_i$  in the reference frame is given by

$$\mathbf{r}_{bi} = [D \cos(\gamma_i), D \sin(\gamma_i), 0]^T \quad (1)$$

where

$$\gamma_1 = 0, \quad \gamma_2 = 2\pi/3, \quad \gamma_3 = 4\pi/3 \quad (2)$$

As illustrated in Fig. 2, the posi-

tion vector of  $b_i$  with respect to  $b_j$  in the mobile reference frame is

$$\bar{\mathbf{U}}_{R_i} = [d \cos(\gamma_i + \pi/6), d \sin(\gamma_i + \pi/6), 0]^T \quad (3)$$

The generalized coordinates for describing the configuration of the mechanism can be assembled in a six dimensional array as follows

$$\mathbf{q} = [P_x, P_y, P_z, \psi, \theta, \phi]^T \quad (4)$$

where

$$\mathbf{r} = [P_x, P_y, P_z]^T \quad (5)$$

is the position vector of the center of the moving platform with respect to the point  $O$ , and the orientation of the moving platform is expressed by three Euler angles  $\psi$ ,  $\theta$  and  $\phi$  in a 3-2-1 sequence known as heading, attitude and bank, respectively. In a 3-2-1 transformation, the axes  $X_b Y_b Z_b$  are rotated about  $Z_b$  by an angle  $\psi$ , to yield the  $X'_b Y'_b Z'_b$  axes. Then, a rotation is performed about axis  $Y'$  by  $\theta$ , yielding the  $X''_b Y''_b Z''_b$  axes. Finally, these axes are rotated by about the  $X''_b$  axes, which results in the  $X_i Y_i Z_i$  axes.

### 3 Kinematic Analysis:

#### 3-1 Kinematics Of The Moving Plate:

In general, all Euler angle sequences have singularities. In the analysis of the mechanism, a 3-2-1 sequence is used which has singularity when the attitude angle has the value  $\theta = \pi/2$  [16]. However, as disclosed in the following section, these angles remain small and the singularity is avoided. Consequently, the transformation matrix from the mobile frame  $P(X_i, Y_i, Z_i)$  to the reference frame  $O(X_b, Y_b, Z_b)$  can be described by



# INTRODUCING AND ANALYZING A NOVEL THREE-DEGREE-OF-FREEDOM SPATIAL TENSEGRITY MECHANISM

Bahman Nouri Rahmat Abadi\*  
 School of Mechanical Engineering  
 Shiraz University, Iran  
 Email: bahmannouri@gmail.com

Mehrdad Farid  
 School of Mechanical Engineering  
 Shiraz University, Iran  
 Email: farid@shirazu.ac.ir

Mojtaba Mahzoon  
 School of Mechanical Engineering  
 Shiraz University, Iran  
 Email: mahzoon@shirazu.ac.ir

## ABSTRACT

The objective of the present paper is to introduce and analyze a particular spatial mechanism as a modification of the Stewart robot. The three limbs of the Stewart parallel robot are replaced by springs. Three hydraulic actuators control translational motion of the mechanism. Kinematics of the mechanism is studied and its static equations are derived and for a special case where external and gravitational forces are neglected, an analytical solution is presented. Also, the principle of virtual work is employed to derive the equations of motion of the proposed mechanism. Based on the dynamical equations, the motion of the system is simulated.

ponents to define a stable volume in space".

For many years, the tensegrity concept was an idea for architects and civil engineers to produce new structural forms. Recently, it has been realized that tensegrity concept can be used to design new type of mechanisms. Oppenheim and Williams [3] were among the first to produce movement in tensegrity structures. Different techniques can be used to generate the movement in tensegrity mechanisms. By using motors to change the lengths of cables or prismatic actuators, their shape changes and the motion in such structures can be achieved [4]. The benefits of tensegrity mechanisms in comparison with conventional ones include low mass, rapid motion and high strength-to-weight ratio. Also, because of the presence of compliant components, such as springs, these mechanisms can be used for force control applications [5]. Moreover, these mechanisms are useful in applications requiring a soft touch between the end effector and the environment. Several tensegrity mechanisms have been introduced and studied [6-15]. Arsenault [6] proposed a novel 2-DOF planar tensegrity mechanism. Direct and inverse kinematics of the mechanism is studied

and an analytical expression for its workspace was proposed. Arsenault and Gosselin [7-8] studied two spatial 3-DOF tensegrity mechanisms. They also studied kinematics, statics and dynamics of a planar 2-DOF tensegrity mechanism [9]. Furthermore, Chen and Arsenault [10] studied the actuator and Cartesian workspace boundaries of a planar 2 DOF translational tensegrity mechanism. Also, some statically balanced tensegrity mechanisms have been proposed in the literature [11-13]. Moon, Crane and Roberts proposed two tensegrity-based compliant parallel mechanisms [14-15].

In this paper, a novel spatial tensegrity mechanism is introduced. First, in section 2, the geometry of the mechanism is described. Then, in section 3, kinematics of the mechanism is studied. Next, generalized forces of gravity, springs and actuators are obtained and static equilibrium equations of the mechanism are derived. In the sequel, equations of motion are derived using the principle of virtual work. Finally, some numerical examples are presented and the movement of mechanism is simulated in section 6.

**2 Mechanism Description:**  
 The cad model of the proposed

## 1 Introduction

The word "tensegrity" which is a compound of the words 'tensile' and 'integrity' was introduced by R. B. Fuller, an architect and designer [1]. Tensegrity structures consist of some ties and struts which are in purely axial loads. The most accepted definition of tensegrity system is given by Pugh [2]: "a tensegrity system is established when a set of discontinuous compressive components interacts with a set of continuous tensile com-

# مکتب خر

گاهنامه علمی تخصصی اقتصاد و حساب مهندسی مکانیک پاشرنگ داری صدراچی (شیخجان)  
سال هفدهم اشماره شصت  
قیمت: ۱۵۰۰ تومان



آنچه در این شماره خواهد دید:

از صنعت گردی دانشجویان تا تئوری های اساتید

Optimized by www.ImageOptimizer.in



## عصر مکانیک

گاہنامه علمی تخصصی انجمن مهندسی مکانیک

دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان

سال جهان، شماره‌ی پنجم، اردیبهشت ۱۳۹۳

## فهرست

### سرمقاله ۴

مقاله‌ی دکتر بهراد حقیقی ۵

مقاله‌ی دکتر سجاد صیفوری ۷

مقاله‌ی دکتر علیرضا عرب‌سلغار ۹

مقاله‌ی مهندس رسول جهرمی ۱۱

چرا کارآموزی؟ ۱۵

چهارراه اقتصادی ایران ۱۶

گفت‌وگو با مدیر سایپای شیراز ۱۸

در شرکت پلی اکریل چه می‌گذرد؟ ۱۹

از بریجستون ژاپن تا دنای ایران ۲۳

تولید رینگ آلومینیومی در رفسنجان ۲۴

زغال‌ها را باید شست ۲۶

ماشین‌های ابزار ۲۸

نگاهی به مجتمع فولاد خراسان ۳۱

صفروتا صد ریخته‌گری ۳۶

نیروگاه، قلب کارخانه ۳۹

تست غیرمخرب ۴۱

مقاله مهندس بهمن نوری ۵۴

صاحب امتیاز: انجمن علمی مهندسی مکانیک

مدیر مسؤول: رحیم نعیمی

سردبیر: مریم پورفلاح

مشاور مدیر مسؤول: مهدی موسی حسن خانی

مدیران اجرایی: مرتضی زارعی، علی زالی

گروه ویرایش:

مریم پورفلاح، امیر حاج علی زاده، علی اکبر حبیبی، فرنام یزدیزاده

هیئت تحریریه:

مجتبی اکبری، سحر جهانشاهی، مریم حسن پور، مهدی

موسی حسن خانی، محمود خرم‌کیش، مرتضی زارعی،

سیدمحمد میرتاج‌الدینی، مجید هاشمی، فرنام یزدیزاده

با تشکر فراوان از اساتید محترم:

مهندس رسول جهرمی، دکتر علی رضا عرب‌سلغار،

دکتر سجاد صیفوری، دکتر بهراد حقیقی، مهندس بهمن نوری

نشانی الکترونیک: www.mef.vcp.ir

امور هنری: کارگاه طراحی و گرافیک کارن Karen-co.net

تدوین فیلم‌ها: آرمین مختاری

نشانی:

رفسنجان، دانشگاه ولی عصر (عج)، دانشکده فنی و مهندسی،

دفتر انجمن مهندسی مکانیک

## سر مقاله

نون و القلم ومايسطرون...  
صدایی می‌آید...

صدایی از دوردست... از بلاد کفر... از جایی  
کیلومترها دورتر از خاک کشور عزیز ما ایران...  
«تحریم»

گویا جنگ است... جنگی سخت و نفسگیر...  
جنگی که سلاحش قلم است و سنگرش کاغذ...

ندایی می‌آید... از همین نزدیکی... ندایی که  
رعشه بر اندامها می‌افکند و زانوها را سست  
می‌کند...

«امریکا هیچ غلطی نمی‌تواند بکند»  
گویا جنگ است... جنگی سخت و نفسگیر... جنگی  
که سلاحش قلم است و سنگرش کاغذ...  
باید کاری کنیم... باید حرف «ولی» زمین بماند...  
دانشجویان امروز!... «حسابی»‌های فردا!... سلاح  
در دست گیرید و سنگرهای آماده سازید...  
زیرا

«جنگ است»

در این نشریه سعی کردیم پلی ایجاد کنیم بین  
علم و صنعت؛ و کاربرد علوم دانشگاهی را در  
صنعت روز کشور مورد بررسی قرار دهیم.  
لذا از شما مخاطبان عزیز انتظار داریم با انتقادها و  
پیشنهادهای سازنده خود، راهنمای ما باشید و ما  
را یاری نمایید.

رحیم نعیمی، مدیر مسؤول



# جريان سکون متقارن محوری بر روی استوانه نامحدود همراه با حرکت محوری و دورانی متغیر با زمان اسیال نفوذ سطحی متغیر با زمان از دیواره آن

دکتر بهزاد حقیقی

استادیار گروه مکانیک دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

در شکل(۱) دیده می شود استوانه به طول نامحدود و  $\eta H'' + H' + \operatorname{Re}[FH' - F'H] - \frac{\partial H}{\partial \tau} = 0$  (۹) به شعاع  $a$  بوده، این استوانه دارای حرکت محوری  $\eta = 1$ :  $F = S(\tau)$   $F'(0) = 0$ ,  $G(1, \tau) = \omega(\tau)$ ,  $H = V(\tau)$  با سرعت و حرکت دوارانی با سرعت می باشد.

$$\eta \rightarrow \infty : F' = 1, G = 0, H = 0 \quad (11)$$

برایهم (۱)، بیانگر مشتق نسبت به بوده  $S(\tau) = \frac{U_0(\tau)}{ka}$  مطالعات حاکم بر جریان دارای تقارن محوری می باشد. مطالعات حاکم بر جریان فوق، همان معادلات حاکم در دستگاه مختصات استوانه ای سه بعدی می باشند که با توجه به فیزیک مطالعه ساده می شوند. شرایط مرزی میدان سرعت حاکم بر معادلات فوق عبارتند از:

$$G(\eta, \tau) = g(\eta) \phi(\tau) \quad (12)$$

$$H(\eta, \tau) = h(\eta) V(\tau) \quad (13)$$

با قرار دادن متغیرهای تفکیک شده فوق، به ترتیب در معادلات (۸) و (۹) و در نظر گرفتن توابع زیر به:

$$\phi(\tau) = b \cdot \operatorname{Exp}[\alpha + i\beta]\tau] \quad (14)$$

$$V(\tau) = b \cdot \operatorname{Exp}[\lambda + i\delta]\tau] \quad (15)$$

معادلات دیفرانسیل دقیق زیر می رسیم:

$$\eta g'' + \operatorname{Re}(Fg' - \alpha g - i\beta g) = 0 \quad (16)$$

$$\eta h'' + h' + \operatorname{Re}(Fh' - F'h - \lambda h - i\delta h) = 0 \quad (17)$$

برای حل کاملاً تشابهی معادلات (۱۶) و (۱۷) فرض می کنیم که توابع  $g(\eta)$  و  $h(\eta)$  به صورت یک تابع مختلط بفرم زیر باشند:

$$g(\eta) = g_1(\eta) + i g_2(\eta) \quad (18)$$

$$h(\eta) = h_1(\eta) + h_2(\eta) \quad (19)$$

با قراردادن روابط فوق در معادلات (۱۶) و (۱۷)، معادلات و شرایط مرزی به شکل زیر بدست می آیند:

$$\begin{cases} \eta g_1'' + \operatorname{Re}(Fg_1' - \alpha g_1 - i\beta g_2) = 0 \\ \eta g_2'' + \operatorname{Re}(Fg_2' - \alpha g_2 - i\beta g_1) = 0 \end{cases} \quad (20)$$

$$\begin{cases} \eta h_1'' + h_1' + \operatorname{Re}(Fh_1' - F'h_1 - \lambda h_1 - i\delta h_2) = 0 \\ \eta h_2'' + h_2' + \operatorname{Re}(Fh_2' - F'h_2 - \lambda h_2 - i\delta h_1) = 0 \end{cases} \quad (21)$$

$$\begin{cases} \eta h_1'' + h_1' + \operatorname{Re}(Fh_1' - F'h_1 - \lambda h_1 - i\delta h_2) = 0 \\ \eta h_2'' + h_2' + \operatorname{Re}(Fh_2' - F'h_2 - \lambda h_2 - i\delta h_1) = 0 \end{cases} \quad (22)$$

سیستم معادلات کوپله (۲۰) و (۲۱) با درنظر گرفتن شرایط مرزی (۲۲) و (۲۳) با استفاده از روش رانگ کوتای مرتبه ۴، همراه با استفاده از روش پرتابی

در این مقاله جریان سکون متقارن محوری قایم روی یک استوانه نامحدود، مورد بررسی قرار گرفته است. استوانه دارای سرعت محوری و دورانی متغیر با زمان بوده و سطح استوانه نیز دارای نفوذ سطحی متغیر با زمان سیال می باشد. ابتدا با معرفی متغیرهای نیمه تشابهی خاص، معادلات دیفرانسیل با مشتقهای جزئی از معادلات ناویراستوکس بدست می آیند و سپس، حل نیمه تشابهی برای تمامی معادلات حاکم بر مسأله و نیز حل کاملاً تشابهی برای بعضی از این معادلات ارائه خواهد شد.

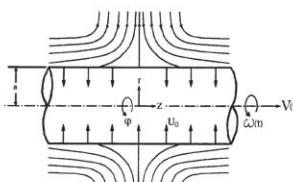
واژه های کلیدی: جریان سکون متقارن محوری- حل نیمه تشابهی - حل کاملاً تشابهی- مکش و دمش سطحی متغیر با زمان- معادلات ناویراستوکس.

## مقدمه

در بیشتر موارد یافتن حل دقیق برای معادلات ناویراستوکس با توجه به غیرخطی بودن این معادلات بسیار دشوار می باشد، بطوریکه اصل برهم نهی که در جریان پتانسیل کارساز است، دیگر قابل اعمال نیست. برای نخستین بار هایمنز [۱] حل دقیقی برای معادلات ناویراستوکس حاکم بر جریان دو بعدی روی صفحه خلت ارائه داد. اولین اثر وانگ [۲] حل دقیقی برای مسئله جریان سکون متقارن، روی یک استوانه نامحدود ساکن ارائه داد. تا خارج، چامخا و نس [۳] اثر نایپا بودن جریان سکون شعاعی متقارن محوری روی استوانه را همراه با اثر حرکت استوانه با سرعت محوری وابسته به زمان مورد مطالعه قرار دادند. اخیراً صالح و برادران رحیمی [۴] مسئله جریان سکون متقارن محوری بر روی استوانه نامحدود و انتقال حرارت از آن را برای حالات مختلف حرکت محوری و دورانی استوانه تغییر با زمان همراه با مکش و دمش سطحی یکنواخت مورد بررسی قرار دادند. در این مقاله، مسئله جریان سکون محوری بر روی استوانهای نامحدود دارای حرکت محوری و دورانی وابسته به زمان همراه با نیز نفوذ سطحی سیال متغیر با زمان، مورد بررسی قرار گرفته است.

## معرفی مسئله

جریان در مختصات استوانه ای، و با اجزاء سرعت متناظر  $u, v, w$  در نظر گرفته شده است. همانطور که



شکل ۱- شماتیک جریان سکون شعاعی بر روی استوانه همراه با حرکت محوری و دورانی با نفوذ سطحی سیال از دیواره آن

معادلات نیمه تشابهی

با استفاده از تغییر متغیرهای زیر معادلات ناویراستوکس را به معادلات تشابهی بی بعد تبدیل می کنیم:

$$u = -\bar{k} \frac{a}{\sqrt{\eta}} F(\eta, \tau) \quad (3)$$

$$v = \frac{a}{\sqrt{\eta}} G(\eta, \tau) \quad (4)$$

$$w = 2\bar{k} F'(\eta, \tau) z + H(\eta, \tau) \quad (5)$$

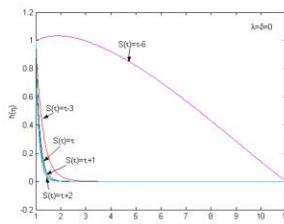
$$P = \rho \bar{k}^2 a^2 P \quad (6)$$

$$\eta F''' + F'' + \operatorname{Re}[1 - (F')^2 + FF'' - \frac{\partial F}{\partial \tau}] = 0 \quad (7)$$

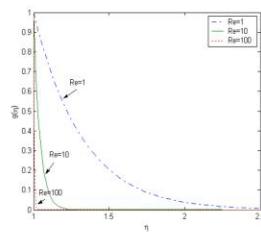
$$\eta G'' + \operatorname{Re}[FG' - \frac{\partial G}{\partial \tau}] = 0 \quad (8)$$

حل گردیده‌اند.

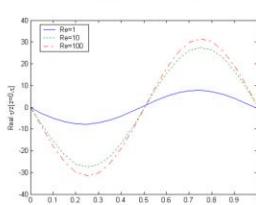
**حل نیمه‌تشابهی**  
از آنجا که حل کاملاً تشابهی معادلات (۸) و (۹) تنها قابلیت تحلیل تعداد اندکی از حالت‌های مختلف حرکت محوری و دورانی استوانه را دارد و همچنین ممکن است که امکان جداسازی متغیرهای مستقل برای برخی از توابع سرعت وجود نداشته باشد، بنابراین به حل نیمه‌تشابهی معادلات (۷) تا (۹) پرداخته می‌شود. این معادلات برای توابع مختلف زمانی  $S(\tau)$ ،  $V(\tau)$  و  $\omega(\tau)$  با روش تفاضل محدود حل شده‌اند.



شکل ۲- تأثیر توابع مختلف مکش و دمش سطحی بر تابع  $V(\tau) = b$  با حرکت محوری با سرعت  $h(\eta)$



شکل ۳- تأثیر عدد رینولز بر تابع  $g(\eta)$  به ازای تابع مکش و دمش سطحی  $S(\tau) = \tau + 1$  و حرکت دورانی  $\omega(\tau) = b$  با سرعت



شکل ۴- تأثیر عدد رینولز روی تنش برخی برای  $V = \sin(2\pi \tau)$

### نتش برخی

مقدار تنش برخی بر روی سطح دیواره استوانه به کمک رابطه زیر محاسبه می‌گردد، که در آن  $\mu$  همان لزجت سیال است.

$$(۲۴) \quad \sigma = 2\mu[G'(l, \tau) - \omega(\tau)]\hat{e}_\varphi + \frac{2\mu}{a}[2\bar{k}F''(l, \tau)z + H'(l, \tau)]\hat{e}_z$$

### نتیجه‌گیری

نتایج، تأثیر دو بارامتر عدد رینولز و مقدار مکش را روی توابع سرعت محوری و قسمت حقیقی تنش برخی، نشان می‌دهند. دیده می‌شود که با افزایش عدد رینولز و مقدار مکش سطحی، سرعت شعاعی افزایش یافته و از ضخامت لایه مرزی کاسته می‌شود. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش سرعت محوری و نیز دورانی استوانه ضخامت لایه مرزی زیاد شده و در واقع عمق نفوذ میدان سرعت محوری و دورانی در سیال مجاور دیواره استوانه زیاد می‌شود و نیز با افزایش عدد رینولز و

### مراجع:

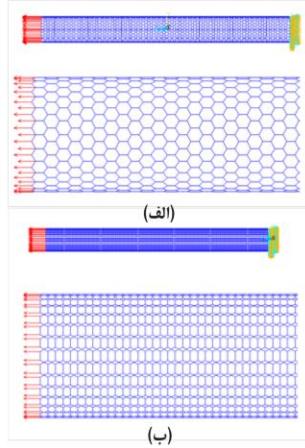
- 1-Hiemenz, K., «Die Grenzschicht an einem in den gleichformigen Flüssigkeitsstrom eingetauchten geraden Kreiszylinder», Dinglers Polytech. J.236321- 410, 1911.
- 2-Wang, C., «Axisymmetric stagnation flow on a cylinder», Quarterly of applied Mathematics, Vol. 10, 1974, pp. 207-213.
- 3-Takhar, H.S., Chamkha, A.J., and Nath, G., «unsteady axisymmetric stagnationpoint flow of a viscous fluid on a cylinder, Int. Journal of Engineering Science, 37, 1999, pp. 1943-1957.
- 4-Saleh, R., and Rahimi, A.B., «Axisymmetric stagnation point flow of a viscous fluid on a moving cylinder with time dependent axial velocity, International Journal of engineering, volume 17, number 1, February 2004.

# بررسی عددی ضربه نانوذره بر نانوگره با استفاده از روش هیبریدی- مکانیک محیط پیوسته و مقایسه با نتایج تئوری غیر محلی الاستیسیته

دکتر سجاد صیفوردی

استادیار گروه مکانیک دانشگاه فنی و مهندسی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

شده است. یک طرف نانولوله‌ها به صورت تکیه گاه گیردار در نظر گرفته شده و به طرف دیگر نیرو به طور یکنواخت وارد شده است. شرایط مرزی و اعمال نیرو، برای دو ساختار زیگزاگ آرجیر در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از شبیه



شکل ۱ مدل المانبندی نانولوله‌ها شرایط مرزی و بارگذاری (الف) با ساختار زیگزاگ(۱۵)، (ب) با ساختار آرجیر(۱۵)

سازی‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که از نتایج این جدول ملاحظه می‌شود، مدول یانگ بدست آمده از روش صریح همگرایی مناسبی با مدول یانگ روش ضمنی دارد. در همه موارد مدول یانگ روش صریح، بزرگتر از مدول یانگ روش ضمنی بوده و این اختلاف با بزرگتر شده قطر نانولوله‌ای گرینی در هر دو ساختار زیگزاگ و آرجیر بیشتر شده است. همچنین در جدول ۱ مقایسه ای مابین نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج بدست آمده از سایر محققین (شبیه سازی به روش ضمنی) انجام شده و همگرایی مناسبی مشاهده می‌شود [۷-۶].

**شبیه سازی عددی ضربه در نانوگره روشن**

کد اجزای محدود صریح که اجزای محدود برای ANSYS/LSDYNA شبیه سازی ضربه استفاده شده است که در این کد کرنش‌ها، تنش‌ها، سرعت و انتشار امواج تنش به صورت تابعی از زمان و مکان قابل محاسبه است. در این نرم افزار برای پاسخ محیط به این دینامیکی از معادلات بنایی جرم، ارزی و ممتومن و هجتمن معادلات ساختاری مکانیک محیط های پیوسته استفاده می‌شود. برای مدلسازی نانولوله و پرتابه

اویلر-برنولی [۴] و تیموشنسکو [۵] و برایه تئوری غیر محلی، بررسی شده است. در این تحقیق شبیه سازی عددی برایه روش اجزای محدود انجام شده و در ابتدا خواص مکانیکی نانوگرهها با ساختار زیگزاگ و آرجیر بدست آمده در ادامه از شبیه سازی بدیده ضربه، نتایج بدست آمده از مقاله مقالات [۵-۴] با نتایج اجزای محدود مقایسه شده است.

مدلسازی عددی برای تخمين مدول یانگ نانو لوله های گرینی خواص مکانیکی نانولوله‌ای گرینی از جمله مدول یانگ قابل توسعه محققین بدست آمده است [۶]. در این تحقیق ابتدا مدول یانگ نانولوله‌ای گرینی با چند هندسه مختلف توسعه دو روش ضمنی و صریح شبیه سازی شده است. لازم به ذکر است که روش صریح برای اولین بار در این تحقیق ارائه شده است. ملت استفاده از روش صریح اینست که اولاً در تست‌های مکانیکی در آزمایشگاه، بر اعمالی به صورت تابعی از زمان (با ترخی شخص) وارد می‌شود و ثانیاً در مرحله بعد برای شبیه سازی پدیده ضربه در نانوگره (نانولوله های گرینی) از روش صریح استفاده می‌شود. بنابراین خواص مربوط به این روش در نرم افزار وارد خواهد شد. مرحله اول برای شبیه سازی نانولوله گرینی به روش ضمنی، پیوندهای گرین-کرین با استفاده از المان سه بعدی تیر BEAM۱۶۱ با سلحنج قلعه دایره‌ای، در نرم افزار ANSYS مدلسازی شده است. خواص مربوط به این المان‌ها در مرجع [۶] ارائه شده است. در مرحله بعد برای شبیه سازی دینامیکی (بارگذاری تابعی از زمان) از المان‌های سه بعدی تیر BEAM۱۶۱ با استفاده از ANSYS/LSDYNA نرم افزار مدلسازی شده است. در مرحله اول گردنی از مدول یانگ روش ضمنی به سمت مدول یانگ روش صریح، بزرگتر از مدول یانگ روش ضمنی است. مدول یانگ مواد، حاصل تقسیم تش معمودی بر کرنش عمودی است، که از آزمایش کشش محوری بدست می‌شود. برای تخمين مدول یانگ نانولوله گرینی از رابطه زیر استفاده می‌شود [۶]:

معرفی مصاله

جریان در مختصات استوانه‌ای، و با اجزاء سرعت

متناظرها،  $W$ , در نظر گرفته شده است. همانطور

که

$$E = \frac{\delta}{\alpha} = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad (1)$$

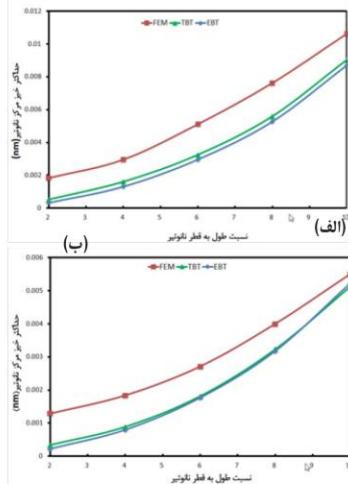
که در این رابطه  $F$  کل نیروی وارد،  $A$  سطع مقطع،  $L$  طول اولیه و مقدار تغییر طول است. سطع مقطع،  $D$  قطر نانولوله گرینی است [۶]. چندین نانولوله گرینی به روش‌های ضمنی و صریح شبیه سازی

در این مقاله ضربه کم سرعت قائم ر روی نانوگره بر اساس تئوری غیر محلی، بصورت تحلیلی و عددی برای بررسی رفتار دینامیکی نانوگره ارائه شده است. سپس شبیه سازی ضربه برای نسبت‌های منظری مختلفی از نانوگره انجام شده است. شرایط مرزی دو سر ساده و دو سر گیردار، همچنین تأثیر نسبت طول به قطر بر روی تغییر شکل دینامیکی نانوگره بررسی شده است. نتایج حاصل از شبیه سازی عددی، با دو روش تحلیلی بر اساس تئوری غیر محلی و برای نانوگرهای اویلر-برنولی و تیموشنسکو مقایسه و تطبیق متناسبی مشاهده شده است. با افزایش پارامتر غیر محلی، تغییر شکل دینامیکی حداقل وسط نانوگره، افزایشیافته است.

**واژه های کلیدی:** تغییر شکل دینامیکی، تئوری غیر محلی الاستیسیته، ضربه، نانوگره.

مقدمه

در بیشتر موارد یافتن حل دقیق برای معادلات تحلیل نانولوله‌ای گرینی از دیدگاه سازه‌ای را می‌توان در گروه دیدگاه ترکی، انتی-مکانیک محیط‌های پیوسته در نظر گرفت. فرض اساسی در این روش اینست که نانولوله‌ای گرینی همانند سازه قاب‌رفتار کرده و نیروی پیوندهای کوالت در نظر گرفته می‌شود. تئوری‌های کلاسیک مکانیک محیط‌های پیوسته، بر اساس روابط ساختاری هایپرالاستیک استوار هستند، که فرض می‌کند تنش هر نقطه، به صورت تابعی از کرنش‌های همان نقطه است. تئوری غیر محلی که ابتدا توسطارینگن [۱-۳] ارائه شد، بیانگر اینست که تنش هر نقطه نه تنها تابعی از میدان کرشن این نقطه است بلکه تابع کرشن همه نقاط محیط پیوسته است. این قابل تئوریها در برگیرنده اطلاعاتی از نیروهای مابین انتها و اندازه طول‌های داخلی (اثر مقایس کوچک) که در روابط ساختاری بصورت پارامترهای مابد تعريف می‌شوند، هستند. با توجه به موارد گفته شده ممکن است نانوگره (نانوگره) توسعه نانوگره مورد اصابت قرار گیرد. بررسی پدیده ضربه در مقياس نانو، با استفاده از تئوری‌های غیر محلی در مراجع [۵-۴] بررسی شده است. در این مقاله پدیده ضربه کم سرعت یک نانوگره بر روی یک نانوگره، بر اساس فرمولینگی تیر



شکل ۲ مدل المان محدود پرتابه و نانوتیر با المان پوسته ای (الف) نسبت منظری ۰، ب) نسبت منظری ۱۰

تموشنکو مقایسه شده است. با افزایش نسبت تموزنکو (طول به قطر) اثر تغییر شکل محلی پیشتر می‌شود. علت اختلاف نتایج تحلیلی با نتایج شبیه سازی در نظر نگرفتن اثر تغییر فرم محلی در این مادلات است. خیز حاکتر در مرکز نانوتیر در همه اولبر-برنولی و تموزنکو، بر اساس نسبت طول به قطر نانوتیر به ترتیب با تکیه گاه ساده، شکل(۳-الف) و دوسرگیردار، شکل(۳-ب) با روش اجزای محدود(FEM) مقایسه شده است. همانگونه که از نمودارهای شکل ۳ مشاهده می‌شود، همگرایی بین نتایج حاصل از تئوری‌های مختلف با روش عددی اجزای محدود نسباتی است. به طور کلی با افزایش طول نانوتیر صلبیت سازه کاهش یافته و حداکثر خیز افزایش می‌یابد. با افزایش نسبت منظری(طول به قطر) اثر تغییر شکل محلی پیشتر می‌شود در دو تئوری EBT و TBT به علی در نظر نگرفتن اثر محلی، نتایج با نتایج شبیه سازی اختلاف دارند. بطور کلی با افزایش اثر پارامتر غیر محلی حداکثر خیز مرکز نانوتیر افزایش یافته است. این رفتار نانوتیر به این علت است که از دیدگاه مقیاس بانوی مواد اتصال اتها را بصورت فرها بیدر نظر گرفت که با افزایش پارامتر غیر محلی(کاهش سختی این فرها) باعث انعطاف پذیری پیشتر نانوتیر می‌شود و این در حالی است که در تئوری محالی این فرها به صورت صلب در نظر گرفته می‌شوند[۸].

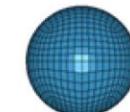
#### مراجع

- [1] A.C. Eringen. On differential equations of nonlocal elasticity and solutions of screw dislocation and surface waves, Journal of Applied Physics, Vol. 54, No. 9, (1983)4703-4710.
- [2] A.C. Eringen. Nonlocal Continuum Field Theories, Springer-Verlag, New York, 2002.
- [3] A.C. Eringen, D.G.B. Edelen, On nonlocal elasticity, International Journal of Engineering Science, Vol. 10, No. 3, (1972) 233-248.
- [4] S. Seifoori, G.H. Liaghat, M. Foladi, Low velocity impact on Timoshenko nanobeam using a nonlocal elasticity theory, Modares Mechanical Engineering, Vol. 13, No. 8, (2013)151-161.
- [5] S. Seifoori, G.H. Liaghat, Low velocity impact on Euler-Bernoulli nanobeam using a nonlocal elasticity theory, Modares Mechanical Engineering, Vol. 13, No. 3, (2013)37-44.
- [6] C. Li, T.W. Chow, A structural mechanics approach for the analysis of carbon nanotubes, International Journal of Solids and Structures, Vol. 40, No. 10, (2003)2487-2499.
- [7] S. Seifoori, G.H. Liaghat, Low velocity impact of a nanoparticle on nanobeams by using a nonlocal elasticity model and explicit finite element modeling, Int. J. Mech. Sci. 69 (2013) 85-93.
- [8] C.M. Wang, Y.Y. Zhang, X.Q. He, Vibration of nonlocal Timoshenko beams, Nanotechnology, Vol. 18, No. 10, (2007) 105401-105410.
- [9] Y.Q. Zhang, G.R. Liu, X.Y. Xie, Free transverse vibration of double-walled carbon nanotubes using a theory of nonlocal elasticity, Physical Review B, Vol. 71, No. 19, (2005)195404-195411.

نوع ساختار	نوع تحلیل	مدول یا لگک محوری برای نانوکریهای تک لایه با طول 20nm (Tpa)	مدول یا لگک محوری بر طبق [۶]
زیگزاگ (10,0)	ضفتی	1/۰۴۰۹	1/۰۲۸۱
	صریح	1/۰۴۵۵	(10,0)
	ضفتی	1/۰۲۸۸	(15,0)
	صریح	1/۰۴۱۱	(15,0)
	ضفتی	1/۰۳۷۴	(20,0)
	صریح	1/۰۴۴۴	(20,0)
	ضفتی	1/۰۴۲۰	(26,0)
	صریح	1/۰۵۸۷	(26,0)
	ضفتی	1/۰۴۶۵	آرچیپر (10,10)
	صریح	1/۰۹۸۸	آرچیپر (10,10)
آرچیپر (15,15)	ضفتی	1/۰۴۷۰	(15,15)
	صریح	1/۰۹۶۵	(15,15)
	ضفتی	1/۰۴۷۱	(20,20)
	صریح	1/۰۹۷۱	(20,20)

جدول ۱ مدول یا لگک محوری برای نانوکریهای تک لایه با طول 20 nm

می‌توان از المان پوسته ای معادل ۱۶۳ SHELL استفاده کرد-نانوتیر(هدف) در ابتدا در حالت سکون بوده و پرتابه با سرعت  $S=V=1$  nm/s به آن پرخورد می‌کند. برای شبیه سازی دو اندازه زیگزاگ به یکدیگر، ساختار زیگزاگ (۶۰°) با قطر ۰.۴۶nm و آرچیپر (۱۵°) با قطر ۰.۳nm در نظر گرفته شده است. آرچیپر (۱۵,15) با قدرت ۰.۳nm در نظر گرفته است. بنابراین نانولوله(نانوتیر) به صورت پوسته ای استوانه ای با قطر ۰.۴۳nm و مدول یا لگک ۱.۰۴Tpa و ضخامت دوواره  $t=0.۳۴nm$  با شبیه سازی شده است. چگالی مدل پوسته ای برابر با  $\rho = 935 \text{ kg/m}^3$  است. در همه مدل‌ها پرتابه بصورت جسمی صلب با خواص مشابه نانولوله در نظر گرفته شده است. پرتابه بصورت کره‌ای با قطر مشابه با سازه هدف، همانند تصاویر شکل ۲ در نظر گرفته شده است. به طور کلی نسبت جرم  $m=5$  برای شبیه سازی‌ها در نظر گرفته شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۲ مدل المان محدود پرتابه و نانوتیر با المان پوسته ای (الف) نسبت منظری ۰، (ب) نسبت منظری ۱۰ تئوری عددی و بحث تخمین مناسب مقدار پارامتر غیر محلی یکی از مسائل مهم در نحوه مکنس العمل نانولوله است[۸]. ژانگ و همکاران[۹] تخمین  $\alpha=0.۲$  را با مقایسه

# موازنۀ جرم و حرارت در کوره فلاش ذوب مس خاتون آباد با توجه به قنوه شارژ

دکتر علیرضا عرب سلغار

استادیار گروه مکانیک دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

$Q > 0$  بیانگر انتقال حرارت از ذرات  
گازی می‌باشد.

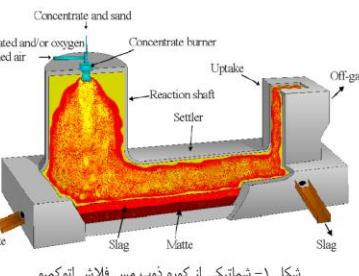
با توجه به انتقال حرارتی که در کوره اتفاق می‌افتد میزان انتقال انرژی از دواره‌های کوره برای شارژهای مختلف محاسبه شده و در قسمت موازنۀ حرارت بکار گرفته می‌شود. جهت انجام موازنۀ جرم و حرارت در کوره، هر یک از قسمت‌های کوره به عنوان یک جرم می‌باشد در نظر گرفته شده‌اند. موازنۀ جرم در کوره با استفاده از روش میانیم کردن انرژی گیبسین انجام می‌شود، از بالا نیز جرم، تعداد مول‌های مواد مختلف در هنگام تعامل بدست می‌آید بعد از این مرحله با استفاده از قانون اول ترمودینامیک برای فرآیند حالت پایا - جریان پایا، موازنۀ حرارت کوره فلاش حاصل می‌شود.

در کار حاضر قدران سوخت و مقدار هوای ورودی برای انجام واکنش‌های شیمیایی در هر حجم کنترل به عنوان مجهول در نظر گرفته می‌شوند در حالیکه در کارهای قبلی این دو پارامتر معلوم بوده‌اند. کلیه محاسبات بر پایه مصرف دو سوخت ازوت و گاز متان می‌باشند.

بررسی نتایج

با توجه به مطالعه بحث شده در قسمت قبل، در اینجا تأثیر اکسیژن و دمای هوای پیشگرم بر مقدار مصرف سوخت و حجم گازهای خروجی بررسی می‌شود. هوا در شرایط معمول تنها درای ۲۰ درصد اکسیژن می‌باشد، اما برای انجام واکنش‌های درون کوره فرق اکسیژن هوا وارد عمل می‌شود و تاثیر این و بخار آب موجود در هوا هیچ نقشی در کوره ایفا نمی‌کند، با توجه به اینکه کوره فلاش در دمای مابین  $1300^{\circ}\text{C}$ - $1200^{\circ}\text{C}$  کار می‌کند لذا ورود این میزان از گازهای غیر مفید در کوره باعث افزایش حجم هوای ورودی به کوره و مصرف پیشرت سوخت می‌شوند، همچنین باعث کاهش درصد حجمی گازهای خروجی نظیر  $\text{SO}_2$  شده که این امر فرآیند اسید شوی را مفروض به سرفه نمی‌سازد و باعث بالا رفتن حجم کارخانه اسید شوی، فیلترها و کاهش عیار اسید تولیدی می‌گردد.

غبار و گازهای تولیدی کوره بعد از خروج از کوره وارد یک بویلر بازیافت حرارت می‌شوند، در این قسمت، هوا پخشی از حرارت گازها را گرفته و پیشگرم می‌شود، هوای پیشگرم شده در این مرحله وارد کوره می‌شود بنابراین این هوا با خود مقدار حرارت قابل توجهی وارد کوره می‌کند که این مسأله



شکل ۱- شماتیک از کوره ذوب مس فلاش اتوکمپو

این نسوزها از بلوك‌های مسی آبگرد و نیز لوله‌های مسی آبگرد استفاده می‌شود. در فرآیند ذوب مخلوط کنسانتره خشک سولفیدهای مس، غبار برگشتی کوره فلاش و کورتور و فلاکس (شار سیلیس) به همراه هوای پیشگرم از طریق مشعل‌های تبیه شده در سقف محفظه واکنش به درون این قسمت پاشیده می‌شود [۲].

ذرات ملک شده شارژ در هنگام سقوط از محفظه در اثر واکنش‌های شیمیایی اکسیداسیون و تولید حرارت، ذوب می‌شوند و به قسمت ستler سقوط می‌کنند در این فرآیند از گرمای حاصل از واکنش‌ها بطور کامل استفاده می‌شود و لذا ماتی با عیار تایب بسته می‌آید که باعث پایداری عملیات در قسمت ستler و کورتورها می‌شود [۳].

روش حل

برای ارزانهای گیری میزان انتقال حرارت و جرم در ذرات کاری شکل از سه مادله بقای جرم، بقای ممنتوم و بقای انرژی برای جریان حالت پایدار و غیر قابل تراکم استفاده می‌شود:

$$\nabla(\rho u) = \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

$$\rho(u \cdot \nabla) u = \nabla p + \rho g + \mu \nabla^2 u \quad (2)$$

$$\rho \nabla (\mu T) = k \nabla^2 T - Q_{rad} - Q_p - Q_R \quad (3)$$

در معادله (۱) بیانگر مقدار جرم خالص منتقل شده بین ذرات جامد و فارهای گازی می‌باشد  $X_i$  بیانگر اجزاء گاز  $i$  است و  $X_i > 0$  به معنای انتقال آب به گاز می‌باشد، جریان‌های با دمای بالا تحت تأثیر نیروی شناوری می‌باشد بنابراین ترم  $\rho g$  به معادله (۲) اضافه می‌شود. گرمایه اضافی نظیر تشعشع، گرمای حاصل از واکنش‌های شیمیایی و گرمای منتقل شده بین ذرات گاز و جامد نیز باید در معادله انرژی در نظر گرفته شود بنابراین ترم  $\mu$  های  $Q_p$  و  $Q_R$  به معادله (۳) اضافه می‌شوند.

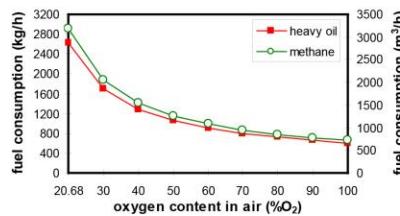
ذوب تشبعی یکی از جدیدترین و مبتداول ترین روش‌های پیرومترالورزی ذوب کنسانتره های سولفیدی مس می‌باشد. ذوب تشبعی مس شامل دمش کنسانتره ریز سولفیدی خشک به همراه کمک ذوب سیلیسی و هوا (غنتی شده یا هوای معمولی) به درون کوره می‌باشد. موازنۀ جرم و حرارت برای تعیین چگونگی انجام واکنش‌ها، بهینه کردن عملکرد کوره و تأثیر پارامترهای مختلف بر روی شرایط کاری کوره بسیار مهم می‌باشد. همچنین این موازنۀ گامی است در جهت بررسی فرآیندهای انتقال حرارت و مدل ریاضی حرارت و دمای ذرات. در این مقاله تأثیر نوع هوای فرآیند، دمای پیشگرم هوای میزان مصرف سوخت و مقدار هوای لازم برای انجام واکنش‌های اکسایشی و احتراقی بررسی شد. نتایج بدست آمده با مقادیری که در شرایط طراحی کوره اعلام شده است تطبیق بسیار خوبی دارند. کلمات کلیدی: ذوب مس - کوره فلاش - اتوکمپو- ترمودینامیک - موازنۀ جرم و حرارت.

مقدمه

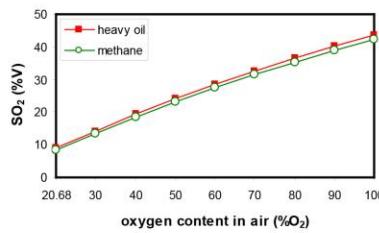
بالا رفتن بهای انرژی و سوخت و قوانین جدید جلوگیری از آلودگی محیط موجب به وجود آمدن ذوب تشبعی شد. هم اکنون بیش از ۵۰ درصد مس تولیدی در دنیا از این روش تولید می‌شود که پایه گذار آن شرکت اتوکمپو فلاند در سال ۱۹۴۹ میلادی بوده است. یکی از مهمترین عواملی که در پهنه‌برداری از کوره‌های ذوب بایستی مورد توجه قرار گیرد، تعیین ترکیب خوارک ورودی به این کوره‌ها می‌باشد. همچنین بالا نرژی برای تعیین مقدار سوخت لازم چهت ذوب در کوره، می‌تواند باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی شود [۱].

کوره فلاش اتوکمپو از سه قسمت اصلی تشکیل شده است، که عبارتند از: محفظه واکنش، حافظه ته نشین ساز(ستل) و منطقه ای برای خروج گاز و غبار(اپتیک). شکل (۱) نمایی از این کوره را نشان می‌دهد.

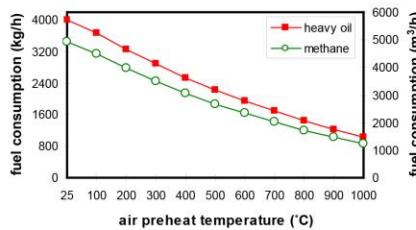
محفظه واکنش استوانه ای شکل است، بیشترین میزان واکنش‌های اکسایشی میان اکسیژن و ذرات آهن، مس و گوگرد موجود در شارز در این محل انجام می‌شود. سطح داخلی آن توسط مواد نسوز کرم منیزیتی پوشیده شده است و برای خنک کاری



شکل ۲- تأثیر مقدار اکسیژن موجود در هوا بر میزان مصرف سوخت در مناطق مختلف کوره



شکل ۳- تأثیر مقدار اکسیژن موجود در هوا بر درصد حجمی گاز خروجی از کوره



شکل ۴- تأثیر دمای هوا بر میزان مصرف کل سوخت کوره

باعث کاهش مصرف سوخت و کاهش حجم هوای مصرفی در کوره می‌شود. شکل (۲) تأثیر هوای غنی شده را بر مصرف کل سوخت کوره نشان می‌دهد با توجه به شکل مشخص می‌شود که با بالا رفتن میزان اکسیژن در هوای ورودی مصرف سوخت کوره بشدت کاهش می‌یابد.

با توجه به شکل (۳) مشخص می‌شود که هر آنچه هوا از اکسیژن غنی تر شود درصد حجمی گاز  $\text{SO}_2$  افزایش می‌یابد این اسلامه می‌تواند توجیه اقتصادی ایجاد کارخانه تولید اسید را فراهم آورد. شکل (۴) مقدار مصرف سوخت کوره را با توجه به دمای هوای پیشگرم و رودی به کوره ترسیم شده است با توجه به شکل پیداست که با بالا رفتن دمای هوای پیشگرم میزان مصرف سوخت به علت حرارت محسوس که هوا همراه خود به کوره وارد می‌کند کاهش می‌یابد.

نتیجه گیری

در کار حاضر اثر اکسیژن موجود در هوای فرآیند و همچنین دمای هوای پیشگرم بر میزان مصرف سوخت و هوا و درصد حجمی گازهای خروجی از کوره مورد بررسی قرار گرفت. نتایج با اعدادی که برای شرایط طراحی کوره اعلام شده است تعطیل بسیار خوبی دارند.

نتایج نشان می‌دهند که با بالا رفتن عیار اکسیژن موجود در هوا میزان مصرف سوخت در سه منطقه مورد بحث، تا ۷۷ درصد مصرف کل سوخت کوره را کاهش می‌دهد حتی هنگامی که هوا تا ۸۶ درصد غنی از اکسیژن شود دیگر نیازی به مصرف سوخت در محافظه و اکشن نمی‌باشد جاییکه بیشترین مصرف سوخت در کوره را دارد. همچنین با غنی هوا از ۱۱ درصد تا ۱۰۰ درصد حجم هوای ورودی به کوره عامل رصد کاهش و درصد حجمی گاز  $\text{SO}_2$  از ۹۳/۷ درصد به ۴۳/۷ درصد افزایش می‌یابد.

با افزایش دمای هوای ورودی به کوره فلاش (در صورت استفاده از هوای محصولی) از  $25^{\circ}\text{C}$  به  $100^{\circ}\text{C}$  میزان مصرف سوخت و حجم هوای ورودی به ترتیب ۷۶/۸ درصد و ۴۰/۷ درصد کاهش می‌یابند.

## مراجع

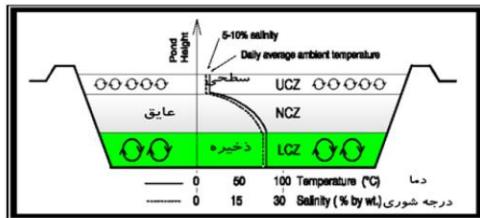
- 1- Solnordal C., 2003, CFD modeling of the flow and reactions in the Olympic Dam flash furnace smelter reaction shaft, Applied Mathematical Modeling.
- 2- Hahn Y.B., 1990, Model development and verification with laboratory and pilot plant measurements for chalcopyrite concentrate smelting, Metallurgical Transactions B, 21B, 945-958.
- 3- Jorgensen F.R.A. and Koh P.T.L., 2001, Combustion in Flash Smelting Furnaces, Minerals Metals, 53, 16-20

# مطالعه تغییرات اگزرزی ذخیره شده در لایه جابجایی پایینی در یک استخر خورشیدی

**مهندس رسول جهرمی**

دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی مکانیک

بر اساس فرآیند نفوذ مولکولی در فصل مشترک بنا نهاده شد. به سبب تفاوت در نفوذ جرم و حرارت، چگالی ناپایدار لایه ای کوچک از سیال در فصل مشترک بطور غیر متعارف نوسه می باشد. هنگامی که ضخامت این لایه ناپایدار به مقادیر بحرانی می شود، لایه از فصل مشترک جدا می شود. موقعیت جدید فصل مشترک در نقطه شناسواری خشی قرار دارد. فرآیند جدایی لایه از فصل مشترک بعنوان ترمال برست (Thermal burst) شناخته می شود و متابوا تکرار خواهد شد. عملکرد یک استخر خورشیدی کوچک با گردایان درجه شوری در مقیاس آزمایشگاهی توسط چهارزاده<sup>[۳]</sup> مورد بررسی قرار گرفت. این استخر در دانشگاه فردوسی مشهد و در هوای ازad قرار داشت. تاریخچه زمانی تغییرات دما، درجه شوری و ارتفاع لایه های بالایی و پایینی استخراج در وضعیت های مختلف آب و هوای گزارش شد. کارکلیسک آن<sup>[۴]</sup> تغییرات زمانی اگزرزی لایه های یک استخر خورشیدی کوچک را مورد مطالعه قرار داد؛ او به بررسی اگزرزی ای ورودی، برایقی و ذخیره شده برای لایه های استخر خورشیدی پرداخت. هدف این مقاله



شکل ۱- شماتیک نواحی تشکیل دهنده ی یک حوضچه خورشیدی و پروفیل دما و درجه شوری

به منظور مطالعه تغییرات اگزرزی لایه جابجایی پایینی در یک استخر خورشیدی آزمایشی لاجرم می باشد. رفتار گذرای لایه جابجایی پایینی موردنظر پیش بینی تغییرات ارتفاع در لایه جابجایی پایینی از مدل ترمال برست استفاده شد. معادلات دیفرانسیل جزئی انتقال جرم و حرارت به کمک روش حجم محدود گسسته سازی شدند. شبیه سازی بر مبنای داده های تجربی یک استخر خورشیدی واقع در دانشگاه فردوسی مشهد برای دوره ۲۵۴ روزه انجام گرفت. تنش عددی بدست آمده برای پیش بینی تغییرات ضخامت لایه جابجایی پایینی در مقایسه با نتایج تجربی، رضایت بخش بود. همچنین اثر گرمای ویژه بر رفتار گذرای لایه جابجایی پایینی نسبتاً قابل ملاحظه است. روند تغییرات زمانی اگزرزی مخصوص (اگزرزی در واحد جرم) برای لایه جابجایی پایینی شبیه با تغییرات دمای لایه های جابجایی پایینی و بالایی است اما این روند برای اگزرزی در واحد سطح استخراج دیده نشد و تغییرات ارتفاع لایه جابجایی پایینی اثر کاهشی و افزایشی خود را بر اگزرزی در واحد سطح گذاشت: بطوریکه در ماه های با ارتفاع لایه پایینی کمتر، اگزرزی در واحد سطح کمتر است. در این روند تغییرات زمانی اگزرزی در واحد سطح، بسیار متأثر از تغییرات زمانی ارتفاع لایه جابجایی پایینی است. واژه های کلیدی: استخر خورشیدی، اگزرزی، انتقال حرارت، انتقال جرم، لایه جابجایی پایینی

## مقدمه

یک استخر خورشیدی تشکیل شده است از حوضچه ای کم عمق محتوی آب نمک که چگالی و درجه شوری آن با عمق افزایش می باشد. یک استخر خورشیدی شامل سه لایه مخلوط بالایی (سطحی)، گردایانی (عایق) و مخلوط پایینی (ذخیره گرمایی) است. انتقال حرارت در لایه های مخلوط بالایی و مخلوط پایینی از نوع جابجایی و در لایه گردایانی هدایت گرمایی می باشد. در لایه های مخلوط بالایی و مخلوط پایینی درجه حرارت و درجه شوری تغیری پیوتوخت است: اما در لایه گردایانی درجه حرارت و درجه شوری یکنواخت نیست و از شب تغیری ثابتی نسبت به عمق استخراج برخوردار است. به سبب نفوذ جرم و حرارت ضخامت این لایه ها با گذشت زمان تغییر می کند. شکل ۱ شماتیک نواحی تشکیل دهنده یک حوضچه خورشیدی و پروفیل دما و درجه شوری را نشان می دهد. لایه مخلوط پایینی را لایه جابجایی پایینی (LCZ) و لایه مخلوط بالایی را لایه جابجایی بالایی (UCZ) نیز گویند. انرژی گرمای ذخیره شده در لایه جابجایی پایینی را می توان به منظور گرمایش به روش های مختلف استخراج کرد و حتی برای تولید برق مورد استفاده قرار داد.

واین برگ[۱] برای اولین بار فیزیک استخر خورشیدی را مورد مطالعه قرار داد. او از ضخامت ناحیه های جابجایی بالایی و پایینی صرف نظر کرد و مادله انرژی را به منظور یافتن توزیع دمای گذرا به طور تحلیلی حل کرد. می بر[۲] مدلی عددی برای پیش بینی رفتار گذرای فصل مشترک بین ناحیه مخلوط و گردایانی استخر خورشیدی ارائه داد. در این مدل از روابط تجربی برای توصیف شار حرارتی و جرمی در فصل مشترک لایه های استخراج استفاده گردید. مدل ویت[۳] به منظور پیش بینی نرخ رشد و فرسایش لایه های نفوذی پیشنهاد شد. این مدل

بررسی اثر تغییرات لایه جابجایی پایینی بر اگزرزی ذخیره شده در آن لایه است. که تاکنون مخصوصاً برای استخراج های کم عمق مورد توجه قرار نگرفته است. مدل رشد و فرسایش لایه جابجایی پایینی استخراج خورشیدی نسبت غلظت نمک(C) به چگالی(p) محول آب نمک را درجه شوری(S=C/p) گویند که معمولاً بر حسب درصد وزنی بین می شود. جهت پیش بینی تغییرات زمانی استخراج لایه جابجایی پایینی از مدل ترمال برست در آن رخ می دهد اصطلاحاً زمانی نسبت بآرده زمانی که فرایند ترمال برست در آن رخ می دهد اصطلاحاً زمانی برخ رشد(G) به صورت نرخ حرارتک نرخ لایه جابجایی پایینی، هنگام وقوع یک سری سیکل های ترمال برست تعریف می شود[۲].

<G>. نشانه رشد لایه جابجایی پایینی در این نشانه فرسایش آن است. تمامی خواص سیال (محول آب نمک) در حالت کلی تابعی از درجه شوری(S) و درجه حرارت(T) می باشد. روابط بالا کسریب هایات حرارتی T، ضرایب نفوذ K، ضرایب انتقال جرم CP، کرمای ویژه ρ، RaC، عدد ری بحرانی α، β و ترتیب ضرایب انتساب حرارتی و شوری هستند.

**مدل انتقال جرم و حرارت**

پدیده انتقال جرم در لایه گردایانی استخراج خورشیدی غالباً بر اثر فرآیند نفوذ مولکولی نمک انجام می شود. یافتن گردایان های دما و درجه شوری در مز بین لایه های گردایانی و جابجایی پایینی برای استفاده در مدل ترمال برست ضروری است. فرم بقایی معادلات انتقال جرم و حرارت برای لایه گردایانی به شکل زیر

$$t_c = \frac{1}{2k_T} \left( \frac{1}{1 - \tau^{\frac{1}{2}}} \right)^2 \left( \frac{-2Ra_{\zeta}vk_T}{g\alpha \left( \frac{dT_i}{dz} \right)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

ترخ وشد (G) به صورت ترخ حرکت مرز لایه جابجایی پایینی، هنگام وقوع یک سری سیکل‌های ترمال برست تعریف می‌شود.

$$G = 2k_T \left( 1 - \tau^{\frac{1}{2}} \right) \left( \frac{g\alpha \left( \frac{dT_i}{dz} \right)}{-2Ra_{\zeta}vk_T} \right)^{\frac{1}{2}} \max \left( \frac{\left( R_{\rho} \tau^{\frac{1}{2}} - 1 \right)}{\left( R_{\rho} - 1 \right)}, \frac{1}{\left( 1 - 2R_{\rho} \right)} \right) \quad (2)$$

$$\alpha = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T}, \beta = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial S}, R_{\rho} = \frac{\beta dS / dz}{\alpha dT / dz}, k_T = k / (\rho c_p), \tau = \frac{k_z}{k_T}$$

$$\int_{\Delta t} \int_{\Delta V} \frac{\partial(\rho S)}{\partial t} dV dt = \int_{\Delta t} \int_{\Delta V} \vec{\nabla} \cdot (\rho k_s \vec{\nabla} S) dV dt \quad (5)$$

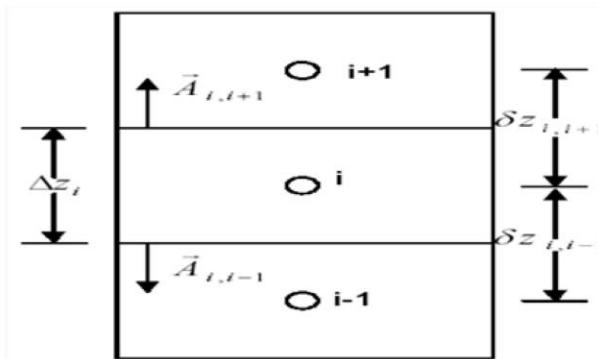
$$A_S S_{i-1}^{n+1} + B_S S_i^{n+1} + C_S S_{i+1}^{n+1} = S_i^n \quad (6)$$

$$A_S = -\frac{\rho_{i,i-1}(k_s)_{i,i-1}\Delta t}{\rho_i \Delta z_i \delta z_{i,i-1}}, \quad C_S = -\frac{\rho_{i,i+1}(k_s)_{i,i+1}\Delta t}{\rho_i \Delta z_i \delta z_{i,i+1}}, \quad B_S = 1 - A_S - C_S$$

$$A_T T_{i-1}^{n+1} + B_T T_i^{n+1} + C_T T_{i+1}^{n+1} = T_i^n \quad (7)$$

$$A_T = -\frac{k_{i,i-1}\Delta t}{\rho_i(c_p)_i \Delta z_i \delta z_{i,i-1}}, \quad C_T = -\frac{k_{i,i+1}\Delta t}{\rho_i(c_p)_i \Delta z_i \delta z_{i,i+1}}, \quad B_T = 1 - A_T - C_T$$

$$(k_s)_{i,i+1} = \left( \frac{1 - f_{i,i+1}}{(k_s)_i} + \frac{f_{i,i+1}}{(k_s)_{i+1}} \right)^{-1}, \quad f_{i,i+1} = \frac{\Delta z_{i+1}}{\delta z_{i,i+1}} \quad (8)$$



شکل ۲- آرایش سل‌های گرادیانی

است:

$$\frac{\partial(\rho c_p T)}{\partial t} = \vec{\nabla} \cdot (\rho k_s \vec{\nabla} T)$$

شکل ۲ آرایش سل‌های گرادیانی را نشان می‌دهد. اکنون با استفاده از روش حجم محدود به حل معادلات انتقال جرم و حرارت در یک بعدی پردازیم، شکل ۲ آرایش سل‌های گرادیانی را نشان می‌دهد. برای گستته سازی معادله (۳) از آن بر روی حجم سل آم و همچنین برای کام زمانی  $t \Delta$  تا  $(t + \Delta t)$  انتگرال می‌گیریم (۵)

با استفاده از قضیه دیورزنس و فرض تغییرات خط درجه شوری بین مراکز سل‌ها، رابطه (۵) برای سطح واحد استخر می‌شود (۶)، به همین ترتیب پس از گستته سازی معادله (۴)، معادله (۷) را خواهیم داشت.

همچنین فاصله بین مراکز سل‌ها برابر است با:

$$\delta z_{i,i+1} = \frac{\Delta z_i + \Delta z_{i+1}}{2}$$

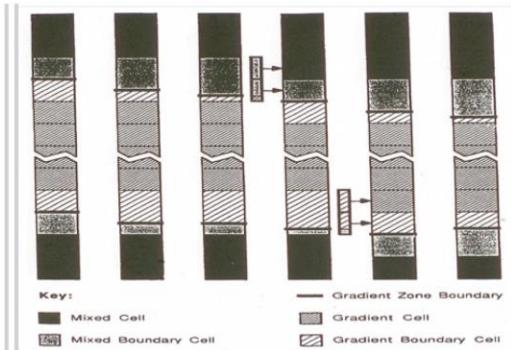
$$\delta z_{i,i-1} = \frac{\Delta z_i + \Delta z_{i-1}}{2}$$

به منظور تعیین مقادیر بر روی وجههای حجم کنترل از میان یابی متوسط هارمونیک استفاده می‌کنیم، برای نمونه معادله (۹) را داریم.

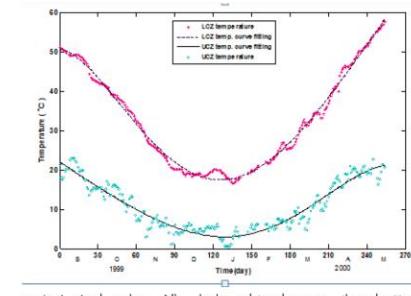
### ساختمان سل

شبکه حجم محدود در ابتدا یک شکل است و به سل **هالی** با اندازه برابر تقسیم می‌شود. در این شبکه هفت نوع سل مشتمل از سل‌های مخلوط پایینی، سل مرزی مخلوط پایینی، سل گرادیانی پایینی، سل گرادیانی بالایی، سل مرزی مخلوط بالایی و سل‌های مخلوط بالایی وجود دارد. همچنانکه مرزهای لایه‌ها در مدت زمان شیوه سازی حرکت می‌کنند؛ اندازه سل‌های مرزی در حال تغییراند. وقتی که مکنی از سل‌های مرزی به کمترین اندازه خود (کوچکتر از یک همه سل کامل) رسید؛ دو سل مرزی با نوعی تجدید تبدیل می‌شوند. و به دو سل جدید با این اجزاء می‌دهد که مرز به حرکت خود همچنین این اجزاء می‌دهد که مرز به حرکت خود در میان دو سل مرزی جدید ادامه دهد. انواع سل‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است. قلیل از بررسی تغییرات زمانی اکثری لایه جابجایی پایینی باستی بتوانیم تغییرات لایه جابجایی پایینی با زمان را پیش بینی کنیم.

**پارامترهای شبیه سازی**  
پارامترهای شبیه سازی تابعی از دما و درجه شوری هستند و می‌توانند اثر قابل توجیه بر روی شبیه

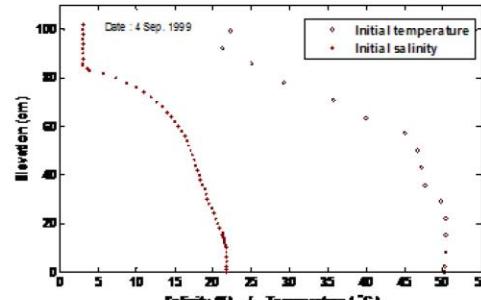


شکل ۳- نمایش انواع سل‌های، حرکت مرزها و ترکیب و تبدیل شدن سل‌های مرزی برای شبیه‌سازی به روش حجم خود



شکل ۴- تغییرات زمانی درجه حرارت نواحی جابجایی بالایی و پایینی استخراج خورشیدی

ترتیب  $13 \text{ cm} \times 13 \text{ cm} \times 19/5 \text{ cm}$  می‌باشد. در نتیجه ارتفاع اولیه سطح آزاد آب  $10.3 \text{ cm}^5$  است. فرض می‌شود که در طول دوره شبیه‌سازی ارتفاع سطح آزاد ثابت باقی بماند.



شکل ۵- توزیع درجه شوری و درجه حرارت اولیه در روز چهارم سپتامبر ۱۹۹۹

مقدار عدد ریلی برحرانی ( $RaC$ ) برای فرآیند ترمال برسن مقدار با معنای  $1000$  در نظر گرفته می‌شود. گرمای ویژه  $cP$  تابعی از دما و درجه شوری است. اما اثر دما بر آن سیاست ناچیز است. با افزایش شوری محلول آب نمک، گرمای ویژه آن کاهش می‌یابد. با توجه به رابطه (۳) و با محدوده تغییرات غلظتی که در این استخراج خورشیدی وجود دارد، گرمای ویژه از  $0.5 \text{ J/kg}^\circ\text{C} + 0.5 \text{ J}/(\text{kg}^\circ\text{C})$  در بالای استخراج تا  $0.377 \text{ J/kg}^\circ\text{C} + 0.5 \text{ J}/(\text{kg}^\circ\text{C})$  در زیرین آن تغییرات دارد. مقدار متوسطین این دو مقدار  $S.T.cP$  است. شکل ۶ اثر گرمای ویژه  $cP$  را بر حرکت گذاری فعل مشترک پایینی شناساند. نقاط پراکنده در شکل مربوط به داده‌های تجربی است. مشاهده می‌شود که منحنی با  $cP$  بزرگتر، پایین تر از دیگران قرار دارد. و منحنی با  $(S.T)cP$

سازی داشته باشد. چگالی محلول آب نمک از معادله زیر محاسبه می‌شود [۶].

$$\rho(T, S) = 1000 \times [1 - \frac{T+a}{b \times (T+C)} \times (T-d)^2] + e(T) \times S + f(T) \times S^{\frac{3}{2}} + g \times S^2 \quad (10)$$

$$g = 4.8314 \times 10^{-4}, d = 3.9863, c = 8.12963, b = 508929.2, a = 288.9414$$

$$e(T) = 8.24493 \times 10^{-1} - 4.0899 \times 10^{-3} \times T + 7.6438 \times 10^{-5} \times T^2 - 8.2467 \times 10^{-7} \times T^3 + 5.3675 \times 10^{-9} \times T^4$$

$$f(T) = -5.724 \times 10^{-3} + 1.0227 \times 10^{-4} \times T - 1.6546 \times 10^{-6} \times T^2$$

که  $\rho$ ،  $S$  و  $T$  به ترتیب بر حسب  $^\circ\text{C}$ ،  $\text{gkg}^{-3}$  و  $\text{kgm}^{-3}$  می‌باشد.

ضریب نفوذ شوری ( $k_s$   $\text{m/s}$ ) برای محلول آب نمک در محدوده دمایی بین  $100^\circ\text{C}$  تا  $15^\circ\text{C}$  و محدوده درجه شوری بین  $20$  درصد تا  $20$  درصد داده می‌شود [۷].

$$k_s(T, S) = (8.6 + 0.255T + 0.00254T^2 - 0.8S + 0.0147S^2) \times 10^{-4} \quad (11)$$

ضریب هدایت حرارتی و گرمای ویژه برای محلول بر حسب دما ( $T^\circ\text{C}$ ) و غلظت داده می‌شوند [ $\text{W}/(\text{kg}/\text{m}^3)$ ]

$$k = 0.5553 - 0.0000813C + 0.0008(T - 0) \quad (12)$$

$$c_p = 4180 - 4.396c + 0.0048c^2 \quad (13)$$

#### اگررژی لایه جابجایی پایینی

توانمندی غیرجایانی یا اگررژی ذخیره شده، به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\Phi = m[(u - u_0) + P_0(1/\rho - 1/\rho_0) - T_0(s - s_0)] \quad (14)$$

در رابطه با  $P$ ,  $u$ ,  $m$  و  $s$  به ترتیب انرژی درونی، فشار، جرم و انتروپی هستند.

زیر نویس  $\Phi$  مربوط به حالت مرتع است.

اگررژی ذخیره شده در لایه جابجایی پایینی با رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\Phi_{LCZ} = \rho_{LCZ} h_{LCZ} A c_p [(T_{LCZ} - T_{UCZ}) - T_{UCZ} \ln(\frac{T_{LCZ}}{T_{UCZ}})] \quad (15)$$

در رابطه بالا  $h_{LCZ}$  ارتفاع لایه جابجایی پایینی و  $A$  مساحت سطح اختصارست.

همچنین در رابطه فوق فوق از لایه‌های جابجایی بالایی و پایینی باید بر حسب درجه کلوین باشد. باید به این نکته اشاره کرد که برای محاسبه اگررژی لایه جابجایی پایینی، دمای مرتع (که معمولاً دمای هوای آزاد یا دمای محیط است) دقیقاً همان دمای لایه جابجایی بالایی می‌باشد که به دمای محیط سیار نزدیک است. یعنی اگررژی لایه جابجایی پایینی نسبت به اگررژی لایه جابجایی بالایی که صفر در نظر گرفته شده است؛ سنجیده می‌شود.

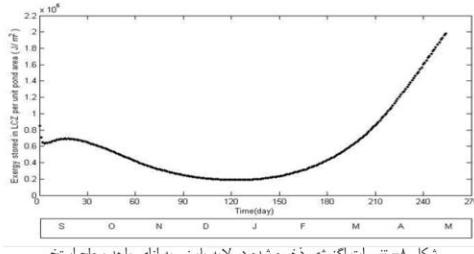
#### شرایط مرزی و اولیه

شبیه سازی برای دوره ای به مدت  $254$  روز انجام گرفت که از روز چهارم سپتامبر ۱۹۹۹ شروع شد و تا روز پانزدهم مه ۲۰۰۰ مه ادامه یافت. در طول این مدت استخراج خورشیدی واقع در دانشگاه فردوسی مشهد با سطح مقطع  $\text{M}^2\text{m}^{-8}$  و عمق  $1/\text{m}\cdot 8$  بطور پیوسته و پایدار در حال عملیات بود. تمامی داده‌های تجربی مربوط به این استخراج خورشیدی از مرجع [۹] اخذ گردید.

تغییرات زمانی دمای لایه‌های جابجایی بالایی و پایینی استخراج خورشیدی در شکل ۳ نشان داده شده است. نقاط پراکنده در شکل، حاصل از داده‌های تجربی هستند که به منظور تعیین شرایط مرزی در حل عددی، منحنی‌های چند جمله ای مرتبه پنج حداقل معیقات بر آنها انتساب داده شده‌اند.

شکل ۵ توزیع درجه حرارت و درجه شوری اولیه ( $=t=0$ ) را در روز چهارم سپتامبر ۱۹۹۹ نشان می‌دهد. پروفیل‌های اولیه درجه شوری و دما غیر خطی می‌باشد.

ضخامت‌های اولیه لایه‌های جابجایی پایینی، گردایانی و جابجایی بالایی به



شکل ۸- تغییرات اکثری ذخیره شده در لایه پایینی به ازای واحد سطح استخر

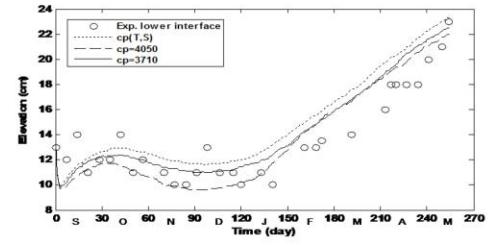
که اندازه سلسلهای موزی قابل تغییر بوده و در صورت لزوم ترکیب و تبدیل سلسله می‌تواند رخداد مدل ترمال برست می‌تواند برای شبیه سازی های دراز مدت رفتار دینامیکی لایه های جابجایی با شرایط بزرگی گوناگون استفاده شود. نتایج بدست آمده برای پیش بینی تغییرات زمانی ارتفاع لایه جابجایی پایینی با گرمایی و بیزه متفاوت، رضایت بخش بود. نتیجه بدست آمده با  $c_p = 3710 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ ، برآورد نسبتاً دقیق تری برای تغییرات زمانی ارتفاع لایه جابجایی پایینی داشت. در ماههای گرم ابتدایی و انتهایی دوره ۲۵۴ روزه، اکثری ذخیره شده در لایه جابجایی پایینی بیشتر است. در ماههای انتهایی اولیه و مه با افزایش دمای لایه پایینی و همچنین ارتفاع آن، اکثری ذخیره شده در واحد سطح استخر افزایش یافته تا به حد امید حداکثری خود در ماه مه مرسد. در واقع روند تغییرات زمانی اکثری ذخیره شده در واحد سطح، مشابه با روند تغییرات زمانی ارتفاع لایه جابجایی پایینی است.

**تشکر و قدردانی**  
از حوزه های معاونت پژوهشی دانشگاه ولی‌عصر (ع) به دلیل همکاری و مساعدت تشرک و قدردانی من کنم. همچنین از دوست عزیزم آقای مهندس حاج احمدی به دلیل راهنمایی در ویرایش متن مقاله تشکر می‌کنم.

#### مراجع

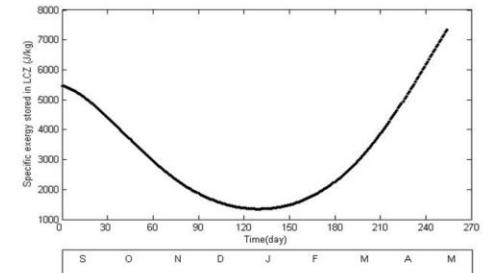
- [1] Weinberger, H., « The physics Of the solar pond », solar Energy 8 (2), pp. 45-56, 1964.
- [2] Meyer, K.A., « Numerical model for describing the layer behavior in salt-gradient solar pond », J. Solar Energy Eng., ASME Trans. 105, 341,1983 .
- [3] Witte, J.M., « Thermal burst model of a double-diffusive « diffusive » interface », Ph.D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign 1989.
- [4] Jaefarzadeh, M.R., « On the performance of a salinity-gradient solar pond », Appl. Therm. Eng. 20, pp. 243–252, 2000.
- [5] Mehmet Karakilcik, Ibrahim Dincer, «Exergetic performance analysis of a solar pond» International Journal of Thermal Sciences 47 (2008) 93–102
- [6] McCutcheon, S.C., Martin, J.L., Barnwell Jr., T.O.,» Water Quality in Maidment in Handbook of Hydrology »,Mc- Graw-Hill, New York, NY, pp. 11.3, 1993.
- [7] Giestas, M., Joyce, A., Pina,H., « The influence of nonconstant diffusivities on solar ponds stability », Int. J. Heat and Mass Transfer 18, pp. 4379, 1997.
- [8] Kaufmann, D.W., « Sodium Chloride. Reinhold », New York , 1960.
- [۹] رحیم پور، مجید، بررسی تغییرات لایه گردانی در استخراهای خورشیدی، پایان نامه کارشناسی ارشد عمران آب، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۸

کمی بالاتر از  $c_p = 3710 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$  قرار گرفته است. این نشان می‌دهد شبیه سازی با گرمایی و بیزه متفاوت رفتاری نزدیک به ثابت با مقادیر کوچکتر (کمتر از  $3710 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ ) دارد. نتیجه شبیه سازی بدست آمده  $c_p = 3710 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$  برآورد سبتاً دقیق تری برای حرکت لایه جابجایی پایینی دارد.



شکل ۶- اثر گرمایی و بیزه بر حرکت کنایی لایه جابجایی پایینی،  $(\frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}})$

شکل ۷- تغییرات اکثری ذخیره شده در لایه جابجایی پایینی را در روزهای مختلف نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که اکثری ذخیره شده در روزها و ماه های گرمتر، بیشتر و در روزها و ماه های سردتر، کمتر است. نموار آین شکل اثر تغییرات لایه جابجایی پایینی را نشان نمی‌دهد زیرا اکثری ذخیره شده در واقع اکثری ذخیره شده در لایه جابجایی پایینی است. همچنین در این شکل مشاهده می‌شود که روند تغییرات مشابه با روند تغییرات دما در لایه های جابجایی پایینی و بالایی است.



شکل ۷- تغییرات اکثری ذخیره شده در لایه جابجایی پایینی

در شکل ۸ تغییرات اکثری ذخیره شده در لایه پایینی به ازای واحد سطح استخر نشان داده شده است. در این شکل اثر تغییرات لایه جابجایی پایینی بر تغییرات اکثری ذخیره شده در ماههای سپتامبر و اکتبر مقدار اکثری ذخیره شده است. مشاهده می‌شود که هر چند در ماههای سپتامبر و اکتبر مقدار اکثری ذخیره شده است (با توجه به شکل ۷) نسبتاً زیاد است اما این شرایط در مورد اکثری ذخیره شده در واحد سطح صادق نیست زیرا در این ماهها ارتفاع لایه جابجایی پایینی کم است و این سبب کاهش اکثری ذخیره شده در لایه پایینی به ازای واحد سطح، شده است. در واقع روند عمده تغییرات در شکل های ۶ و ۸ مشابه یکدیگر است بنابرین اثر تغییرات لایه جابجایی پایینی بر تغییرات اکثری ذخیره شده در لایه جابجایی پایینی دوره ۲۵۴ روزه، مقدار اکثری ذخیره شده در واحد سطح به ۲ مگا جول بر متر مربع و مقدار اکثری ذخیره شده در لایه جابجایی پایینی به مساحت سطح استخر به ۸ مگا جول می‌رسد.

#### نتیجه گیری

مدل ترمال برست برای مطالعه رفتار گذرای لایه جابجایی پایینی استخراه خورشیدی توصیف گردید. این مدل گذرا قادر به پیش بینی رشد و فرساشش لایه جابجایی پایینی یک استخراه خورشیدی می‌باشد. معادلات دیفرانسیل جزئی انتقال جرم و حرارت به کمک روش حجم محدود گستته سازی شدند. شبیه سازی محدود برای شبیه سازی حرکت فصل مشترک ها به گونه ای طراحی شده است

# چرا کارآموزی؟

مریم حسن پور

برخی معتقدند دوره کارآموزی  
موقعیتی برای به کار انداختن  
خلاقیت و فضایی برای سعی  
و خطا است. برخی نیز بر این  
باورند که دوران کارآموزی  
همانطور که از نامش نتیجه  
می‌شود، زمانی برای آموختن  
تجربه‌های جاری در یک  
صنعت در معنای عام آن است

تجربه از محیط واقعی کار را توجیه می‌نماید. درحال حاضر که دوره مدرک گرایی سپری شده است؛ جامعه، صنعت و دانشگاه باید زمینه‌های لازم برای کسب تجربه مفید را برای دانشجویان فراهم سازند. پذیرش کارآموزان از دانشگاه‌ها، به عنوان کوششی جهت ترمیم شکاف بین نظام آموزش رسمی با آنچه در صنعت می‌گذرد در «عرضه عمل» صورت گرفته است تا بخشی از خلا آموزش در صنعت را ترمیم نموده و به توسعه نگرش دانشجویان نسبت به نظام صنعتی بیانجامد. اگاهی بیشتر دانشگاه‌ها به آنچه در صنعت می‌گذرد، آنها را قادر خواهد نمود تا دامنه اطلاعات و مهارت‌ها را توسعه دهند. علاوه بر این، تماس ارزشی‌کارآموزان با صنعت، فرصت‌های مناسب را برای بهره‌گیری از این‌ها و دانسته‌های آکادمیک در موقعیت‌های عملی، فراهم می‌نماید و فرصت‌های مناسبی را جهت استعدادسنجی و محک زدن علاقه کارآموزان در پی خواهد داشت.

«کارآموزی» (internship) یک نوع نظام آموزشی است که در آن به کارآموزان با توجه به مهارت‌های مورد نیازشان، آموزش داده می‌شود. اگرچه این مهم در برخی دانشگاه‌ها و از سوی برخی افراد کم اهمیت تلقی می‌شود اما به گفته برخی متخصصین، گذراندن یک کارآموزی موفق و موثر زمینه موقوفیت‌های بزرگ در حوزه کاربرد آن رشته خواهد بود.

برخی معتقدند دوره کارآموزی موقعیتی برای به کار انداختن خلاقیت و فضایی برای سعی و خطا است. برخی نیز بر این باورند که دوران کارآموزی همانطور که از نامش نتیجه می‌شود، زمانی برای آموختن تجربه‌های جاری در یک صنعت در معنای عام آن است. آموزش عالی هرکشور، هراندازه از نظر آموزش‌های توریک (همکلاسی کوهم مدرن) قوی باشد، بازهم در تهیه زمینه رشد اقتصادی و صنعتی نمی‌تواند به تنهایی موفق باشد. همین امر، گسترش دامنه آموزش و کسب

۱۵



مجتمع گل‌گهر سیرجان؛

# چهار راه اقتصادی ایران

## برداشت مواد

عمل برداشت به وسیله یک بیل چرخشی شامل ۱۲ بیل انجام می‌شود. بیل چرخشی که روی بیل دستگاه برداشت کننده نصب شده است با حرکت دورانی و عرضی خود در طول بیل برداشت سنگ آهن انبساط شده را از مقطع انبار عدهه دار است. حرکت طولی پل برداشت کننده روی ریل های طرفین هر انبار برداشت طولی را تأمین می‌نماید. بدین ترتیب با برداشت سنگ آهن از مقطع انبار مخلوطی از کلیه رسه‌های ریخته شده در سراسر زمان احداث انبار برداشت به وسیله نوار تقاله سیستم برداشت کننده به نوار تقاله تقدیمه کننده سیلوی بخش تغییض ارسال می‌نماید.

نوار تقاله عدهه دار انتقال سنگ آهن برداشت شده از انبار به سیلوی تقدیمه کارخانه تغییض می‌باشد.

کارخانه تغییض

سنگ آهن خرد شده با ابعاد کوچکتر از ۲۰۰ میلی متر که بر اساس برنامه ریزی استخراج و پس از همگن سازی از نظر کمی و کیفی کنترل می‌شود. جهت فراوری و تولید «کنساتر» با کیفیت مورد نیاز به «سیلوهای تقدیمه بخش فراوری ریخته شود. از فرآیندهای مختلفی در این بخش استفاده می‌شود.

۱. آسیاب خشک نیمه خودشکن  
semi autogenous

از این نوع آسیاب دو سری کامل در کارخانه نصب و مشغول به کار می‌باشد. در این عمل «خردابیش» در اثر تماش مواد برروی یکدیگر و نیز توسط گلوله‌های فولادی بر روی ذرات سنگ معدن

## دستگاه انباشتگر

این دستگاه به منظور ذخیره کردن مواد خام خرد شده محصول سنگ شکن در امنداد هر یک از دو انبار همگن ساز رو باز مواد خام واقع در غرب کارخانه «تغییض» مورد استفاده قرار می‌گیرد. طول بازوی دستگاه ۴۱ متر است و ارتفاع آن از کف انبار حدود ۱۷ متر می‌باشد. «بازو» با چرخش تا ۱۰ درجه از امنداد دستگاه قابلیت ذخیره مواد با طرفیت ۲۰۰ تن در ساعت را دارد. این دستگاه ساخت کمیابی «فوست الپین برگ» اتریش بوده و نیروی محرکه آن تוטس برق ۶ کیلو ولت تأمین می‌گردد. دو واحد انبار همگن ساز موازی با طرفیت هر واحد ۱۵۰ متر هزار تن معادل ۸ روز تولید کارخانه در نظر گرفته شده است. این طبقیت همچنین به منظور همگن سازی بهتر سنگ دریافتی از معدن با کارخانه «puller» است. نیروی محرکه یک شکن، یک موتور ۶ کیلوولت با توان مصرفی ۳۷۳ کیلووات تأمین می‌شود. از جمله تجهیزات موجود در سنگ شکن یک سیستم «بلارگیر» است که در سنگ شکن یک سیستم «بلارگیر» با خود شامل دو «سیکلون» هوایی و یک «فن» با قدرت ۳۷ کیلووات می‌باشد. چکن هیدرولیکی در محل تخلیه بار در دهانه سنگ شکن به منظور خرد کردن سنگ‌های با ابعاد بیش از ۱۵۰ میلی متر نصب شده است.

سنگ آهن شکسته شده به مخزن بتی زیر قرار دارند، حرکت می‌کند. سنگ آهن شکسته شده از یک نوار تقاله به وسیله یک سیستم انتقال روی نوار تقاله بازوی دستگاه «انباشت» ریخته شده و به وسیله بازوی ۴۱ متری «انباشت کننده» به صورت رسه‌هایی در طول انبار انباشته می‌گردد.

## خط تولید

سنگ آهن استخراجی از معدن به وسیله کامیونها به سنگ شکن «زیراتوری» اولیه محصول معدن که شکن جهت «خردابیش» دارد حداکثر ۱۵۰۰ میلی متر باشد. استفاده می‌شود. سنگ شکن چهار حداکثر تا ۱۵۰۰ متر باشد. استفاده می‌شود. طرفیت سنگ شکن ۳۰۰۰ در ساعت بوده و قادر به خرد کردن سنگ‌ها تا اندازه ریزتر از ۲۰۰ میلی متر می‌باشد. این سنگ شکن ساخت کارخانه «بلارگیر» است. نیروی محرکه به شکن، یک موتور ۶ کیلوولت با توان مصرفی ۳۷۳ کیلووات تأمین می‌شود. از جمله تجهیزات موجود در سنگ شکن یک سیستم «بلارگیر» است که خود شامل دو «سیکلون» هوایی و یک «فن» با قدرت ۳۷ کیلووات می‌باشد. چکن هیدرولیکی در محل تخلیه بار در دهانه سنگ شکن به منظور خرد کردن سنگ‌های با ابعاد بیش از ۱۵۰ میلی متر نصب شده است.

## حرج جهانشاهی

۱۶



«کنسانتره تر» که بدین ترتیب از فیلتر دیسکی بدست می‌آید توسط «نوار نقاله» با کنسانتره خشک مخلوط شده و در «سیلو» انبار می‌شود.

۹. ته نشیپی و آب بازیافتی آب بازیافتی از تانک‌های خلا زیر فیلترها «دوغاب» بدست آمده از سیستم غارگیری و «دوغاب» های عادی مواد باطله خروجی از مراحل قبل جدایش مغناطیسی تر وارد «تیکر» می‌شوند. تیکر عمل آبگیری و صافی کردن انجمام می‌شود. پمپهای دوغاب افقی دوغاب تغییر شده در ته ریز «تیکر» را تخلیه کرده و به تانک مخلوط شننده هدایت می‌نمایند که در آنجا مواد ته ریز «تیکر» با گرد و غبار حاصل از آسیاب خشک که به وسیله «غبار گیر» الکتراستاتیکی «جمع اوری» شده آند مخلوط می‌شود.

عمل «هموزنیزه کردن» غبار خشک و باطله تر در این تانک انجمام می‌گیرد و سرانجام دو «پمپ دوغاب کش» افقی عمل بمیاز باطله نهایی به مخلوط دفع باطله تر صورت می‌گیرد.

### کارخانه گندله سازی

در منطقه گندله سازی خام مواد مخلوط شده بالدازه دانه بندی کمتر از ۱۰۰ میکرومتریه سمت گندله سازی خام با بالدازه ترجیحی تا ۱۶۰ میلی متر منتقل می‌شوند. این گندله های خام استحکام مکانیکی کافی، برای انتقال و پشتزبان به «پالت» کوکه را دارند. منطقه گندله سازی خام شامل ۹۳ مسیریکسان است که هریک، مخزن موادمخلوط شده «Dosing belt»، «weigher» و «نوارنقاله» موطرفة دارند.

مواداز طرق نوار نقاله روی دیسکها می‌ریزند و با حرکت چرخشی دسکها، تنظیم رطوبت و حرکات «وزانی» به گندله تبدیل می‌شوند.

گندله های خام توسط نوار نقاله به کوره منتقل می‌شوندو پس از پخته شدن بارگیری می‌شوند.

تولید «کنسانتره» سنگ آهن به میزان ۲/۵ میلیون تن در سال و باحداقد ۶۸ درصد آهندگان ۱۱/۰ درصد گوگرد و ۴۵/۰ درصد فسفر، به عنوان ماده اولیه به فولاد مبارکه، سنگ آهن اهواز و ... فرستاده می‌شود.



صورت می‌گیرد. «سیال» انتقال دهنده مواد جریان «هوای» می‌باشد.

۲. سیستم تولید هوای داغ این سیستم از یک فن(پنکه) دمنه هوای تازه به داغ سیستم با قدرتی معادل ۲۵۰ کلووات و یک کوره با سوخت «مازوت» تشکیل شده است.

۳. سیستم اسپری آب این سیستم روی «شوت» ورودی آسیابها نصب شده است و قادر است مقدار آب لازم را جهت رطوبت سیستم بین ۱۰۰۰۰ لیتر در ساعت تأمین نماید. رطوبت بالا در عملکرد سیستم غبارگیر «e.s.p» موثر بوده و مقدار آب «اسپری» قابل کنترل می‌شود.

۴. عمل خردایش سنگ شکسته از داخل «سیلوی» تقدیم از طریق چهار تقدیم کننده با ظرفیت قابل تنظیم و «نوار نقاله» به سیستم پخش الکتریکی مجهز می‌باشد. مقدار تقدیم آسیابها از طریق سیستم تویزین الکترونیکی در اتاق کنترل مرکزی قابل خواندن می‌باشد.

بخش آسیابهای خشک در دو خط موازی و ظرفیت هر آسیاب ۴۰۰ تا ۸۰۰ تن بر ساعت پیش بینی شده است. آسیابهای خشک بر روی «باتلاقه» های کفشه کی که تکیه گاه گله های ورودی و خروجی آسیابها می‌باشد با سرعت ۱۲ دور در دقیقه گردش می‌کنند. گله های نیز به عنوان کمکی «خردایش» در آسیاب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵. «سرند لزان» بعد از آسیابهای خشک هریک از این های جداسازی انتقال می‌باشد. یا توسط پیچ نقاله به «الاتور» مربوطه برگشت داده می‌شود.

۷. جداکنندهای مغناطیسی باشد پایین در مدار جدایش مغناطیسی ایندا آسیاب شده وارد گذاشته مغناطیسی خشک اول با ظرفیت اسمی ۱۸۵ تن در ساعت می‌شوند. که پس از جدایش به دو محصول «کنسانتره» اول و باطله اول تبدیل می‌گردد. محصول «کنسانتره» اول در ساعت جداکننده مغناطیسی دوم با ظرفیت اسمی ۱۱۱ تن در ساعت می‌شود که توجه جدایش به عنوان جداکننده مغناطیسی خشک اول با سرعت ۱۲ دور در دقیقه گردش می‌کنند. گله های نیز به عنوان کمکی «خردایش» در آسیاب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶. «سرند لزان» در این مرحله پس از «سرند دش» محصول خروجی آسیاب به دو شکل دانه ریز و درشت بدست می‌آید. محصولات دانه درشت مجددا به آسیاب باز گردانده شده و محصول ریز دانه که در حقیقت محصول نهایی آسیاب خشک است جهت جدایش مغناطیسی به بخش بعد انتقال می‌باشد.

ع. جداسازی محصول خروجی از آسیابها با دانه بندی کوچکتر از ۳ میلی متر توسط «نوار نقاله» به توزیع کننده هایی که عمل آنها منحرف کردن مواد به دو «یاکت» الاتور است. انتقال می‌باشد. این محصول از طریق «الاتور ها» به دو توزیع کننده دیگر انتقال می‌باشد که عمل آنها منحرف کردن جریان مواد است. بدین ترتیب مواد آسیاب شده بر حسب نیاز به «نوار نقاله» شاتل و سپس به ترتیب برنامه ریزی شده ای به





## جواد بنی اسدی؛ مدیر نمایندگی سایپا شیراز:

# دانشی پذرون عمل هیچ نتیجه‌های نخواهد داشت

اید؟

بله. در حدود ۷۰ درصد از خواسته‌های دوران کودکی و تحصیل با ورود به رشته مکانیک برآورده شده؛ که آشنایی با تمامی قطعات خودرو و مکانیزم کارکرد آنها بوده است.

\* اگر ماهانه یک میلیارد تومان به شما بدهند باز هم به این کار ادامه می‌دهید؟

(بعدازچنده لحظه صبر کردن...) بله خب اگر ماهی یک میلیارد تومان به من بدهند که مطمئناً کار نخواهم کرد، اما للافظ به کار چیز دیگریست هرچند که پولی در آن نباشد.

\* توصیه خاصی به دانشجویان رشته مهندسی مکانیک مخصوصاً دانشجویان مکانیک دانشگاه ولی عصر(عج) اندارد؟

توصیه اینجانب به کلیه این عزیزان این می‌باشد که؛ درین فرآیند آموزش علمی به فرآیند آموزش‌های تجربی بهداشت زیراکه دانش پذرون عمل هیچ نتیجه‌های نخواهد داشت و تجربه عملی مکمل کار علمی است و همچنین باید این مورد را در نظر داشته باشند که ممکن فرآیند یادگیری دریک چهت رو به پیشرفت و تکامل باشد.

\* آیا اکنون به آرزوها و تصوراتی که از آینده جا و هرکس به همه جا به هیچ جا\*\*\*

به دلیل علاقه زیادی که به خودرو داشتم.

\* همراه تحصیل کار می‌کردید؟

بله؛ در سال ۷۷ به پیشنهاد یکی از دوستان که مغایر تنقیم موتوری داشت به صورت پاره‌وقت کار

می‌کردم یعنی از ترم ۳ تا زمان فارغ‌التحصیلی؛ با درآمد ناجیز و بیشتر از سر شوق و علاقه شخصی.

\* چگونه وارد بازار کار شدید؟

بعد از فارغ‌التحصیلی به خدمت مقدس سپاهی رفتم و پس از طی دوران خدمت به عنوان مسؤول پذیرش نمایندگی «ایران خودرو» آباده و پس از آن

به عنوان کارشناس فنی آنچه منسوب شدم.

پس از اطلاع این توان حدو یک سال در دانشکده افسری نیروی انتظامی در تهران پذیرفته شدم که به نحوی مرتبط با رشته تحصیلی ام بود. در آنجا در دسته «راهفور راهنمایی رانندگی» کارشناسی

تصادفها بودم. پس از انجام دوره پنج ساله پیمانی مجدداً به گروه «سایپا» پیوسم.

\* در مقطع دبیرستان رشته «ریاضی فیزیک» در دیدی‌اکامپت پرسیم؛ فرآیند تحصیل را چگونه پشت سروک‌گذاشتید؟

\* یک بیوگرافی (زندگی نامه) ساده

در مورخ‌زنگی و فسرح ایام؟

اینجانب «جواد بنی اسدی» متولد ۱۳۵۹ واهل

شهرستان «باید» می‌باشم، متأهل و در حال

حاضر صاحب یک فرزند (دختر) ۶ ساله است.

فارغ‌التحصیل رشته مکانیک از دانشگاه اصفهان

و اکنون به عنوان مدیر نمایندگی سایپا شیراز مشغول به کارم.

\* در مقطع دبیرستان رشته «ریاضی فیزیک» بودید یا کامپت پرسیم؛ فرآیند تحصیل را چگونه پشت سروک‌گذاشتید؟

پس از گذراندن دوران ابتدایی، راهنمایی و

دبیرستان در شهرستان آباده برای تحصیل رشته

مکانیک خودرو در سال ۱۳۷۶ وارد «دانشگاه

اصفهان» شدم؛ سپس در تاریخ ۸۰/۱۱/۳۰

فارغ‌التحصیل گردیدم.

\* چرا رشته مکانیک را انتخاب کردید؟

مرتضی زادعی

۱۸

\* مقدمه

شرکت پلی اکریل ایران در تاریخ ۲۴ مرداد سال ۱۳۵۴ با مشارکت بخش خصوصی گروهی از صاحبان صنایع و تعدادی از بانک‌های خصوصی سرمایه داران و شرکت امریکایی «Dupont» تأسیس شد و طبق آن زمان ۴۰ درصد سهام به امریکایی‌ها تعلق گرفت. درواقع شرکت امریکایی طراح، سازنده‌ای اصلی محسوب می‌شود. و از آنجایی که این شرکت از سیستم‌های مدرن و پیشرفته‌ای برخوردار است در زمان تزدیک به ۴۰۰۰ نفر در مدت تزدیک به ۴ سال در نسبت و ساخت آن مشارکت داشتند. در سال ۱۳۶۲ کل سهام شرکت Dupont توسط سازمان صنایع ملی ایران خریداری گردید. مرکز اصلی فعالیت این کارخانه در ۴۵ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در مسیر جاده‌ی اصفهان - مبارکه در زمینی به ساحت ۱۲۰ هکتار با زیر بنای ۶۰ هکتار بنا شده است.

نام شرکت پلی اکریل ایران با پیش ازنه دهه فعالیت به عنوان یکی از بزرگ‌ترین کارخانه‌های تولید کننده الیاف و نخ پلی استر و تنها کارخانه تولید کننده الیاف «اکریلیک» سال‌های زیادی است که با مجموعه‌ای از خدمات، ارزش‌ها و تعهداتی که با آن

# دروز شرکت پلی اکریل چه می‌گذرد؟



پتو لباس‌های زمستانی کشیف‌های ضخیم به مصرف می‌رسد. محصولات تولیدی کارخانه اکریلیک با فناوری SNIA ایتالیا که دارای فرآیند «لیمیریزاوسون» محلول و ریستنگی به روش «تربریسی» با حلال DMF (نوعی آب صنعتی) می‌باشد، تهیه می‌شوند. مواد اولیه اصلی مصرفی این کارخانه «اکریلونیترید» (AN) و «متیل اکریلیک» (MA) می‌باشند.

الیاف ساخته شده دارای سطح لوپیایی شکل و از مقاومت بسیار بالایی در برابر نور خورشید و عوامل محیطی یعنی ثبات بالای رنگ و مقاومت مکانیکی الیاف برخودار می‌باشد که با حلول برش های مختلف مورد مصرف قرار می‌گیرند. این الیاف در دو نوع «استیبلیل» و «نووار» با دیتکس‌های مختلف ارائه می‌شوند.

## رونده خط تولید اکریلیک ۲

این کارخانه شامل دو قسمت شیمیایی و ریستنگی است که در قسمت شیمیایی مواد اولیه شامل AN، MA و «کاتالیست» ها در دیگ‌های مخصوص با هم ترکیب شده و پس از انجام عملیات ها و اکتشافی شیمیایی وارد واحد ریستنگی می‌شوند.

در هم آمیخته شده است شناخته می‌شود. شرکت پلی اکریل شامل چهار کارخانه‌ی «پلی استر»، «اکریلیک ۱»، «اکریلیک ۲» و «نیروگاه» می‌باشد که محصولات آن به طورکلی به دو دسته محصولات اصلی «پلی استر» و «اکریلیک» تقسیم شدنی می‌گردد.

## \* الیاف پلی استر

الیاف پلی استر همانند سایر الیاف صنعتی به روش‌های صنعتی تولید و از نظر خواص نیز جایگزین مناسبی برای الیاف طبیعی مانند پنبه بشمار می‌رود. برای تولید این فرآورده از ترکیب دی‌متیل ترتیلاتل (یا اسید ترتیلاتلک) و «منو آینان گلیکول» در نزدیکی «کاتالیست های» مناسب استفاده می‌شود. پیغمرا حاصل از این دو ماده اولیه توسط پمپ از محفظه‌های رشته ساز عبور داده می‌شود که تحت تأثیر موای سرد به شکل لیف تقدیری و در مجموعه به صورت دسته ای از الیاف درآمد و در مراحل بعدی با کشش و عملیات حرارتی ضمن ارایش بافتی مولکولی و تثبیت حرارتی به صورت الیاف کوتاه (استیبلیل) و نوار مدل نندی می‌شود.

## \* الیاف اکریلیک تولیدی در کارخانه اکریلیک

دالیاف اکریلیک از مهم ترین و پر مصرف ترین الیاف صنعتی به شمار می‌رود. الیاف اکریلیک از نظر خواص و مواد موردن استفاده با وزن مخصوص پایین جایگزین پشم است. و در تهیه فرش ماشینی استفاده از پمپ‌های دنده‌ای این است که مواد



حالا الیاف برای چین خودرن آماده شده و بعد از چن زنی در دو نوع استیبل و نوار در بسته هایی با وزن های مختلف عدل بندی می شوند.

### چیلر چیست؟

#### \* چیلرهای جذبی

اصول کار چیلهای جذبی همانند کلیه دستگاه های برودتی دیگر بر اساس یک اصل کلی یعنی تبخیر مایع مبرد استوار می باشد. تبخیر مایع مبرد در سیستم های برودتی باعث جذب گرمای و یا ایجاد سرما می گردد به عبارت دیگر، هر مایعی با جذب گرمای نهان تبخیر در درجه حرارت ثابت، تبدیل به بخار می شود و گرمای محیط را جذب و ایجاد سرما می کند.

مایع مبرد (سدساز) در چیلهای جذبی، آب خالص است: آب در شرایط یک انتصف در صد درجه سانتی گراد به جوش می آید؛ هر چه فشار محیط کاهش یابد، آب در دمای پایین تری به جوش خواهد آمد. اگر فشار محیط به هفت میلیمتر حیوه مطلق کاهش یابد، آب حودا در دمای هفت درجه سانتی گراد به جوش می آید و با جذب گرمای نهان تبخیر، به بخار تبدیل می گردد.

«چیلر جذبی» از جهار قسمت اصلی «اوپرатор»، «بزیر»، «زنراتور» و «کنداسور» تشکیل شده است. مایع مبرد آب توسط یمپ تبدیل به جذب گرمای و بخارهای تولید شده، توسط لیتیم بروماید در «بزیر» جذب می شود و عمل تبخیر در اوپرатор و ایجاد سرما، پیوسته انجام می گیرد. مایع «لیتیم بروماید» با جذب طوطی وقیق می گردد لذا چه تداوم جذب بخار یابد غلیظ گردد. «لیتیم بروماید» رقیق شده توسط یمپ محلول از طریق مبدل به «زنراتور» انتقال می یابد.

«لیتیم بروماید» در «زنراتور» توسط بخار و یا مشعل حرارت داده شده و غلیظ می شود. «لیتیم بروماید» غلیظ شده به علت اختلاف فشار بین «زنراتور» و «بزیر» و نیروی تقلیلی به بزیر باز می گردد. از طرفی بخار تولید شده در «زنراتور» در کنداسور دستگاه تتوسط آب خنک کننده برج تقطیر و مجدد به اوپرатор بر می گردد و سیکل سرمایش دستگاه به همین نحو تکرار می شود.

#### \* چیلرهای تراکمی

این نوع چیلر ها بین شبیه چیلهای جذبی می باشند، فقط این نوع شامل چهار قسمت اصلی «کمپرسور»، «کنداسور»، «اوپرатор» و «شیر فشارشکن» است و از یک سیکل چهارگانه پیروی می کند و در داخل آن از «میبرد» استفاده می شود؛ گاز مبرد توسط کمپرسور متراکم شده و وارد کنداسور می شود و سپس توسط آب یا هوا خنک می شود و به مایع تبدیل می گردد این از شیر فشارشکن می شود که در داخل هر اسوانه قرار دارد که باعث می شود الیاف وارد خنک کننده (اوپرатор) که در فشار کمتری قرار دارد، می شود؛ این کاهش فشار باعث تبخیر مایع می گردد و در نتیجه مایع مبرد با گرفتن گرمای آب،



حاصله «ویسکوزیته» بالایی دارد و فقط با پمپ های دندانه ای می توان آنها را پمپ کرد. قسمت اول «تولید تارسازی» نام دارد شامل چهار بخش متابه می باشد که هر یکی از دوازده نازل تشكیل شده که نازل ها شامل یک «بک» می باشند سر هر نازل یک «اسپلیت» که به شکل سکه می باشد وجود دارد که دارای سوراخ های بسیار ریزی است که فقط زیر میکروسکوپ های مخصوص دیده می شود که تعداد آنها بسته به نوع محصول تا ۵۵۰۰ سوراخ نیز می رسد که مواد برای تشكیل نازل از داخل این سوراخ ها عبور می کند. مواد بعد از عبور از نازل ها وارد حوضه هایی می شوند که دمای آن را از ۵۲ به ۱۶ درجه سانتی گراد می سراند.

### \* کشش الیاف

در این مرحله غلتک ها تارها را از هر چهار حوضچه برای کشش آماده می کنند. این قسمت شامل غلتک هایی است که در سه بخش هر بخش پنج غلتک وجود دارد که سرعت غلتک های هر بخش نسبت به بعدی سرعت زیاد می شود و باعث کشش الیاف می شود؛ در این مرحله نیز حوضچه هایی وجود دارد که با «کوول» های کف حوضچه گرم می شود درون کوول ها برگ رخت بخار آب گرم می شود سر راه لوله های بخار نیز از «STEEM TRAP» یا تله بخار از نوع شناوری برای بازیابی بخار آب مورد استفاده قرار می گیرد.

### \* نشست و شوی الیاف

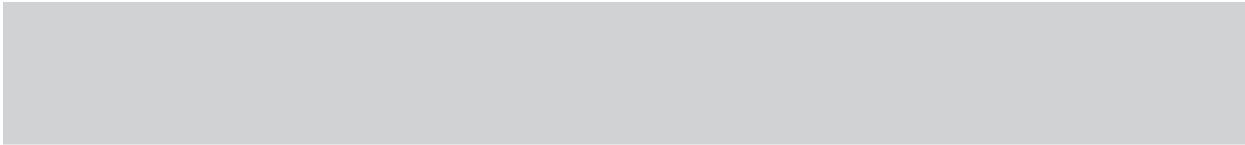
در این مرحله الیاف به وسیله «واتر جت»، آب را از یمپ «ساترپیفر» گرفته و روی سر الیاف می پاشد این مرحله شامل هشت واتر جت است که الیاف کاملاً شسته شده و مرتبت می شوند.

در مراحل بعدی الیاف دو بار دیگر تحت کشش قرار می گیرد.

### \* FINISH زدن

شامل مرحله برداخت الیاف است که الیاف داخل حوضچه مواد شیمیایی حرکت کرده و خواص الکتریسیته و اصطکاک و قوام و لطافت الیاف افزایش می یابد و بعد از آب گیری که توسط دو غلتک کشندۀ انجام می شود به مرحله بعدی منتقل می گردد.

در مراحل قبلی روی سر هر حوضچه در یقه هایی وجود دارد که توسط فن هایی که در قسمت پشت یام قرار دارد بخارات سی مواد شیمیایی و DMF را کشیده و به برج تقطیر هدایت می کند. در مراحل پایانی الیاف وارد ششک کن می شوند که اجزای آن شامل تعداد ۲۲ اسوانه افقی بزرگ تو خالی که شامل حفره هایی در رویه خود می باشد و الیاف را بین خود عبور می دهند و فن کشیده در داخل هر اسوانه قرار دارد که باعث می شود الیاف به پوسه بچسبند و به مرحله بعد بروند در داخل خشک کن، دما به وسیله کوول ها گرم نگه داشته می شوند.



دو عدد از آن با گاز فریون و یکی با گاز آمونیاک تقدیم شود. در رابطه با فرق چیلرهای تراکمی و جذبی، باید گفت چیلرهای تراکمی به دلیل صدای بالا بیشتر در محیط های صنعتی استفاده می شود و دلیل استفاده از این چیلرها در اینجا نیز همین است و همچنین صرف بالای برق چیلرهای جذبی از چیلر جذبی بیشتر در محیط های غیر صنعتی مانند خانه ها و مراکز اداری و تفریحی استفاده می شود.

تفاوت چیلرهای تراکمی فریونی با آمونیاکی

در بازدهی، تعییر و نگه داری آنهاست. چیلرهای

فریونی دارای بازدهی بالاتری نسبت به آمونیاکی

ها هستند در عوض گران تر بوده و تمیزی مشکل

تری دارند.

در مورد نحوه کار چیلرهای شرکت باید گفت آب و رویدی از طریق پمپ های گریز از مرکز وارد «اوپرатор» می شود؛ مانع مبرد موجود در «اوپرатор» به سبب فشار کمی که در آن وجود دارد، گرمای آب را گرفته و به سرعت بخار می شود و آب با کاهش دمای خود، از «اوپرатор» خارج می شود و به محل های مورد نیاز برای استفاده می رسد. اکنون بخار به وجود آمده در «اوپرатор»، وارد کمپرسور شده تا فشرده شود و دمای آن کمی بالا رود.

در «کمپرسوری» که از نوع «اسکرو» می باشد، کمیسدن گاز به وسیله بیچ هایی که موادی هم حرکت می کنند انجام می گیرد. این بیچ ها به سبب اصطکاک باستی همیشه با روغن در تماش باشند، به همین دلیل گاز با روغن ترکیب شده و باید وارد «SEPARATOR» شود. این «SEPARATOR» یا جدا کننده شود ماده کار می کند؛ پس از جداسازی روغن دوباره به چرخه بازگشته و گاز وارد «کنداسور» می شود و به سبب فشار بالایی که دارد، گرمای خود را به ورودی «کنداسور» داده و به مانع تبدیل می گردد.

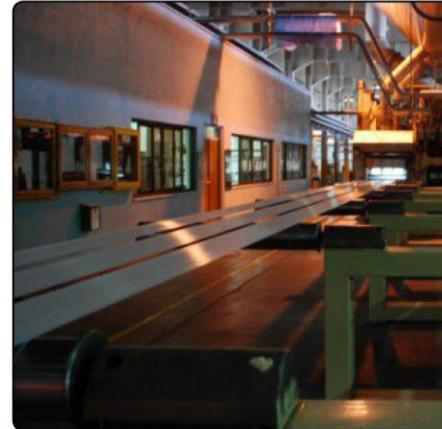
گاز پس از عبور از «شیر شفار شکن»، کاهش فشار یافته و به «اوپرатор» منتقل می شود. آب و رویدی کنداسور از برج خنک کننده پمپ می شود و آبی که از کنداسور خارج می شود به برج برای خنک شدن می رود.

#### \*نکاتی که باید در مورد چیلرهای رعایت گردد

- دمای آب رفت برج خنک کن باستی ۲۸ درجه سانتیگراد باشد.
- دمای آب برگشت برج خنک کن باستی ۵ درجه سانتیگراد با رفت اختلاف داشته باشد.
- فشار گاز «فریون» در مکش چیلر تراکمی باستی ۴۵ تا ۷۵ پی اس آی (psi) و رانش ۲۰۰ تا ۲۶۰ پی اس آی (psi) باشد.
- هنگامی که میخواهیم گاز تزریق کنیم باستی شیر سرویس آن را بیندیم.
- در حالت کارکرد چیلر، تمامی شیرهای آن باستی باز باشد (مکش - رانش - مایع).
- برای روشن کردن چیلر، انتدا فن(بنک) برج و سیس پمپ فن «کوکل» و بعد از آن پمپ برج را روشن می کنیم.
- برای «وکیوم کردن» چیلر، باستی چیلر خاموش باشد.
- برای روغن زدن چیلر نیز باستی چیلر خاموش باشد.
- فشار روغن حداقل باید ۲۰ پی اس آی (psi) بیشتر از درجه فشار مکش باشد.
- سطح شیشه نشان دهنده مانع مبرد باید صاف و بدون حالت کف زدگی باشد.

- روغن داخل کمپرسور باید حدود نصف سطح شیشه روغن نما باشد و اگر از یک چهارم سطح شیشه کمتر باشد، روغن لازم باستی تأمین شود.

- مقدار اسید برای هر ظرفیت چیلر، معادل ۱۵ کیلوگرم پیشنهاد می شود.
- از «گیچ قرمز» برای فشار زیاد و تست «اژت» استفاده می شود.
- از «گیچ آبی» (یا سیز) برای فشار کم و «وکیوم کردن» دستگاه چیلر استفاده می شود.
- در کنار دریا فشار «وکیوم» باستی ۱,۳۹ جووه باشد و در اصفهان ۲۷ اینچ جووه.



**\* نوع چیلرهای موجود در «اکریلیک ۲ و نحوه کارکرد آنها**

**«اکریلیک ۲» دارای سه چیلر تراکمی می باشد که**

#### برج خنک کننده

برج های خنک کن دنیاگرد، به عنوان یک سیستم خنک کننده سیال آب در صنایع کاربرد فراوان دارند. در برج های خنک کن، آب گرم در تماس با جریان متقاطع یا متقابل هوای سرد، خنک می شود و فرایند خنک شدن آب همراه با انتقال هم زمان جرم و انرژی می باشد. در واقع اساس عملکرد برج های خنک کن، ناسی از تبخیر و تغییرات حرارت محسوس و نمایان است و نهاده عملکرد برج خنک کن را می توان به این صورت توضیح داد که سطوحی از آب که بر روی سطوح حرارتی ایجاد می شود، توسط یک لایه هوای اشاع که هم دما با آب فرض می شود احاطه شده است و حرارت از فصل مشترک این «فویل» و توده هوا توسط نفوذ و جابجایی انتقال می باید. قطره ها در



مانند است که برای تبادل هوا به کار بده می شود. ورودی برج نیز فن های (پنکه) قفل‌تمدی وجود دارد که هوا را از داخل برج به بالا می کند و آئی که در حین تماس با هوا تغییر شده، به بالا کشیده می شود. این تبخیر، گرمای نهان خود را از آب گرفته و آب خنک می شود. البته قسمتی از کاهش دمای آب نیز در اثر گرمایی است که بین آب و هوا رد و بدل می شود. آب خنک شده دوباره به کندانسور باز می گردد. برج خنک کننده در حدود ۳۵ تا ۴۵ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای مرطوب خنک می کند؛ زیرا بعد از آن دیگر به حالت اشاع در آمده و تغییر دما خلیل مشکل است. در توضیح دمای مرطوب و دمای خشک باید گفت دمایی را که دماستن در حالت رطوبت معمول نشان می دهد را دمای خشک و دمایی را که یک دماستن در رطوبت نزدیک ۱۰۰ درصد نشان می دهد، دمای مرطوب می گویند.

در برج شرکت از «سولفوریک اسید» برای مبارزه با تجمع جلک ها و خزه های خوضیجه استفاده می شود.

برای جلوگیری از بروز چنین مشکلاتی در برج خنک کننده و صحت کارکرد برج خنک کننده به تابیر تماس آب و هوا سنتگی دارد و با افزایش آن افزایش می یابد. عوامل دیگری که عملکرد برج خنک کننده را تحت تأثیر قرار می دهند، عبارتند از:

- ۱- سطح و زمان تماس آب و هوا
  - ۲- سرعت هوای عبوری از برج
  - ۳- چهت جریان هوای سبست به سطح تماس آب (همسو و غیر همسو)
- هر عاملی که به نوعی سطوح تماس آب و هوا را محدود کند، تخلیه هوای اشیاع را ناقص و کمیت آب تغذیه و سیرکوله برج خنک کننده را ادچار تغییرات می کند و همچنین موجب کاهش یا افزایش زمان تماس، دمای آب و هوای عبوری از برج شود. بازده برج خنک کننده را دستخوش افت و تقسان می کند. از این عوامل به عنوان عیوبهای احتمالی برج خنک کننده نام برد ه می شود که در ادامه بحث به آنها نیز خواهیم پرداخت.

هرگونه عیوب و خلل در کارکرد برج خنک کن به سرعت بر روی عملکرد ماشین تبرید (سردساز) تأثیر می گذارد، به گونه ای که معمولاً با ریدایی و محدود نمودن میبهاهی احتمالی چیلر به عدم کارکرد صحیح برج خنک کننده بی می برمد. در این باره می توان به افزایش یا کاهش افسار و دمای کندانسور اشاره کرد که در نتیجه تغییرات دما و دبی سیال عامل برج خنک کن به وجود می آیند.

برخورد با سطوح ها پیش شده بر روی آنها تشکیل می دهد و دوباره به شکل قطره بر روی سطوح های حرارتی زیرین سقوط می کند، با عبور مواد از سطوح قطعه های تشکیل شده، هوا مرطوب و در نتیجه آب خنک می شود. عموماً ۷۵ درصد سرمایش از طریق آب و ۲۵ درصد از طریق تغییرات حرارت محسوس صورت می پذیرد.

#### \* انواع برج های خنک کن

برج های خنک کن از دو دیدگاه جنس و چگونگی تماس آب و هوا به چندین گروه تقسیم می شوند:

- (الف) از بعد جنس:**
  - ۱- برج های غالوانیزه
  - ۲- برج های فایبر گلاس و مواد پی وی سی
  - ۳- سازه های جویی و یتونی که در محل بهره برداری ساخته می شوند
- (ب) از بعد چگونگی تماس آب و هوا:**
  - ۱- برج های انسپفریک با فشار طبیعی هوا
  - ۲- برج های با جریان هوا فشاری
  - ۳- برج های با جریان هوا کششی

#### \* اجزای تشکیل دهنده

با صرفظیر از نوع جنس و چگونگی تماس آب و هوا، کلیه برج های خنک کن از سیستم ها و قطعه های ذیل تشکیل می شوند و در کل مجموعه ای هستند از اجزا متعدد؛ باد زن، افشاگرها، قطره گیرها، سطوح حرارتی، پر کن، تشتک آب، التکرو موتور یا محرك راه انداز، ادوات کنترل ظرفیت و ...

#### \* تأثیر تماس آب و هوا بر عملکرد برج خنک کننده

بازده و صحبت کارکرد برج خنک کننده به تابیر تماس آب و هوا سنتگی دارد و با افزایش آن افزایش می یابد. عوامل دیگری که عملکرد برج خنک کننده را تحت تأثیر قرار می دهند، عبارتند از:

- ۱- سطح و زمان تماس آب و هوا
- ۲- سرعت هوای عبوری از برج
- ۳- چهت جریان هوای سبست به سطح تماس آب (همسو و غیر همسو)

هر عاملی که به نوعی سطوح تماس آب و هوا را محدود کند، تخلیه هوای اشیاع را ناقص و کمیت آب تغذیه و سیرکوله برج خنک کننده را ادچار تغییرات می کند و همچنین موجب کاهش یا افزایش زمان تماس، دمای آب و هوای عبوری از برج شود. بازده برج خنک کننده را دستخوش افت و تقسان می کند. از این عوامل به عنوان عیوبهای احتمالی برج خنک کننده نام برد ه می شود که در ادامه بحث به آنها نیز خواهیم پرداخت.



## رحمی نعمی



«پلیاستر» هستند. این لایه‌ها در یک لاستیک رادیال، عمود بر راستای آج لاستیک قرار می‌گیرند. لایه‌های بدن در برخی از لاستیک‌های قبیلی به شکل مورب چیده شده‌اند و با راستای آج دارای زاویه معنیک هستند. این لایه‌ها توسعه مواد لاستیکی پوشش داده می‌شوند تا عمل چسبیدن آنها به سایر اجزا و همچنین درزگیری آنها تامین شود. استحکام یک لاستیک اغلب با تعداد لایه‌های تشکیل دهنده آن بیان می‌شود. بیشتر لاستیک‌های سواری دارای دو لایه هستند.

- مقول فولادی، جمومهای از سیمه‌های فولادی بسیار محکم است که در یک توده لاستیکی احاطه شده‌اند. این سیمه‌ها قدرت لازم را برای داشتن لاستیک در رینگ و همچنین دفع نیروهای وارد از سوی دستگاه‌های «جا انداختن» لاستیک در رینگ فراهم می‌کنند.

- تسمه‌های فولادی، در لاستیک‌های رادیال به منظور تقویت نایمه زیر آج به کار می‌روند. این تسمه‌ها مقاومت در مقابل پجری را بالا برده و باعث تخت شدن سطوح‌آذدادر می‌شوند که باعث تماس بیشتر لاستیک با سطح جاده شده. تمام این اجزا به اضافه «آستر» داخلی و در برخی از لاستیک‌ها روکش‌های کناری در دستگاه تولید لاستیک با هم مونتاژ می‌شوند. در این دستگاه، تمام اجزای لاستیک در موقعیت‌های ای پیش تعیین شده به صورت دقیق قرار گرفته و سیس لاستیک به شکل و اندازه تقریباً نهایی آن شکل می‌گیرد. در این مرحله، تمام اجزای تشکیل دهنده لاستیک مونتاژ، اما به اندازه مورد نیاز نسبت به مک مونتاژ شده است. دیواره، پایداری جانبی لاستیک را می‌گیرد. لایه‌های بدن را حافظت کرده و جلوی خروج هوا را می‌گیرد. برای تامین بیشتر پایداری جانبی، ممکن است اجزای دیگری نیز همراه دیواره در لاستیک جاسازی شود.

- لایه‌های پوششی، در برخی از لاستیک‌ها به کار می‌روند. این لایه‌های اضافی، همه اجزای داخلی لاستیک را سر جای خود مک مونتاژ می‌دانند. این لایه‌ها در تمام لاستیک‌ها تعبیه نمی‌شوند. از این لایه‌ها اغلب در لاستیک‌های با کد سرعت می‌روند. این لایه‌ها اغلب در لاستیک‌های ای پیش تعیین شده است. به این لاستیک، لاستیک خام گفته می‌شود. در مرحله بعد، لاستیک را وارد دستگاه فرآوری می‌کنند. در این دستگاه، عملیات نهایی شامل «پخت»، «قالب‌بزی لاماتها» و «دکهای لاستیک» و همچنین «آج لاستیک» انجام می‌شود. گرامی این دستگاه همچنین تمام اجزای تشکیل دهنده لاستیک را محکم به هم می‌جیساند. این فرایند را «جوشکاری لاستیک» می‌نامند. پس از انجام پرداخت نهایی و بازبینی، لاستیک آماده عرضه به بازار می‌شود.

فولادی استفاده نمی‌شود  
۲- تایر های رادیال : در تایر رادیال امتداد نخهای لایه باخط مرکزی تایر زاویه ای در حدود ۹۰ درجه می سازد و به عبارت دیگر امتداد نخهای در چهت شعاعی قرار گرفته است. جنس نخ لایه‌ها عموماً از «بیون» یا «لیلی استر» است در تایرهاي «رادیال» به منظور ایجاد پایداری حرکتی از لایه هایی به عرض آج و زاویه مورب نسبت به خط مرکزی تایر با نام «کمرنده» یا «بلت» استفاده می شود.  
الایاف مصرفی در کمرنده از جنس نخ یا سیم

فولادی است در صورتی که کمرنده نخی باشد تایر را «رادیال نخی» و در صورتی که سیمی باشد تایر را «رادیال سیمی» (استبل بلت) می نامند.

تایرهاي رادیال به دلیل مزایای ویژه ای که نسبت به تایرهاي باپاس دارند در سال های اخیر به تدریج جایگزین نوع باپاس شده اند  
اجزای تشکیل دهنده لاستیک خودرو  
- آج لاستیک، مرکب از انواع مختلف لاستیک‌های طبیعی و مصنوعی است. آج لاستیک به همراه دیواره از قالب‌های «اکسترو» خارج شده و در طول های معنی بریده شوند. در این مرحله از تولید، آج به صورت لاستیک نرم می‌باشد و هنوز طرح لازم برای ایجاد خاصیت چسبندگی یا کشش در لاستیک در آن تولید نشده است.

- دیواره ای مخالف مقاوم در برابر پارگی ، مقاوم در

برابر سایش و مقاوم در برابر حرارت تا ۱۶۰ درجه

تولید می‌گرددند در سال ۱۳۷۷ خط تولید «رادیال

سیمی» به دست متخصصین داخلی و با استفاده از تکنولوژی «مارانگونی ایتالیا» و با ظرفیت ۱۱۰

حلقه در روز راه اندازی گردید . سایزهای تولیدی

شامل «تایرهاي رادیال» سیمی سواری از رینگ ۱۳

تا ۱۵ اینچ و با اندايس های مختلف سرعت T ، H ،

و V می باشد.

انواع ساختمان تایر :

بطور کل تایرها از لحاظ نوع ساختار به دو گروه

اصلی تقسیم می‌گردد: ۱- باپاس، ۲- رادیال

۱- تایرهاي باپاس: در این دسته از تایرها امتداد

نخهای لایه با خط مرکزی تایر زاویه مورب می

سازد و قرار گیری لایه ها روی یکدیگر به صورت

ضربدری می باشد. جنس نخ لایه ها از «تایلوبون»

است و در بدن تایر بجز در ناحیه طوقه ها از سیم

# اروند چرخ

## تولید رینگ آلومینیومی در فستیجان



مریم حسن پور

می گردد. بنابراین مقدار هیدروژن در آلومینیوم مذاب در زمان ریخته‌گری آلومینیوم باید در حداقل مقدار ممکن نگه داشته شود. شمش‌های اولیه و اضافه‌ها مهم ترین منبع وارد کننده اکسید می باشند. از طریق واکنش آب با آلومینیوم مذاب هیدروژن تولید می گردد. گرم کردن بیش از حد آلومینیوم بیز باعث افزایش جذب هیدروژن می شود زیرا حلالیت با افزایش درجه حرارت زیاد می شود.

از انجایی که در اغلب عملیات ذوب آلومینیوم نمی توان حتی با روش‌های خلی دقتی ذوب، هیدروژن را از مذاب دور نگه داشت، این گاز را از طریق گاززادایی خارج می کنند. در کارخانه‌ی اروند چرخنیز برای گاززادایی از گاز نیتروژن استفاده می شود.

سپس موادی به مذاب اضافه می شود که باعث «بیز دانه» و همچنین «کروی شدن» مذاب و افزایش مقاومت می شود. پس از گاززادایی از هر پاپیل دو نمونه گرفته می شود؛ یک نمونه در خلا و یک نمونه برای آنالیز حرارتی. در آنالیز حرارتی دستگاه با آنالیز نمودار دما - زمان مناسب یا نامناسب (OkorNot Ok) بودن دو پارامتر دانه بندی و اصلاح ساختار را نشان می دهد. در نتیجه خلاً مقداری از مذاب توسط دستگاه در خلا و مقداری در هوای آزاد منجذب می شود؛ سپس درصد گاز موجود در این دو قطعه منجذب

مسیر لوله‌ی گاز قرار دارند کنترل می شود. نسبت هوا به سوخت در این مشعل‌ها دو به یک است

و دمای کوره ۷۲۰ درجه سانتیگراد می باشد که باعث سوختن یک سری غاصر آلیازی می شود. برای آلیازاسازی مذاب از کوره holding

می شود. این کوره دارای دو مشعل است که به وسیله بالابر هیدرولیکی کوره بالا آمد و مذاب به داخل «پاتیل» که از قبل گرم شده ریخته می شود.

اغلب اکسیدهای آلومینیوم از مواد شارژ اولیه وارد شده و چون عمل امکان خارج کردن تمام بخار آب از مذاب وجود ندارد «فلاکس زدن» مذاب آلومینیوم یا یک گاز مناسب علاوه بر عمل گاززادایی مذاب اغلب اکسیدهای را از آن خارج می نماید. اصول کار این فرایند به این ترتیب است که

حباب‌های گاز در حالیلا رفتن و خروج از مذاب اکسید حبس شده در مذاب را به همراه خود به سطح مذاب حمل می کنند و سپس می توان آن

را از سطح مذاب جدا کرد. همچنین وجود هیدروژن در آلومینیوم مضر است؛ زیرا می تواند پوسته‌هایی در قطعات

توانی تولید شن تمن مذاب را در هر ساعت دارا می باشد. فشار گاز مشعلها سوزنی در

تولید اروند چرخ شامل زیر مجموعه‌های: ذوب، ریخته‌گری، تعمیرهای قالب، X.RAY و عملیات حرارتی می باشد. ترکیب شیمیایی مشعل‌های

مورد استفاده به صورت «Mg ۷\_AL SI» می باشد. سیلیسیم مهمترین عنصر آلیازی در آلیازهای ریختگی آلومینیوم است که قابلیت «سیلان»

آلومینیوم را بهبود میبخشد. این عنصر باعث می شود که مذاب آسانتر جریان یافته و دیواره های

نازک و باریک را پر نماید.

برای شارژ کوره ذوب ۷ درصد «مشش» و ۳ درصد «قراضه» وارد کوره می شود. کوره ذوب و نگهداری از نوع حرارت مستقیم است. کوره ذوب از دو قسمت تشکیل شده است:

Holding.Melting.۱.۱

برای شارژ کوره «Melting» از یک Loader استفاده می شود. شمش و غرایضه داخل Loader ریخته می شوند و توسط یک

چک هیدرولیکی Loader بالا می آید و درب کوره به صورت اتوماتیک باز شده و شارژ به داخل آن ریخته می شوشاڑز پس از خمیری شدن

وارد کوره «holding» اول می شود. کوره melting» دارای دو مشعل می باشد که

توانای تولید شن تمن مذاب را در هر ساعت دارا می باشد. فشار گاز مشعلها ۵۰-۸۰ mbar می باشد که هر لحظه توسط فشارسنج هایی که در



استفاده می شود.  
پس از اتمام مراحل بالا رینگها جهت شستشو به دستگاه «washing machine» نوبت به دستگاه های منتقل می شوند و سپس نوبت به دستگاه «Polishing» می رسد که کارکنان با استفاده از دست داخل رینگها را سیقل و جلا می دهد و در نهایت به مرحله رنگ می روند.

دو عده در واحد رنگ دنال می شود؛ هدف اول زیباتر شدن رینگ های خروجی می باشد و هف دوم و اصلی پوشش مناسب آلیاژ آلومینیوم به مظلوغ جلوگیری از صدمه دیدن در برابر عوامل محیطی و خونده است. در خط رنگ ابتدا رینگها با مواد شیمیایی شسته و سپس وارد کوره خشک کن می گردند؛ سپس اولین مرحله می باشند رنگ (رنگ پودری) انجام می گردد و پس از پاشش پودر رینگها وارد کوره می بخشد که در آن رنگ پودری شده باشد. پس از پاشش رنگ می تواند کاری بر روی رینگها انجام می گیرد. سپس رینگها آماده می گردند و می باشند رنگ شده و رنگ متالیک پوشیده می شود. پس از پاشش رنگ متالیک نوبت به پاشش رنگ برآق کننده می باشد در انتهای نیز کوره می بخشد نهایی وجود دارد.

در حین ماشین کاری بر روی رینگها تستهای CMM RUNOUT و همچنین اندازه گیری های ابعادی انجام می گردد. در تمامی مراحل تولید صحت رینگها توسط آزمایشگاه های مختلف ارزیابی می شود. وظیفه ای آزمایشگاه توابع گرفتن آنالیز از هر شارژ کوره می دارد، بررسی مقدار کار در مذاب و بررسی سرد شدن مذاب می باشد.

آزمایشگاه CMM موقوف به انجام تست های غیر مخرب بر روی محصول نهایی بخشن ماشینکاری است. در این بخش کیفیت رینگ از لحاظ مواردی از قبیل اندازه های ابعادی مدن (ISO 11101) که توسط واحد طراحی آزمایشگاه های معین شده و استانداردهای spok و وجود خواهد داشت.

واحد ماشینکاری با بهره گیری از دستگاه های CNC کار تراشکاری قسمت های مختلف هرج را انجام می دهد. ابتدای هر خط یک دستگاه دریل NC نصب شده که کار آن سوراخکاری مرکز رینگ می باشد. رینگ پس از سوراخ شدن وارد دستگاه «IMT» می شود. در این دستگاه (CNC) کار برآمد برداری قسمت های بیرونی و داخلی رینگ را انجام می دهد. پس از این مرحله رینگ به دستگاه بعد که یک دستگاه فرز CNC می باشد منتقل می شود. در این مرحله سوراخکاری محل پیچها و «والوها» انجام می شود. سپس نوبت به دو دستگاه دیگر به نام های «بالاتس» و «ست نشتی» می رسد که دستگاه بالاتس جهت مشخص کردن میزان نایابانی در رنگ مشخص بکار می رود و دستگاه تست نشتی جهت مشخص کردن نشتی در رینگ به واسطه وجود حفره ای ریز در سطح رینگ

شده را با محاسبه وزن این دو قطعه و اندازه گیری اختلاف وزن آن ها اندازه گیری می کنند و در صورت مناسب بودن این درصد این نتیجه را می توان گرفت که فرآیند گاز زدایی به درستی انجام شده است.

سپس نوبت به ریخته گری می رسد؛ ریخته گری که در این کارخانه (اروند چرخ) استفاده می شود از نوع ریخته گری تحت فشار با محفظه ای گرم است. در ریخته گری تزریقی تحت فشار از طریق وارد کردن آلومینیوم مذاب تحت فشار به داخل یک قالب فلزی قطعه ریختگی آلومینیوم تولید می گردد.

قطعات تولید شده از طریق روش تزریقی تحت فشار دارای موارد زیر می باشند:  
(۱) دقت ابعادی خوب (۲) خواص مکانیکی مناسب (۳) سطوح صاف (۴) جزئیات سطحی عالی.

قطعات تولید شده در این روش می توان با سرعت زیاد و مخارج کم تولید نمود همچنین ماشین کاری زیادی روی قطعه می تزریقی نیاز نیوهد و می توان تعداد زیادی قطعه تولید نمود در حالی که سایش قالب بالا نیست.

واحد X-Ray مرحله بعد از ریخته گری است که یک بازرسی صد درصد غیر مخرب می باشد. در این واحد رینگ به صورت تصویر زنده دیده می شود و چنانچه هر نوع عیوبی در رینگ وجود داشته باشد بر اساس اختلاف رنگ یا level خاکستری قابل تشخیص می باشد. از مزایای X-Ray این است که پس از آنکه عیوب رینگ در این واحد مشخص شد با توجه به نوع نقص و محل آن به رفع نقص در واحد Casting ( واحد ذوب و ریخته گری) از طریق تبییر پارامترهای مختلف پرداخته می شود. در X-Ray بیشترین نقص ها در قسمت «rim» رینگ وجود دارد سپس در قسمت «hub» و «کمترین نقص هاینتر در قسمت spok وجود خواهد داشت.

واحد ماشینکاری با بهره گیری از دستگاه های CNC کار تراشکاری قسمت های مختلف هرج را انجام می دهد. ابتدای هر خط یک دستگاه دریل RINCK نصب شده که کار آن سوراخکاری مرکز رینگ می باشد. رینگ پس از سوراخ شدن وارد دستگاه «IMT» می شود. در این دستگاه (CNC) کار برآمد برداری قسمت های بیرونی و داخلی رینگ را انجام می دهد. پس از این مرحله رینگ به دستگاه بعد که یک دستگاه فرز CNC می باشد منتقل می شود. در این مرحله سوراخکاری محل پیچها و «والوها» انجام می شود. سپس نوبت به دو دستگاه دیگر به نام های «بالاتس» و «ست نشتی» می رسد که دستگاه بالاتس جهت مشخص کردن میزان نایابانی در رنگ مشخص بکار می رود و دستگاه تست نشتی جهت مشخص کردن نشتی در رینگ به واسطه وجود حفره ای ریز در سطح رینگ



«ساختمان تغییرنا»، «ساختمان خشکن» و «ساختمان ذخیره و بارگیری کسانتره» تشکیل شده است.

#### خشک کردن زغالسنگ

در زغال سنگ‌های نسبتاً ریز، پختن از آب هم به صورت سطحی و هم به صورت جمع شده در خلل و «فرج» زغالسنگ وجود دارد، که امکان گرفتن آن به روش‌های معمول آبگیری نظیر «فیلتر کردن» وجود ندارد؛ در واقع روش‌های فیلتر کردن کمتر بر روی رطوبت زغالسنگ به شکل آب موجود در خلل و «فرج» زغالسنگ تاثیر می‌گذارد. در چین مواردی کاوش بیشتر رطوبت زغالسنگ تنها با تعییر آب موجود در سطح و خلل و «فرج» زغالسنگ امکان پذیر است.

خشک کردن تبخیری در زغالسنگ ممکن است با اهداف زیر صورت گیرد:

۱- برای جلوگیری از بخ زدگی زغالسنگ در مناطق سرد، آسایش‌جایی به منطقه‌های مصرف، آسانی حمل دریایی و آسانی در انبار کردن (ذخیره سازی) زغالسنگ.

۲- برای کاوش اثلاف حرارتی در اثر تبخیر آب زغالسنگ در فرایند «احتراق» (سوختن) زغالسنگ و در نتیجه افزایش ارزش حرارتی زغالسنگ.

۳- برای کاوش هزینه‌های حمل و نقل ناشی از حمل آب.

#### ساختمان خشک کن

به منظور گرفتن رطوبت اضافی «کسانتره» کارخانه زغالشویی زرند چهت تحویل به مشتری، مدار خشک کن از نوع «خشکن‌های چرخان» با حرارت مستقیم طراحی شده است. سوخت موردنیاز خشک کن چهت تولید حرارت از محصول «میانی» کارخانه تأمین می‌شود. در ساختمان خشک کن ۵ کوره در نظر گرفته شده است. از ۵ کوره مذکور دو کوره به خط «پایدانا» و پیچه به خط «باینیزو» اختصاص

## گزارشی از کارخانه زغال شویی زرند

# رُّحْلَات وَالْبَابِيَّةِ

محنتی اکبری

مشخصات عباری حد واسطه بین باطله و کسانتره است به عبارتی در این محصول ذرات با ارزش و بی‌ارزش به صورت قفل شده وجود دارند و بنابراین با عملیات فراوری معمول قابل جدایش از هم نیستند. لزوم شستشوی زغالسنگ

زغالسنگ استخراج شده از معدن به علت وجود «باند»‌های غیر زغالی و «کائی»‌های همراه و احتمالاً سنتک های افت و سقف معدن دران ناچالص است. علاوه بر این مکانیزه کردن روش های استخراج ماده و تولید زرد باعث شده است که زغالسنگ تولیدی ریزتر و دارای ناچالصی شتری نسبت به گذشته باشد. بنابراین احتیاجه شستشوی قل از مصرف دارد.

**وظیفه کارخانه زغالشویی زرند**

کارخانه زغالشویی زرند موظف است که زغالسنگ استخراجی معدن را تحویل گرفته و «کسانتره‌ای

مطابق با شرایط کیفی تعیین شده از طرف کارخانه «کک سازی» زرند و بخش «کک سازی» کارخانه ذوب آهن اصفهان تولید نماید. در این رابطه معدن نیز موظف هستند که زغال خود را باشروا

کیفی تعیین شده برای کارخانه ارسال نمایند. خاکستر زغال ارسالی از هر معدن باستی از حد معینی تجاوز نکند تا «کسانتره» آن دارای راندمان تعیین شده باشد.

زغال ارسالی از معدن ناجیه کرمان به کارخانه

جهت «تغییر» از نوع «زغال ککشو» که از گروه «پایدانا» و «زغال گازدار» از گروه «آب نیزو» استخراج می‌شود می‌باشد، که بدليل اختلاف در

کیفیت از نظر «پلاستومتری» و «کک شوندگی» و... این دو نوع زغال در دوسیمیر کاملاً مجزا شسته و به اصفهان منتقل می‌شوند.

**آربیش ساختمان‌های کارخانه**  
و ارتباط آنها

کارخانه زغالشویی زرند از پنج واحد اصلی شامل «ساختمان پذیرش»، «بار و خوارک»،

مهمنترین سوخت صنعتی که موارد استفاده شایانی در اغلب عملیات تولید نیرو، برق، پخار، گاز و کارهایی که انجام آنها بدون گرما آسان نیست زغالسنگ است. مگر در نقاطی که گاز طبیعی و نفت بطور فراوان و ارزان در دسترس باشد.

اگرچه در ظاهر زغالسنگ یک جسم بسیار عادی و معمولی به نظر می‌رسد ولی تاکنون یک تعریف جامع و کافی که شامل کلیه انواع و اقسام مختلف آن شود از آن نشده است. البته می‌توان گفت که زغالسنگ یک سسم معدنی سیاه یا قهوه‌ای رنگ است که از تراکم بقایای گیاهان در دوران زندگانه زمین شناسی بدست آمده است و می‌تواند به

شكل سوت و منبع گرما در کوره‌های صنعتی و بخاری و... و همچنین می‌تواند بعد از «کک» شدن به عنوان «کک متالورژی» چهت «میای» سنتگ آهن مورد استفاده قرار گیرد.

اکشاف، استخراج و شستشوی زغالسنگ در ایران بیشتر به منظور «کک متالورژی» است و به دلیل وجود نفت و گاز فراوان اهمیت سوتی ندارد. یکی از مهمترین اهداف شستشوی زغال بهبود کیفیت زغالسنگ در تهیه «کک متالورژی» به منظور تولید «فولاد» است.

عملیات فرودی زغالسنگ مجموعه روش‌های آماده سازی و جدا سازی است که ترتیب آن بستگی به مشخصات فیزیکی و شیمیایی کارخانه دارد. بطور کلی نا توجه به اینکه مواد معدنی موجود در طبیعت معمولاً یکنواخت و همگن نیستند به کارگیری واحدهای همگن سازی مواد اولیه در کارخانه‌های «تغییر» مواد معدنی امری ضروری به نظر می‌رسد.

تعاریف اولیه ورودی و خروجی یک کارخانه فرودی:

۱- خوارک (feed) : عبارت است از امداد معدن

خام ورودی به کارخانه که باید بر روی آن عملیات

فرودی انجام شود.

۲- کسانتره (concentrate) : محصول یا ماده با ارزش تولید شده در کارخانه فرودی می‌باشد.

۳- باطله (tail) : محصول یا ماده بی ارزش که در نتیجه فرودی خوارک از ماده با ارزش جدا می‌شود و در واقع دورریز کارخانه می‌باشد.

۴- میانی (middling) : محصولی که از لحظات

با توجه به اینکه در کارخانه زغالشویی زرند از «خشک کن های چرخان» استفاده میشود، تنها به بیان مختصه در مورد این خشک کن ها اکتفا میشود.

### خشک کن های چرخان

«خشک کن چرخان» حرارت مستقیم ساده ترین و اقتصادی ترین نوع خشک کن های چرخان است. از این نوع خشک کن ها زمانی استفاده می شود که تماس های داغ با جامد داخل آن ضرری ندارد. با این وجود اگر میزان نرمه خوارک و رویدی بالا باشد دنباله روی ذرات ریز با گاز خروجی که معمولاً حجم و سرعت نسبتاً بالایی دارد از استوانه خشک کن بالا است.

در این نوع خشک کن ها معمولاً در اثر «احتراق» سوخت تولید شده و توسط یک مکنده در انتهای استوانه به درون استوانه هدایت میشود. خوارک دهی به استوانه می تواند به صورت «نقی» از طریق کانالی که تا درون استوانه کشیده شده است انجام میشود.

«خشک کن چرخان» از یک استوانه فولادی تشکیل شده است، که از دو نصفه از طریق ریل های حلقه ای پیرامون استوانه بر روی غلظتکار نگهدارنده با شبیب سیار لایمی نسبت به افق سوار است. خوارک مرطوب از سر بالایی استوانه وارد شده و هوا یا گاز داغ از ایندا یا انتهای استوانه با خوارک مرطوب تماس داده می شود. در اثر حریش استوانه حول محور خود، خوارک وارد شده در طول استوانه شروع به حرکت کرده و در اثر تماس با گاز داغ رطوبت خود را بصورت بخار آب از دست می دهد و در انتهای استوانه به صورت محصول خشک شده خارج می شود.

### مشخصات خشک کن

#### کارخانه زغالشویی زرند

در کارخانه زغالشویی زرند از ۵ دستگاه «خشک کن چرخان» با حرارت مستقیم با جریان معموس برای خشک کردن «کنسانتره» آنکه شده «مدار جیگ» و «فلوتاسیون» استفاده شده است. مشخصات کلی خشک کن چرخان کارخانه به شرح ذیل است :

۱. قطر استوانه ۲۸۰ متر و طول آن ۱۴ متر.
۲. ظرفیت خشک کن ۴۰ تا ۱۰۰ تن بر ساعت.
۳. درجه حرارت گاز در لحاظه ورود به استوانه ۸۵ درجه سانتیگراد و در هنگام خروج ۱۱ درجه سانتیگراد.
۴. رطوبت «کنسانتره» ورودی به «خشک کن» ۱۸ تا ۲۰ درصد.
۵. رطوبت محصول خشک شده ۹ درصد.
۶. عرضی استوانه ۴ درجه.
۷. سرعت گردش استوانه در چهار سرعت متفاوت ۲، ۳، ۴ و ۶ دور در دقیقه.
۸. وزن استوانه ۷۰، ۶۵ و وزن مواد داخل آن ۳۵ تن.
۹. قدرت «لکتروموتور» مورد نیاز میتواند ۲۴، ۲۷، ۲۵ و ۵۵ کیلووات باشد.



### کنسانتره مرطوب

«کنسانتره مرطوب» در تماس با هوا گرم رطوبت خود را از دست میدهد و همراه با هوا مکیده شده از طریق «سیکلون های غبارگیران مکنده» خارج و به سیستم غبارگیری تر تحویل می شود. وظیفه «سیکلون های غبارگیر» بازیابی «نرمه» زغال هایی است که همراه با هوای مکیده شده از درون «بارابان» به سمت مکنده جریان پیدا کرده است. بخش وسیعی از این ذرات پس از بازیابی به جریان اصلی زغالسینگ خشک شده اضافه می شود. در آخرین مرحله هوا گرم خروجی توسط پاشش آب که برروی مانع حضیری مانند پاشیده و تمیز شده و به صورت بخار نهایی و تمیز از خشک کن توسط «سممه نقاله» به «بونک» سوخت هر کوره خوارک دهی می شود. از طریق «بونک» سوخت «خوارک دهی» به نوار زنجیری اتاق کوره انجام میشود. از خارج از میدان سوخت خشک کن زغالسینگ میانی نیز از میدان سوخت برروی نوار زنجیری توسط اتاقه چوب که برروی نوار زنجیری ریخته می شود انجام میگیرد.

پس از آتش گرفتن زغالسینگ میانی در روی نوار زنجیری برای «اعشال» بهتر، هواهی از زیر زنجیر توسط «منده» ها آغاز میشود. سیخ زدن بستر نوار زنجیری نیز در این مرحله برای عملکرد بهتر واشتال سوخت انجام میگیرد. در طی روشش دشن کوره و بالا رفتن دمای کوره دریچه مربوط به دودکش کوره باز است تا وود و گرمای اضافی از کوره خارج شود. در این مراحل ریخته و رویی به «بارابان» بسته است. پس از «احتراق» کامل سوخت و بالا رفتن دمای کوره دریچه مربوط به اتاقک هوای کوره در جلوی «بارابان» باز شده دریچه دودکش بسته میشود. سپس با روش کردن مکنده «بارابان» موسوم به «یماموز» هوا گرم کوره به داخل «بارابان» مکیده می شود. زمانی که دمای اتاقک ابتدایی «بارابان» به حدود ۹۰۰ تا ۹۴۰ درجه سانتیگراد رسید، «بارابان» روش شده تا حول محور خود با سرعت ثابت گردش کردن که می تواند هوا یا گاز گرمای واسطه خشک کن های با حرارت غیر مستقیم داغ و با جریان سیال داغ باشد از طریق یک سطح داغ به جریان زغالسینگ مرطوب القا شود.

### کنسانتره مرطوب زغالسینگ

گیری شده «مدار جیگ» و «فلوتاسیون» است. با رطوبتی در حدود ۲۰ درصد از طریق ساختمان انتقال وارد ساختمان خشک کن شده و در بونک پذیرش کنسانتره تر «ذخیره میشود. از زیر این بونک خوارک دهی به ابتدای «استوانه گردان» معرفت به «بارابان» با دنی مشخص انجام میشود. رطوبت کنسانتره خشک میتواند بین ۹ تا ۱۰ درصد باشد.

زغالسینگ میانی نیز از میدان سوخت خشک کن توسط «سممه نقاله» به «بونک» سوخت هر کوره خوارک دهی می شود. از طریق «بونک» سوخت «خوارک دهی» به نوار زنجیری اتاق کوره انجام میشود. از خارج از میدان سوخت برروی نوار زنجیری توسط اتاقه چوب که برروی نوار زنجیری ریخته می شود انجام میگیرد. پس از آتش گرفتن زغالسینگ میانی در روی نوار زنجیری برای «اعشال» بهتر، هواهی از زیر زنجیر توسط «منده» ها آغاز میشود. سیخ زدن بستر نوار زنجیری نیز در این مرحله برای عملکرد بهتر واشتال سوخت انجام میگیرد. در طی روشش دشن کوره و بالا رفتن دمای کوره دریچه مربوط به دودکش کوره باز است تا وود و گرمای اضافی از کوره خارج شود. در این مراحل ریخته و رویی به «بارابان» بسته است. پس از «احتراق» کامل سوخت و بالا رفتن دمای کوره دریچه مربوط به اتاقک هوای کوره در جلوی «بارابان» باز شده دریچه دودکش بسته میشود. سپس با روش کردن مکنده «بارابان» موسوم به «یماموز» هوا گرم کوره به داخل «بارابان» مکیده می شود. زمانی که دمای اتاقک ابتدایی «بارابان» به حدود ۹۰۰ تا ۹۴۰ درجه سانتیگراد رسید، «بارابان» روش شده تا حول محور خود با سرعت ثابت گردش کردن که می تواند هوا یا گاز گرمای واسطه خشک کن های با حرارت غیر مستقیم داغ و با جریان سیال داغ باشد از طریق یک سطح داغ به جریان زغالسینگ مرطوب القا شود.

# ماشین‌های لیزر

ماشین‌های که خطوط تولید کارخانه‌ها را بر عهده می‌گیرند



۲۸

Control CNC جانشین کارهای دستی «ماشینکار (ایپراتور)» می‌شود. در ماشینکاری معمولی با هدایت ابزار بر زنده در طول «قطعه کار» توسط یک چرخدستی، قطعه کار برآورده برداری می‌شود که این چرخدستی توسط ماشینکار (ایپراتور) کنترل می‌گردد.

به عبارت دیگر برش محدوده جسم توسط یک «ماشینکار (ایپراتور)» ماهر به وسیله کنترل چشمی انجام می‌گیرد. و لیدر ماشین «CNC» کلیه عملیات لازم در یک برنامه گنجانده می‌شود که بتواند با حداقل نیاز به ورودی‌های بعدی نتیجه لازم را بگیرد.

در این سیستم کلیه دستورهای کنترل کننده، مانند اطلاعات مسیر و وظایف «سویچ» ها در قالب کدهای عددی ریخته می‌شوند.

رايانه اين کدها را شناسايي و پردازش کرده و سپس آنها را به ماشين ارسال می‌نماید. رايانيه می‌تواند در عرض چند ثانие جمجمه‌ای از دستورها را به فرمان‌های قابل فهم ماشين تبدیل نماید. در سیکل‌های (دوره) زمانی بسیار کوتاه، سیستم کنترل از نتایج عملکرد گزارش می‌کند (فیدبک) و پس از مقایسه با مقادیر تنظیمی، اصلاحات لازم را انجام می‌دهد. اطلاعاتی را که در بالا به آن اشاره شد، می‌توان در حافظه ماشین یا روی حافظه خارجی (دیسکت‌ها) حفظ نمود.

مهدى موسى حسن خانی

ماشین‌های ابزار جدید و ربات‌ها، دستگاه‌های خود کار پیشرفته‌ای هستند که از رایانه به عنوان بخش اساسی کنترل کننده آنها استفاده می‌شود. رایانه‌ها در حال حاضر یکی از اجزاء اصلی برای اتوماتیک کردن (خودکار کردن) دستگاه‌ها هستند و می‌توانند دستگاه‌های مختلفی مانند ماشین‌های ابزار، جوش و برش با لیزر را کنترل کنند. آنها می‌توانند خطوط تولید را به راه اندازند یا کنترل یک کارخانه را در دستگیرند.

\*\*\*

در مقایسه با ماشین‌ابزار معمولی، Computer Numerical (Computer Numerical)

### CNC machine

برنامه نویس «Part Programmer» باید برای نوشتن برنامه‌های ماشینکاری قطعه‌های دارای اطلاعات و تجربه‌هایی در زمینه «mekanik»، «ابزاربرشی» و «قید و سست» باشد. استفاده از اطلاعاتی نظری قابلیت ماشینکاری «Machinability» و فرآیند تولید نیز از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشد. به منظور تهیه برنامه‌های پیچیده‌تر تسلط بر مسائل «جیر» و «مثلثات» کارساز خواهد بود.

تفاوت سیستم‌های NC و CNC :

رشد فرآیند خودکار شدن تولید نیاز به ماشین‌هایی که با رایانه کنترل می‌شوند را افزایش داد و منجر به توسعه ماشین‌های «NC» تحت عنوان «CNC» گردید.

سیستم‌های «NC» از ساخت افزار الکترونیکی برایه تکنولوژی (علم) مدارهای دیجیتالی استفاده می‌کردند. «CNC» یک «منی رایانه» یا «میکرو رایانه» را برای کنترل ماشین ابزار بکار می‌گیرد و تا حد امکان مدارهای ساخت افزار اضافی را در واحد کنترل حذف می‌کند. گرایش از «NC» برایه ساخت افزار به «CNC» مبتنی بر نرم‌افزار انعطاف پذیری سیستم را افزایش داد و امکان تصحیح برنامه‌ها را در حین استفاده فراهم ساخت.

\*\*\*

### تاریخچه ماشین‌های CNC

۱۶۴۲ ماشین حساب چرخدنده‌ای پاسکال.

۱۸۰۴ ماشین یافندگی «زیکارد» با کارت پانچ.

۱۹۴۶ اولین رایانه دیجیتال «ENIAC» برای رانش آمریکا.

۱۹۴۷ اختراع «ترانزیستور».

۱۹۵۲ اعلام نیاز نیروی هوایی ایالات متحده و ساخت اولین «ماشینفرز» با کنترل اتوماتیک (عددی)، توسط شرکت «Parsons» با همکاری فنی و تحقیقاتی «MIT».

۱۹۵۸ ابداع زبان برنامه‌نویسی «APT».

۱۹۵۹ توسعه «IC».

۱۹۷۲ اولین ماشین کنترل عددی با «منی رایانه CNC».

۱۹۷۵ ساخت «کنترلر فانوک» سیستم ۵ و ۶ عر.

۱۹۷۷-۱۹۸۲ ساخت «کنترلر» (۷ Sinumerik System) با «میکروپرسور» ۴ بیتی.

۱۹۸۲ ساخت «کنترلر» (۸ Sinumerik System) با «میکروپرسور» ۱۶ بیتی.

۱۹۸۱ ساخت «کنترلر» (۳ Sinumerik System).

۱۹۸۵ ساخت «کنترلر» (۸۱ Sinumerik) سری ۸۰۰ آنالوگ.

۱۹۸۶ ساخت «کنترلر» (۸۵ Sinumerik).

۱۹۸۸ ساخت «کنترلر» (۸۸ Sinumerik).

۱۹۹۵-۱۹۹۶ ساخت «کنترلر» (۸۰ / ۸۱) سری دیجیتال.

\*\*\*

ساخت کنترل عددی در سال ۱۹۵۲ فصل جدیدی را در امر «توماسیون» گشود. بعد از جنگ جهانی دوم نیروی هوایی آمریکا احساس کرد نیاز به تولید قطعات پیچیده و دقیق هوایپما دارد که ساخت آنها با ماشین‌های ابزار عمومی مشکل است. اولین قدمها در راه توسعه یک ماشین ابزار مناسب در کمپانی «Parsons» در ایالت «میشیگان» برداشته شد (۱۹۴۷) و در آزمایشگاه «سرو مکانیزم استیتو تکنولوژی ماساجوست MIT» کامل شد (۱۹۴۹). در سال ۱۹۵۲ ساخت یک «فرز» با کنترل اتوماتیک سه محور انجام پذیرفت.

سیستم «کنترلر NC» بر اساس اصول رایانه‌های دیجیتالی می‌باشد که



۲۹



- کاهش هزینه ساخت قید و بست
- کاهش زمان تنظیم اولیه ماشین
- کاهش زمان اندازه‌گیری و کنترل
- افزایش قابل توجه راندمان تولید

\*\*\*

#### معایب

- قیمت نسبتاً زیاد
- تمیر و نگهداری پیچیده‌تر و پرهزینه‌تر
- هزینه «پرسنلی» بیشتر

\*\*\*

#### موارد کاربرد ماشین CNC

- تولید قطعه‌های متنوع در تیراز نسبتاً زیاد.
- ساخت قطعه‌های پیچیده هر چند تیراز کمی داشته باشند(قالبها).
- اگر تعداد قطعات بیش از ۱۰۰۰۰ در سال باشد (قطعات خودرو)، استفاده از ماشین‌های مخصوص Special Purpose Machines صحیحتر است.

در آنزمانیک تکنولوژی پیشرفته محسوب می‌شود. توسعه منطقی «NC» کنترل‌های عددی رایانه «CNC» بود که در آن یک رایانه بعنوان بخش اصلی سیستم «کنترل» انجام وظیفه می‌کند. ربات‌های صنعتی هم‌زمان با سیستم‌های «CNC» توسعه یافته و اولین ربات تجاری در سال ۱۹۶۱ ساخته شد، اما تا اواخر دهه ۷۰ نقش مهمی را در تولید بازی نکردند.

مزایا، معایب و کاربردهای CNC :

\*\*\*

#### مزایا

- توانایی ماشینکاری قطعه‌های پیچیده (انعطاف‌پذیری).

- دقت بالا

- تکرار پذیری

- عدم نیاز به «ماشینکار» یا تجربه

- خطر کمتر برای ماشینکار (ایرتور)

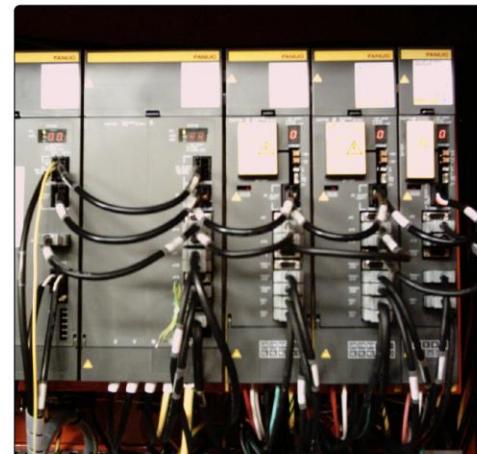
- سرعت بالا در ماشینکاری و به تبع آن کاهش زمان تولید

- کاهش ضایعات (دورریز)

- کاهش امکان خطای انسانی



۳۰



## نگاهی به مجتمع فولاد خراسان



فرنام یزدیزاده

۳۱

ارماطور بندی انجام شد و سرانجام در ۳۱ خرداد ماه سال ۱۳۸۰ واحد نورد مقاطع ساختمانی مجتمع فولاد خراسان در راستای سیاست‌های اقتصادی دولت محترم جمهوری اسلامی مبنی بر خودکفایی صنعتی و رفع وابستگی محصولات استراتژیک به عنوان پرزرگترین مجتمع فولادسازی در شرق کشور به دست توأم‌مند جناب آقای سیدمحمد خاتمی ریسیس جمهور محترم افتتاح و راه اندازی شد و در بهمن ماه همان سال واحد ذوب و ریخته گری کارخانه با حضور وزیر محترم صنایع و معادن جناب آقای مهندس جهانگیری به بهره برداری رسید.

### شرح کلی خطوط تولید:

شرکت فولاد خراسان از واحدهای مختلف تشکیل شده است که دو واحد فولادسازی و نورد به عنوان واحدهای اصلی و بقیه واحدها پشتیبانی فنی و جانبی محسوب می‌گردند.

(الف) نایمه فولادسازی شامل:  
- واحد آهن قراضه:

در این واحد انواع آهن قراضه بر اساس سنگینی و سبکی و میزان ناخالصی درجه بندی شده بر اساس درجه اختصاص یافته در محل های مخصوص تکه‌داری می‌شود و سپس بوسیله سه دستگاه جرثقیل سققی به سبد حمل قراضه انتقال داده شده و برای انجام عملیات ذوب حمل می‌گردد.

- واحد ذوب:

استان پهناور خراسان که مزین با نام علی بن موسی الرضا (ع) امام هشتم شیعیان است با دارا بودن منابع خدادادی نظیر معادن عظیم سنگ آهن، گاز طبیعی، ذغالسنگ، منابع انسانی متعدد و متخصص و امکاناتی نظیر راه، راه آهن، نیروگاههای تولید برق و ... و همچنین همچواری با کشورهای افغانستان و آسیای میانه، برنامه ریزان و مسئولین صنعتی کشور را بر آن داشت تا در سال ۱۳۶۲ با مطالعه همه جانبیه در استان خراسان امکان استقرار یک مجتمع بزرگ فولاد سازی بظرفیت ۱/۸ میلیون تن در سال را بررسی نمایند که در سال ۱۳۶۸ با پایان یافتن مطالعات مهندسی و مکان پایی، محل

اجرای طرح در ۱۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان نیشابور تعیین گردید و بالافصله فعالیت های استعمالک ۱۴۰۰ هکتار اراضی مورد نیاز و تجهیز و آماده سازی سایت در اراضی مذکور شروع شد.

در آبان ماه سال ۱۳۷۵ قرارداد خرید تجهیزات خارجی پروره با شرکت ایتالیایی «دانیلی» به ارزش ۱۵۲ میلیون دلار منعقد گردید. شروع عملیات اجرایی و نصب تجهیزات مجتمع فولاد خراسان در خرداد ماه ۱۳۷۶ با حضور ریسیس جمهور محترم وقت حضرت آیه... هاشمی رفسنجانی آغاز شد. در طی سال های احداث پروره ۳۳ هزار تن انواع تجهیزات و ماشین آلات نصب، ۲۰۳۰۰۰ متر مکعب عملیات تستیج و ۱۶۸۵۴۰ متر مکعب عملیات ساختمانی، ۱۱۷۳۶۷ متر مکعب بتون ریزی و ۹۴۶۳۰۳۲ کیلوگرم



شماره چهارده فراردار که سر و ته محصولات را قطع می‌کند.  
ب - یک قیچی دیگر در انتهای خط نورد فراردار که محصولات را در طول های برنامه‌ریزی شده قطع می‌کند.

- در انتهای خط نورد محصولات نورد شده از محفظه کاوش سریع دما (QTB) عبور می‌کنند که خود باعث افزایش کیفیت محصولات این شرکت می‌شود.

- در آخرین مرحله محصولات نورد شده بر روی بستر خنک کننده قرار می‌گیرند تا دمای خود را از دست داده و برای بسته بندی، ابزار و عرضه به بازار آماده شوند.

ظرفیت تولید سالانه این واحد ۵۵۰۰۰ تن از انواع مقاطع ساختمانی شامل:

- ملیگرد ساده و آبدار از سایز ۱۰ تا ۴۵ میلیمتر

- نیشی از سایز ۴۲۵ تا ۶۶۰ میلیمتر

- ناوادی از سایز ۱۵۳۵ تا ۳۰۶۰ میلیمتر

- تسمه از سایز ۵۷۵ تا ۶۸۱۰ میلیمتر

- چهارگوش از سایز ۱۰ تا ۴۰ میلیمتر

- شش گوش از سایز ۱۵ تا ۳۷/۵ میلیمتر

**ج ) واحدهای پشتیبانی فنی شامل:**

(۱) آبرسانی

در واحد آبرسانی، آب مصرفی از طریق منابع آب زیرزمینی (جهه‌های حفر شده) وارد مخزن اصلی شده سپس قسمت عمده آن به بخش صنعتی و قسمت جزئی آن جهت آبیاری فضای سیز استفاده می‌شود.

آب خام واردہ به بخش صنعتی وارد مخزن فرعی که از سه قسمت مخزن آب آشامیدنی، مخزن آب خام و مخزن آب املاح زدایی شده است، منتقل می‌گردد.

### کوره قوس الکتریکی

آهن قراضه انتقال یافته به وسیله ماشین حمل قراضه، در واحد ذوب با استفاده از جریان الکتریسیته (قدرت ترانس ۱۲۰ مگاوات آپر) در کوره قوس الکتریکی ۱۱۰ تنی (DANARC, AC) به مذاب تبدیل می‌شود. در این قسمت انواع مواد افزودنی به ذوب اضافه شده تا خواص مورد نظر را پیدا نماید، این واحد توانایی استفاده از آهن قراضه و آهن اسفنجی را به عنوان ماده اولیه دارد و ظرفیت تولید سالانه آن ۶۵۰۰۰ تن فولاد می‌باشد که از ذوب ۷۷۲۰۰ تن آهن قراضه بدست می‌آید.

- کوره پاتیلی

فاکتورهای حرارتی و مشخصات فنی فولاد تولیدی در کوره قوس الکتریکی پس از انتقال به کوره پاتیل تنظیم شده و سپس پاتیل مذاب بوسیله جرثقیل های سقی ۲۷۰ تنی به ماشین پاتیل گردان منتقل و آماده ریختن گری می‌گردد.

- واحد ریخته گری مداوم :

فولاد مذاب آماده ریخته گری، با استفاده از ۶ خط ریخته گری مدام به شمشهای فولادی استاندارد با مقطع ۱۵۰×۱۵۰ و ۱۳۰×۱۳۰ و ۱۸۰×۱۸۰ میلیمتر و در طول های مختلف قابل تبدیل است در این واحد سالانه ۶۵۰ هزار تن فولاد مذاب به ۶۰۰ مر. ۶۰۰ تن شمش فولادی تبدیل می‌گردد.

- واحد حمل مواد اولیه :

این واحد جهت آماده سازی و ابزار مواد افزودنی واحد ذوب ایجاد شده و با توجه به مجهز بودن به وسائل مکانیکی و نوار نقاله، حمل مواد افزودنی به کوره ذوب بسیار سریع و دقیق صورت می‌گیرد و تمام مراحل به صورت خودکار انجام می‌شود.

- واحد تصفیه دود :

گرد و غبار حاصل از کوره قوس الکتریک و کوره پاتیلی، جهت غبار زدایی به این واحد هدایت می‌شود و با توجه به نوع تجهیزات نصب شده حجم بالایی از گرد و غبار ایجاد شده جذب می‌شود و از انتشار آن در داخل سالن و محیط اطراف جلوگیری می‌نمایند.

**ب ) ناحیه نورد**

شمشهای تولیدی در واحد ریخته گری پس از شارژ در کوره پیش گرم و رسیدن به مذاب مورد نظر با گذشت از ۲۰ قفسه غلطک که به صورت عمودی و افقی در یک راستا نصب شده به انواع محصولات فولادی تبدیل می‌گردد.

برای نیل به این هدف شمشها مراحل زیر را به ترتیب طی می‌کنند.

- شمشها برای رسیدن به مذاب مناسب جهت نورد شدن وارد کوره پیش گرم با گفت متحرک می‌شوند. ظرفیت این کوره ۱۱۰ تن در ساعت می‌باشد.

- شمشها پس از خروج از کوره پیشگرم از قسمت پوسته زدگ شمشها به وسیله فشار آب جداسده تا محصولاتی با کیفیت بالا تولید و به مشتریان عرضه گردد.

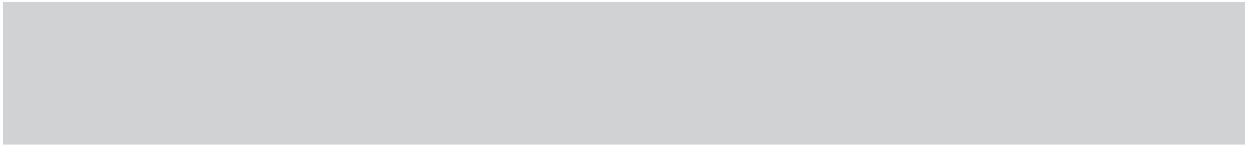
- بلافله پس از قسمت پوسته زدگ شمشها به «Pinch Roll» گرفت و هدایت شمش با فشار به داخل غلتکهای داخل قفسه می‌باشد.

- در مرحله بعد شمشها از قیچی متوقف کننده (Snap Shear) عبور می‌کنند. در صورت بروز هرگونه مشکل در خط نورد، این قیچی شمش در حال نورد شدن را قطع و متوقف می‌کند.

- سپس شمشها به ترتیب از ۲۰ قفسه غلطک می‌باشد که به ترتیب به صورت افقی و عمودی در یک راستا نصب شده است.

- در طی مراحل نورد علاوه بر (Snap Shear) سه عدد قیچی دیگر نیز وجود دارد.

الف- یک قیچی پس از قفسه شماره هشت و یک قیچی بعد از قفسه



#### ۵) چرخه غیر مستقیم و بسته:

آب این چرخه به طور کامل از مخزن املاح زدایی شده تامین می‌شود و به طور مداوم در مسیری بسته و بدون ارتباط مستقیم با هوا و تجهیزات در حرکت است و قطعات و تجهیزات بخصوصی همانند قالب‌های واحد ریخته‌گری مداوم را خنک می‌کند. این چرخه علاوه بر آب از مبدل‌های حرارتی مخزن جمع آوری آب و ایستگاه پمپاژ تشکیل شده است.

ه) تانک اضطراری

قالب‌های ماشین‌آلات واحد ریخته‌گری مداوم، کوره قوس الکتریکی و کوره پیش گرم واحد نورد برای موارد اضطراری به تانک آب اضطراری وصل شده است. این تانک در ارتفاع ۴۰ متری از سطح زمین واقع شده و ۳۰۰ متر مکعب ظرفیت دارد.

همچنین بخشی از آب خام به عنوان آب آشامیدنی، آب مورد نیاز واحد اکسیژن و هوا فشرده و آتش نشانی و آبیاری فضای سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

(۲) گازرسانی

گاز رسانی از سه بخش تولید اکسیژن و نیتروژن، تولید هوا فشرده و تامین گاز طبیعی تشکیل می‌شود.

الف) واحد اکسیژن و نیتروژن

این واحد که اکسیژن و نیتروژن مورد نیاز واحدهای ذوب، ریخته‌گری مداوم، نورد و دستگاه‌های برش را تامین می‌کند از اجزای زیر تشکیل شده است.

- کمپرسورهای هوا

- چیلرها

- واحد تخلیص هوا که جهت خشک کردن هوا و جداسازی CO<sub>2</sub> استفاده می‌شود

- استریل سازی هوا

- کمپرسورهای اکسیژن و نیتروژن

- محفظه خنک کننده

- ایستگاه کپسول برکنی

- تجهیزات جانبی

این واحد توان تولید ۴۷۰۰ متر مکعب در ساعت اکسیژن با خلوص ۹۹/۵ درصد و ۴۰۰ متر مکعب در ساعت نیتروژن با خلوص ۹۹/۵ درصد را دارد.

ب) واحد تولید هوا فشرده

واحد تولید هوا فشرده مجموع فولاد خراسان با طرفیتی معادل ۵۴۰۰ متر مکعب در ساعت جهت تقدیم تمام واحدهای مصرف کننده در سرتاسر مجتمع طراحی شده و دارای اجزای زیر می‌باشد.

- دستگاه کمپرسور مارپیچی

- دستگاه خشک کننده هوا

- مخزن هوا فشرده

- تنظیم کننده کارکرد نوبتی کمپرسورها

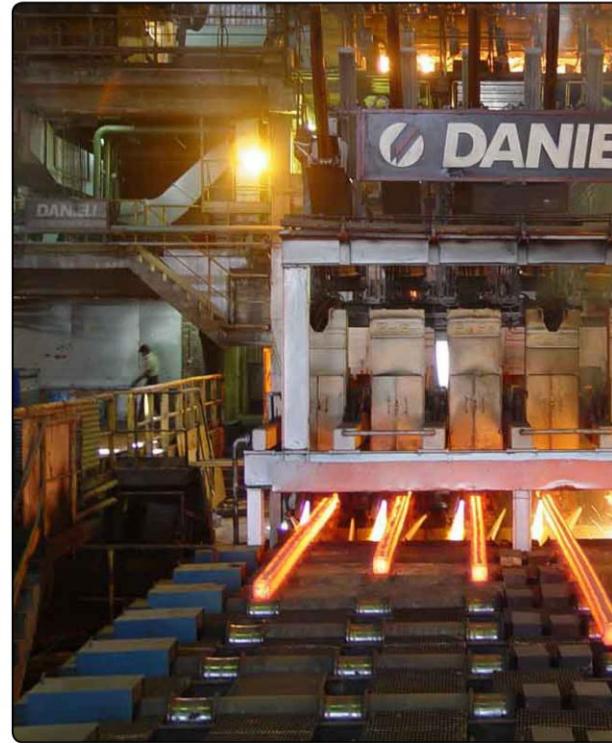
- فیلتر روغن

- چست گاز طبیعی

فنشار گاز طبیعی دریافی از شبکه سراسری پس از ورود به ایستگاه فشارشکن ۶۳ بار به ۱۲ بار کاهش می‌باشد.

سپس گاز طبیعی به پست توزیع گاز طبیعی واقع در محدوده واحد نورد انتقال یافته و به سیله شکه گاز به ظرفیت ۵۰۰۰۰ نترمال متر مکعب برای مصرف در واحدهای کوره پیشگرم نورد، کوره ذوب، کوره پاتلی و سایر قسمت‌های تولیدی و خدماتی انتقال می‌باشد و با توجه به آینده نگری انجام شده چهت اجرای فازهای توسعه خط انتقال گاز تا ورودی مجتمع ۱۵۰۰۰ نترمال متر مکعب در ساعت اجرا شده است.

(۳) برق رسانی



الف) واحد تصفیه آب :

آب‌های مصرفی ناحیه نورد و نایمه فولادسازی بعد از صرف در خطوط تولید جهت جداسازی روغن و ذرات جامد محاول در آب به این قسمت وارد شده و بعد از انجام عملیات جداسازی و تصفیه‌های لازم به چرخه تولید باز می‌گردد.

که کاهش صرف آب و جلوگیری از اسیب دیدگی تجهیزات را به دنبال دارد. آب مورد نیاز واحدهای عملیاتی پس از انتقال به مخزن فرعی عبور از سیستم املاح زدایی وارد مخزن آب املاح زدایی شده گردیده و به همراه آب خام در سه سیستم، چرخه آب مستقیم، چرخه غیر مستقیم و چرخه غیر مستقیم و پسته، به چرخه تولید باز می‌گردد.

ب) چرخه آب مستقیم :

آب این چرخه از ۳۳ درصد آب املاح زدایی شده و ۶۷ درصد آب خام تشکیل شده است که به طور مستقیم محصولات و تجهیزات را خنک می‌کند.

این چرخه آب‌های اسری شده بر روی محصولات و آب‌های خنک کننده ایستگاه‌های نورد و تجهیزات تاسیسات جانبی و آب محفظه خنک کننده را جمع آوری کرده و به مخزن جداسازی ذرات جامد هدایت می‌کند تا ذرات معلق و سنجنگن آن ته نشین شود و همچنین روغن زدایی شود این آب پس از عبور فیلترهای مربوطه و برج خنک کننده به مخزن اصلی باز می‌گردد.

ج) چرخه غیرمستقیم :

آب این چرخه از ۳۳ درصد آب املاح زدایی شده و ۶۷ درصد آب خام تشکیل شده است که به طور غیرمستقیم ماشین‌آلات واحد ریخته‌گری مداوم، کوره پاتلی، کوره قوس الکتریکی، نورد، واحد تصفیه دود و تاسیسات جانبی را خنک می‌کند این آب پس از عبور از برج خنک کننده به مخزن اصلی باز می‌گردد.

سیستم دیگری به نام «ServerVax» یا سیستم اطلاعات وجود دارد که وظیفه آن تهیه گزارش از میزان تولید، وضعیت و نوع محصول تولید، توفیق تولید، مصرف انرژی (گاز - برق و ...) جهت ارائه به مدیریت و مسئولین می‌باشد.

(CCTV) برای مشاهده وضعیت ماشین‌الات در بین های مدار بسته ای در اتاق‌های کنترل وجود دارد که مانیتورهای آن جهت مشاهده وضعیت ماشین‌الات و تجهیزات در اطاق‌های کنترل نصب گردیده است.

- واحد مخابرات:

سریوس‌های ارتباط مخابرات مجمعن با استفاده از مرکز تلفن ۲۵۶ شماره ای با کانال ارتباطی لازم می‌باشد خطوط تکس، فاکس و دیتا در سراسر مجتمع انجام می‌ذیند و همچنین سیستم‌های داخلی Intercom و شبکه بی‌سیم به منظور برقراری ارتباطات پرسنل در اطاق‌های کنترل، خطوط تولید و واحد مخابرات:

شناختی شده و برای هر یک برنامه زیستین به موقوفیت های پایدار در شرکت هشت اصل مدیریت کیفیت برای رسیدن به اصلاح کننده

۱- مشتری گرایی (Customer Focus)

شرکت مجمعن فولاد خراسان بقای خود را باسته به مشتریان می‌داند و از این رو اقدام به شناسایی نیاز حال و آینده مشتریان نموده و تلاش می‌نماید چیزی فراتر از انتظار به آن ارائه نماید.

۲- رهبری (Leader Ship)

با توجه به اینکه رهبران بین اهداف و مقاصد سازمان و سمت و سوی حرکت آن و دقت ایجاد کنند، لذا مدیریت شرکت سعی در ایجاد و تداوم فضای و محیطی دارد که در آن همه کارکنان در جهت دستیابی به اهداف آن مشارکت کنند.

۳- مشارکت کارکنان (Involvement Of People)

با توجه به اینکه کارکنان در تمام سطوح، گوهر بنیادین سازمان بشمار می‌روند مدیریت شرکت سعی دارد با مشارکت تمام آن ازقابلیت آنها جهت مفاسد سازمان بهره برداری نماید.

۴- فرایندگرایی (Process Approach)

اداره فعالیتها و منابع مرتبط با آنها به عنوان یک فرایند موجب می‌شود ترتیب مطلوب با کارآیی بیشتری بدست آیند، لذا مدیریت شرکت نظام مدیریت کیفیت خود را به منظور برآورده ساختن موارد زیر بر اساس نیازمندیهای استاندارد ISO ایجاد، مستند و اجرا نموده و اثر بخشی آن را به طور منظم ارزیابی و بهمود خواهد پختید:

- شناسایی کلیه فرایندگرایی مورد نیازنظام مدیریت کیفیت و کاربرد آنها در سراسر سازمان

- مشخص کردن توالی و تعامل فرایندها

- داشتن شاخص و مباری برای اندازه گیری اثر بخشی و کارآیی فرایندهای مرتبط با تحقق محصول

- در دسترس داشتن منابع و اطلاعات لازم برای پشتیبانی از عملیات و نظارت بر فرایندها

- اندازه گیری و تجزیه و تحلیل فرایندها

- انجام اقدامات لازم برای دستیابی به نتایج برنامه ریزی شده و بهمود مداوم فرآیندها

فرایندهای اثربندها اثربندها بر نظام مدیریتی کیفیت شرکت در دو گروه زیر شناسایی گردیده اند:

فرایندهای اصلی

فرایندهای برنامه ریزی، فرایندهای مرتبط با مشتری، تدارکات داخلی و خارجی، اینبارداری و ارسال محصول

۱۲ مگاوات برق مورد نیاز فاز اول مجمعن توسط نیروگاه سیکل ترکیبی نیشابور که در فاصله ۱۳ کیلومتری شرق مجمعن قراردارد تأمین و از طریق ۱۳ کیلومتر خط اختصاصی ۴۰۰ کیلو ولت به مجمعن منتقل می‌شود.

تجهیزات فوق طرفی انتقال تا ۴۰۰ مگاوات را دارد می‌باشد.

پست برق ۴۰۰ کیلو ولت :

برق مذکور پس از ورود به پست ۴۰۰ کیلو ولت کارخانه از طریق دو دستگاه ترانسفورماتور با قدرت‌های ۱۶۵ و ۶۲/۵ مگاوات امیر به ولتاژ ۳۳ کیلوولت با بریکرهای گازی در دو شبکه جداگانه در سطح کارخانه توزیع می‌گردد.

شبکه اول برق مورد نیاز کوره های قوس الکتریکی را تأمین نموده و برق با ولتاژ ۳۳ کیلو ولت را از طریق کابل‌های فشار قوی به واحد فوق منتقل و با استفاده از دو دستگاه ترانسفورماتور با قدرت‌های ۱۲۰ و ۱۷ مگاوات امیر مستقیماً به الکترودهای کوره های ذوب و پائیلی جهت قوس الکتریکی منتقل می‌نماید. به منظور جلوگیری از اثار زیان بار کوره های قوس الکتریکی مانند نوسانات برق، فلیکر و برق راکیو سیستم SVC که اصلاح کننده موارد فوق می‌باشد پیش بینی و نصب گردیده است.

شبکه دوم برق مورد نیاز سایر قسمت‌های کارخانه را تأمین می‌کند برق با ولتاژ ۳۳ کیلو ولت از طریق کابل‌های فشار قوی به واحدهای نورد و فولادسازی منتقل و در هر واحد بوسیله یک ترانسفورماتور با قدرت ۳۱/۵ مگاوات امیر به ولتاژ ۶/۶ کیلو ولت تبدیل و از طریق تابلهای شارقوی متوسط در سطح کارخانه توزیع در محله‌ای مصرف از طریق چندین «ترانسفورماتور» توزیع به ولتاژ ضعیف تبدیل شده و مصرف می‌گردد.

۴) واحد اتوماسیون و اینزار دقیق این واحد مستولیت بازرسی و نگهداری و تعمیرات شبکه های اتماسیون مجتمع و رفع ایجاد احتمال آن، اصلاح و تعمیرات برنامه‌های ترم افزاری و سخت افزاری و مراقبت از سیستم مخابراتی و ارتباطات درون سازمانی و یون سازمانی و کنترل اینزارهای دقیق مجتمع را عهده دار می‌باشد.

(الف) شبکه اتماسیون:

شبکه اتماسیون مجمعن فولاد خراسان مشتمل بر PLC های متعددی از سری S5 «Simatic Room» متمرکز شده و هر کدام به صورت انفرادی وظیفه کنترل فرایند یک بخش (کوره پیش گرم) یا یک ماشین (قیچی) را به عهده دارند و کلیه PLC های اصلی از طریق یک شبکه H1 و کارت‌های CP به یکدیگر متصل و تبادل اطلاعات دارند.

کامپیوترهای متعددی تحت عنوان «Operator Work Station» که انتخاب محصول تولیدی و پارتمتهای مرتبه با آن توسط آنها انجام می‌شود و کامپیوترهای دیگر تحت عنوان «HMI» (Human Machine Interface) جهت اجرا فرمان و مشاهده وضعیت خطوط تولید دیدن هشدارهای صادره از طرف ماشین در اطاق‌های کنترل در اختیار اپراتورهای اطاق کنترل می‌باشد. این PC ها (Personnel Computer) به شبکه H1 متصل می‌باشند. فرمان صادره از سوی اپراتور از طریق شبکه به PLC مریبوطه وارد و پس از پردازش و آماده بودن شرایط فرمان اجرا می‌شود.

شبکه دیگری جهت جمع آوری اطلاعات منطقی از خط به نام Logic (LDP - 2 Line Distribution Peripheri) سیگنال‌ها اعم از دیجیتال یا آنالوگ را از سنسورها، فتوسل‌ها، لیمیت سوئیچ‌ها و ... جمع آوری کرده و از طریق کارت‌های ورودی به شبکه I2 متصل و سپس به PLC های اصلی منتقل نموده و فرمان های اجرایی را نیز از طریق Actuator ها، رله‌ها، سلولونوئیدها، شیرهای کنترل و ... منتقل می‌نمایند.

- احداث تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی به منظور تامین آب فضای سبز و جلوگیری از آلوده شدن آبهای زیزرسی
  - احداث تصفیه خانه آب جهت تصفیه پس آبهای صنعتی که این پس آبهای صنعتی بعد از تصفیه مجدد برای خنک کردن تجهیزات به خطوط تولید بازگردانده میشود و در مصرف آب صرفه جویی زیادی می‌شود.
- استانداردها:

میگردد های ساده با قطراهای مختلف مطابق با استاندارد بین المللی DIN<sup>۱۰۱۳</sup> و استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲ و میگردد اجبار با قطراهای مختلف مطابق با استاندارد بین المللی DIN<sup>۴۸۸</sup> و استاندارد ملی ایران ۳۳۳۲ تولید می‌شوند. انواع تسممه، ناسی، ناودنی، چهارگوش و شش گوش در اندازه‌های مختلف مطابق با استانداردهای بین المللی DIN<sup>۱۰۱۵</sup>, DIN<sup>۱۰۲۶</sup>, DIN<sup>۱۰۱۴</sup>, DIN<sup>۱۰۲۸</sup> تولید می‌شوند.

#### کنترل کیفیت :

مجتمع فولاد خراسان مجهز به یک سیستم کنترل کیفی منظم بمنظور حصول اطمینان از تحویل محصولات به مشتری مطابق با استانداردهای ملی و بین المللی می‌باشد برای رسیدن به این هدف اقدامات زیر عمل می‌آید.

- ۱- انجام کنترل های به موقع در طول خط تولید .
- ۲- انجام کلیه عمليات بازرسی های چشمی، ابعادی و آزمایشگاهی بصورت مدام از وجود مواد اولیه، فولادسازی، ریخته گری و نورد.
- ۳- ارائه گواهی نامه های کیفی به مصرف کنندگان

- ۴- دو آزمایشگاه مدرن با تجهیزات کامل تمام آزمایشات شیمیایی، مکانیکی و تکنولوژیکی را در طول خط تولید انجام می‌هند
- ۵- واحد تحقیق و توسعه در مورد افزایش خواص، کاربرد محصولات و تولید محصولات جدید فعال می‌باشد.
- ۶- کلیه اطلاعات فنی خط تولید و محصولات در تمام مراحل تولید به طور مدام جمع آوری و تحلیل و بررسی می‌شوند.

طرح توسعه چهت احداث واحد احیاء مستقم با ظرفیت ۸۰۰۰۰ تن در سال تحول اقتصادی و اجتماعی از ایجاد کارخانجات فولادسازی در سطح کلان موقعی تحقق می‌یابد که زنجیره تولید فولاد با استفاده از سنگ آهن معدن به عنوان مواد اولیه واحد فولادسازی تکمیل گردد و فرصت های شغلی فراوانی در معدن، سیستم حمل و نقل و تولید ایجاد شود.

با توجه به اینکه احداث واحد «گندله سازی» در معدن سنگ آهن خواه مورد تصویب قرار گرفته است و بروزی اجرای آن شروع خواهد شد و از طرفی مجتمع فولاد خراسان کلیه امکانات زیستنایی احداث یک واحد احیاء مستقم را قلا پیش بینی و ایجاد نموده است به دلایل فنی و اقتصادی ذیل توجیه پذیر بوده و این بروزه که سرمایه گذاری آن ۵۱ میلیون دلار و ۵۵۰ میلیارد ریال برآورد شده می‌باشیست هر چه سریعت اجرا گردد.

- در صورت عدم استفاده از سنگ آهن سالانه نیاز به ۷۲۳ هزار تن آهن قراضه می‌باشد که تامین این میزان از داخل کشور ممکن نیست و قسمت عده آن می‌باشد از خارج وارد شود که با در نظر گرفتن حداقل قیمت آن که حدود ۱۰۰ دلار در هر تن می‌باشد سالانه موجب خروج ۲۲ میلیون دلار از کشور می‌گردد.

- امکانات زیر بنایی مورد نیاز طرح احیاء قبلا پیش بینی شده لذا نیاز به سرمایه گذاری در این خصوص نیست و امکانات موجود پاسخگوی نیاز طرح احیاء مستقم می‌باشد.

- هدف از اجرای طرح گندله سازی مجتمع سنگ آهن سنگان تامین مواد اوایله مجتمع فولاد خراسان بوده که در صورت عدم اجرای طرح احیاء مستقم بروزه گندله سازی سنگان نیز توجیهی نخواهد داشت.

- ایجاد فرصت های شغلی به طور مستقیم و غیر مستقیم.

فرایندهای تولید ذوب، ریخته گری، نورد، گازرسانی، برق رسانی و آب رسانی فرایندهای پشتیبانی فرایندهای آموزش و توسعه منابع انسانی، اینمن و بهداشت کار، نگهداری و تعمیرات، اتو ماشین صنعتی، ممیزی های داخلی، کنترل محصولات نامنظم، اقدامات اصلاحی و پیش گیرانه، بازرسی و آزمایش، بازنگری نظام کیفیت، فرایندهای مرتبط با امور اداری روابط عمومی (Management System Approach To Management) ه) نگرش نظام مند به مدیریت (

شرکت مجتمع فولاد خراسان شناسایی، درک و اداره فرایندهای به هم مرتبط را به عنوان یک نظام نگریسته تا به اثربخشی و کارایی شرکت در دستیابی به اهداف آن کمک کند.

۵- بهبود مدام (Continual Improvement) شرکت مجتمع فولاد خراسان اعتقاد دارد بهبود مدام عملکرد در کل سازمان با اینستی به یک هدف دائمی تبدیل گردد.

۶- راقیت گرایی در تصمیم سازی (Decision Making) از آنجایی که تصمیمهای اثربخش بر پایه داده ها و اطلاعات صحیح گرفته می‌شود، لذا شرکت اقام اینستیوار نظام مدیریت (MIS) نموده است.

۷- ارتباط متقابل سودمند با تامین کنندگان (Supplier Relation ship)

شرکت مجتمع فولاد خراسان معتقد است یک سازمان و تامین کنندگان آن به هم واپسنه اند و یک رابطه متقابل سودمند بین آنها، توانایی هر دو طرف را در ایجاد ارزش افزوده بالا می‌برد.

سیستم های اطلاعات مدیریت و اتو ماشین صنعتی : مجتمع فولاد خراسان از سیستمهای اطلاعات مدیریت (M.I.S) برای اداره شرکت و اتو ماشین صنعتی برای تنظیم و هدایت اتوماتیک خط تولید استفاده می نماید.

سیستم های اطلاعات مدیریت مجتمع فولاد خراسان شامل سیستم های حسابداری مالی، خزانه (دربافت و پرداخت)، نیت های مالی و ساخت ها، بودجه، اموال و دارایی های ثابت، فروش، حسابداری فروش، اینبار، حسابداری اینبار، تدارکات خارجی، تدارکات داخلی و سفارشات، نگهداری و تعمیرات، پرسنلی، اوقات کارکرد، حقوق و دستمزد، پاداش افزایش تولید، برنامه ریزی و کنترل تولید، برنامه ریزی و کنترل مواد و موجودی، کنترل کیفیت (QC)، حسابداری صنعتی، حسابداری تجمعی، اطلاعات مدیریت کارخانه و اطلاعات مدیریت ستادی می باشد.

از ویزگی های فوق جامعیت آنها است، یعنی کلیه عملیات اصلی را پشتیبانی و هدایت می کنند و ممیشه اخرين اطلاعات مربوط به عملیات تولید یا پشتیبانی از تولید در همان لحظه ایجاد و به طور مستقیم در اختیار کارکنان و مسئولان و مدیران قرار می گیرد.

کامپیوتر و میکرو کامپیوتر اتو ماشین صنعتی نیز تنظیم و هدایت اتوماتیک خط تولید مجتمع فولاد خراسان را به عهده دارند.

حفظ محیط زیست :

مجتمع فولاد خراسان در جهت حفظ محیط زیست اقدامات زیر را انجام داده است.

- بکار گیری و اعمال استانداردهای بین المللی حفظ محیط زیست در طراحی مجتمع.

- نصب سیستم تصفیه دود و غبار حاصل از کوره های قوس الکتریکی و کوره پاتیلی بطوریکه دود خروجی از این سیستم عاری از هر گونه ذرات آلوده کننده می باشد.

- ایجاد ۱۱۰ هکتار فضای سبز به روش آبیاری قطره ای

# صفر تا صد ریخته‌گری

## نکاتی ساده‌اما کاربردی از ریخته‌گری

سید محمد میرtag الدینی

به داخل قالب‌ها هدایت کنید.  
۴- سر «دامی‌بار»‌ها را حدود ۶۱۰ میلی متر از سطح بالای قالب‌ها متوقف کنید.

۵- به مقدار کافی میلگرد جهت انجام سریع مذاب در ابتدای راه اندازی در داخل قالب‌ها بروزیزد.

۶- «استپور»‌های (متوقف کننده) مناسب جهت بستن شاخمه‌ها در انتهای ریخته‌گری یا در شرایط اضطراری آماده و در کنار قالب‌ها قرار دهید.  
بازرگانی فنی

قیل از آماده سازی قالب‌ها لازم است موارد زیر توسط اپراتورهای اتاق فرمان و اپراتورهای شاخه کاملاً کنترل گردد:

۱- از «کالایر» بودن سطح سنج قالب‌ها اطمینان حاصل کنید (در صورت نیاز همانگونه با واحد اتوماسیون جهت کالایر کدن آنها)

۲- از سالم بودن «جوب»‌های مسی اطمینان حاصل کنید.

۳- از عدم نشست آب مدار اولیه به داخل قالب‌ها و خشک بودن کامل داخل قالب‌ها اطمینان حاصل کنید.

۴- سر «دامی‌بار»‌ها هنگام ورود به داخل قالب‌ها جهت جلوگیری از آسیب دیدن تیوب‌های مسی کنترل گردد.

۵- از وجود لوله اکسیژن جهت اکسیژن کاری اطمینان حاصل کنید و در صورت نیاز تبیه کنید.

۶- از وجود «استپور»‌های مناسب به اندازه کافی اطمینان حاصل کنید و در صورت نیاز تبیه کنید.

نکات اینمی:

رعبات نکات زیر در هنگام آماده سازی قالب‌ها الزامی است:

۱- خشک بودن کامل تیوب مسی داخل قالب‌ها.

۲- استفاده از برآمد نزدیک آن و میلگرد کاملاً خشک در داخل قالب‌ها.

۳- در صورت وجود نشست آب به داخل قالب‌ها لازم است سریعاً نشستی توسط گروه تعییرات بر طرف گردد و سپس داخل قالب‌ها کاملاً خشک گردد.

۴- جهت جلوگیری از در معرض تشیفات رادیواکسیو و قرار گرفتن در هین آماده سازی قالب‌ها تا حد امکان رایستی زمان کمی صرف شود.

عملیات آماده سازی تاندیش جهت شروع ریخته‌گری

قبل از شروع ریخته‌گری لازم است «تاندیش» طبق مراحل زیر آماده گردد:

۱- تاودانی‌های نسب شده بر روی تاندیش کار تمیز و نسوز شده باشند.

۲- وضعیت ظاهری نسوز داخل «تاندیش» و «تریوشن» های آن و تمیز بودن کاتال «استکانی»‌ها قبل از حمل به سطح ریخته‌گری از نظر سالم بودن آنها کاملاً کنترل شود.

۳- تاندیش توسط حرتفیل به سطح ریخته‌گری منتقل شده و بر روی یکی از تاندیشکارها قرار گیرد.

۴- یک ساعت قبل از شروع ریخته‌گری مشعل ها را خاموش نموده و بازوی سیستم پیشگرم بالا آورده شود.

۵- داخل «استکانی»‌های تاندیش تمیز شود.

۶- استکانی‌ها را از بیرون توسط طناب «آزیست» یا یک میله فلزی بسته و داخل آنها با کک بر شود.

۷- مجدداً بازوی سیستم پیشگرم را پایین آورده و مشعل ها روشن شود.

پیشگرم تاندیش

دستور العمل ها:

(۱) دستور العمل استقرار «پاتل» ذوب ارسالی از LP، روی برج پاتل گردان:

«اپراتور دریچه کشویی» باید از وسائل ایمنی فردی استفاده نماید و از لغزنه نبودن مسیر اطمینان حاصل نماید.

(۲) دستور العمل انتقال تا «تندیشکار» به موقعیت ریخته‌گری:

جهت جلوگیری از برخورد «تندیشکار»، قبل از حرکت باید مسیر حرکت و ریل‌ها به طور کامل بازرسی شود و از قرار گرفتن در مسیر حرکت تاندیشکار باید خودداری کرد.

(۳) دستور العمل باز کردن دریچه کشویی و شروع ریخته‌گری:

جهت جلوگیری از برخورد پاتل، باید مسیر حرکت پاتل توسط اپراتور برج گردان به دقت بازرسی شود و قبل از چرخاندن پاتل، کلیه افراد باید از چرخش آن مطلع شوند.

(۴) دستور العمل دما و نمونه گیری:

- «پروب»‌های دما و نمونه قبل از مصرف باید کاملاً خشک باشند.

- به دلیل پاشش ذوب در هنگام این عملیات باید از محل پاشش ذوب دور باشند.

(۵) دستور العمل آماده سازی قالب‌ها:

اطمینان از خشک بودن کامل داخل قالب‌ها و عدم تشبعش چشمۀ رادیواکتیو (این کار باید از طریق دادن صفحه سریع چشمۀ انجام شود).

(۶) دستور العمل انتقال «تاندیش» مصرفی واحد ریخته‌گری به قسمت تعمیر تاندیش:

- اپراتور دریچه کشویی بایستی از جامد شدن مذاب داخل تاندیش اطمینان حاصل کند و سپس نسبت به انتقال اقدام نماید.

- اپراتور دریچه کشویی باید شخصاً و بطور دقیق قلام تاندیش را داخل حلقه‌های تجهیز انتقال تاندیش قرار دهد.

(۷) دستور العمل تعویض قالب:

اپراتورهای اتاق فرمان باید به وسائل ایمنی فردی مجهز باشند و از سالم بودن زنجیر انتقال قالب اطمینان حاصل کند.

(۸) دستور العمل برش شمش با مشعل دستی:

- اپراتور بر شکار باید به کلیه وسائل ایمنی فردی مجهز باشدو از سالم بودن و عدم پیچیدگی «فلکسیبل»‌های مشعل برش اطمینان حاصل کند.

- اپراتور بر شکار باید دقت کند، «فلکسیبل»‌های مشعل برش در معرض حرارت نباشد.

آماده سازی قالب‌های ریخته‌گری

قبل از شروع ریخته‌گری لازم است قالب‌ها طبق مراحل زیر آماده گردند:

۱- اطراف قالب‌ها را توسط هوای فشرده تمیز کنید.

۲- پس از قرار گرفتن «دامی‌بار»‌ها در زیر قالب‌ها، سطح آن را کاملاً تمیز نموده و پین‌های شکسته را بیرون بیاورید.

۳- به وسیله کنترل روى تابلوی آبیز در سطح ریخته‌گری «دامی‌بار»‌ها را