

شبیهسازی عددی احتراق در محیط متخلخل در حالت دو بعدی با استفاده از چهار سازوکار شیمیایی چند مرحلهای مختلف

سیامک حسین پور ^{*} و نگین معلمی خیاوی^{**} دانشگاه صنعتی سهند، دانشکده مهندسی مکانیک (دریافت: ۱۳۸۹/۴/۱، پذیرش: ۱۳۸۹/۷۲۲

در تحقیق حاضر، یک برنامه رایانهای در محیط فرترن برای شبیهسازی دو بعدی احتراق پیش آمیخته هوا- متان در محیط متخلخل نوشته شده است. در کنار این برنامه، از برنامه II CHEMKIN و اطلاعات پایه آن استفاده شده است. معادلات ناویر استوکس، معادلات انرژی فاز جامد و گاز و معادلات انتقال حاکم بر گونههای شیمیایی با استفاده از روش حجم محدود حل شده و برای ارتباط دادن سرعت و فشار از الگوریتم سیمپل (SIMPLE) استفاده شده است. محفظه احتراق مورد مطالعه، یک محفظه مستطیلی متشکل از دو ناحیه است که ناحیه اول، ناحیه پیش گرمایش و ناحیه دوم، ناحیه احتراق است. مهم ترین کار انجام شده در این مقاله، استفاده از چهار سینتیک شیمیایی بر پیش بنی و ناحیه دوم، درای شبیهسازی واکنشهای شیمیایی و بررسی اثر استفاده از این چهار سازوکار شیمیایی بر پیشینی توزیع (Profile) دما، جزء جرمی گونههای شیمیایی و انتشار آلودگیهاست. همچنین تاثیر تغییر ضریب هدایت گرمایی مواد متخلخل نیز بررسی شده است. نتایج نشان میدهد با افزایش ضریب انتقال گرمای هدایت در پایین دست شعله، دمای گاز و ماده متخلخل در ناحیه احتراق کاهش مییایی این کاهش دما موجب کاهش انتشار آلایندهها میشود. همچنین نتایج حاصل

واژگان کلیدی: احتراق، کوره متخلخل، روش حجم محدود، سینتیک شیمیایی، انتقال گرما

مقدمه

در سالهای اخیر، احتراق در محیط متخلخل مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. چرا که این سیستمها دارای مشخصات منحصر به فردی از جمله محدوده توان دینامیکی زیاد، چگالی توان بالا، انتشار کمتر آلایندههایی مانند CO و xNN و سرعت بالای سوختن هستند. در واقع، احتراق در محیط متخلخل به دو دلیل مهم از سیستمهای احتراقی شامل شعله آزاد متمایز میشود. این دو دلیل عبارتاند از: سطح تماس زیاد ماده متخلخل به دو دلیل مهم از سیستمهای احتراق شامل شعله آزاد متمایز میشود. این دو دلیل عبارتاند از: سطح تماس زیاد ماده متخلخل به دو دلیل مهم از سیستمهای احتراق شامل شعله آزاد متمایز میشود. این دو دلیل عبارتاند از: سطح تماس زیاد ماده متخلخل به دو دلیل مهم از سیستمهای احتراق شامل شعله آزاد، کل محموب سوخت و اکسیدکننده که موجب نفوذ و انتقال گرمای موثر در فاز گازی میشود. در احتراق شعله آزاد، کل احتراق در یک محیط گازی اتفاق میافتد در حالی که در محیط متخلخل، در یک ماتریس جامد سه بعدی که حفرههای به هم از سیستمهای احتراق شعله آزاد، کل و اختلاط خوب سوخت و اکسیدکننده که موجب نفوذ و انتقال گرمای موثر در فاز گازی میشود. در احتراق شعله آزاد، کل پیوسته دارد، روی می مدهد. بازده احتراق در محیط متخلخل بیشتر از سیستمهای احتراق معمول است که این امر نتیجه اعتراق در محیط متخلخل بیشتر از سیستمهای احتراق معمول است که این امر نتیجه انتقال گرمای بهتر و موثر از طریق هدایت و تشعشع از سطوح گرم شده است. در واقع آنتالپی گاز احتراقی ماتریس متخلخل را مرای می میز در ناحیه پیش گرمایش به وسیله هدایت و تشعشع گرم می کند. در نتیجه انتقال گرمای هدایت و تشعشع از دمای گاز ورودی است و بنابراین مخلوط نسوخته ورودی توسط ترکیبی از ممای جامد در ناحیه پیش گرمایش به وسیله هدایت و تشعشع گرم می کند. در نتیجه دمای جام گرمای هدایت و تشعشع میشر از دمای گاز ورودی است و بنابراین مخلوط نسوخته ورودی توسط ترکیبی از دمای گرمای هدایت و تشعشع درم می کند. در نتیجه دمای جرمای هدایت و تشعشع از دمای گاز ورودی است و بنابراین مخلوط نسوخته وردی یازده و نرخ احتراق دمای در احیای از مرای هدرو از طرفی موجب افزایش بازده و نرخ احتراق دمای در ارمای هدایت و تشعمه و از طرفی موجب افزایش بازده و مرک در احترای ته و و شرف و و طرف دیگر با کاهش دمای بیشنه می می می انتشار آیاده و هدرو کروی موده و مرودی می می می در احتوه و م

^{*} دانشیار - نویسنده مخاطب (ایمیل: hossainpour@sut.ac.ir)

^{**} دانشجوی کارشناسی ارشد (ایمیل: negin.moallemi@yahoo.com)

توسعه و بهینهسازی مشعلهای محیط متخلخل، نیازمند شبیهسازی تجربی و عددی خواهد بود. از آنجا که تحقیقات آزمایشگاهی مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد است، استفاده از شبیهسازی عددی برای بررسی عملکرد و تاثیر متغیرهای مختلف بر روی توزیع دما و نحوه تولید آلایندهها ضروری به نظر میرسد. بیشتر محققان، برای شبیهسازی احتراق و انتقال گرما در چنین سیستمهایی از شبیهسازی عددی استفاده کردهاند. بیشتر این تحقیقات یک بعدی بوده و از سینتیک شیمیایی یک مرحلهای برای شبیهسازی واکنشهای شیمیایی بهره گرفتهاند. یاشیزاوا و همکارانش در سال ۱۹۸۸ یک شبیهسازی عددی یک مرحلهای برای شبیهسازی واکنشهای شیمیایی بهره گرفتهاند. یاشیزاوا و همکارانش در سال ۱۹۸۸ یک شبیهسازی عددی و ساختار شعله مطالعه کردند[۱]. زو و پریرا در سال ۱۹۹۷ با استفاده از یک سازوکار چند مرحلهای (۲۷ گونه و ۳۳ واکنش) و ساختار شعله مطالعه کردند[۱]. زو و پریرا در سال ۱۹۹۷ با استفاده از یک سازوکار چند مرحلهای در محیط متخلخل کاهش میابد[۲]. چانگ جن به وسیله حل عددی یک بعدی، اثرات افزودن هیدروژن روی احتراق متان را در کورههای متخلخل کاهش مییابد[۲]. چانگ جن به وسیله حل عددی یک بعدی، اثرات افزودن هیدروژن روی احتراق متان را در کورههای متخلخل کاهش مییابد[۲]. چانگ جن به وسیله حل عددی یک بعدی، اثرات افزودن هیدروژن روی احتراق متان را در کورههای متخلخل مورد بررسی و تحلیل قرار دادند[۳]. آماندا جی باررا و همکارانش در سال ۲۰۰۳ یک مطالعه عددی یک بعدی برای مدل کردن یک می و متخلخل دو قسمتی انجام دادند. آنها اثرات ویژگیهای مواد متخلخل را روی پایداری شعله بررسی کردند[۴]. حسین پور کوره متخلخل دو سان ۲۰۰۸ اثرات متغیرهای کوره متخلخل را روی احتراق و تشکیل آلایندها مطالعه کردند. آنها از یک مدل یک بعدی و سینتیک چند مرحلهای استفاده کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان میدهد که انتشار OC و NI به طور عده یک بعدی و سینتیک چند مرحلهای استفاده کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان میدهد که انتشار OC و NI به طور عمده

علاوه بر شبیه سازی های عددی یک بعدی تعداد کمی شبیه سازی دو بعدی نیز انجام شده است. یک مدلسازی عددی دو بعدی توسط محمد و همکارانش در سال ۱۹۹۴ برای پیشبینی بازده گرمایی، توزیع دما و نیز افت فشار با استفاده از سازوکار یک مرحلهای انجام شده است. آنها اثرات تغییر در هندسه، اندازه حفره، هدایت گرمایی، سرعت سوختن و نسبت هوای اضافی را بر روی توزیع دما و انتشار آلایندهها بررسی کردند[۴]. بیدی و همکارانش در سال ۲۰۰۷ یک مطالعه عددی دو بعدی بر روی احتراق در محیط متخلخل انجام دادند. آنها نشان دادند که سینتیک شیمیایی چند مرحلهای منجر به نتایج دقیقتر برای توزیع دما و جزء جرمی گونههای شیمیایی میشود[۷]. ابراهیمی و همکارانش در سال ۲۰۰۷ با استفاده از یک سینتیک چند مرحلهای شامل ۷ گونه و ۵ واکنش، احتراق در محیط متخلخل را شبیه سازی کردند. آنها برای شبیهسازی از یک مدل عددی دو بعدی استفاده کرده و اثرات نسبت هوای اضافی و متغیرهای تشعشع فاز جامد را بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان میدهد که افزایش نسبت هوای اضافی موجب کاهش دمای بیشینه و کاهش انتشار آلایندههایی همچون CO و NO می شود[۸]. به نظر می رسد که مدلسازی یک بعدی کورههای متخلخل برای کورههایی با هندسه پیچیده که برای افزایش محدوده توان دینامیکی و کاربردهای دیگر به کار میروند، چندان دقیق نباشد. بنابراین این مقاله، شبیهسازی عددی دو بعدی احتراق پیش آمیخته هوا-متان را در محیط متخلخل ارائه میدهد و برای شبیهسازی واکنشهای شیمیایی از چند سازوکار احتراقی چند مرحلهای متفاوت استفاده میکند که قبلا این کار در حالت دو بعدی انجام نگرفته است. در این شبیهسازی معادلات ناویر استوکس، معادلات انرژی فاز جامد و گاز و معادلات انتقال گونههای شیمیایی حل شدهاند. برای گسستهسازی معادلات به دست آمده از روش حجم محدود استفاده شده است و فشار و سرعت از طریق الگوریتم سیمپل به هم ارتباط داده شدهاند. در این مدل، معادلات انرژی جداگانهای برای فاز جامد و گاز حل شده است که این دو معادله از طریق انتقال گرمای حجمی به هم مربوط میشوند. انتقال گرمای تشعشع در ماتریس جامد توسط ضریب انتقال گرمای موثر بیان شده است که در قسمتهای بعدی توضیح داده خواهد شد. نرخ پیشرفت واکنشهای شیمیایی، ویژگیهای ترموفیزیکی و ترموشیمیایی توسط برنامه CHEMKINII و اطلاعات یایه آن به دست آمده است[۹].

کوره متخلخل مورد مطالعه در این مقاله، یک کوره مستطیلی با توان ۵kw در نظر گرفته شده است که شامل دو منطقه است: یک منطقه پیش گرمایش و یک منطقه احتراق (شکل۱).



شکل ۱- کوره متخلخل دو قسمتی مورد مطالعه

معمولا منطقه پیش گرمایش از موادی با تخلخل کمتر و هدایت گرمایی پایین و منطقه احتراق از موادی با تخلخل و هدایت گرمایی بالا ساخته میشود. همچنین اندازه حفره در منطقه احتراق بزرگ است. دلیل انتخاب موادی با هدایت گرمایی کمتر و اندازه حفره کوچکتر در منطقه پیش گرمایش، جلوگیری از احتراق در این منطقه است. با این توضیحات، ویژگیهای مواد متخلخل استفاده شده در کوره مورد مطالعه در جدول (۱) آمده است.

ناحيه پيش گرمايش	ناحيه احتراق
ضریب هدایت $=0/1 imes 10^5~{ m w}~/~{ m m-k}$	ضريب هدايت $0/5 imes 10^5 { m w} / { m m-k}$
فريب همرفت = $1 imes 10^7 ext{ w} / ext{m}^3 - ext{ k}$	فريب همرفت = $1 imes 10^8 \mathrm{w} / \mathrm{m}^3 - \mathrm{k}$
تخلخل= ١٠/٧، قطر حفره= ١٥/٥	تخلخل= ۰/۸۵، قطر حفرہ= ۰/۶

جدول ۱- ویژگیهای مواد متخلخل استفاده شده در کوره مورد مطالعه

معادلات حاكم

در این مقاله، یک هندسه متقارن دو بعدی، جریان پایدار، آرام و نیوتنی و ماده متخلخل همگن با اثرات کاتالیستی ناچیز در نظر گرفته شده است. برای شبیهسازی واکنشهای شیمیایی از چهار سازوکار احتراقی متفاوت استفاده شده است. با فرضهای ذکر شده، معادلات به دست آمده به قرار زیر هستند[۱۰]:

شرایط مرزیشرایط مرزی زیر برای به دست آوردن معادلات در نظر گرفته شده است.شرایط مرزی زیر برای به دست آوردن معادلات در نظر گرفته شده است.ececoececo(۱۳)(۱۳)(۱۳)که در آن عضریب انتشار سطح، ۵ ثابت استفان- بولتزمان و ۲۰ دمای محیط است که برابر ۳۰۰ کلوین در نظر گرفته شده است. $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial T_g}{\partial x} = \frac{\partial T_g}{\partial x} = \frac{\partial T_i}{\partial x} (1 - \epsilon) \lambda_s \frac{\partial T_s}{\partial x} = -\epsilon_r \sigma (T_s^4 - T_0^4)$ $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial T_g}{\partial x} = \frac{\partial T_i}{\partial x} = 0$, $(1 - \epsilon) \lambda_s \frac{\partial T_s}{\partial x} = -\epsilon_r \sigma (T_s^4 - T_0^4)$ $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial T_g}{\partial x} = \frac{\partial T_g}{\partial x} = \frac{\partial T_s}{\partial y} = \frac{\partial T_i}{\partial y} = 0$ $\frac{\partial u}{\partial y} = v = \frac{\partial T_g}{\partial y} = \frac{\partial T_s}{\partial y} = \frac{\partial Y_i}{\partial y} = 0$ $\frac{\partial u}{\partial y} = v = \frac{\partial T_g}{\partial y} = \frac{\partial T_s}{\partial y} = \frac{\partial Y_i}{\partial y} = 0$ $\frac{\partial u}{\partial y} = v = \frac{\partial T_g}{\partial y} = \frac{\partial T_s}{\partial y} = \frac{\partial Y_i}{\partial y} = 0$ $\frac{\partial u}{\partial y} = v = \frac{\partial T_g}{\partial y} = \frac{\partial T_s}{\partial y} = \frac{\partial Y_i}{\partial y} = 0$ $\frac{\partial u}{\partial y} = v = \frac{\partial T_g}{\partial y} = \frac{\partial T_s}{\partial y} = \frac{\partial Y_i}{\partial y} = 0$ $\frac{\partial u}{\partial y} = v = \frac{\partial T_g}{\partial y} = \frac{\partial T_s}{\partial y} = \frac{\partial Y_i}{\partial y} = 0$ $\frac{\partial u}{\partial y} =$

مدل عددی

نتايج و بحث

در کار حاضر، احتراق پیش آمیخته هوا- متان در کوره متخلخل دو قسمتی مطالعه شده است. ویژگیهای ترموفیزیکی، ترموشیمیایی و نرخ پیشرفت واکنش توسط زیربرنامه TRANFIT[۵۵] و برنامه CHEMKIN II و اطلاعات پایه آن به دست آمده است. برای شبیهسازی فرایند احتراق از چهار سینتیک چند مرحلهای متفاوت استفاده شده که این چهار سازوکار عبارتاند از: سازوکار اسکلتال (Skeletal)[۶۵]، سازوکار GRI-2.11، سازوکار IV]GRI-3.0 و سازوکاری متشکل از ۱۷ گونه و ۵۸ واکنش. توزیع دما و اجزای جرمی به دست آمده توسط این چهار سازوکار با هم مقایسه شدهاند. برای بررسی حساسیت توزیع دمای مخلوط گاز و ماتریس جامد و انتشار آلایندهها اثرات تغییر در ضریب هدایت گرمایی مطالعه شده است. نتایج به





در شکلهای (۳) تا (۶)، توزیع دمای گاز به دست آمده با استفاده از سازوکارهای مطالعه شده در این مقاله با نتایج تجربی به دست آمده توسط تریمیس و دارست برای کورهای با توان ^{Kw}/m² ۵ و با نسبت هوای اضافی ۱/۵ مقایسه شده است[۱۸]. دلیل تفاوت بین نتایج عددی و تجربی میتواند ناشی از تفاوت و یا عدم دقت بعضی از ویژگیهای ماده متخلخل مانند هدایت گرمایی، ضریب انتقال گرمای حجمی و ویژگیهای تشعشعی باشد. هر گونه تغییر در این ویژگیها منجر به مانند هدایت گرمایی، ضریب انتقال گرمای حجمی و ویژگیهای تشعشعی باشد. هر گونه تغییر در این ویژگیها منجر به مانند هدایت گرمایی، ضریب انتقال گرمای حجمی و ویژگیهای تشعشعی باشد. هر گونه تغییر در این ویژگیها منجر به مانند هدایت گرمایی، ضریب انتقال گرمای حجمی و ویژگیها از طریق کارهای آزمایشگاهی به دست میآیند و با توجه به ساختار پیچیده مواد متخلخل و عملیات مکانیکی مختلف، تعیین این ویژگیها بسیار پیچیده و غیر دقیق است. همان طور که ساختار پیچیده مواد متخلخل و عملیات مکانیکی مختلف تعیین این ویژگیها بسیار پیچیده و تشعشع بیشتر از دمای گاز است و ساختار میرود در ناحیه پیش گرمایش، دمای ماتریس جامد به دلیل انتقال گرمای هدایت و تشعشع بیشتر از دمای گاز است و می انظار می رود در ناحیه پیش گرمایش، دمای ماتریس جامد به دلیل انتقال گرمای هدایت و تشعشع بیشتر از دمای گاز است و در ناحیه ایش و در قدمای میش در این حامی مادر مایت که این موضوع شدیدا تحت تاثیر ضریب انتقال گرمای همرفت و هدایت است که در قسمتهای بعدی توضیح داده خواهد شد.

نتایج حاصل از شبکههایی با تعداد گرههای ۷×۶۵ و ۱۳×۱۳۰ و ۲۶×۲۶۰ بررسی شد. در نهایت نتایج بهتر و درست تر با شبکهای متشکل از کمترین وابستگی به تعداد شبکه را نشان دادند و بعد از این مرحله با ریزتر شدن شبکه تغییر چندانی در نتایج به دست آمده مشاهده نشد. بنابراین تحقیق حاضر با شبکه متشکل از ۲۶×۳۰۰ ادامه داده شد.



شکل ۳- مقایسه توزیع دمای به دست آمده از سازوکار اسکلتال با نتایج تجربی در مشعل متخلخل با نسبت هوای اضافی ۱/۵[۱۸]



شکل ۴- مقایسه توزیع دمای به دست آمده از سازوکاری متشکل از ۱۷ گونه با نتایج تجربی در مشعل متخلخل با نسبت. ما با ان اف ۱۸/۱۰۸۵



شکل ۵- مقایسه توزیع دمای به دست آمده از سازوکار GRI-2.11 با نتایج تجربی در مشعل متخلخل با نسبت هوای اضافی ۱/۵[۱۸]



شکل ۶- مقایسه توزیع دمای به دست آمده از سازوکار GRI-3.0 با نتایج تجربی در مشعل متخلخل با نسبت هوای اضافی ۱/۵[۱۸]

در شکل (۲)، کسر جرمی گونههای شیمیایی اصلی بر روی خط مرکزی کوره با استفاده از سازوکار اسکلتال و در حالت استوکیومتریک، نشان داده شده است. همانطور که مشاهده میشود اکسیژن و متان که جزء واکنش دهندهها هستند، از مقدار اولیه خود در ابتدای واکنش به مقدار تقریبا صفر در انتهای واکنش احتراق رسیدهاند و همچنین دی اکسید کربن و آب که جزء فراوردههای واکنش هستند از مقدار صفر در ابتدای واکنش، به یک مقدار تعادلی در انتهای واکنش رسیدهاند.



شکل ۷- توزیع جزء جرمی گونههای شیمیایی اصلی در حالت استوکیومتریک

همان طور که قبلا ذکر شد، در این مقاله برای مدلسازی واکنش های شیمیایی از چهار سازوکار احتراق در حالت دو بعدی استفاده شده است. شکل (۸) توزیع دمای مخلوط گاز به دست آمده توسط چهار سازوکار احتراقی متفاوت را نشان میدهد.



شکل ۸- توزیع دمای گاز به دست آمده از چهار سازوکار متفاوت در حالت استوکیومتریک و در حالت بزرگنمایی

شکلهای (۹) و (۱۰) و (۱۱) توزیع کسر جرمی گونههای شیمیایی اصلی را با استفاده از چهار سازوکار احتراقی متفاوت نشان میدهند. به نظر میرسد که دو سازوکار GRI.3 و GRI 2.11 داری دقت تقریبا یکسان در پیشبینی انتشار آلایندهها و توزیع دمای مخلوط گاز و ماتریس جامدند. همچنین همانطور که از شکلها مشخص است نتایج حاصل از سازوکار اسکلتال و سازوکار شامل ۱۷ گونه خیلی نزدیک به هم هستند.



شکل ۹- توزیع جزء جرمی گونههای شیمیایی اصلی با استفاده از چهار سازوکار متفاوت در حالت استوکیومتریک و در حالت بزرگنمایی



شکل ۱۰- توزیع جزء جرمی H₂O با استفاده از چهار سازوکار متفاوت در حالت استوکیومتریک و در حالت بزرگنمایی



شکل ۱۱- توزیع جزء جرمی دی اکسید کربن با استفاده از چهار سازوکار متفاوت در حالت استوکیومتریک و در حالت بزرگنمایی

در شکل (۱۲) میزان انتشار مونوکسیدکربن با استفاده از چهار سازوکار احتراقی نشان داده شده است. همانطور که در این شکل دیده میشود میزان مونوکسید کربن پیشبینی شده با استفاده از سازوکارهای GRI-3.0 و GRI-2.11 بیشتر از دو سازوکار دیگر است. البته میزان مونوکسید کربن خروجی از کوره پیشبینی شده توسط همه سازوکارها در حالت کلی تفاوت بسیار کمی دارد. در شکل (۱۳)، میزان انتشار NO با استفاده از چهار سازوکار احتراقی نشان داده شده است. همانطور که در این شکل دیده میشود، همانند توزیع کسر جرمی مونوکسید کربن، میزان انتشار NO پیشبینی شده با استفاده از سازوکارهای GRI-3.0 و GRI-3.11 بیشتر از دو سازوکار دیگر است و به دلیل این که سازوکار شامل ۱۷ گونه شیمیایی شامل گونه NO نیست، این سازوکار میزان انتشار NO را صفر نشان میدهد.



شکل ۱۲- میزان انتشار مونوکسیدکربن با استفاده از چهار سازوکار متفاوت در حالت استوکیومتریک و در حالت بزرگنمایی



شکل ۱۳- میزان انتشار NO با استفاده از چهار سازوکار متفاوت در حالت استوکیومتریک و در حالت بزرگنمایی

در این قسمت با ثابت نگه داشتن ضریب هدایت گرمایی در بالادست، ضریب هدایت گرمایی در پایین دست تغییر داده شده و اثرات آن بر روی توزیع دما و انتشار آلایندهها بررسی شده است. شکل (۱۴) توزیع دمای گاز را برای مقادیر مختلف هدایت گرمایی در پایین دست نشان میدهد. همانطوری که دیده میشود با افزایش هدایت گرمایی در پایین دست (با ثابت نگه داشتن آن در بالادست) دمای گاز در پایین دست کاهش و در بالا دست افزایش می ابد. این امر را میتوان این گونه توجیه کرد که با افزایش هدایت گرمایی در پایین دست گرمای بیشتری از ماتریس جامد به بالادست انتقال می ابد که در نتیجه باعث کاهش دما در پایین دست و افزایش دما در بالادست میشود و همچنین باعث میشود مخلوط گاز ورودی بیشتر گرم شود. مسلما با کاهش دما در ناحیه احتراق انتشار آلایندهها نیز کاهش پیدا خواهد کرد. در شکل (۱۵) میزان انتشار NO برای مقادیر مختلف هدایت گرمایی در پایین دست کوره نشان داده شده است.



شکل ۱۴- توزیع دمای گاز برای مقادیر مختلف هدایت گرمایی در پایین دست در حالت استوکیومتریک



شکل ۱۵– میزان انتشار NO در حالت بزرگنمایی برای مقادیر مختلف هدایت گرمایی در پایین دست در حالت استوکیومتریک

نتيجهگيرى

به طور خلاصه نتایج به دست آمده از این مقاله به شرح زیر هستند: - نتایج به دست آمده از هر چهار سازوکار تطابق خوبی با نتایج تجربی دارند. - سازوکار GRI 2.11 تطابق بسیار خوبی با سازوکار GRI-3.0 نشان میدهد. بنابراین میتوان از سازوکار GRI-2.11 به دلیل هزینه و زمان کمتر به جای سازوکار GRI-3.0 استفاده کرد. همچنین سازوکار اسکلتال و سازوکار متشکل از ۱۷ گونه دارای دقت تقریبا یکسان در پیشبینی توزیع دما و محصولات احتراقی هستند. - با افزایش ضریب انتقال گرمای هدایت در پایین دست و ثابت نگه داشتن آن در بالادست، دمای گاز و ماده متخلخل در ناحیه احتراق کاهش و در ناحیه پیش گرمایش افزایش مییابد. کاهش دما در ناحیه احتراق موجب کاهش انتشار آلایندهها میشود.

مراجع

- Yoshizawa, Y., Sasaki, K., and Echigo, R. "Analytical Study o the Structure of Radiation Controlled Flame," Int. J. Heat Mass Transfer, 31, pp. 311-319, 1988.
- Zhou, X. Y., and Pereira, J. C. F., "Numerical Study of Combustion and Pollutions Formation in Inert Non Homogenous Porous Media," Combustion Science Technology, 130, pp. 335-364, 1997.
- Tseng, C., "Effects of Hydrogen Addition on Methane Combustion in a Porous Medium Burner," International Journal of Hydrogen Energy, 27, pp. 699-707, 2002.
- 4. Barra, A. J., Diepvens, G., Ellzey, J. L., and Henneke, M. R., "Numerical of the Effect of Material Properties on Flame Stabilization in a Porous Burner," Combustion and Flame, 134, pp. 369-379, 2003.
- S. Hossainpour, and B. Haddadi, "Numerical Study of the Effects of Porous Burner Parameters on Combustion and Pollutant Formations," World Congress on Engineering, WCE 2008, London, U.K, pp. 1505-1510, July, 2008.
- Mohamad, A. A., Ramadhyani, S., and Viskanta, R. "Modeling of Combustion and Heat Transfer in a Packed Bed with Embedded Coolant Tubes," Int. J. Heat Mass Transfer, 37, pp. 1181-1191, 1994.
- Bidi, M., Saffar Avval, M., and Heyrani Nobari, M., "A Two-Dimensional Numerical Study of Combustion in Porous Media," Eurotherm Seminar N° 81 Reactive Heat Transfer in Porous Media, 2007.
- Farzaneh, M., Ebrahimi, R., Shams, M., and Shafiey, M., "Two-Dimensional Numerical Simulation of Combustion and Heat Transfer in Porous Burners," Engineering letters, 15, No. 2, EL 15 2 28, 2007.
- 9. Kee, R. J., Miller, J. A., and Jefferson, T. H., CHEMKIN: A General Purpose Problem Independent, Transportable, Fortran, Chemical Kinetic Program Package, Sandia National Lab. Report, SAND80-8003, 1996.
- Malico, I., Zhou, X. Y., and Pereira, J. C. F., "Two-Dimensional Numerical Study on Combustion and Pollutants Formation in Porous Burner," Combust. Sci. and Tech, 152, pp. 57-59, 2000.
- 11. Vafai, K., Handbook of Porous Media, Taylor & Francis Group, LIC, 2005.
- Nemoda, S., Trimis, D., and Zivkovich, G., "Numerical Simulation of Porous Burners and Hole Plate Surface Burners," 8, No. 1, pp. 3-17, 2004.
- Kee, R. J., Rupley, F. M., and Miller, J. A., The Chemkin Thermodynamic Data Base. Sandia National Laboratories, Rept. SAND-8215B, 1992.
- 14. Brown, P. N., Byrne, G. D., and Hindmarsh, A. C., "VODE: a Variable Coefficient ODE Solver," SIAM J. Sci. Stat. Comput., 10, pp. 1038-1051, 1989.
- Kee, R. J., Dixon-LEWIS, G., Warnatz, J., Coltrin, M. E., and Miler, J. A., "A Fortran Computer Code Package for the Evaluation of Gas Phase Multi-component Transport Properties," Sandia National Lab. Report SAND 86-8246, 1996.
- P. Glarborg, N. I. Lilleheie, S. Byggstoyl, B. F. Magnussen, P. Kilpinen, and M. Hupa, "A Reduced Mechanism for Nitrogen Chemistry in Methane Combustion," 24th Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, 24, No. 1, pp. 889-89, 1992.
- G. P. Smith, D. M. Golden, M. Frenklach, N. W. Moriarty, B. Eiteneer, M. Goldenberg, C. T. Bowman, R. K. Hanson, S. Song, W. C. Gardiner Jr., V. Lissianski, and Z. Qin, available at: http://www.me.berekeley.edu/gri_mech
- F. Durst, and D. Trimis, "Compact Porous Medium Burner and Heat Transfer Exchanger for Household Applications," EC project report, Contact no. JOEC-CT95-0019, 1996.

English Abstract

Two-Dimensional Numerical Simulation of Combustion in Porous Burners using for Multi-Steps Kinetics Mechanisms

S. Hossainpour and N. Moallemi Khiavi Department of Mechanical Engineering, Sahand University of Technology

This work reports a two-dimensional numerical modeling of premixed methane/air combustion in porous media. To this end, a Fortran code with CHEMKIN II is used along with its database. This code solves the Navier-Stokes, the solid and gas energy and the chemical species transport equations using finite volume method. The pressure and velocity are coupled with the SIMPLE algorithm. The burner under study is a rectangular one with two different regions: the first region is a preheating zone (low porosity), and the second region is a combustion zone (high porosity). The importance of this work is due to its use of multistep kinetics for simulating chemical reactions. In addition, the effects of changes in conduction coefficient on temperature profiles, chemical species mass fractions and pollutant emissions are investigated. It has been shown that by increasing conduction coefficient in the downstream of flame, gas and solid temperature will decrease in this zone resulting reduction in pollutant formation. Also predictions using these four different chemical mechanisms correspond to each other.

Keywords: Combustion, Porous media burner, Finite volume method, Multi-step mechanism, Heat transfer