

بررسی مشخصه‌های انتقال حرارت اجباری در کانال موج‌دار انعطاف‌پذیر با روش کوپل کامل

دانیال خزایی پول^۱، دکتر عباس رامیار^۲، دکتر علی‌اکبر رنجبر^۳

^۱بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، دانشجوی کارشناسی ارشد، shadowfax2011@gmail.com

^۲بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، استادیار، aramiar@nit.ac.ir

^۳بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، استاد، ranjbar@nit.ac.ir

چکیده

جریان آرام در حال توسعه جابجایی اجباری و تولید انترپوی را درون یک کانال موج‌دار بررسی نمودند [۳]. مطالعه تأثیرات نسبت ابعاد و عدد رینولدز روی تولید انترپوی هدف اصلی آن‌ها بود. گلدشتاین و اسپارو اولین نفراتی بودند که به کمک روش نفتالین ضرایب انتقال حرارت محلی و متوسط را درون کانالی موج‌دار اندازه‌گیری کردند [۴]. آن‌ها آزمایشات خود را در رژیم‌های جریان آرام، گذرا و درهم با تعداد دو سیکل موج انجام دادند. مقایسه داده‌های آزمایشگاهی با نتایج به دست آمده برای کانال با صفحه تخت، افزایش سه برابری را در انتقال حرارت متوسط در جریان درهم نشان می‌داد. با این حال، موج‌دار کردن صفحه منجر به افزایش قدرت پمپاژ مورد نیاز گردید. به‌منظور پرهیز از اثر ورودی، اوبراین و اسپارو یک مطالعه کامل را روی هندسه‌ای مشابه با تعداد بیش‌تری سیکل‌های موج انجام دادند [۵]. نتایج بهبود ۲٫۵ برابری انتقال حرارت را در مقایسه با کانال‌های مستقیم معمول نشان می‌داد.

در سال ۱۹۹۳، سانی و دینی مطالعه تجربی را روی مشخصه‌های انتقال حرارتی کانال با دیواره موج‌دار در رژیم جریان درهم انجام دادند [۶]. آن‌ها دریافتند که عدد ناسلت محلی بیشینه در بالادست قله هر موج و عددی ناسلت محلی کمینه در پایین‌دست در فاصله اندکی از قله هر موج اتفاق می‌افتند. همچنین، پی‌بردند که بالاترین عدد ناسلت متوسط متعلق به موج دوم می‌باشد و عدد ناسلت در پایین‌دست موج سوم به دلیل توسعه‌یافتگی کامل جریان ثابت باقی می‌ماند. در شبیه‌سازی‌های عددی اخیر، ونگ و وانکا نرخ انتقال حرارت را برای جریان سیال عبوری از گذرگاه‌های موج‌دار متناوب تعیین کردند [۷]. آن‌ها مشاهده کردند که در رژیم جریان پایدار، اعداد ناسلت متوسط اندازه‌گیری شده برای کانال با دیواره موج‌دار تنها اندکی بزرگتر از مقادیر به‌دست آمده برای کانال صفحه تخت می‌باشد. با این حال، در رژیم جریان گذرا، بهبود ۲٫۵ برابری در انتقال حرارت حاصل گردید. ضرایب اصطکاک در کانال‌های موج‌دار در رژیم جریان پایدار تقریباً دو برابر کانال‌های صفحه تخت گزارش شد و در رژیم جریان گذرا تقریباً ثابت باقی می‌ماند. اخیراً، مطالعه آزمایشگاهی از جریان‌ها و انتقال حرارت درون گذرگاه‌های موجی سینوسی به وسیله راش و همکاران انجام گردید [۸]. به کمک روش‌های تجسمی، میدان جریان با توجه ویژه به یافتن شروع اختلاط ماکروسکوپی در جریان، به دو دسته پایدار و ناپایدار تقسیم شد. بررسی نتایج مشخص کرد که محل این پدیده به عدد رینولدز و هندسه کانال بستگی دارد.

نرخ انتقال حرارت گذرا درون یک کانال موج‌دار انعطاف‌پذیر دو بعدی به کمک روش کوپل کامل بررسی می‌شود. الگوریتم تعامل سیال و سازه بخشی با در نظر گرفتن کوپل دمایی، جهت تبادل اطلاعات در سطح مشترک به کارگرفته می‌شود. سیال تراکم‌ناپذیر با خواص ثابت و جامد با رفتار الاستیک خطی در نظر گرفته می‌شوند. تأثیر تغییر دامنه و دوره تناوب پروفایل سرعت سینوسی ورودی، دامنه موج و اختلاف فاز هندسه، ضخامت ناحیه جامد و خواص سازه شامل ضریب انبساط حرارتی و مدول یانگ مورد مطالعه قرار می‌گیرند. صحت شبیه‌سازی تعامل سیال و سازه به کمک مقالات موجود بررسی می‌گردد. افزایش دامنه پروفایل سرعت و دامنه هندسه موج‌دار سبب بهبود انتقال حرارت و افزایش دوره تناوب سرعت و اختلاف فاز موج هندسه منجر به کاهش نرخ انتقال حرارت می‌شوند. همچنین، انبساط حرارتی جامد با تغییر مشخصه‌های جریانی، عدد ناسلت محلی را کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

تعامل سیال و سازه، کوپل دمایی، هندسه موج‌دار، انبساط حرارتی

مقدمه

کانال با دیواره موج‌دار از جمله دستگاه‌های متعددی است که جهت بهبود کارایی انتقال حرارت در فرآیندهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ایجاد خمش در دیواره کانال با افزایش طول دیواره و تغییر رفتار جریان در نزدیکی آن به بهبود انتقال حرارت کمک می‌کند. از این رو، مطالعه جریان و مشخصه‌های انتقال حرارتی درون کانال‌های موج‌دار توجه محققان زیادی را به خود جلب نمود. ونگ و همکارانش نرخ انتقال حرارت را درون کانال همگرا-واگرای سینوسی با روش تبدیل مختصات ساده بررسی کردند [۱]. آن‌ها اثر هندسه موجی، عدد رینولدز و عدد پراتل را روی ضریب اصطکاک و عدد ناسلت بررسی کردند.

تولنتینو و همکارانش به صورت تجربی جریان را روی یک صفحه موج‌دار مطالعه کردند [۲]. آن‌ها آزمایشات خود را درون یک تونل آب انجام دادند و به کمک ردیابی لیزری ذرات مشخصه‌های جریانی را مجسم نمودند. نتایج آزمایشات نشان داد که تعداد ۸ موج برای توسعه یافتگی جریان درون این کانال‌ها کافی است. کو و همکارانش