ICHMT2014-XXXX

استفاده از ترفندهای نواحی خاموش و مرز جاسازی شده جهت حل معادله انتقال تشعشعی در هندسه‌های دوبعدی پیچیده

آرش ابجدپور

دانشجوی دکتری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرطوسی

arash.abjadpour@gmail.com

سیروس آقانجفی

دانشیار، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرطوسی

چکیده

به‌منظور مدل‌سازی انتقال حرارت تابشی در محیط‌های مشارکتی و با حضور دیوارهای خاکستری، علاوه بر پیاده‌سازی روشی جهت در نظر گرفتن رفتار نشری-گسیلی گاز به شیوه‌ای عددی برای حل عددی معادله انتقال و لحاظ کردن شرایط مرزی مختلف نیاز است. به‌علاوه، وجود مرزهای شکسته و خمیده دشوارهایی را به روند حل مساله با شبکه‌های کارتزین اضافه می‌کند.در این مقاله انتقال حرارت تابشی در محفظه‌های دوبعدی حاوی گاز خاکستری با مرزهای خمیده و شکسته، با استفاده از روش جهات گسسته و ترفندهای نواحی خاموش و مرز جاسازی شده، حل‌شده است. تمامی ویژگی‌های گاز خاکستری نظیر جذب، نشر و پراکنش در کار حاضر لحاظ شده است.

واژه‌های کلیدی

انتقال حرارت تابشی، ترفند مرز جاسازی شده، ترفند نواحی خاموش، روش جهات گسسته، گاز خاکستری.

مقدمه

انتقال حرارت تابش به‌عنوان شیوه اساسی تبادل گرما در ادوات و تجهیزات با دمای کار بالا مطرح است. ازجمله مهم‌ترین این تجهیزات می‌توان کوره‌ها، مبدل‌های حرارتی دمای بالا بویلرها را نام برد. هرچند تابش به‌عنوان تنها شیوه انتقال حرارت به محیط مادی برای نشر نیاز ندارد، گازهای فعال ناشی از احتراق با جذب و نشر تابش رفتار پیچیده‌ای از خود نشان می‌دهند. علاوه بر وابستگی خواص ناحیه مشارکتی به دما و فشار و همچنین وابستگی شدید این خواص به طول‌موج ، در حل اینگونه مسائل به شیوه‌ای برای حل معادله انتقال تابشی نیاز است. به‌منظور مدلسازی معادله انتقال تابشی مدل‌های مختلفی ارائه‌شده است که از بین این مدل‌ها روش ناحیه‌ای، روش آماری مونت‌کارلو، روش انتقال گسسته و روش‌های شار نظیر روش حجم محدود، روش جهات گسسته را می‌توان نام برد[۱]. امروزه روش‌های شار به دلیل کاهش مناسب زمان حل و همچنین سازگاری با سایر شیوه‌های انتقال حرارت به‌طور روزافزونی مورداستفاده قرار می‌گیرد.

روش جهات گسسته نخستین بار در سال ۱۹۶۰ توسط چانداراسخار [۲] برای حل مساله انتقال نوترونی ابداع شد. سپس لاو و همکاران، لتروپ، کارلسون و لتروپ، هاتل و ساروفیم این روش را برای محاسبات انتقال حرارت تابشی یک‌بعدی استفاده کردند. در این روش معادله انتقال برای تعداد محدودی از زوایای انتخابی و به‌صورت مجزا حل می‌شود. فایولند روش جهات گسسته را در حل مسائل دوبعدی با مختصات استوانه‌ای و کارتزین به کاربرد. نخستین بار روش جهات گسسته برای حل مسائل سه‌بعدی توسط جمال‌الدین و اسمیت ارائه شد [۲]. فایولند، خلیل و ترولاو از این روش برای حل مسائل چندبعدی استفاده کردند[۳].

شبکه کارتزین که در آن کل محفظه با سلول‌های همسان ازلحاظ شکل و اندازه پوشیده شده است، برای هندسه‌های ساده دوبعدی و سه‌بعدی نظیر مستطیل [۴]، مکعب[۵] و استوانه [۸-۶] به کار گرفته شده است.

در این مقاله به‌منظور گسترش به کارگیری شبکه کارتزین برای حل میدان تابش در هندسه‌های پیچیده دوبعدی، از روش جهات گسسته به همراه ترفندهای نواحی خاموش و مرز جاسازی شده استفاده شده است.

روش جهات گسسته

اساس روش جهات گسسته تقسیم زاویه فضایی کروی به تعداد محدودی زاویه کنترل و در نظر گرفتن یک وزن $\boldsymbol{w_i}$ برای هر یک از این جهات بوده و معادله انتقال برای هر یک از این جهات نوشته می‌شود. انتگرال‌های موجود بر روی زاویه فضایی با یک نماد جمع بر اساس اوزان جهات جایگزین می‌شود. نتیجه نهایی یک مجموعه از معادلات جزئی وابسته برای شدت تابش در جهات مختلف می‌باشد . می‌توان این معادلات را با استفاده از روش‌های تفاضل محدود و حجم محدود جداسازی کرد. معادله انتقال تابش در هر یک از جهات در دستگاه مختصات کارتزین را می‌توان به ترتیب زیر نوشت:

$$\mu_m \frac{\partial I_m}{\partial x} + \eta_m \frac{\partial I_m}{\partial y} + \xi_m \frac{\partial I_m}{\partial z} = -\beta I_m + \beta S_m;$$