ICHMT2014-XXXX

ارزیابی مدل های واکنشی در پیش بینی فرآیند احتراق سوخت گازی ترکیبی متان-اتان

مهران رجبی زرگرآبادی[۱]، مجتبی گلبرارنژاد امیری[۲]

[۱]استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، rajabi@semnan.ac.ir
[۲] کارشناس ارشد مهندسی هوافضا ، دانشگاه سمنان، m.gpl.amiri@gmail.com

چکیده

در مقاله حاضر به مطالعه عددی دو بعدی میدان جریان آشفته واکنشی، سوخت گازی ترکیبی متان و اتان در یک محفظه احتراق استوانه ای متقارن پرداخته شده است. از مدل احتراقی PDF[۱] و مدل آشفتگی $k-\omega(sst)$ [۲] استفاده شده است. توزیع شعاعی دما، کسر مخلوط و کسر مولی گونه های شیمیایی در مقاطع مختلف محفظه احتراق به کمک این مدل ها بدست آمده و با نتایج تجربی و نتایج عددی حاصل از مدل های احتراقی دیگر مقایسه شده است. برای پیش بینی انتقال حرارت تشعشع از مدل تشعشعی انتقال گسسته[۳] استفاده شده و نتایج با حالتی که از تشعشع صرفنظر می شود مقایسه شده است. نتایج حاصل نشان می دهد مدل احتراقی PDF در کنار مدل آشفتگی $k-\omega(sst)$، در مقایسه با مدل های احتراقی دیگر سازگاری بهتری با داده های تجربی دارد. همچنین مدل سازی تشعشع سبب اصلاح نتایج به دست آمده برای توزیع دما شده است.

واژه های کلیدی

محفظه احتراق استوانه ای- جریان واکنشی دیفیوژنی- مدل های آشفتگی- مدل PDF- انتقال حرارت تشعشع

مقدمه

در احتراق غیر پیش آمیخته، سوخت و اکسید کننده با دو جریان مجزا وارد ناحیه واکنش می شوند. نمونه هایی از احتراق غیر پیش آمیخته در کوره های زغال سنگ ساییده، موتورهای احتراق داخلی و محفظه احتراق توربین های گاز رخ می دهد. در چند دهه گذشته، احتراق از یک رشته علمی که تا حد زیادی تجربی است به رشته ای کمی و قابل پیش بینی تبدیل شده است. این پیشرفت ها با فرمول بندی استاندارد از پایه ای تئوریک مشخص کننده تقابل شدید بین تئوری، آزمایش و محاسبات و توصیفی واحد از نقش مکانیک سیالات و سینتیک شیمیایی است.

یکی از مطالب مهمی که در این نوع جریان ها وجود دارد، کوپل کردن واکنش شیمیایی با مدل آشفتگی است. نرخ تولید گونه های شیمیایی، متأثر از آشفتگی موجود در جریان سیال و نوسانات ناشی از آن است. مدل هایی که در زمینه کوپل کردن آشفتگی و واکنش های شیمیایی موجود است، مدل شیمی نرخ محدود[۴] ، شبیه سازی عددی مستقیم[۵] و مدل PDF می باشند.

در بسیاری از مسائل عملی و کاربردی، سرعت واکنش های شیمیایی بسیار زیاد است، به طوری که به محض مخلوط شدن واکنش دهنده ها، واکنش کامل می شود. روشی کلاسیک برای حل این گونه مسائل، توصیف اختلاط واکنش دهنده ها به کمک حل یک کمیت عددی بقائی است. در واقع با فرضیات معینی، تحلیل شیمی حرارتی[۶] می تواند به یک پارامتر کاهش یابد. به این پارامتر کسر مخلوط (f) گویند [۱]. کسر مخلوط به نوبه خود یک کمیت عددی ثابت بوده و بنابراین معادله انتقال حاکم آن دارای ترم چشمه نیست، لذا احتراق به یک مسئله اختلاط ساده تبدیل می شود و مشکلات ناشی از نرخ های غیر خطی و محدود کننده ی واکنش های میانی رفع می گردد.

در این روش معادلات انتقال برای یک یا دو اسکالر ثابت (کسر مخلوط) حل می شوند. در عوض غلظت گونه ها از میدان های کسر مخلوط پیش بینی شده مشتق می شود. روابط لحظه ای بین کسر مخلوط با کسر جرمی، چگالی و دمای گونه ها تحت فرض تعادل شیمیایی بدست می آید، اما پیش بینی جریان واکنشی آشفته ، مرتبط با پیش بینی مقادیر میانگین این کمیت های اسکالر و نوسانی است. اینکه چگونه این مقادیر متوسط به مقادیر لحظه ای مرتبط می شوند بستگی به مدل تعامل آشفتگی- شیمی دارد. در اینجا از یک مدل تابع چگالی احتمال (PDF) فرضی به عنوان یک مدل قطعی در شرایط غیر پیش آمیخته استفاده شده است. تابع چگالی احتمال یا $p(f)$ توصیفی بر نوسانات زمانی f در جریان آشفته است و برای محاسبه مقدار متوسط متغیرهای وابسته به f مورد استفاده قرار می گیرد.

این روش محاسباتی کارآمد است زیرا در آن نیاز به حل تعداد زیادی از معادلات انتقال گونه ها نیست. هنگامی که مفروضات

[1] Probability Density Function
[2] Shear-Stress Transport
[3] DTRM
[4] Finite Rate Chemistry
[5] Direct Numerical Simulation
[6] Thermochemistry