



بهینه‌سازی سیال، جنس و پوشش لوله انتقال در نیروگاه سهموی خطی

محمد خسروی^{۱*}، سید محمدرضا سده‌ئی^۲

۱- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی بیرجند، بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی بیرجند، بیرجند

* بیرجند، ۹۷۱۹۸۶۶۹۸۱، mkhosravi@birjandut.ac.ir

چکیده

در آینده نزدیک که همزمان با فقدان سوخت‌های فسیلی دنیا با بحران انرژی مواجه شود، آنچه در رابطه با سوخت‌های تجدیدپذیر باعث نگرانی خواهد شد هزینه‌های بالای تولید، نصب و نگهداری تجهیزات مربوطه است. همین عامل سبب کم‌رنگ شدن تلاش‌ها برای فعالیت‌های علمی و عملی این نسل از نیروگاه‌ها می‌شود. ولی با این وجود آزمایش‌ها و مطالعات تجربی نشان داده است که با بهینه‌سازی این سیستم‌ها محدودیت و هزینه‌های تولید برق در این نیروگاه‌ها تا حدود زیادی تقلیل می‌یابند. در این پژوهش حالت بهینه نوع سیال، جنس لوله انتقال و پوشش لوله مورد استفاده در کلکتورهای خورشیدی سهموی خطی بررسی شده و در نهایت از نظر فنی و مهندسی به نتیجه مطلوب رسیده است.

کلید واژگان: انرژی خورشیدی، نیروگاه‌های سهموی خطی، بهینه‌سازی

Optimization of fluid, material and coating tube in linear parabolic trough

Mohammad Khosravi^{1*}, Seyyed Mohammad Reza Sedeh_ee²

1- Department of Mechanical Engineering, Birjand University of Technology, Birjand, Iran

2- Department of Mechanical Engineering, Birjand University of Technology, Birjand, Iran

* P.O.B. 9719866981 Birjand, Iran, mkhosravi@birjandut.ac.ir

Abstract

In the near future, in the face of the world's lack of fossil fuels, the issue of renewable fuels is a source of concern for high production, installation and maintenance costs. This is the reason why the efforts of scientific and practical activities of this generation of power plants are diminished. However, experiments and empirical studies have shown that by optimizing these systems, the limitations and costs of generating electricity in these plants are reduced to a large extent. In this study, the optimal fluid state, The material of the transfer tube and the pipe coating used in linear parabolic solar collectors, and ultimately in terms of engineering and engineering, has reached the desired result.

Keywords: Solar Energy, Linear Parabolic Trough, Optimization



۱- مقدمه

امروزه برای ترویج استفاده از نیروگاه‌های خورشیدی سعی در افزایش راندمان این نیروگاه‌ها می‌باشد تا نصب این نیروگاه‌ها از نظر اقتصادی به علت هزینه اولیه بالای آن‌ها، مقرون به صرفه گردد. افزایش راندمان در این نیروگاه‌ها به روش‌های مختلف از قبیل بهبود و بهینه‌سازی پارامترهای دخیل در این فرآیند (لوله، پوشش لوله، سیال و آینه‌ها) صورت می‌گیرد. روش‌هایی که هم‌اکنون برای تولید برق در نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی استفاده می‌شود عبارتند از:

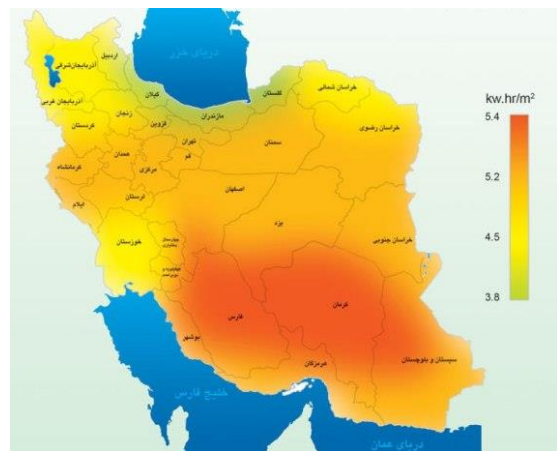
- ۱- نیروگاه سهموی خطی^۱
- ۲- نیروگاه دریافت کننده مرکزی^۲
- ۳- نیروگاه دیش استرلینگ^۳
- ۴- نیروگاه دودکش خورشیدی^۴
- ۵- نیروگاه کلکتورهای فرنل^۵

در تمامی ادوار بشریت از نور خورشید برای گرم کردن و روشنایی بهره برده می‌شد، اما امروزه از آن به منظور تامین اهداف دیگری نظیر سردسازی، سم زدایی و شیرین سازی آب استفاده می‌شود. همچنین بعد از تحریم نفتی ایران در ۲۰۰۷ و افزایش قیمت نفت در جهان، علاقه‌مندی شدیدی نسبت به استفاده از انرژی‌های نو بویژه انرژی خورشیدی برای تولید برق به وجود آمد و این امر منجر به ساخت انواع نیروگاه‌های خورشیدی در ایران گردید. فراوانی انرژی خورشید در کنار رایگان و پاک بودن آن از مزایای اصلی استفاده از انرژی خورشیدی به شمار می‌روند. امکان رشد و گسترش فناوری در زمینه این انرژی تجدیدپذیر هنوز وجود دارد. ولی به نظر می‌رسد هنوز این سیستم‌ها به بلوغ کافی در زمینه بهینه‌سازی نرسیده‌اند و امکان آن وجود دارد که هزینه‌های زیاد آن سبب کم‌رنگ شدن سرمایه‌گذاری‌های فعلی شود.

با توجه به اینکه امروزه از کلکتورهای سهموی خطی که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد به طور گسترده‌ای در نیروگاه‌های خورشیدی استفاده می‌شود. در این تحقیق این سیستم از حیث پارامترهای مهندسی در جنس لوله، پوشش لوله و سیال حرارتی مورد تحلیل قرار گرفتند تا خصوصیتی که کارایی کلکتور را بیشینه می‌کنند مشخص شوند. بدین صورت که ابتدا با معرفی اجمالی سیستم سهموی خطی و همچنین نقش سیال، لوله انتقال سیال و پوشش لوله در بازدهی سیستم به بررسی معیارهای انتخاب این پارامترها پرداخته می‌شود که در نهایت با بهینه کردن موارد فوق از نظر اقتصادی و مهندسی، سیستم به بیشینه کارایی خود می‌رسد.

امنیت زیست محیطی به عنوان یکی از ابعاد هفتگانه امنیت انسانی با چگونگی استفاده از منابع انرژی رابطه تنگاتنگی دارد. مدیریت بخش انرژی با کاهش آلودگی‌های زیست محیطی نقش کلیدی در دستیابی به توسعه پایدار ایفا می‌کند و توسعه پایدار بدون تامین امنیت زیست محیطی امری غیر ممکن است. به عبارت بهتر انرژی با امنیت و توسعه ارتباط مستقیمی دارد [۱]. بررسی مشکلات پیش رو و تدوین یک راهبرد و سیاست‌گذاری مناسب می‌تواند نقشی کلیدی در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در تامین بخشی از تقاضای انرژی مورد نیاز کشورها داشته باشد [۲].

با توجه به نیاز روز افزون جوامع امروزی به انرژی برای تامین نیازهای متفاوت، دانشمندان و محققان کشورهای متعددی از جمله ایران، رویکردی اساسی نسبت به دستیابی به انرژی‌های تجدیدپذیر در دستور کار خود قرار داده‌اند. دانشمندان معتقدند انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک با توجه به محدود بودن منابع سوخت‌های فسیلی و آلودگی محیط‌زیست می‌توانند به اولین گزینه برای تولید انرژی تبدیل شوند. کشور ما نیز به دلیل موقعیت جغرافیایی ظرفیت‌های متعددی در حوزه تولید انرژی‌های تجدیدپذیر دارد که در شکل ۱ بیان شده است و همین موضوع باعث شده است که ضرورت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در دستور کار مسئولین قرار گیرد. این مسئله به ضرورت ارائه یک الگوی بهینه جهت توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تأکید می‌کند [۳].

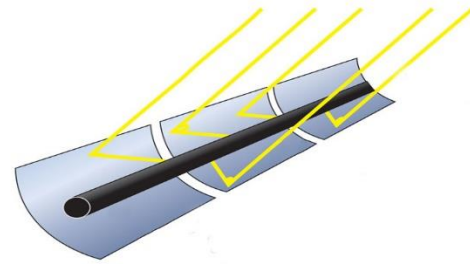


شکل ۱ میزان انرژی دریافتی از خورشید در مناطق مختلف کشور [۴]

4.Solar Chimney
5.Fresnel Collector

1. linear Parabolic Trough
2. Central Operator Receiver
3.Dish Starling

وضعیت‌ها، بازده انرژی با افزایش شار خورشیدی و بازده اپتیکی افزایش می‌یابد، ولی با افزایش دمای محیط کاهش می‌یابد. همچنین در هر وضعیت، دبی و دمای سیال ورودی بهینه‌ای وجود دارد که به ازای آن بازده انرژی بیشینه می‌شود. کاربرد بازتابنده‌ها به تنهایی یا به همراه عدسی‌ها موجب بهبود بازده انرژی کلکتور نسبت به حالت طبیعی می‌شود، اما استفاده تنها از بازتابنده‌ها از لحاظ بازده انرژی از سایر وضعیت‌ها بهتر است.



شکل ۲ شماتیک آینه های سهموی خطی

خراسانی زاده و همکاران [۹] تحقیقی به روی کلکتورهای خورشیدی بدون پوشش نفوذپذیر انجام دادند که دستاورد صنعتی جدیدی برای پیش گرمایش و گرمایش هوای تهویه و خشک کردن محصولات کشاورزی هستند. انتقال حرارت در این کلکتورها با عبور جریان هوا از میان روزنه های صفحه جاذب اتفاق می‌افتد. در این مطالعه عددی، اثر جریان آرام باد موازی با صفحه جاذب بر عملکرد این کلکتورها بر مبنای تعادل کلی انرژی و با توسعه معادلات حاکم بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهند که افزایش سرعت باد، بسته به مقدار سرعت نزدیک شدن هوا به کلکتور، می‌تواند موجب کاهش یا افزایش بازده شود. این روند، نتیجه تقابل آثار تلفات حرارتی از صفحه جاذب کلکتور به محیط با اثر انتقال حرارت از این صفحه به هوای ورودی می‌باشد. همچنین به ازای مقادیر مختلف سرعت نزدیک شدن هوا، افزایش سرعت باد باعث افزایش ضریب تأثیر تبادل حرارتی می‌شود.

نقره‌آبادی و همکاران [۱۰] با پژوهش در مورد هندسه جمع‌کننده دریافتند که این شاخص یکی از عوامل مهم که می‌تواند تابش رویداد را بر روی سطح جمع‌کننده افزایش دهد، می‌باشد. در این مطالعه، تابش حادثه برای یک جمع‌کننده ثابت با هندسه مخروطی، یعنی یک جمع‌کننده مخروطی، از لحاظ تئوری و تجربی مورد بررسی قرار گرفته است. این نوع جمع‌کننده همیشه پایدار است و نیازی به نصب نرم افزار ندارد. علاوه بر این، هندسه متقارن، با تمام طرف‌های آن به سمت خورشید است. مزیت اصلی این گردآورنده توانایی آن در دریافت تابش نور، پخش شده و تابش زمین است که در طول روز است. تغییرات تابش حادثه از لحاظ تئوری با استفاده از یک مدل آسمان ایزوتروپیک بر اساس داده‌های موجود برآورد شده است.

دلفانی [۱۱] یک نمونه از نوع جدیدی از گردآورنده‌های خورشیدی با نام کلکتور جذب‌کننده مستقیم ساخته است و عملکرد حرارتی آن را به صورت آزمایشگاهی در مقیاسه با پیل‌های خورشیدی معمولی تخت و تحت شرایط گذرا و حالت پایدار مقایسه کرده است. نانو لوله‌های کربنی چند دیواری در مخلوط آب و مخلوط اتیلن گلیکول (۷۰٪ و ۳۰٪ در حجم) به عنوان مایع کارآمد از کلکتور جذب مستقیم استفاده می‌شود. مقایسه گذرا نشان می‌دهد که کارایی جذب‌کننده مستقیم در مقیاسه با جذب‌کننده خورشیدی حدود ۷٪ است.

۲- پیشینه تحقیق

با توجه به اهمیت فعالیت های علمی مشابه در مورد نیروگاه‌های خورشیدی در پیشرفت کار در ادامه به تعدادی از این پژوهش‌ها بصورت اختصار اشاره خواهد شد.

جان [۵] با تحقیقی بر روی خطوط لوله به این نتیجه رسید که برای انتقال سیالات حرارتی در نیروگاه های خورشیدی، سیلیکون خواص جالبی مانند پایداری در حرارت بالا، نقاط انجماد بسیار کم و مناسب از نظر زیست محیطی را داراست.

فلدوف [۶] با پژوهشی بر انرژی‌های تجدیدپذیر دریافت، نیروگاه‌های خورشیدی که در حال حاضر بیشتر برای تولید برق استفاده می‌شود، برای بهبود کیفیت خود، بروی تحقیق و توسعه مایعات انتقال گرما متمرکز شده اند؛ روغن مصنوعی یکی از گزینه‌های استفاده بجای آب در این صنعت است، که به آن تولید بخار غیرمستقیم نیز گفته می‌شود. مقایسه دو سیستم یکی با استفاده از روغن مصنوعی پیشرفته و یکی با استفاده از آب (تولید بخار مستقیم) که هر دو یک توربین با ظرفیت ۱۰۰ مگاوات و یک ظرفیت ذخیره‌سازی ۹ ساعته دارد نشان داد کارایی روغن مصنوعی حدود ۸٪ بهتر است، اما سرمایه گذاری این پروژه حدود ۱۰ درصد و هزینه‌های الکتریکی ۶٪ بالاتر رود.

ابن‌علی و همکاران [۷] یک مطالعه تجربی روی سه نوع کلکتور هوای خورشیدی، صفحه مسطح، پره‌ای و چین‌دار انجام دادند که هدف از انجام این مطالعه بدست آوردن یک طراحی مناسب برای کلکتور هوا به منظور کاربرد در خشک‌کن، تحت شرایط آب و هوایی ایران بود. کلکتور چین‌دار موثرترین کلکتور و کلکتور صفحه مسطح کمترین میزان کارایی را نشان می‌دهد. این کلکتورها همچنین در حالت دو کاناله برای بررسی مقدار بهبود کارایی مورد مطالعه قرار گرفت که این بهبود می‌تواند بدون افزایش در اندازه و هزینه خشک‌کن بدست آید.

خراسانی زاده و همکارانش [۸] با بهینه سازی انرژی و بررسی تأثیر تغییر دبی و دمای سیال ورودی به کلکتور، دمای محیط، بازده اپتیکی، شار تشعشع خورشیدی ورودی و سطح کلکتور نشان دادند که در کلیه

1.Radiation of the Accident

تغذیه می‌تواند انرژی گرمایی اضافی را در طول روز حفظ کرده و آن را در طول شب آزاد سازد تا تهویه مناسب برقرار شود. در این مطالعه، یک شبیه‌سازی برای بررسی اثر استفاده از فاز تغییرات مواد در دودکش خورشیدی برای ارائه دمای پایدار و جریان هوا برای یک اتاق نگهداری انجام شده است.

۳- نیروگاه‌های سهموی خطی

نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی از نوع سیستم کلکتور سهموی خطی شامل ردیف‌های موازی و طولانی از متمرکز کننده‌ها می‌باشند. بخش متمرکز کننده شامل سطوح انعکاسی سهموی است که از جنس آینه‌های شیشه ای تشکیل شده و روی یک ماده سازه نگهدارنده قرار می‌گیرند. دریافت کننده از لوله‌های جاذب با پوشش مخصوص تشکیل شده که بوسیله شیشه پیرکس پوشانده می‌شوند و در طول خط کانونی قرار می‌گیرند. بخش دریافت‌کننده در قسمت‌های انتهایی روی دو تکیه‌گاه، قرار گرفته‌اند که این مجموعه روی تیرک‌های اصلی سازه سوار است. سیستم ردیابی خورشید در این دستگاه‌ها تک محوره بوده و ردیابی خورشید از شرق به غرب انجام می‌گیرد. بگونه‌ای که پرتوهای خورشید در تمام مدت ردیابی بر روی لوله‌های جاذب منعکس شوند. یک سیال انتقال حرارت روغن با دمای حدود ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد از میان لوله‌های جاذب در جریان می‌باشد و روغن داغ در مبدل‌های حرارتی آب را به بخار تبدیل و بخار سوپرهیت طی عبور از توربین ژنراتور، انرژی الکتریکی تولید می‌کند. این نوع نیروگاه‌های با ذخیره حرارت قابلیت تولید برق را حتی در مواقعی که خورشید غروب نموده است را دارا هستند [۱۶].

۳-۱- اجزاء اصلی نیروگاه‌های سهموی خطی

- ۱- منعکس‌کننده از نوع آینه‌های سهموی
- ۲- دریافت‌کننده تابش خورشیدی که پرتوهای منعکس شده را جذب کرده و موجب گرمایش سیال انتقال دهنده گرما می‌شود
- ۳- مکانیزم حرکت‌دهنده (تک محوری) کلکتورهای سهموی به منظور ردیابی خورشید و کنترل کننده‌ها
- ۴- اسکلت فلزی نگهدارنده و فونداسیون
- ۵- سیستم‌های مربوط به تولید قدرت الکتریکی
- ۶- تجهیزات مربوط به انتقال گرما
- ۷- تجهیزات مربوط به تولید الکتریسیته و دفع گرمای تلف شده به محیط خارج

۳-۲- سیستم روغن داغ

در یک سیستم گرمایش مرکزی مشهورترین و مهم‌ترین واسط انتقال حرارت در فاز مایع، آب گرم و یا آب داغ می‌باشد. اما با توجه به گسترش سریع و روز افزون فرآیندهای صنعتی که در طی آن‌ها بیش از پیش به دماهای بالاتر احتیاج می‌شود، یک تجهیز انتقال دهنده حرارت که بتواند در شرایط کاری با دمای بالا مورد استفاده قرار گیرد از اهمیت ویژه‌ای

ظهوری و همکاران [۱۲] در پژوهشی نشان دادند که در استفاده از انرژی خورشید و در مقیاس بزرگ، نیروگاه‌هایی که از کلکتورهای سهموی خطی استفاده می‌کنند، بیشترین مصرف تجاری را به خود اختصاص داده‌اند. از طرفی در مقیاس کوچک، آبگرمکن‌های خورشیدی برای تامین آبگرم مصرفی صنعتی و خانگی (به خصوص در مناطق دور افتاده) مورد توجه‌اند. در این میان آبگرمکن‌های سهموی خطی مزیت‌های بیشتری نسبت به نوع تخت آن دارند. اصلی‌ترین مزیت این آبگرمکن‌ها را می‌توان بازده بیشتر در جذب انرژی خورشیدی در آنها دانست که این امر منجر به زودتر گرم شدن آب در این نوع آبگرمکن‌ها می‌شود.

بهرامی [۱۳] با بررسی علمی کلکتورهای خورشیدی دریافت کرده است که سیستم‌های تولید توان از انرژی‌های تجدیدپذیر باعث کاهش مصرف انرژی اولیه و انتشار آلاینده‌ها می‌شوند. چرخه رانکین آلی با استفاده از انرژی خورشیدی می‌تواند راه‌حلی مناسب برای تولید توان باشد. در این چرخه‌ها، سیالات عامل آلی جایگزین آب می‌شود. مطالعه فوق با استفاده از شبیه‌سازی ترمودینامیکی به تحلیل عملکرد چرخه رانکین آلی، انتخاب سیال عامل مناسب برای این چرخه‌ها می‌پردازد. در این مطالعه، منبع گرما کلکتور سهموی خطی خورشیدی با دمای ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است و سیستم ۱۰ کیلووات توان الکتریکی تولید می‌کند. تاثیر خواص دوازده سیال عامل مختلف بر بازده کلی چرخه بررسی شده است. خواص ترمودینامیکی و فیزیکی، اثرات زیست محیطی، ایمنی، در دسترس بودن و هزینه همگی ملاحظات هستند که برای انتخاب سیال عامل مهم می‌باشند.

ذوقی [۱۴] با پژوهشی بر تاثیرات زیست محیطی بر عملکرد نیروگاه‌های خورشیدی را بررسی کرده است. از جنبه‌های مهم توسعه پایدار ملاحظات زیست محیطی است که یکی از ارکان آن استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر است. میزان دریافت این انرژی در نقاط مختلف سطح زمین به چندین فاکتور شامل: عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی، میزان ساعت آفتابی، رطوبت هوا، تبخیر، دمای هوا، زاویه خورشید و سایر عوامل بستگی دارد. از این رو گرایش به سمت استفاده از مدل‌های تابش خورشید در سال‌های اخیر بیشتر شده است. طراحی در نرم افزار گراس مدلی است که به محاسبه پرتو (مستقیم)، انتشار و بازتاب زمینی اشعه‌های خورشیدی با توجه به وضعیت روز، ارتفاع از سطح دریا، شرایط سطحی و اتمسفری می‌پردازد. در این مطالعه میزان دریافت انرژی خورشیدی منطقه با این مدل محاسبه شد. بر اساس نتایج، بخش‌های شمالی و شمال شرقی استان اصفهان بیشترین ساعت آفتابی را دارند. زاویه تابش خورشیدی در این منطقه بیشتر در زاویه ۲۲ و ۴۵ درجه است.

صفاری [۱۵] با شبیه‌سازی کلکتورهای خورشیدی به دمای پایدار و ایده‌آل این نیروگاه‌ها رسیده است. سیستم‌های خورشیدی منفعل مانند دودکش‌های خورشیدی به منظور خدمت به تابش خورشیدی نیاز دارند. بنابراین، هنگامی که انرژی خورشیدی از بین می‌رود، آن‌ها نمی‌توانند تهویه پایدار طبیعی ارائه دهند: برای داشتن یک وضعیت قوی‌تر و پایدار، انرژی خورشیدی باید در طول روز ذخیره شود و در طول شب آزاد شود. مواد فاز

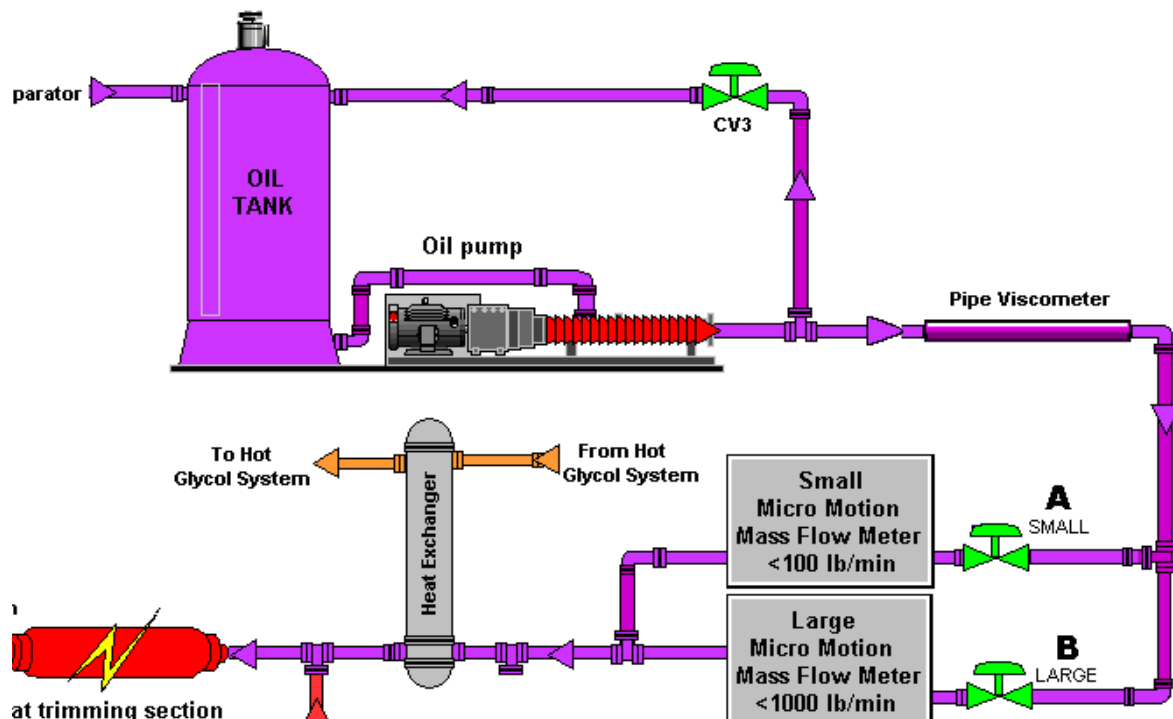
- ۲- مخزن انبساط : عملکرد این مخزن مشابه عملکرد مخزن انبساط سیستم آبگرم بوده و وظیفه نگهداری سیال منبسط شده در اثر گرما ، تامین سیال مورد نیاز در هنگام کاهش احتمالی میزان روغن در سیستم و یا انقباض آن و نیز تامین فشار استاتیک لازم در مکش پمپ سیرکولاسیون روغن را دارد.
- ۳- پمپ گردش روغن داغ (پمپ سیرکولاسیون) : سیال گرم شده را در داخل سیستم به حرکت در آورده و امکان گرم شدن مداوم و تغذیه دمایی مصرف کننده‌ها را فراهم می‌کند.
- ۴- مخزن ذخیره روغن : جمع‌آوری کل روغن داخل سیستم و نیز تامین کمبود روغن در سیکل را به عهده دارد .
- ۵- بلاکینگ وسل (بلوکه کننده دم): روغن داغ که در حال حرکت به سمت مخزن انبساط است درون این مخزن با روغن سرد آغشته و مخلوط می‌شود تا احتمال اشتعال روغن در سیستم به حداقل برسد.
- ۶- جداکننده هوا و گاز (گاز سپراتور): این مخزن به روش فیزیکی و با به هم زدن جریان روغن گازهای نامحلول و هوا را از روغن جدا کرده و آن‌ها را از بالاترین نقطه خود به سمت مخزن انبساط هدایت می‌کند[۱۸].

برخوردار است. برای تحقق این امر سیستم‌های گرمایش با روغن داغ که در شکل ۳ نمایش داده شده است مورد استفاده قرار می‌گیرند این سیستم‌ها می‌توانند در محدوده دمایی از $+20$ تا $+350$ درجه سانتی‌گراد بدون نیاز به هرگونه فناوری گران‌قیمتی بکار گرفته شوند، مزایای سیستم روغن داغ عبارتند از:

- ۱- عملکرد در فشار اتمسفریک بدون نیاز به افزایش فشار حتی در دماهای بالا
- ۲- عدم وجود خوردگی یا رسوب در سیستم‌ها
- ۳- عدم تغییر در خواص ترموفیزیکی سیال با کاهش و افزایش فشار
- ۴- نیاز نداشتن به دستگاه‌های جانبی مانند دی اریاتور سختی گیر[۱۷].

۳-۳- اجزای مجموعه سیستم روغن داغ

- ۱- هیتر روغن : که قلب سیستم گرمایش و مهمترین قسمت آن نیز می‌باشد، در این قسمت روغنی که دمای خود را در تماس غیر مستقیم با مصرف کننده‌ها از دست داده است مجدداً گرم شده و به دمای اولیه خود باز می‌گردد.



شکل ۳ چرخه سیستم روغن داغ [۱۹]

۴- لوله انتقال سیال

کشیده شده و پس از اسیدکاری و طی چند مرحله کشش به سایز مورد نظر $\frac{1}{2}$ اینچ می‌رسند. این روش اولین بار توسط مهندس آلمانی بنام مانیسمن بکار رفت. و فقط در ایران به این نام خوانده می‌شود [۱۸, ۱۶].

لوله‌های درزدار (لوله با درز جوش)

در تولید لوله‌های درزدار، ابتدا رول ورق با ضخامت مورد نظر و بر اساس سایز لوله برش خورده و پس عبور از غلطک‌های نورد به شکل گرد در می‌آیند و پس از آن درز بوجود آمده جو شکاری شده و به مرحله تست و کونیک می‌روند. این روش تولید به اصطلاح روش نورد نامید می‌شود. این روش بیشتر جهت تولید انواع پروفیل‌های مورد ساختمانی و تولید لوله‌های شوفاژ و لوله‌های گازی مورد مصرف در لوله‌کشی ساختمان بکار می‌روند [۱۸, ۱۶].

۴-۲ - خصوصیات در انتخاب لوله برای مصارف انتقال سیال حرارتی [۲۱]:

۱. دبی مورد نظر را با توجه به خصوصیات سیال تامین کند
۲. امنیت بالایی داشته باشد
۳. از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد
۴. از نظر اصول مهندسی در مقابل انواع خوردگی‌ها و فشارهای وارده مقاوم باشد

۴-۳ - خوردگی لوله‌های حاوی سیال [۲۲]:

از تعاریف خوردگی می‌توان نتیجه گرفت که هرگاه سازه‌های در معرض خوردگی را بتوان از محیط‌های خورنده مانند آب، خاک و هوا ایزوله و جدا نمود معضل خوردگی از بین خواهد رفت یعنی هرگاه بتوانیم سازه‌ها را به پوشش‌هایی مجهز نمائیم که تماس آنها را با محیط اطراف قطع نماید در آن صورت از خوردگی آنها جلوگیری خواهد شد. انواع خوردگی در لوله‌های انتقال سیال عبارتند از :

- ۱- یکنواخت
- ۲- حفره ای
- ۳- شکافی
- ۴- بین دانه‌ای
- ۵- تنش
- ۶- توام با خستگی
- ۷- فرسایشی
- ۸- سایشی

در صنعت، از لوله برای انتقال سیالات و گازها استفاده می‌کنند. در این بخش از مقاله به مطالعه خصوصیات بهینه شده لوله در سیستم سهموی خطی پرداخته خواهد شد.

لوله‌های تا اندازه ۱۲ اینچ با اندازه اسمی هستند که این اندازه نه قطر داخلی و نه خارجی لوله است ولی از ۱۴ اینچ به بالا اندازه قطر مشخص شده همان قطر خارجی می‌باشد. برای کاربرد لوله‌ها در فشارهای متفاوت از ضخامت‌های مختلف که همان شجل لوله است استفاده می‌شود. با پیشرفت تکنولوژی ساخت لوله‌های با جنس مقاوم‌تر در برابر فشار و خوردگی و همچنین با توجه به بوجود آمدن تغییرات فاحش در دما و فشار سیالات لازم بود تا لوله‌های نازک‌تر و با استاندارد جدید ساخته شوند [۲۰]. در ادبیات مهندسی لوله‌ها بشرح ذیل از هم متمایز می‌شوند:

الف- تیوب

لوله‌های با اندازه‌های کوچک (قطر $\frac{1}{8}$ تا 4 اینچ) هستند که این اندازه برابر قطر خارجی آنها می‌باشد ولی طول مشخصی ندارند. ضخامت دیواره تیوب‌ها بر حسب هزارد اینچ و یا مشخصه می‌باشد. موارد استفاده تیوب‌ها برای عملیاتی از قبیل سیستم داخل مبدل‌های حرارتی، لوله‌کشی‌های ابزار دقیق است.

ب- لوله

لوله‌ها در اندازه‌های 80 - $\frac{1}{2}$ اینچ قطر و به صورت شاخه‌ای ساخته می‌شوند. طول شاخه‌ها بصورت 14/5 - 11/5 متر می‌باشد. توضیح اینکه قطر خارجی لوله‌ها همیشه ثابت و با تغییر ضخامت، قطر داخلی تغییر می‌نماید.

۴-۱ - ساخت و انواع لوله نیروگاهی

لوله‌های بدون درز (مانیسمن)

لوله‌های بدون درز به صورت اکستروژینگ توسط قالب‌های مختلف تولید می‌شود. اصولاً تولید لوله‌های بدون درز مستلزم فرآیندی است که طی آن یک شمش فولادی تبدیل به لوله می‌گردد. لوله‌های مانیسمن از شمش‌های فولادی تولید می‌شوند آنها عموماً با کشش و نورد شمش‌های گرد فولادی تولید می‌شوند البته تولید از مقاطع چهار گوش نیز امکان پذیر است اما باعث بالا رفتن هزینه تولید می‌گردد. نکته جالب درباره روش تولید مانیسمن این است که تولید از سایزهای بزرگتر به کوچکتر می‌باشد و سایزهای $\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{4}$ و 1 اینچ معمولاً به روش سرد می‌باشد یعنی برای تولید سایز $\frac{1}{2}$ اینچ ابتدا باید شمش 76 پس از حرارت سوراخ $\frac{1}{2}$ ایجاد می‌شود و پس از نورد و کشش در خط تولید، لوله $1(\frac{1}{4})$ اینچ تولید شده و پس از آن با روش سرد لوله $1(\frac{1}{4})$

- ۲- سیستم های حساس به ذرات ناخالصی معلق در سیال
 ۳- پدیده خوردگی و فرسایش
 ۴- خواص مکانیکی و میزان تنش مجاز

۹- غلظتی

۴-۴ - ملاحظات در انتخاب لوله برای مصارف انتقال سیال حرارتی [۱۹،۱۶]:

جدول ۱ ترکیبات متالورژیکی فولاد سیاه " ASTM A106 _ G:B "

B	دسته بندی
۰,۳۰	حداکثر کربن
۰,۲۹ - ۱,۰۶	منگنز
۰,۰۳۵	حداکثر فسفر
۰,۰۳۵	حداکثر گوگرد
۰,۱۰	حداقل سیلیسیم
۰,۴۰	حداکثر کروم
۰,۴۰	حداکثر مس
۰,۱۵	حداکثر مولیبدن
۰,۴۰	حداکثر نیکل
۰,۰۸	حداکثر وانادیوم

- ۱- قطر لوله‌ها بر اساس سرعت، افت فشار و هزینه‌ها تعیین میشود
 ۲- سیالات با سرعت پایین با افت کمی همراه هستند اما در لوله‌های با قطر زیاد عبور می‌کنند در مقابل سیال با سرعت بالا که افت بالایی نیز دارد از لوله‌های با قطر کوچک عبور می‌کند
 ۳- تعیین مسیر لوله‌های اولیه، بر اساس طول خط و اختلاف فشار استاتیکی
 ۴- تعیین قطر لوله‌ها بر اساس حد افت فشار مجاز

۴-۵ - در زیر، لیست برخی از متداول‌ترین جنس های مورد استفاده در صنعت انتقال سیال به ترتیب میزان مقاومت بیان شده است :

- ۱- منیزیم
 ۲- روی
 ۳- آلومینیوم
 ۴- فولاد سیاه
 ۵- چدن
 ۶- فولاد ضد زنگ (Active) 316
 ۷- آلیاژ Hastelloy C
 ۸- آلیاژ Inconel 600
 ۹- آلیاژ Hastelloy B
 ۱۰- آلیاژ Monel 400
 ۱۱- فولاد ضد زنگ 304
 ۱۲- فولاد ضد زنگ (Passive) 316
 ۱۳- تیتانیوم
 ۱۴- طلا

۴-۷ - عملیات خنثی کردن محیط داخلی لوله در ابتدای راه‌اندازی سیستم:

قبل از شروع به کار یک سیستم سهموی خطی و قبل از ورود سیال اصلی باید داخل لوله انتقال را خنثی‌سازی کنند تا مقاومت آن‌ها در مقابل خوردگی افزایش یابد، شیوه کار بدین صورت است که ابتدا داخل لوله را با اسید رقیق پر می‌کنند تا زنگ‌های آن شسته شود و سپس اسید رقیق را تخلیه نموده و با محلول رقیق قلیایی داخل لوله را پر می‌کنند تا محیط خنثی شود. سپس با محلول نمک طعام شستشو می‌دهند و تخلیه می‌کنند و مدت زمان معینی صبر نموده و اجازه می‌دهند لایه نازکی از اکسید آهن به همراه رسوبات جانبی مانند کلرات آهن تشکیل شده و سطح فلز را کاملاً بپوشاند، آنگاه سیستم آماده ورود سیال اصلی خواهد بود [۲۳].

۵- پوشش لوله (مسیرهای خارج از کلکتور)

۵-۱ - معرفی کاربرد و مراحل ساخت پوشش لوله فولادی

لوله‌ها نقش حیاتی در بسیاری از فرآیندهای صنعتی، شیمیایی و پتروشیمی مانند نیروگاه‌ها دارند. لوله‌ها به تجهیزات اساسی مانند برج تقطیر، وصل‌ها، بویلرها، توربین‌ها متصل هستند و عملکرد آن‌ها انتقال مواد و انرژی می‌باشد. برای اطمینان از عملکرد درست سیکل فرایند، باید شرایط (برای مثال دما، ویسکوزیته، فشار) درون خطوط لوله یکسان باقی بماند. برای این امر علاوه بر اینکه خطوط لوله باید ساختار ایزومتریک صحیحی داشته و لوله‌ها به درستی محکم شده باشند، عایق‌کاری حرارتی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند. باید این اطمینان حاصل شود که اتلاف حرارت بصورت موثری کاهش یافته

۴-۶ - آشنایی با جنس‌های مورد استفاده برای لوله در سیستم سهموی خطی [۲۰،۱۸]:

با توجه به پارامترهای مختلف بیان شده، بهترین جنس پایه لوله برای مصارفی نظیر سیستم‌های انتقال سیال حرارتی، فولاد سیاه (A106 - G:B) است که مشخصات مهندسی آن بعد از استعلام از کارخانجات معتبر در جدول شماره ۱ بیان شده است، اما چهار شرط ذیل می‌تواند نوع جنس لوله را به سایر اجناس متداول مانند: لوله گالوانیزه، فولاد ضدزنگ، فولاد آلیاژی، آلیاژ مس و نیکل، لوله های مسی و آلومینیومی، تغییر دهد:

۱- دمای کاری سیستم

1.Alkali



است و تجهیزات بطور پیوسته در شرایطی ثابت کار می‌کنند. عوامل کارایی و بهره‌وری در خطوط لوله در صنایع فرایندی عبارتند از:

- ۱- بهره‌وری انرژی
- ۲- قابلیت اطمینان و اعتماد در شرایط مختلف عملیاتی
- ۳- قابلیت کنترل فرایند
- ۴- ساختاری مناسب که متناسب با محیط عملیاتی باشد
- ۵- دوام مکانیکی و عایق‌کاری حرارتی خطوط لوله نقش اساسی در تکمیل این الزامات دارد.

فرآیند پوشش لوله، انجام فعالیت‌های آماده‌سازی اولیه، زیرسازی، کنترل شرایط لوله قبل از عایق‌کاری (از قبیل دما، زبری، میزان تمیزی، میزان آلودگی‌های نمکی سطحی) و پوشش سطحی لوله می‌باشد. انتخاب سیستم پوشش مناسب با توجه به شرایط سیال داخل لوله از عوامل مهم تعیین‌کننده نوع پوشش می‌باشد. حفاظت از خوردگی تنها مختص سطح خارجی لوله نمی‌باشد، در مواردی که سیال داخل لوله خورنده بوده و یا حاوی اجسام معلق باشد، می‌تواند موجب بروز خوردگی شیمیایی یا فیزیکی (مکانیکی) در داخل لوله شود. بنابراین حفاظت از سطح داخلی لوله در مقابل خوردگی نیز اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند [۲۴].

۵-۲- تاثیرهای عایق‌کاری حرارتی مناسب برای خطوط لوله

هدر رفت انرژی از سطوح داغ بدون عایق مانند دیگ، بویلر، لوله‌ها، کلکتورهای آب‌گرم، مبدل‌ها، دیگ‌های آب‌گرم، منابع ذخیره آب و دیگر تجهیزات گرمایشی زیاد است. عایق‌کاری لوله‌های موتورخانه به عنوان یکی از راهکارهای مناسب، سهم به‌سزایی در صرفه‌جویی انرژی گرمایشی دارد. تاثیرهای عایق‌کاری حرارتی مناسب برای خطوط لوله:

- ۱- کاهش اتلاف حرارت (کاهش هزینه‌ها)
- ۲- کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن
- ۳- ممانعت از یخ زدگی خطوط لوله
- ۴- کنترل فرایند؛ اطمینان از ثابت باقی ماند دمای فرآیند
- ۵- کاهش سر و صدا
- ۶- جلوگیری از کنداندن شدن
- ۷- محافظت (از افراد) در برابر تماس با سطح داغ

۵-۳- انتخاب پوشش مصرفی

انتخاب پوشش خوب برای کاربرد خاص باید پوششی باشد که کمترین هزینه را برای هر متر لوله را داشته و از لحاظ الکتریکی و مکانیکی در برابر شرایط محیطی و حفاظت کاتدی در دراز مدت مقاومت خوب داشته باشد. به منظور انتخاب پوشش بهینه عوامل زیر را باید در نظر گرفت:

۱. قطر و طول لوله

۲. درجه حرارت داخل لوله در حین کار
 ۳. فشار و تواتر انبساط‌ها و انقباض‌ها
 ۴. وضعیت آماری مسیر خط لوله و حریم آن
 ۵. در دسترس بودن کالاها و مناسب بودن هزینه
 ۶. محدودیت‌های دسترسی به محل کار
 ۷. در دسترس بودن برای تعمیر و کثرت احتمالی تعمیرات
 ۸. شرایط نیروی کار مورد نیاز در محل
 ۹. انتقال و جابجایی لوله
 ۱۰. در دسترس بودن برق در کنار خط لوله برای اعمال جریان پیوسته در تأسیسات حفاظت کاتدی
 ۱۱. دسترسی به تجهیزات
 ۱۲. مقررات خاص ایمنی و حفاظتی که باعث محدودیت در طراحی پوشش می‌شود [۲۳، ۲۱].
- ۴-۵- چهار مولفه اصلی موثر در انتخاب پوشش لوله‌های انتقال [۲۵]:

- ۱- مولفه‌های ذاتی پوشش: مانند مقاومت مکانیکی، مقاومت شیمیایی، مقاومت در برابر جدایش کاتدی، میزان نیازمندی به جریان حفاظت کاتدی، دمای سرویس‌دهی، سهولت تعمیرات و یکپارچگی پوشش
- ۲- مولفه‌های مربوط به سیال و ماهیت خط لوله: از جمله طول عمر پیش‌بینی شده خط لوله، شرایط اقلیمی و محیطی، مسیر خط لوله، دمای بهره‌برداری، ترکیب شیمیایی سیال، فشار سیال و تعداد ایستگاه‌های تقویت فشار
- ۳- مولفه‌های اقتصادی: از جمله قیمت تمام شده پوشش، در دسترس بودن منابع و خدمات هزینه تامین جریان حفاظت کاتدی
- ۴- مولفه‌های توسعه‌ای: از جمله تولید مواد اولیه و اجرای پوشش در داخل، اشتغال زایی، درآمدزایی، صدور تکنولوژی

۵-۵- انواع عایق‌های رایج در رابطه با لوله‌های حامل سیال داغ

۵-۵-۱- عایق‌کاری لوله با استفاده از عایق لوله‌ای

بطور کلی بهترین عایق‌کاری با استفاده از عایق‌های لوله‌ای که در شکل ۵ دیده می‌شود، صورت می‌گیرد. از عایق لوله‌ای پشم سنگ می‌توان در عایق‌کاری دماهای بالا تا ۶۲۰ درجه سلسیوس استفاده کرد. برش قطعات عایق لوله‌ای آسان می‌باشد و به راحتی می‌توان آن‌ها نصب کرد. عایق‌های لوله‌ای پشم‌سنگ، مناسب برای عایق‌کاری حرارتی و صوتی لوله‌ها می‌باشند. به دلیل فیت شدن خیلی خوب و مقاومت بالایی که در برابر فشارهای وارده به لوله دارند می‌توان آن‌ها را بصورت یک لایه‌ای و بدون نیاز به فاصله اندازها نصب کرد. استفاده از عایق لوله‌ای باعث می‌شود زمان و هزینه عایق‌کاری کاهش یابد. عدم نیاز به حلقه‌های فاصله‌انداز و فضای پیش‌بینی نشده باعث مینیمم شدن اتلاف حرارت و خطر آسیب دیدن افراد و پرسنل به دلیل نقاط داغ موجود بر روی پوشش می‌شود. عایق‌های لوله‌ای به طور دقیق مطابق با قطر



- ۶- تمام کارهای آماده‌سازی سطح باید به طور صحیح بازرسی و کنترل کیفیت شوند.
- ۷- جابجائی قطعات یا دستگاه‌ها، بعد از تمیزکاری باید به حداقل ممکن محدود شود، چنانچه نیاز به جابجائی باشد دستکش‌های تمیز یا حفاظت مشابه باید به کار رود. کرباس، پی وی سی یا چرم مواد مناسبی برای دستکش‌ها هستند.
- ۸- به محض تمیزکاری سطوح باید قبل از بروز خوردگی زیان‌آور یا بوجود آمدن آلودگی مجدد، پوشش شوند.
- ۹- ممکن است شرکت لازم بداند که پیمانکار گواهی‌نامه‌ای را تهیه نماید که کلیه مواد و کار انجام شده تحت دستور شرکت بوده یا با الزامات قابل اجرای این استاندارد مطابقت دارد.
- ۱۰- تجهیزات پیمانکار برای آماده‌سازی سطح باید بگونه‌ای طراحی و ساخته و در وضعیتی باشند که با دستو العمل و نتایج حاصل تشریح شده در این استاندارد مطابقت داشته باشند [۲۵، ۲۴].



شکل ۴ عایق لوله ای مورد استفاده در مصارف سیال حرارتی

۶- سیال

بطور کلی سیالات تحت تاثیر تنش برشی بسیار کم نیز تغییر شکل می‌دهند. سیالات به دو گروه مایعات و گازها تقسیم می‌شوند مایعات دارای حجم معینی هستند که همیشه شکل ظرف را به خود می‌گیرند ولی گازها در هر ظرفی که قرار بگیرند همواره تمام ظرف را پر می‌کنند و همچنین تراکم پذیری مایعات عملاً نامحسوس است ولی گازها تراکم‌پذیر هستند.

۶-۱ - مشخصاتی مورد اهمیت در انتخاب سیال

گرانروی؛ مقاومتی که سیالات در برابر جاری شدن به علت اصطکاک داخلی مولکول‌ها از خود نشان می‌دهند، گرانروی (ویسکوزیته) نامیده می‌شود. گرانروی روغن با تغییر دمای آن، تغییر می‌کند و هرچه روغن گرم‌تر شود، گرانروی آن کمتر می‌شود. از این رو همواره باید گرانروی روغن همراه با دمایی که گرانروی در آن اندازه‌گیری شده، قید شود. گرانروی روغن معمولاً در دمای ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری می‌شود.

لوله‌ها می‌باشند تا ریسک اتلاف حرارت و نقص‌های فرایندی را به حداقل برسانند. مزیت‌های استفاده از عایق لوله‌ای :

- ۱- نیاز به استفاده از فاصله انداز و ساختار نگهدارنده نمی‌باشد.
- ۲- نصب عایق لوله‌ای آسان‌تر می‌باشد و زمان کمتری می‌برد.
- ۳- دارای سطح صاف‌تری هستند که نصب پوشش بر روی عایق را آسان‌تر می‌کند.
- ۴- عدم حلقه‌های فاصله انداز (جدا کننده، اسپیسر) باعث می‌شود که اتلاف حرارت کمتری صورت گیرد.
- ۵- باعث یکسان شدن دما در طول سطح پوشش قرار گرفته بر روی عایق می‌شود.
- ۶- در مقایسه با عایق پتویی، می‌توان از عایق با ضخامت متر استفاده کرد. این باعث می‌شود که هزینه عایق‌کاری کاهش یابد در حالی که میزان اتلاف حرارت نیز کم‌تر است.

۲-۵-۵ - عایق کاری لوله با استفاده از عایق پتویی

عایق‌های پتویی پشم سنگ، الیاف پشم سنگ هستند که برای افزایش استحکامشان با تور سیمی گالوانیزه دوخته شده اند. عایق کاری با استفاده از پشم سنگ پتویی یک راه‌حل جهانی است که ده‌ها برای عایق‌کاری لوله‌ها استفاده شده است. عایق‌های پتویی پشم‌سنگ انعطاف‌پذیری بالایی دارند و در برابر حرارت بسیار مقاوم می‌باشند. عایق‌های پتویی سیم‌دار را می‌توان به راحتی برید و بر روی لوله نصب کرد. عایق‌های پتویی در زمانی که استفاده از عایق‌های لوله‌ای پشم‌سنگ امکان‌پذیر نباشد، ایده‌ال می‌باشند. عایق‌های پتویی نسبتاً مقاومت پایینی در برابر فشار دارند به همین دلیل باید با کمک سازه‌های حمایت‌کننده و فاصله اندازها نصب شوند. به دلیل به وجود آمدن پل حرارتی، بهترین عملکرد حرارتی زمانی بدست می‌آید که دمای عملیاتی لوله‌های عایق شده متوسط باشد (حداکثر تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد) [۲۶].

۶-۵-۵ - شرایط جهت آماده‌سازی سطح برای پوشش‌دهی لوله

- ۱- نمونه آلاینده‌هایی که باید در حین آماده‌سازی سطح حذف شوند، رطوبت، روغن، چربی، فرآورده‌های خوردگی، کثیفی و پوسته نورد هستند.
- ۲- سطح آماده شده باید به درجه مناسب از تمیزی و زبری برای پوشش پیشنهاد شده و چسبندگی خوب مجاز برسد.
- ۳- هزینه پوشش در رابطه با آماده‌سازی کار باید با هدف و ماهیت پوشش نسبت معقولی داشته باشد.
- ۴- پیمانکاری که کار آماده‌سازی سطح را انجام می‌دهد باید دارای کارکنان آشنا به دانش فنی روز بوده تا قادر باشند کار را بصورت رضایت‌بخش مطابق اصول فنی قابل قبولی انجام دهند.
- ۵- سطوح باید قابل دسترس بوده و منطقه بقدر کافی روشن باشد.

1. Viscosity

۷- نتیجه گیری :

سیال بهینه

روغن صنعتی با نام تجاری "بهران حرارت" که با استفاده از روغن پایه مرغوب تولید می‌شود، برای مصرف در سیستم‌های بسته انتقال حرارت با دمای حداکثر ۳۲۰ درجه سانتی‌گراد و مشخصات تئوری زیر و شاخص‌های مهندسی که در جدول ۱ بیان شده است :

- ۱- پایداری اکسیداسیون و حرارتی بالا
- ۲- ممانعت از تشکیل رسوب
- ۳- فراریت کم

پوشش بهینه لوله

عایق لوله‌ای به دلیل مزایای زیر :

- ۱- نیاز به استفاده از فاصله انداز و ساختار نگهدارنده نمی‌باشد.
- ۲- نصب عایق لوله‌ای آسان‌تر می‌باشد و زمان کمتری می‌برد.
- ۳- دارای سطح صاف‌تری هستند که نصب پوشش بر روی عایق را آسان‌تر می‌کند.
- ۴- نبودن حلقه‌های فاصله‌انداز (جدا کننده، اسپیسر) باعث می‌شود که اتلاف حرارت کمتری صورت گیرد.
- ۵- باعث یکسان شدن دما در طول سطح پوشش قرار گرفته بر روی عایق می‌شود.

جنس لوله بهینه

فولاد سیاه با نام تجاری ASTM A106 _ G:B بدلیل مقاومت بالا در برابر خوردگی و حرارت که مشخصات مهندسی آن در جدول ۳ مشاهده می‌گردد.

جدول ۳ ترکیبات متالورژیکی فولاد سیاه " ASTM A106 _ G:B "

دسته بندی	B
حداکثر کربن	۰,۳۰
منگنز	۰,۲۹ - ۱,۰۶
حداکثر فسفر	۰,۰۳۵
حداکثر گوگرد	۰,۰۳۵
حداقل سیلیسیم	۰,۱۰
حداکثر کروم	۰,۴۰
حداکثر مس	۰,۴۰
حداکثر مولیبدن	۰,۱۵
حداکثر نیکل	۰,۴۰
حداکثر وانادیوم	۰,۰۸

شاخص گرانروی! شاخص گرانروی نشانگر میزان تغییرات گرانروی نسبت به تغییرات دما است. هرچه رقم شاخص گرانروی روغنی بزرگتر باشد، بر اثر تغییر دما گرانروی روغن کمتر تغییر می‌کند و برعکس.

نقطه ریزش! پایین‌ترین دمایی که روغن در آن دما هنوز می‌تواند جاری شود را نقطه ریزش می‌نامند.

نقطه اشتعال! نقطه اشتعال، پایین‌ترین دمایی است که در آن، روغن به اندازه کافی به بخار تبدیل می‌شود و با هوا یک مخلوط قابل اشتعال می‌سازد. به طوری که با نزدیک کردن شعله آتش، روغن در یک لحظه مشتعل و سپس خاموش می‌شود. این آزمون برای اندازه‌گیری میزان آتش‌گیری و فرآر بودن روغن صورت می‌گیرد.

نقطه احتراق! نقطه احتراق، پایین‌ترین دمایی است که در آن، روغن به اندازه‌ای بخار تولید می‌کند که با نزدیک کردن شعله، مشتعل می‌شود و این اشتغال مدتی ادامه می‌یابد. نقطه احتراق معمولاً حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از نقطه اشتعال است.

چگالی و وزن مخصوص: چگالی یا دانسیته به جرم واحد حجم یک ماده اطلاق می‌شود که در سیستم SI با واحد Kg/m^3 سنجیده می‌شود. در محاسبات حمل و نقل فرآورده‌های نفتی، بیشتر از چگالی نسبی یا وزن مخصوص استفاده می‌شود. که عبارت است از نسبت وزن مخصوص ماده به وزن مخصوص آب در شرایط استاندارد. [۲۷].

حال با بیان خصوصیات فوق و با در نظر گرفتن دمای بسیار بالای کلکتورهای سهموی خطی باید به دنبال سیالی بود تا علاوه بر تحمل بالاترین دمای ممکن ویژگی‌هایی مانند حفظ خصوصیات ذاتی و مهندسی، در دسترس بودن و هزینه تامین معقول را دارا باشد. بعد از تحقیق موارد بحث شده و استعلام از کارخانجات معتبر داخلی، در نهایت روغن صنعتی با نام تجاری بهران حرارت به عنوان سیال بهینه انتخاب شد. ویژگی‌های مهندسی این نوع روغن در جدول شماره ۲ بیان شده است [۲۸].

جدول ۲ مشخصات مهندسی روغن صنعتی بهران حرارت

شاخص گرانروی	۱۰۰
گرانروی 40°C	۳۲
گرانروی 100°C	۵,۵
نقطه اشتعال $^{\circ}\text{C}$	۲۰۶
نقطه ریزش $^{\circ}\text{C}$	-۱۲
حداکثر دمای بکارگیری $^{\circ}\text{C}$	۳۲۰

۸ - مراجع :

- [13] م. بهرامی، ع. حمیدی، بررسی انرژی‌تیک چرخه رانکین آلی برای تولید توان از حرارت های باز یافتی دما پایین کلکتور سهموی خطی خورشیدی با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی، انرژی ایران جلد ۱۶، ۱۳۹۵.
- [14] م. ذوقی، ارزیابی مدل در برآورد میزان دریافت انرژی خورشیدی در مناطق خشک و نیمه خشک، محیط شناسی، ۲۰۱۵.
- [15] m. safari, *improvement of thermal performance of a solar chimney based on a passive solar heating system with phase-change materials*, energy equipment and systems, 2014.
- [16] *superactiveco*, Accessed 4 March 2018, <http://www.superactiveco.com/farsi/fluid.html>
- [17] *Ansarco*, Accessed 1 April 2015, <http://www.ansarco.biz>
- [18] *Iranian petroleum standads, ipS-G-TP-335*, The approved modifications are included in the present issue of IPS, reviewed and updated by the relevant technical committee on Aug. 2002 (1) and Feb. 2007 (2).
- [19] *Satba*, Accessed 3 may 2016, Accessed 8 February 2018, <http://www.satba.gov.ir/fa/sun/powerapplications>.
- [20] *Frank M.white, fluid mechanics*, seventh edition, may 2006.
- [21] ا. زارعی و ح. عجم، بررسی تئوری و تجربی استفاده از لوله گرمایی در کلکتورهای خورشیدی سهموی، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه سیستان و بلوچستان، کارشناسی ارشد ۱۳۹۱.
- [22] *Iranian petroleum standads, ipS-C-TP-352*, construction standard for lining, first revision may 2010.
- [23] *Iranian petroleum standads, ipS-E-TP-350*, Engineering standard for linings, first revision january 2010.
- [24] *SPPC, Salafchegan Pipe Protection Co*, Accessed 24 February 2018, <http://www.sppc.ir/FAQ.aspx>.
- [25] *Iranian petroleum standads, ipS-C-TP-274*, construction standard for protective coatings, first revision december 2009.
- [26] *Iranian petroleum standads, ipS-C-TP-352*, construction standard for surfase preparation, first revision may 2010.
- [27] *Iranian petroleum standads, ipS-E-TP-270*, Engineering standard for protective coatings for buried and submerged steel structures, first revision march 2009.
- [28] *Behranoil*, Accessed 14 July 2018, <http://www.behranoil.com/fa/content>
- [1] م. یعقوبی، م. وزین افضل و غ. کناری، ارزیابی بهینه طراحی کلکتورهای سهموی خطی، هفدهمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۱.
- [2] م. موسوی شفانی و ی. نوراللهی، علوم و تکنولوژی محیط زیست جلد ۱۸، شماره ۳، ۱۶۷-۱۸۰، گروه روابط بین الملل دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران ۲۱ تیر ۱۳۹۵.
- [3] ح. صادقی و س. خاکسارآستانه، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۲۰۱۴.
- [4] *Nanosayman* Accessed 11 October 2017, <http://www.nanosayman.com>
- [5] C. Jung, *Technological perspectives of silicone heat transfer fluids for concentrated solar power*, German Aerospace Center (DLR), Institute of Solar Research, Linder Hoehe, Energy Procedia 69, pp. 663- 671, Germany, 2014.
- [6] J. Fabian Feldhoff, *Comparative system analysis of direct steam generation and synthetic oil parabolic trough power plants with integrated thermal storage a German Aerospace Center, DLR, Institute for Solar Research, Pfaffenwaldring*, pp. 38-40, 70569 Stuttgart, Germany, 2012.
- [7] م. ابن علی، طراحی مناسب کلکتور هوا به منظور کاربرد در خشک کن خورشیدی، مهندسی مکانیک و ارتعاشات، دوره ۴، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان، ۵۴۵۸-۲۴۲۳، بهار ۱۳۹۲.
- [8] ح. خراسانی زاده، بهینه‌سازی انرژی کلکتورهای سهموی خطی، مهندسی و مدیریت انرژی، جلد ۳، شماره ۱، ۴۰-۵۱ بهار ۱۳۹۲.
- [9] ح. خراسانی زاده، کلکتور های خورشیدی بدون پوشش نفوذپذیر، مهندسی و مدیریت انرژی، جلد ۱، شماره ۱، صفحات ۶۵-۵۷، تابستان ۱۳۹۱.
- [10] A. noghrehabadi, *theoretical and experimental investigation into incident radiation on solar conical collector energy equipment and systems* pp. 123-132, 2017.
- [11] Sh. Delfani, *experimental investigation on performance comparison of nanofluid-based direct absorption and flat plate solar collectors*, international journal of nano dimension, pp. 85-96, 2016.
- [12] س. ظهیرنیا، مدل‌سازی و بهبود عملکرد سیستم کنترلی و طراحی ابعاد و مشخصات فنی آبگرمکن خورشیدی سهموی خطی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۰.

