

حل تحلیلی معادلات حاکم بر جریان سیال عامل در ناحیه بخار، لوله‌های گرمایی مسطح

عبدالله رضوانی آل‌یله¹، مجتبی بیگلری²، محمد صادق ولی‌پور³

¹ دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، Rezvani_61@semnan.ac.ir

² استادیار مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، Mbiglari@semnan.ac.ir

³ استادیار مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، Mvsalipour@semnan.ac.ir

چکیده

در این تحقیق، حل تحلیلی برای مطالعه جریان دو بعدی بخار در لوله‌های گرمایی مسطح ارائه شده است. معادلات حاکم بر ناحیه بخار با شرایط مرزی متناظر با آن، توسط تغییر متغیر مناسب به یک معادله دیفرانسیل معمولی غیرخطی مرتبه چهار با چهار شرط مرزی جدید تبدیل شده است. معادله بدست آمده توسط روش لاپلاس آدمیان حل شده است. در تمامی روابط و حل‌های تحلیلی گذشته به منظور ساده سازی روش حل از اثرچندین جمله از معادلات ناویر استوکس صرف نظر شده است. اما در این مقاله تمامی جملات معادله دیفرانسیل ناویر استوکس، درفرآیند بدست آوردن حل دقیق در نظر گرفته شده است. در این تحقیق، از این روش برای پیش بینی رفتار بخار در اعداد رینولدز شعاعی بالا استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش عدد رینولدز، افت فشار در طول لوله گرمایی مسطح کاهش و بیشینه حداکثر مقدار سرعت در ناحیه تبخیرکننده به سمت فتیله پایینی سوق پیدا خواهد کرد. همچنین برای اعداد رینولدز کمتر از 10 افت فشار در ناحیه چگالنده کاهش می‌یابد. در این بخش یک حل بسته برای مطالعه جریان بخار در لوله های گرمایی مسطح ارائه شده و دقت و اعتبار این حل برای اعداد رینولدز مختلف از طریق روش عددی مقایسه شده است.

واژه های کلیدی

معادلات ناویر استوکس، لوله‌های گرمایی، روش لاپلاس آدمیان، تبخیرکننده، چگالنده.

مقدمه

فناپذیری سوخت‌های فسیلی، تنوع بخشی به منابع انرژی، توسعه پایدار و ایجاد امنیت انرژی و مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف انرژی فسیلی از یک طرف و پاک و تجدید پذیر بودن منابع انرژی‌های نو نظیر خورشید، باد، زمین گرمایی و ... از طرف دیگر باعث توجه جدی جهانیان به توسعه و گسترش استفاده از انرژی های تجدید پذیر و افزایش سهم این منابع در سبد انرژی جهانی شده است. از جالب ترین و پربازده ترین تجهیزات بازیافت گرما می‌توان به لوله‌های گرمایی و ترموسیفون ها اشاره کرد. مبانی لوله‌های گرمایی در سال 1944 توسط گوگلر و در سال 1962 توسط ترفتن بیان گردید. تاکنون مقالات بسیاری درباره لوله‌های گرمایی به چاپ رسیده است. چند فایده مهم استفاده از لوله گرمایی به عنوان یک

وسیله انتقال حرارت عبارت است از: سادگی ساختمان آن، انعطاف پذیری استثنایی آن، قابلیت کنترل، توانایی انتقالی حرارت در یک حجم بالا در یک فاصله قابل ملاحظه و افت دمای بسیار کم. علاوه بر این موارد، لوله‌های گرمایی هیچ توان پمپ کردن خارجی نیاز ندارند، ویژگی مهم لوله گرمایی خلاء داخل آن است [1-5]. تجزیه و تحلیل جریان بخار برای پیش بینی حد موینیگی و کارایی یک لوله گرمایی لازم می باشد. در قسمت تبخیرکننده بخار کمی مافوق گرم می‌شود و سپس پس از جریان یافتن در چگالنده مادون سرد می‌گردد. چهار مدل ترمودینامیک برای تشریح جریان بخار در لوله گرمایی استفاده شده است اساساً اختلاف آنها در مورد فوق اشباع بودن بخار می‌باشد. در مدل اول مدل گاز کامل از اثرات فوق اشباع بودن بخار صرف نظر شده و بخار بعنوان یک گاز کامل فرض می‌شود [6]. مدل دوم مدل جریان دوفازی می باشد که در این مدل فرض می شود بخار بصورت یک مخلوط از گاز کامل و مایع در حال تعادل می باشد [7]. البته این مدل دارای محدودیتهایی می‌باشد زیرا درجه مافوق گرم بودن در این مدل کوچک است. این مساله خصوصاً در مورد لوله گرمایی فلز قلیایی بدلیل زیاد بودن ظرفیت حرارتی و واکنشهای تجزیه ترکیب این سیال های عامل واقعیت دارد. برای نشان دادن این موضوع در مدل سوم مدل ترکیبی فرض شده که بخار شامل مخلوطی از گازهای کامل، یک مونومر و یک دیمر، در تعادل شیمیایی موضعی می باشد. فرض شده است که در این مخلوط، تقطیراتفاق نمی افتد. مدل چهارم با در نظر گرفتن اثرات سینتیک واکنش تجزیه- ترکیب و شکل گیری و رشد قطره توسعه یافته است [8].

لوله‌های گرمایی به علت توانایی انتقالی حرارت در یک حجم بالا در یک فاصله قابل ملاحظه و افت دمای بسیار کم، توجه بسیاری از دانشمندان را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است [9-14]. به عنوان مثال تحقیقات ثنوری برای بعضی از لوله‌های گرمایی مسطح توسط وفایی و همکارانش [15-20] انجام شده است. آنها بصورت عددی و تحلیلی جریان بخار و مایع و همچنین مشخصات انتقال گرما را برای یک لوله گرمایی مسطح در هنگام شروع به کار بررسی کردند. سپس برای اولین بار ونگ و وفایی [4] به روش تحلیلی به بررسی جریانهای بخار و مایع و همچنین کارایی یک لوله گرمایی مسطح آلومینیوم پرداختند. آنها از یک روش انتگرالی برای بررسی جریان مایع و بخار استفاده کردند مدل آنها قادر به محاسبه افت فشار محوری، سرعت محوری، توزیع دمای محوری و همچنین حداکثر ظرفیت انتقال حرارت بر مبنای حد موینیگی بود. زو و