

مدلسازی انتقال حرارت در محیطهای متخلخل

سرامیکی با نرم افزار Fluent

سیروس ابراهیمی



انتشارات آریان قلم

سرشناسه: ادريسي، سيروس، ۱۳۵۶-

عنوان و نام پديدآور: مدل‌سازي انتقال حرارت در محيط‌هاي متخلخل سراميكي با نرم افزار Fluent

مشخصات نشر: تهران: آريان قلم، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهري: ۱۲۹ ص

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۳۴۶-۷۴-۷

وضعيت فهرست نويسي: فييا موضوع: نرم افزار فلوئنت

موضوع: گرما- انتقال-- شبیه سازی- داده پردازی

رده بندي كننگرم: ۱۳۹۳/۴م۴الف/۲/۳۲۰ QC

شماره كتابخانه ي ملي: ۳۵۴۱۰۳۹

ردیف کتابخانه ي يوبه: ۵۳۶۰۰۰



مدل‌سازي انتقال حرارت در محيط‌هاي متخلخل سراميكي با نرم افزار Fluent

ناشر: آريان قلم

مؤلف: سيروس ادريسي

ناظرکيفي: نخستين پايگاه مشاوره پژوهشي (انسان) (نيکان)

ناظر فني: محمد سعيد زينليان

چاپ متن: چاپ مهارت

صحافي: رثوف

نوبت چاپ: اول

تاريخ انتشار: ۱۳۹۳

تيراژ: ۱۰۰۰

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۳۴۶-۷۴-۷

قيمت: ۸۰۰۰۰ ريال

چکیده

مدل سازی انتقال حرارت محیط های متخلخل عایق حرارتی سرامیکی برای شناخت مکانیزم های انتقال حرارت و تاثیر پذیری آن ها از پارامترهای فرآیندی و محیطی ضروری است. این شناخت برای ارائه یک مدل جامع از ضریب موثر انتقال حرارت از این محیط ها در این پژوهش انجام گرفته شد. ارائه یک مدل جامع ضریب موثر انتقال حرارت با استفاده از روش تقریب محیط موثر با توجه به ساختار همگن و همسانگرد عایق های حرارتی سرامیکی در طراحی آینده های حرارتی بسیار پر کاربرد است. امکان استفاده از مدل تعمیم یافته خود سازگار با قابلیت تخمین ضریب ضریب موثر انتقال حرارت در کامپوزیت ها در این پژوهش برای جسم متخلخل بررسی شد. تاثیر پارامترهای مختلف بر روی انتقال حرارت از اجسام متخلخل را با سه پارامتر ضریب انتقال حرارتی رسانش ظاهری هوا، ضرایب رسانشی انتقال حرارتی ماتریکس و تخلخل به طور جداگانه در نظر می گیرد. ضریب انتقال حرارتی رسانش ظاهری هوا به طور غیرمستقیم اثرهای دما و شکل حفره ها، گرادیان دما، دمای فیلمی متوسط، خواص ترموفیزیکی ماتریکس و خواص دما و دمای حفره ها را در خود می گنجاند. این عبارت تابع دو عدد بدون بعد ریلی و نسبت ضرایب رسانشی ماتریکس و هوای محبوس در حفره ها تشخیص داده شد. رابطه ی همبستگی برای این عبارت با استفاده از نتایج شبیه سازی یک محیط متخلخل با استفاده از نرم افزار فلوئنت ارائه شد. و برای کاربردهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در انتها و جهت ارزیابی، معادله ی ضریب موثر انتقال حرارت بدست آمده با تعدادی از کاربردهای عایق های متخلخل سرامیکی مختلف مقایسه شد و نتایج خوبی بین نتایج تجربی و تئوری با انحراف معیارهای مناسب بدست آمد. در مقایسه ی نتایج تجربی بدست آمده برای عایق های مخزن گازهای مایع با معادله ی انتقال حرارت موثر و ضرایب ضریب موثر تایید شده ی آزمایشگاه سنتر دانشگاه علم و صنعت، انحراف معیار در حدود ۰.۰۱٪ بوده و همچنین انحراف معیار ناشی از نتایج بدست آمده پلیمرهای سیلیکاتی در حدود ۱٪ بوده است.

کلمات کلیدی: عایق های حرارتی سرامیکی؛ شبیه سازی؛ ضریب موثر انتقال حرارت؛ محیط متخلخل

فهرست مطالب

۷	چکیده
۱۹	پیش گفتار
۳۱	فصل اول: مقدمه
۳۷	فصل دوم: مروری بر مبانی ترمودینامیک و انتقال حرارت
۳۹	۱-۲- مقدمه
۳۹	۲-۲-۱ انواع عایق‌های حرارتی
۳۰	۱-۲-۲ سرامیک‌های آلومینی
۳۰	۲-۲-۲ سرامیک‌های زیرکونیوم اکسید
۳۰	۳-۲-۲ سرامیک‌های سیلیکون کاربید
۳۱	۴-۲-۲ سرامیک‌های کوردییریت
۳۱	۵-۲-۲ سرامیک‌های مولیت
۳۱	۳-۲-۳ فرآیندهای انتقال حرارت در محیط‌های متخلخل
۳۲	۱-۳-۲ انتقال حرارت به روش رسانش
۳۳	۲-۳-۲ انتقال حرارت به روش جابجایی
۳۵	۳-۳-۲ انتقال حرارت به روش تابش الکترومغناطیسی
۳۶	۴-۲- قوانین پایستگی
۳۷	۵-۲- اهمیت تخلخل در انتقال حرارت از حفره‌ها
۳۸	۶-۲ مدل‌های توصیف‌کننده انتقال حرارت در محیط‌های متخلخل
۳۹	۱-۶-۲ مدل قانون اهم
۴۱	۲-۶-۲ مدل هندسی و آند
۴۱	۳-۶-۲ تقریب محیط موثر
۴۷	۷-۲ تعیین تجربی ضریب موثر هدایت حرارتی
۴۹	۸-۲ نتیجه‌گیری
۵۱	فصل سوم: روش تحقیق
۵۳	۱-۳- مقدمه

۵۳	۲۳ هندسه‌ی مورد مطالعه
۵۶	۳-۳ مدل‌سازی و بدست آوردن معادله‌ی جدید
۵۶	۳-۳-۱ اصل بقای جرم
۵۷	۳-۳-۲ اصل بقای اندازه حرکت
۵۹	۳-۳-۳ نحوه‌ی محاسبه‌ی فشار
۶۱	۳-۳-۴ تعادل و عدم تعادل حرارتی موضعی
۶۴	۳-۳-۵ اصل بقای انرژی و مدل‌سازی توسط روش تعمیم‌یافته خود سازگار
۷۲	۳-۳ شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار فلوئنت
۷۲	۳-۴-۱ روش حجم محدود و علل انتخاب دینامیک سیالات محاسباتی و نرم‌افزار فلوئنت
۷۴	۳-۴-۲ مشخصات شبیه‌سازی با نرم‌افزار فلوئنت و شرایط مرزی
۷۸	۳-۵ نتیجه‌گیری
۸۱	فصل چهارم: نتایج و بحث
۸۳	۴-۱ مقدمه
۸۳	۴-۲ بررسی دقت نرم‌افزار فلوئنت در شبیه‌سازی نتایج
۸۹	۴-۲-۱ استقلال از اندازه مدل و روش عددی برای دقت
۹۱	۴-۲-۲ استقلال مش و روش پارامترها
۹۲	۴-۲-۳ اعتبارسنجی نتایج شبیه‌سازی با مقایسه با داده‌های تجربی
۹۴	۴-۲-۴ از تعداد بلوک‌ها
۹۸	۴-۳ ضرورت بررسی انتقال حرارت طبیعی در مدل با مش شبیه‌سازی
۱۰۲	۴-۴ تعیین منحنی همبستگی ضریب موثر انتقال حرارت
۱۱۰	۴-۵ تأیید مدل با نتایج تجربی
۱۱۴	۴-۶ ارزیابی میزان دقت و صحت مدل
۱۱۹	فصل پنجم: جمع‌بندی و پیشنهادها
۱۲۳	منابع

فهرست جداول

جدول ۱-۲	خواص فیزیکی مواد متخلخل مصنوعی و طبیعی	۳۸
جدول ۱-۳	ابعاد بلوک و حفره‌های استفاده شده در شبیه‌سازی برای تخلخل ۳۰٪	۸۵
جدول ۱-۴	انحراف معیارهای ناشی از نتایج شبیه‌سازی شده در مقایسه با نتایج تجربی	۸۹
جدول ۱-۳	داده‌های تحقیق سانجایا و شبیه‌سازی شده در واحد 73. $k_m=0$ برای تخلخل‌های مختلف و در بازه دمایی $[۳۱۳/۱۵]$ ورودی تا $[۲۷۳/۱۵]$ خروجی [کلوین و $[۳۲۳/۱۵]$ ورودی تا $[۲۸۳/۱۵]$ خروجی]	۹۲
جدول ۴-۴	داده‌های تجربی و شبیه‌سازی شده در واحد 4. $k_m=0$ برای تخلخل‌های مختلف و در بازه‌ی دمایی $[۳۱۳/۱۵]$ ورودی تا $[۲۷۳/۱۵]$ خروجی [کلوین]	۹۳
جدول ۵-۴	داده‌های تجربی و شبیه‌سازی شده در واحد 2. $k_m=2$ برای تخلخل‌های مختلف و در بازه‌ی دمایی $[۳۱۳/۱۵]$ ورودی تا $[۲۷۳/۱۵]$ خروجی [کلوین]	۹۳
جدول ۶-۴	مقایسه‌ی داده‌های تحقیق سانجایا و شبیه‌سازی شده برای حالات مختلف ابعاد در $k_m=2$ (W/mK) و اختلاف دمایی (K/m) ۲۰۰ در بازه‌ی دمایی $[۳۱۳/۱۵]$ کلین تا $[۲۷۳/۱۵]$ کلین	۹۶
جدول ۷-۴	مقایسه‌ی داده‌های تحقیق سانجایا و شبیه‌سازی شده برای حالات مختلف ابعاد در $k_m=2$ (W/mK) و اختلاف دمایی (K/m) ۳۰۰ در بازه‌ی دمایی $[۳۱۳/۱۵]$ کلین تا $[۲۷۳/۱۵]$ کلین	۹۷
جدول ۸-۴	مقایسه‌ی داده‌های تحقیق سانجایا و شبیه‌سازی شده برای حالات مختلف ابعاد در $k_m=2$ (W/mK) و اختلاف دمایی (K/m) ۴۰۰ در بازه‌ی دمایی $[۳۱۳/۱۵]$ کلین تا $[۲۷۳/۱۵]$ کلین	۹۷
جدول ۹-۴	مقادیر ترموفیزیکی هوا و ماتریکس	۱۰۱
جدول ۱۰-۴	شرایط فرآیندی و مقادیر اعداد بدون بعد ریلی و ناسلت برای ترموفیزیکی	۱۰۲
جدول ۱۱-۴	شرایط فرآیندی و مقادیر اعداد بدون بعد ریلی و ناسلت برای تعیین ضریب انتقال حرارتی	۱۰۵
جدول ۱۲-۴	شرایط حرارتی و مقادیر اعداد بدون بعد نسبت ضریب رسانش حرارتی و ناسلت	۱۰۷
جدول ۱۳-۴	ضرایب انتقال حرارت ماتریکس، محیط متخلخل از نتایج تجربی (k_{eff}^{exp}) و معادله (۱۳-۴)	۱۱۱
جدول ۱۴-۴	ضرایب انتقال حرارت ماتریکس (k_m)، محیط متخلخل از نتایج تجربی (k_{eff}^{exp})، معادله (۱۴-۴)	۱۱۳
جدول ۱۵-۴	شرایط ترمودینامیکی هوا و ماتریس در دماهای مختلف	۱۱۵
جدول ۱۶-۴	محاسبه‌ی ضریب انتقال حرارت موثر توسط معادله‌های مختلف با استفاده از داده‌های جدول ۱۵-۴	۱۱۶

فهرست نمودارها

- شکل ۱۲ حجم کنترلی برای اعمال قوانین پایداری ۳۷
- شکل ۲۲ آرایش سری-موازی محیط متخلخل در دو بعد ۴۰
- شکل ۲۲ آرایش مدسی مدل خود سازگار ۴۵
- شکل ۱۲ سطح فراکتال تهیه شده از یک تا سه مرحله ساخت ۴۶
- شکل ۲-۵ شمایی از مسدود انتقال حرارت متشکل از حفره‌ها (لوله‌های کاپیلاری) در محیط متخلخل ۴۷
- شکل ۱۳ حفره‌های تولید شده در بلوک‌های پلیمری سیمانی ۵۴
- شکل ۲۳ بلوک‌های نسوز گرامیک مورد استفاده در پتروشیمی مارون در منطقه‌ی اقتصادی ماهشهر (کوره‌های ۱ تا ۸ واحد الفین) ۵۵
- شکل ۳۳ شمایی از بلوک و حفره جهت شبیه‌سازی ۵۵
- شکل ۴-۳ مکانیزم انتقال حرارت در محیط متخلخل ۵۸
- شکل ۵-۳ مدل خود سازگار تعمیم یافته ۶۴
- شکل ۶-۳ هندسه‌ی انتخابی و نوع مش‌بندی برای جهت شبیه‌سازی تا تخلخل ۵۲٪ ۷۵
- شکل ۷۳ نحوه‌ی قرارگیری آجرهای دیرگداز در یک آجرکاری ۷۶
- شکل ۸-۳ نحوه‌ی شار حرارتی عبوری از یک بلوک و حفره جهت شبیه‌سازی تا تخلخل ۵۲٪ ۷۶
- شکل ۹-۳ شمایی در نظر گرفته شده برای حل عددی جسم کلبه متخلخل بالاتر از ۵۲٪ ۷۷
- شکل ۱-۴ شمایی از بلوک‌ها و حفره‌های مورد نظر با تخلخل ۵۲٪ در جهت‌های (A) کروی (B) مکعبی (C) استوانه‌ای (D) بیضی (E) هگزاگونال (منشور شش بر) ۸۴
- شکل ۲-۴ نمودار نتایج تجربی تحقیق سانجایا و شبیه‌سازی شده برای حجم‌های مفروض در $k_m=0.73$ ۸۶
- شکل ۳-۴ نمودار نتایج تجربی تحقیق سانجایا و شبیه‌سازی شده برای حفره‌های مفروض در $k_m=0.73$ ۸۷
- شکل ۴-۴ نمودار نتایج تجربی تحقیق سانجایا و شبیه‌سازی شده برای حفره‌های مفروض در $k_m=0.4$ ۸۸
- شکل ۵-۴ نمودار نتایج تجربی تحقیق سانجایا و شبیه‌سازی شده برای حفره‌های مفروض در $k_m=2$ (W/mK) ۸۸
- شکل ۶-۴ نمودار استقلال از مش با استفاده از پروفیل دمای جسم جهت شکل ۳-۸ ۹۰
- شکل ۷-۴ نمودار استقلال از مش با استفاده از پروفیل دمای جسم جهت شکل ۳-۹ ۹۱
- شکل ۸-۴ شمایی از بلوک و حفره مورد نظر با تخلخل ۲۰٪ در شبیه‌سازی (A) شکل هندسی (B) پروفیل دمایی ۹۴

- شکل ۹-۴ شمایی از بلوک و حفره مورد نظر به صورت افقی با تخلخل ۳۰٪ در شبیه‌سازی (A) شکل هندسی (B) پروفیل دمایی ۹۵
- شکل ۱۰-۴ شمایی از بلوک و حفره مورد نظر به صورت عمودی با تخلخل ۳۰٪ در شبیه‌سازی (A) شکل هندسی (B) پروفیل دمایی ۹۶
- شکل ۱۱-۴ توزیع دما در جسم با تخلخل ۳۰٪ بر اساس داده‌های حاصل از شبیه‌سازی ۹۸
- شکل ۱۲-۴ توزیع دما در بلوک با شکل حفره‌ی کروی (A) پروفیل دما در بلوک و هوای درون حفره (B) نحوه‌ی حرکت هوا بر اساس تغییر دمای سطح حفره ۹۹
- شکل ۱۳-۴ توزیع سرعت در جسم با تخلخل ۳۰٪ بر اساس داده‌های حاصل از شبیه‌سازی ۹۹
- شکل ۱۴-۴ نحوه‌ی توزیع و بزرگی سرعت هوا در حفره‌های جسم متخلخل در بازه‌ی دمایی [۳۱۳/۱۵] ورودی تا [۲۷۲/۱۵] خروجی | کلون (A) با تخلخل ۳۰٪ بر اساس داده‌های حاصل از شبیه‌سازی ۱۰۰
- شکل ۱۵-۴ نحوه‌ی توزیع سرعت و حرکت هوا در حفره‌های جسم با تخلخل ۳۰٪ و در بازه‌ی دمایی [۳۱۳/۱۵] ورودی تا [۲۷۲/۱۵] خروجی | کلون (A) مقطع $z=0$ و $z=1.7$ و $z=2.5$ میلی‌متر (B) مقطع $z=0$ میلی‌متر ۱۰۰
- شکل ۱۶-۴ تصویر میکروگراف الکترونی از عایق سرامیکی با کاربرد گسترده در عایق‌سازی تجهیزات حرارتی دما بالا ۱۰۳
- شکل ۱۷-۴ نمودار رابطه‌ی ضریب رسانش حرارتی؛ ثوابت معادله ۴-۱ درون پنجره شکل ۱۰۸
- شکل ۱۸-۴ نمودار منحنی تغییرات $Nu(k)$ با عدد ریلی ۱۰۹
- شکل ۱۹-۴ نمودار ضرایب رسانش حرارتی در محیط متخلخل پلیمر سنتزی IPMT ۱۱۲
- شکل ۲۰-۴ نمودار ضرایب رسانش حرارتی موثر در محیط متخلخل پلیمر سنتزی IPM ۱۱۲
- شکل ۲۱-۴ نمودار ضرایب رسانش حرارتی موثر معادله متخلخل فوم پلی‌یورتان بر حسب دما ۱۱۴
- شکل ۲۲-۴ نمودار ضرایب انتقال حرارت موثر محیط متخلخل سرامیکی بر حسب دماهای مختلف ۱۱۷

پیش‌گفتار

این پایان‌نامه در راستای ارائه مدلی جامع برای پیش‌بینی ضریب موثر انتقال حرارت در محیط‌هاست. متخاضل تعریف شده و به اتمام رسیده است. درک مفاهیم بنیادی ارائه این مدل نیازمند شناسایی خواننده از مفاهیم مکانیسم‌های انتقال حرارت (جابجایی، رسانش و تابش)، محیط مایع با مزه حفره‌ها، موازنه انرژی و مومنتوم و آشنایی با نرم افزارهای شبیه‌سازی مانند فلوئنت دارد. فصل اول این پایان‌نامه مقدمه‌ای بر ضرورت پژوهش در این حیطه از علم می‌باشد. فصل دوم به تئوری و روش‌های حل مسئله پرداخته و منابع لازم برای مطالعه علاقه‌مندان به پژوهش در این حیطه از علم و فناوری را معرفی نموده است. ادامه فصل دوم به معرفی مدل‌های ارائه شده، میزان صحت و دقت این مدل‌ها در توصیف دقیق انتقال حرارت پرداخته است. نحوه توسعه مدل جامع ضریب انتقال حرارت موثر و نحوه انجام آزمایش جهت به دست آوردن نتایج تجربی و تصدیق مدل تئوری در فصل سوم تشریح گردید. توصیف مدل تئوری به دست آمده در فصل نتایج و بحث ذکر گردید. ابتدای فصل نتایج و بحث به معرفی یک مدل خاص با اندازه‌ی حفره‌های متوسط مختص می‌پردازد و سپس مدل با نتایج تجربی ارائه شده در نوشتارهای علمی تایید می‌شود. اما پس از این پایان‌نامه گامی مناسب در جهت نیاز شما خواننده عزیز باشد و توفیق برطرف‌ساز و تسکینی در مسیر پژوهش‌های ارزشمند شما نصیب ما گردد.