ICHMT2014-HN10102020105

افزایش انتقال حرارت در کانال با بلوک متخلخل به کمک روش شبکه‌ی بولتزمن با زمان آسودگی چندگانه

محمدرضا رضایی[۱]، محمد جواد مغربی[۲]

[۱]مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی مکانیک، mr.rezaie@stu-mail.um.ac.ir
[۲]مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی مکانیک، mjmaghrebi@ um.ac.ir

چکیده

در این مقاله اثر افزودن بلوک متخلخل در میزان افزایش انتقال حرارت از کانال مورد بررسی قرار گرفته است. تحلیل حاضر در اعداد رینولدز بین ۵۰ تا ۱۵۰، در ضریب تخلخل‌های ۰/۷۸، ۰/۹۲ و ۰/۹۸ و در عدد پرنتل ۰/۷۱ صورت پذیرفته است. پژوهش حاضر توسط روش شبکه‌ی بولتزمن با زمان آسودگی چندگانه صورت گرفته است. با توجه به نتایج حل عددی، در حالت کلی افزودن بلوک متخلخل سبب افزایش میزان انتقال حرارت از کانال شده است. افزایش عدد رینولدز و کاهش ضریب تخلخل در هر عدد پرنتل باعث افزایش میزان انتقال حرارت از کانال می‌شود. همچنین استفاده از روش شبکه‌ی بولتزمن با زمان آسودگی چندگانه سبب افزایش در دقت و بهبود همگرایی مسئله می‌شود. در مطالعه‌ی حاضر نتایج حاصله با پژوهش‌های پیشین در حالت حدی مقایسه شده است که انطباق قابل قبولی را نشان می‌دهد.

واژه های کلیدی

بلوک متخلخل، روش شبکه‌ی بولتزمن، زمان آسودگی چندگانه، ضریب تخلخل.

مقدمه

جریان سیال در محیط متخلخل در محدوده‌ی وسیعی از علوم و کاربردهای مهندسی به عنوان یک راه‌حل ارزشمند جهت افزایش بازدهی حرارتی و افزایش عملکرد انتقال حرارت شناخته می‌شود و کاربرد فراوانی در بسیاری از سیستم‌های طبیعی و صنایع مختلفی همچون جریان‌های زیر سطحی، فرایند خشک کردن، انتقال فاضلاب، نیروگاه‌های زمین‌گرمایی، مبدل‌های حرارتی فشرده، پیل‌های سوختی، راکتورهای شیمیایی، واحدهای ذخیره انرژی، فرایند فیلتراسیون و ... دارد[۱].

با توجه به این که انجام مطالعات تجربی در این زمینه مستلزم صرف وقت و هزینه قابل توجه‌ای است، لذا مطالعه‌ی عددی دقیق و سریع آن دارای اهمیت فراوانی می‌باشد. روش‌های محاسباتی متعددی جهت مطالعه‌ی جریان و انتقال حرارت سیال در محیط متخلخل استفاده شده است که اکثر این روش‌ها بر پایه گسسته-سازی اجزای محدود[۱]، اختلاف محدود[۲] و حجم محدود[۳] معادلات دیفرانسیل جزئی مربوطه می‌باشند. روش شبکه‌ی بولتزمن[۴] از جمله روش‌های عددی بر پایه مکانیک آماری است که در این روش معادله-ی خطی بولتزمن به جای معادلات غیرخطی ناویر- استوکس حل می‌شود و همچنین این روش به عنوان یک ابزار قدرتمند مفید جهت مدلسازی جریان و انتقال حرارت سیال لزج و چند فاز عبوری از هندسه‌های پیچیده همچون محیط متخلخل توسعه پیدا کرده است[۲-۵].

جریان در محیط متخلخل در سه مقیاس حفره[۵]، ماکروسکوپیک[۶] و دامنه[۷] [۶] مدلسازی می‌شود. به طور معمول، در مطالعات گذشته ساختار پیچیده محیط متخلخل توسط تعدادی مدل تجربی در مقیاس ماکروسکوپیک مدل‌سازی شده است. به طور معمول مدلسازی محیط متخلخل به روش شبکه بولتزمن در دو مقیاس ماکروسکوپیک و حفره صورت می‌پذیرد. در مقیاس حفره جریان سیال بین حفره‌های محیط به صورت مستقیم توسط معادله شبکه‌ی بولتزمن مدلسازی می‌شود و اثرات متقابل بین سیال و جامد بوسیله-ی شرط عدم لغزش بازگشت به عقب[۸] مدلسازی می‌شود ولی در مقیاس ماکروسکوپیک اثرات محیط متخلخل با افزودن جمله‌ای در غالب نیروهای بدنی به معادله استاندارد شبکه‌ی بولتزمن اضافه می-شود.

مطالعات عددی و آزمایشگاهی بسیاری در زمینه پدیده‌های انتقال در کانالی که به طور کامل متخلخل است صورت گرفته است[۷] و با توجه به اینکه در این نوع کانال افت فشار زیادی نسبت به کانال با تخلخل جزئی رخ می‌دهد[۸]، لذا استفاده از کانال با تخلخل جزئی جهت رسیدن به بیشینه انتقال حرارت مناسب‌تر می-باشد.

مطالعات فراوانی در زمینه جریان و انتقال حرارت سیال نیوتنی در کانال با تخلخل جزئی و در مقیاس ماکروسکوپیک صورت پذیرفته

---

[۱] FEM
[۲] FDM
[۳] FVM
[۴] LBM
[۵] Pore scale
[۶] REV scale
[۷] Domain scale
[۸] Bounce-back