

تحلیل و کاهش مکانیزم سوخت JP10 در راکتور حجم ثابت و بررسی تغییرات گونه‌های مهم

نازیلا الهدادی
دانشجوی کارشناسی ارشد - دانشگاه بیرجند
nazila.allahdadi@birjand.ac.ir

مجتبی رضاپور
دانشجوی کارشناسی ارشد - دانشگاه بیرجند
m.rezapour@birjand.ac.ir

جواد خادم
دانشیار - دانشگاه بیرجند
jkhadem@birjand.ac.ir

چکیده

پراختند، سپس پارامترهایی از جمله سرعت آرام سوزش و زمان اشتعال بر حسب دما را در طیف وسیعی از نسبت هم ارزی و فشار مقایسه نمودند. فنگ و همکاران در [۴]، با روش ترکیب مطالعه مکانیزم کاهشی سوخت بوتان - نرمال که جایگزین بسیار مناسبی برای بنزین است، را انجام دادند. روش‌های آن‌ها عبارتند از روش گراف جهت‌دار با خطای انتشار و تجزیه و تحلیل حساسیت و تجزیه و تحلیل تولید انترپوی است که برای حذف گونه‌های بی‌اهمیت استفاده کردند و در نهایت واکنش ۱۸۸۴ تایی و ۳۲۶ گونه را به مکانیزم ۲۸۵ واکنش با ۷۵ گونه کاهش دادند و نتایج را با استفاده از یک مدل موتور در نرم‌افزار کمکین با مکانیزم اصلی مقایسه نمودند.

سرودی و غفوریان در [۵]، به مطالعه روش الگوریتمی ساده‌سازی مکانیزم‌های شیمیایی توسعه‌یافته که در آن اجزای زائد با استفاده از آنالیز جریان واکنش و حذف واکنش‌های زائد، به کمک آنالیز حساسیت شناسایی از مکانیزم کامل پرداختند. در نتیجه مکانیزم کوچک‌تری موسوم به مکانیزم اسکلتی برای متان بدست آوردند، سپس در یک راکتور کاملاً آمیخته مورد آزمون قرار دادند. درصد خطای مدل مقایسه‌ای بین مکانیزم کامل و مکانیزم اسکلتی را حدود ۵ درصد گزارش کردند.

وانگ و همکاران در [۶]، از کاهش مکانیزم ترکیبی بوتانول و بیودیزل برای موتور دوگانه سوز استفاده کردند، آن‌ها مکانیزم کاهشی آن - بوتان را با یک مکانیزم کاهشی بیودیزل ادغام کردند و به یک مکانیزم با ۷۶۵ واکنش و ۱۷۱ گونه رسیدند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که فشار پیش بینی شده و پروفیل نرخ انتقال حرارت و همچنین، HC، CO، NO_x و انتشار دوده در شرایط مختلف به خوبی با داده‌های تجربی منطبق هستند. همچنین آن‌ها نشان دادند که در طول احتراق رادیکال‌های OH در دماهای پایین توسط بیودیزل تولید و توسط بوتان - نرمال مصرف می‌شود.

پورقاسمی و همکاران در [۷]، شبیه‌سازی یک موتور اشتعال تراکمی سوخت همگن^۳ با استفاده از یک مکانیزم کاهشی گاز طبیعی را انجام دادند. نتایج مدل را با مکانیزم کاهشی مقایسه کردند و هفت شرایط متفاوت را بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که این کاهش مکانیزم عملکرد قابل اعتمادی برای پیش‌بینی احتراق، تولید گازهای گل‌خانه‌ای و بهبود زمان اشتعال را به همراه داشته است و مکانیزم به ۲۶ گونه و ۶۳ واکنش کاهش یافته است.

با توجه به بررسی‌های انجام شده و اهمیت کاهش مکانیزم، در مقاله حاضر مکانیزم اصلی JP10 شامل ۶۹۳ گونه و ۱۵۵۱۸ واکنش با دو روش گراف جهت‌دار مستقیم (DRG) و گراف جهت‌دار با خطای انتشار (DRGEP) کاهش داده شده است.

در مقاله حاضر، کاهش مکانیزم سوخت JP10 که شامل ۶۹۳ گونه و ۱۵۵۱۸ واکنش می‌باشد، با دو روش گراف جهت‌دار مستقیم و گراف جهت‌دار با خطای انتشار در شرایط مختلف از نظر دما، فشار و نسبت هم‌ارزی با استفاده از نرم‌افزار Ansys Chemkin مورد بررسی قرار گرفته است. با کاهش دما، تغییرات فشار تاثیر کمتری بر کسر مولی گونه‌ها بین مکانیزم اصلی و کاهش‌یافته دارد. در حالت نسبت هم ارزی ۱، مشاهده می‌شود تغییرات کسر مولی دو گونه‌ی مونواکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن بین مکانیزم اصلی و کاهش یافته بسیار بر هم منطبق است. پس از بررسی کاهش مکانیزم، تعداد واکنش‌ها و گونه‌های موجود در سوخت JP10 برای نسبت هم‌ارزی ۰/۵ به ۲۸۶۳ واکنش و ۱۷۳ گونه و برای نسبت هم‌ارزی یک به ۹۵۸۳ واکنش و ۳۴۳ گونه کاهش یافته است، همچنین زمان اشتعال در دمای ۱۲۰۰ کلوبین برای مکانیزم اصلی ۰/۰۹۸ ثانیه بوده و برای مکانیزم کاهش یافته ۰/۲۸۵۹ ثانیه می‌باشد ولی برای دمای ۱۳۵۰ کلوبین زمان اشتعال برای مکانیزم‌های اصلی و کاهش یافته به ترتیب برابر با ۰/۷۵ و ۱ میلی‌ثانیه می‌باشند که از مهمترین نتایج این مدل‌سازی است.

کلمات کلیدی: مکانیزم کاهشی - کسر مولی - نسبت هم‌ارزی - سوخت JP10

مقدمه

سوخت JP10 یکی از سوخت‌های پریودیک (حلقوی) با چگالی و انرژی بالا می‌باشد که در کاربردهای پدافندی، محفظه احتراق حجم محدود از قبیل راجت‌های مافوق صوت، موتورهای انفجار پالسی^۱ و کاربردهای پرواز با سرعت بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرمول شیمیایی این سوخت C₁₀H₁₆ می‌باشد که به‌وسیله هیدروژناسیون، دی‌سیکلوپنتادین تولید می‌شود. برخلاف بیشتر سوخت‌ها JP10 مخلوط نیست و از این رو به سهولت می‌توان بصورت تئوری مدل نمود [۱]. فراسولداتی و همکاران [۲]، با جانشین کردن انواع مکانیزم کاهشی سوخت دیزل به همراه خطاهای متفاوت در یک موتور در حالت حجم ثابت به مقایسه عملکرد مکانیزم‌های اسکلتی پرداختند. آن‌ها با بررسی پارامترهای مختلفی از جمله تغییرات کسر مولی برخی گونه‌ها و آنالیز سرعت شعله آرام و زمان احتراق بهترین مدل مکانیزم اسکلتی را که بتوان جایگزین مکانیزم کامل کرد را انتخاب کردند. این انتخاب براساس مقایسه با مدل آزمایشی موجود صورت گرفت و در نهایت دریافتند مدل مکانیزم اسکلتی پلیمی^۲ نزدیک‌ترین مدل به واقعیت است. جوآن پرینس و همکاران [۳]، به بررسی مکانیزم کاهشی برای سوخت بوتان - نرمال با تعداد ۲۳۵ واکنش

¹ PDE

² Polimi

³ HCCI

معرفی روش کاهش

شناسایی و حذف اجزا شیمیایی بی‌اهمیت در مقایسه با شناسایی و حذف واکنش‌های بنیادین بی‌اهمیت، از دشواری بیشتری برخوردار می‌باشد. زیرا واکنش‌های بنیادین، سهم ناچیزی در نرخ تولید هر جز شیمیایی ایفا می‌کنند. درحالی که به علت وجود کوپلینگ بین اجزا شیمیایی، شناسایی و حذف آن‌ها دشوارتر می‌باشد. در صورتی که نیاز به حفظ یک واکنش شیمیایی در مکانیزم اسکلتی باشد، باید آن دسته از اجزا شیمیایی که به طور قوی با آن کوپل می‌شوند، در مکانیزم حفظ شوند. این دو تحلیل حساسیت در مراحل زیر انجام می‌شوند:

(۱) پس از DRG / DRGEP کوچک‌ترین مکانیزم اسکلتی را که با معیارهای خطا مطابقت دارد تولید می‌شود.

(۲) هر گونه کم‌اهمیت به صورت جداگانه از کوچک‌ترین مکانیزم اسکلتی قابل قبول تولید شده توسط DRG / DRGEP حذف می‌شود.

(۳) با توجه به خطای القا شده در مکانیزم، گونه‌های کم‌اهمیت از بیشترین خطا به کمترین خطا حذف خواهند شد.

(۴) حذف گونه‌های کم‌اهمیت از کوچک‌ترین مکانیزم اسکلتی تولید شده توسط DRG / DRGEP به ترتیب مرتب شده در مرحله ۳ انجام می‌شود و تا زمانی که این میزان خطا از مقدار وارد شده کمتر باشد این روند ادامه می‌یابد در غیراین صورت مکانیزم اسکلتی متوقف می‌گردد.

در روش DRG، به منظور کمی کردن تاثیر مستقیم یک جزء شیمیایی بر روی دیگری، سهم نرمالیز شده (خطای فوری) جزء شیمیایی B بر روی نرخ تولید جزء شیمیایی A، را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود:

$$r_{AB} = \frac{\sum_{i=1,I} |V_{A,i} \omega_i \delta_{Bi}|}{\sum_{i=1,I} |V_{A,i} \omega_i|}$$

$$\delta_{Bi} = \begin{cases} 1, & \text{if the } i\text{th reaction involves species B} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

در صورتیکه مقدار نرمالیز شده r_{AB} به میزان کافی بزرگ باشد، حذف جزء شیمیایی B از مکانیزم شیمیایی سبب ایجاد مقدار خطای زیاد در نرخ تولید جزء شیمیایی A می‌گردد. متعاقباً اگر A نگه داشته شود، B نیز باید در مکانیزم حفظ شود. در چنین مواردی اصطلاحاً بیان می‌شود که جزء شیمیایی A به طور قوی وابسته به جزء شیمیایی B می‌باشد. به منظور کمی کردن میزان وابستگی A و B یک متغیر ϵ با مقداری کوچک تعریف می‌شود. به ازای $r_{AB} < \epsilon$ ، میزان وابستگی را می‌توان ناچیز در نظر گرفت و در نتیجه هیچ وجهی بین A و B وجود ندارد.

روش DRGEP، در قاعده کلی با روش DRG در شناسایی جهت اتصال گونه‌ها در استفاده از خطای فوری r_{AB} مشترک است. در این روش زمانی که گونه A در مکانیزم نگه‌داشته می‌شود، همه‌ی دیگر گونه‌هایی که از طریق گونه A به طریق مستقیم و غیرمستقیم قابل دسترس هستند.

معادلات حاکم

قانون بقای جرم برای راکتور حجم ثابت:

$$\frac{dm}{dt} = \sum_{in} \dot{m} - \sum_{out} \dot{m} \quad (1)$$

معادله انرژی:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{W} - \dot{Q} + \sum_{in} \dot{m}_{in} h_{in} - \sum_{out} \dot{m}_{out} h_{out} \quad (2)$$

برای نرخ تغییر جرم هرگونه داریم:

$$\frac{dmY_k}{dt} = \sum_{in} \dot{m}_{in} Y_{k,in} - \sum_{out} \dot{m}_{out} Y_{k,out} \quad (3)$$

که در روابط فوق \dot{m} دبی جرمی، E انرژی داخلی، \dot{Q} گرمای حاصل از احتراق،

h آنتالپی، \dot{W} ترم کار و Y کسر جرمی گونه‌ها می‌باشند همچنین در رابطه (۲) ترم کار به دلیل استفاده از راکتور حجم ثابت حذف می‌شود.

نتایج

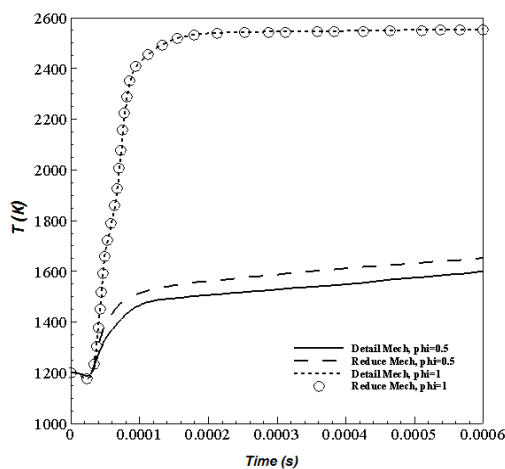
شرایط کلی مطالعه انجام شده برای دو نسبت هم‌ارزی ۰/۵ و ۱ در دما و فشارهای متفاوت مشاهده می‌شود. در بررسی کاهش مکانیزم تعداد واکنش‌ها و گونه‌های موجود در سوخت JP10 برای نسبت هم‌ارزی ۰/۵ به ۲۸۶۳ واکنش و ۱۷۲ گونه، برای نسبت هم‌ارزی ۱ به ۹۵۸۳ واکنش و ۳۴۳ گونه کاهش یافته است.

جدول (۱)، شرایط حاکم بر راکتور حجم ثابت استفاده شده در این مطالعه و مقدار نهایی تعداد واکنش‌ها و گونه‌ها در مکانیزم اسکلتی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- شرایط حاکم بر راکتور و مقدار نهایی تعداد مکانیزم و گونه‌ها

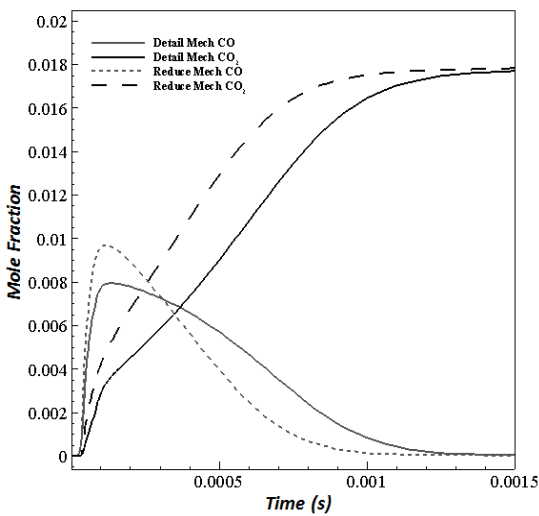
	ϕ	P(bar)	T(K)
1	0.5	10-100	1200-1500
2	1	10-100	1200-1500

برای اعتبار سنجی مدل حاضر، تغییرات دما برحسب زمان در شرایط دمایی ۱۲۰۰ کلوین و فشار ۵۵ بار برای دو نسبت هم‌ارزی برابر ۰/۵ و ۱، بررسی شده که در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود این تغییرات در مدل‌سازی با مکانیزم اصلی نسبت به مکانیزم کاهش یافته در شرایط یکسان تطابق داشته است و برای نسبت هم‌ارزی برابر با ۰/۵ این تطابق کمتر است بطوری که بیشینه درصد خطای اعتبار سنجی برابر با ۳/۸ درصد مشاهده می‌شود.

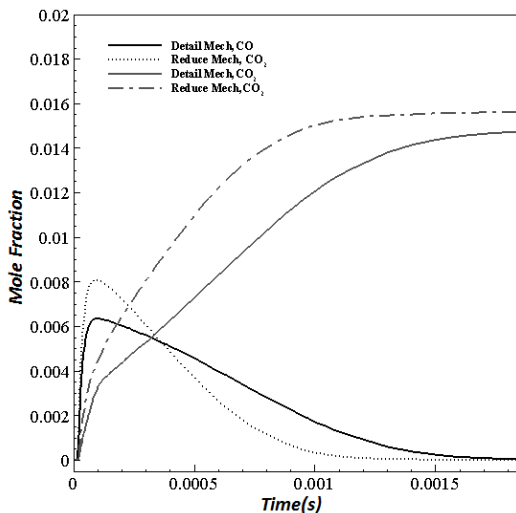


شکل ۱- نمودار اعتبار سنجی برای دمایی ۱۲۰۰ کلوین و فشار ۵۵ بار

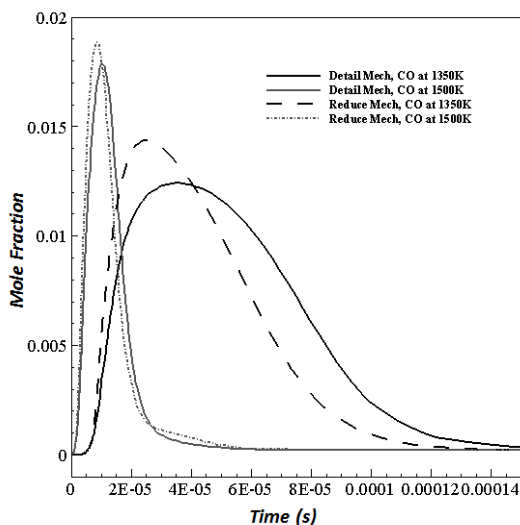
مشاهده می‌شود.



شکل ۳- تغییرات کسر مولی گونه های CO و CO₂ در فشار ۵۵ بار و دمای ۱۲۰۰ کلوین

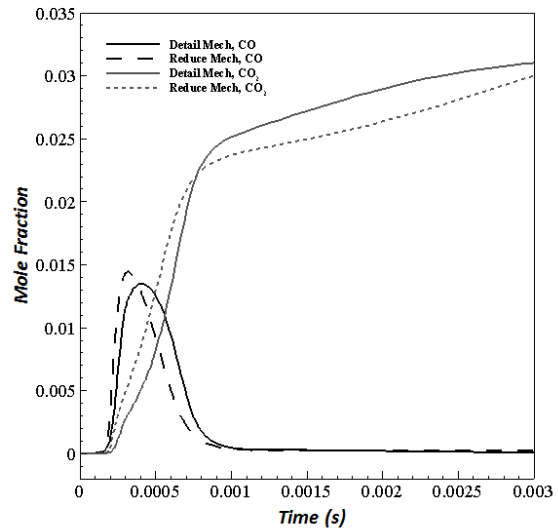


شکل ۴- تغییرات کسر مولی گونه های CO و CO₂ در فشار ۱۰۰ بار و دمای ۱۲۰۰ کلوین



شکل ۵- تغییرات کسر مولی مونواکسیدکربن با زمان در فشار ۵۵ بار

شکل ۲ تغییرات کسر مولی دو گونه CO و CO₂ را برای دو مکانیزم اصلی و کاهش یافته تحت شرایط ۱۲۰۰ کلوین و فشار ۱۰ بار، نشان می‌دهد. مطابق با این شکل گونه CO نقش گونه میانی داشته و ابتدا تولید و سپس مصرف می‌شود علاوه بر این تولید گونه CO₂ نسبت به تولید گونه CO بیشتر می‌باشد. همچنین تمام CO تولید شده، بطور کامل مصرف خواهد شد. بیشترین در صد خطای موجود بین مکانیزم اصلی و کاهش یافته برای گونه CO و CO₂ بترتیب برابر است با ۳۰ و ۱۳/۸ درصد است.



شکل ۲- تغییرات کسر مولی گونه های CO و CO₂ در فشار ۱۰ بار و دمای ۱۲۰۰ کلوین

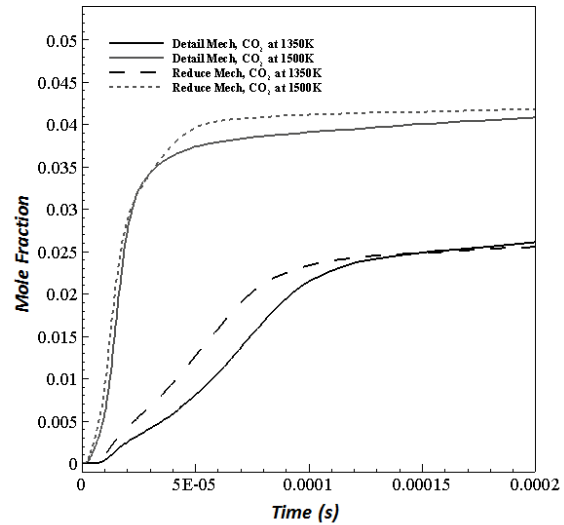
شکل ۳، تغییرات کسر مولی گونه های CO و CO₂ در فشار ۵۵ بار و دمای ۱۲۰۰ کلوین را نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۳ زمان مصرف گونه CO در فشار ۵۵ بار بیشتر می‌شود بطوری که در فشار ۵۵ بار طی زمان ۱/۵ میلی ثانیه مصرف شده، این در حالی است که در شکل ۲ برای فشار ۱۰ بار است زمان مصرف این گونه ۰/۸ میلی ثانیه بود.

در شکل ۴، نمودار تغییرات کسر مولی گونه های CO و CO₂ مشابه حالت قبل بوده ولی با این تفاوت که در فشار ۵۵ بار میزان تولید CO₂ حدود ۰/۱۸ است به طوری که در فشار ۱۰۰ بار کسر مولی تولید CO₂ برابر با ۰/۱۶ برای مکانیزم کاهش یافته و ۰/۱۴ برای مکانیزم اصلی می‌باشد. این تفاوت برای گونه CO نیز دیده می‌شود، پس با افزایش فشار در یک دمای ثابت و نسبت هم‌ارزی مشخص کسر مولی این دو گونه کاهش می‌یابد.

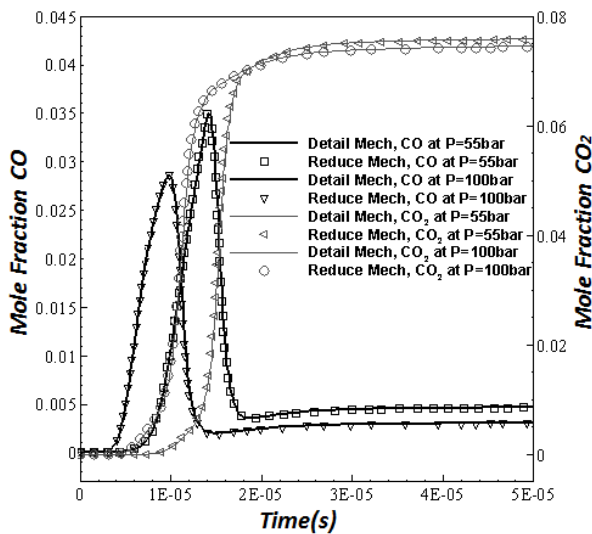
در شکل ۵ تغییرات کسر مولی CO در فشار ۵۵ بار و تحت دماهای ۱۳۵۰ و ۱۵۰۰ کلوین برای نسبت هم‌ارزی ۰/۵ دیده می‌شود. مطابق با این شکل تغییرات کسر مولی CO بین مکانیزم اصلی و کاهش یافته با افزایش دما کمتر می‌شود به طوری که بیشترین اختلاف این مقادیر در دمای ۱۳۵۰ کلوین و زمان ۰/۰۰۰۱ ثانیه می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تولید و مصرف CO در دمای ۱۵۰۰ کلوین نسبت به دمای ۱۳۵۰ کلوین بیشتر است و هم‌چنین در زمان زودتری تولید این گونه اتفاق می‌افتد.

شکل ۶، تغییرات کسر مولی CO₂ نسبت به زمان را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان تغییرات کسر مولی CO₂ در زمان بین ۰ تا ۰/۰۰۰۰۵ ثانیه برای دمای ۱۵۰۰ کلوین و در زمان‌های بیشتر از ۰/۰۰۰۰۵ برای دمای ۱۳۵۰ کلوین بین مکانیزم اصلی و کاهش یافته تطابق خوبی

شکل ۸ تغییرات گونه دی‌اکسیدکربن و کربن‌مونواکسید با زمان در فشار-های مختلف برای دمای ۱۳۵۰ کلوین را نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود تغییرات فشار در این دما حتی در زمان تولید کسر مولی این گونه هم تاثیر ندارد ولی زمان تولید با افزایش فشار، کاهش می‌یابد و فقط افزایش دما باعث تولید نهایی بیشتر این گونه می‌شود. علاوه براین با مقایسه نتایج بین شکل ۳ و شکل ۸ مشاهده می‌شود که افزایش دما باعث تولید بیشتر CO₂ و CO می‌گردد. همچنین در این دما تغییرات فشار باعث عدم تطابق تغییرات کسر مولی بین مکانیزم اصلی و کاهش‌یافته نمی‌شود.



شکل ۶- تغییرات کسر مولی کربن‌دی‌اکسید با زمان در دماهای مختلف برای فشار ۵۵ بار و نسبت هم‌ارزی ۰/۵



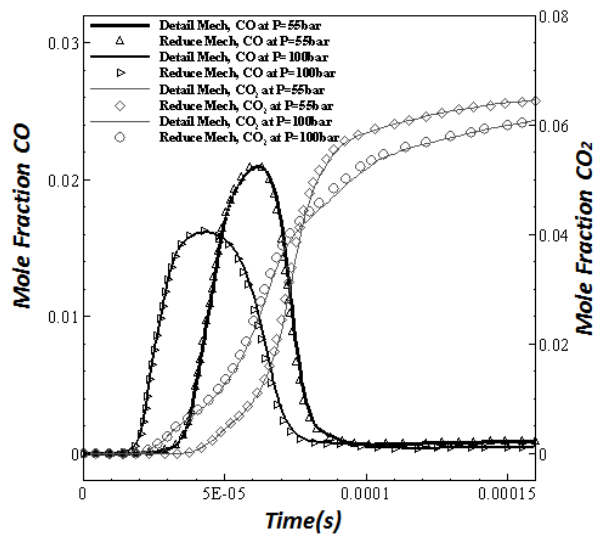
شکل ۸- تغییرات کسر مولی CO و CO₂ با زمان در فشارهای مختلف برای نسبت هم‌ارزی ۱ و دمای ۱۳۵۰ کلوین

تغییرات کسر مولی دی‌اکسیدکربن و کربن‌مونواکسید با زمان در دماهای مختلف برای فشار ثابت ۵۵ بار در شکل ۵ و شکل ۶، تغییرات این گونه‌ها با زمان در فشارهای مختلف برای دمای ثابت ۱۵۰۰ کلوین در شکل ۹ مشاهده می‌شود. از مقایسه این دو نمودار مشخص می‌شود که گونه CO₂ در هر دو حالت دما ثابت و فشار ثابت فقط تولید می‌شود و بعد از گذشت زمانی اندک به مقدار تولیدی ثابتی می‌رسد. مطابق با شکل ۶ کاهش دما، مقدار تولید نهایی دی‌اکسیدکربن را کاهش می‌دهد اما بر طبق شکل ۹ تغییرات فشار، مقدار تولید نهایی را تغییر نمی‌دهد و به‌طور کلی می‌توان گفت تغییرات فشار تاثیری در میزان کسر مولی نهایی دی‌اکسیدکربن ندارد و فقط افزایش فشار، زمان تولید کسر مولی این گونه را کاهش می‌دهد. این درحالی است که با افزایش دما زمان تولید شدن دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد در صورتی که تولید نهایی این گونه را افزایش می‌دهد. شایان ذکر است این نتایج برای گونه CO نیز برقرار است با این تفاوت که چون گونه CO مصرف می‌شود، زمان مصرف شدن کاهش می‌یابد. به طور مثال زمان تولید گونه CO با افزایش فشار در دمای ۱۵۰۰ کلوین حدود ۲۵ درصد و برای گونه CO₂ در همین شرایط حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

از نتایج قسمت قبل می‌توان دریافت در دمای ۱۲۰۰ کلوین گونه CO در زمان بیشتری نسبت به دو دمای ۱۳۵۰ و ۱۵۰۰ کلوین تولید می‌شود و بعد از آن حدود ۳ درصد مصرف می‌شود که می‌توان از مصرف آن صرف نظر کرد همچنین زمان شروع تولید دو گونه یکسان می‌باشد.

شکل ۷ تغییرات کسر مولی CO و CO₂ با زمان در نسبت هم‌ارزی ۱ و دمای ۱۲۰۰ کلوین در فشارهای مختلف برای دو مکانیزم اصلی و کاهش-یافته را نشان می‌دهد. مطابق با این شکل و نتایج قسمت قبل برای گونه‌های CO و CO₂ با افزایش نسبت هم‌ارزی کسر مولی این دو گونه به طور قابل چشمگیری افزایش می‌یابد به طوری که این افزایش برای CO₂، ۷/۲۲ درصد و برای CO، ۵۰ درصد است.

همچنین در نسبت هم‌ارزی برابر با ۱ با نتایج مربوط به تغییرات کسر مولی برای مکانیزم اصلی و کاهش‌یافته بر هم منطبق اند.

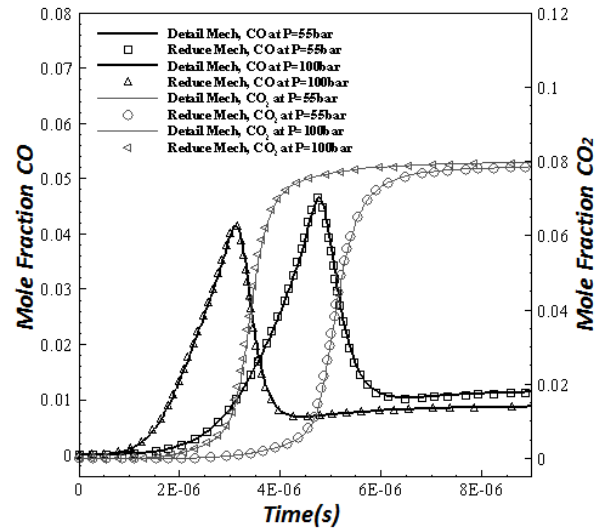


شکل ۷- تغییرات کسر مولی CO و CO₂ با زمان در فشارهای مختلف برای نسبت هم‌ارزی ۱ و دمای ۱۲۰۰ کلوین

نتیجه گیری

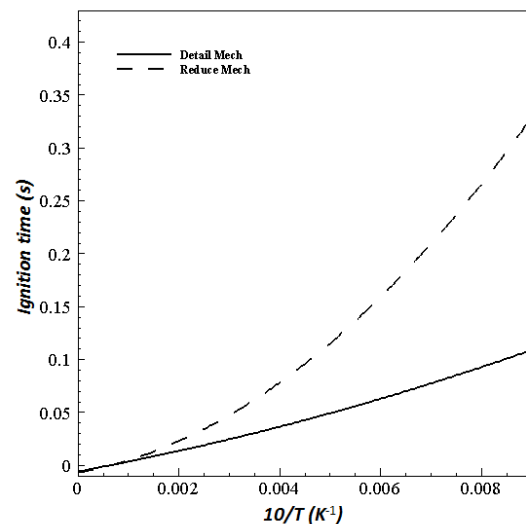
مهم ترین نتایج را می توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- در بررسی کاهش مکانیزم تعداد واکنش ها و گونه های موجود در سوخت JP10 برای نسبت هم آری ۰/۵ به ۲۸۶۳ واکنش و ۱۷۳ گونه، برای نسبت هم آری یک به ۹۵۸۳ واکنش و ۳۴۳ گونه کاهش یافته است.
- تحت شرایط ۱۲۰۰ کلوین و فشار ۱۰ بار گونه CO نقش گونه میانی داشته و ابتدا تولید و سپس مصرف می شود بیشترین در صد خطای موجود بین مکانیزم اصلی و کاهش یافته برای گونه CO و CO₂ پرتیب برابر است با ۳۰ و ۱۳/۸ درصد است.
- در دمای ۱۲۰۰ کلوین زمان مصرف گونه CO در فشار ۵۵ بار بیشتر می شود بطوری که در فشار ۵۵ بار طی زمان ۱/۵ میلی ثانیه مصرف شده، این در حالی است که برای فشار ۱۰ بار است زمان مصرف این گونه ۰/۸ میلی ثانیه بود.
- در شرایط نسبت هم آری ۰/۵ و فشار ۵۵ بار میزان تغییرات کسر مولی CO₂ در زمان بین ۰ تا ۰/۰۰۰۰۵ ثانیه برای دمای ۱۵۰۰ کلوین و در زمان های بیشتر از ۰/۰۰۰۰۵ برای دمای ۱۳۵۰ کلوین بین مکانیزم اصلی و کاهش یافته از تطابق خوبی برخوردار است.
- در دمای بالاتر از ۱۲۰۰ کلوین و در فشار ۱۰ بار واکنش صورت نمی گیرد.
- تغییرات کسر مولی مونواکسید کربن و دی اکسید کربن با زمان و در نظر گرفتن زمان انتهایی ۰/۱ ثانیه در دمای ۱۵۰۰ کلوین و فشارهای مختلف در نسبت هم آری ۰/۵ نشان می دهد که با افزایش زمان تغییرات کسر مولی گونه ها برای مکانیزم کاهش یافته نسبت به مکانیزم اصلی کمتر خواهد بود.
- تغییرات کسر مولی CO₂ و CO با زمان در دو فشار ۵۵ و ۱۰۰ بار در دمای ۱۳۵۰ کلوین برای مکانیزم های اصلی و کاهش یافته در نسبت هم آری ۰/۵ نشان می دهد که تغییرات فشار اثر چندانی بر تغییرات کسر مولی این دو گونه ندارد به طوری که بیشینه اختلاف بین مکانیزم اصلی و کاهش یافته حدود ۰/۰۰۲ می باشد.
- تغییرات کسر مولی CO₂ و CO در دمای ۱۲۰۰ کلوین و نسبت هم آری ۰/۵ نشان می دهد که با افزایش فشار تغییرات کسر مولی این دو گونه به شدت کاهش می یابند به طوری که در فشار ۱۰۰ بار کسر مولی CO₂ و CO به نصف مقدار کسر مولی این دو گونه در فشار ۱۰ بار برای هر دو مکانیزم می رسد.
- برای دو مکانیزم اصلی و کاهش یافته با کاهش دما زمان اشتعال افزایش می یابد.
- زمان اشتعال در دمای ۱۲۰۰ کلوین برای مکانیزم اصلی ۰/۰۹۸ ثانیه بوده و برای مکانیزم کاهش یافته ۰/۲۸۵۹ ثانیه می باشد ولی برای دمای ۱۳۵۰ کلوین زمان اشتعال برای مکانیزم های اصلی و کاهش یافته به ترتیب برابر با ۰/۷۵ و ۱ میلی ثانیه می باشند.



شکل ۹- تغییرات کسر مولی CO و CO₂ با زمان در نسبت هم آری ۱ و دمای ۱۵۰۰ کلوین

شکل ۱۰ زمان اشتعال بر حسب دما برای احتراق مکانیزم اصلی و کاهش یافته را نشان می دهد. شرایط راکتور در حالت فشار ۵۵ بار و نسبت هم آری برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شده است. افزایش زمان اشتعال با کاهش دما برای دو مکانیزم اصلی و کاهش یافته از مهمترین نتایج شکل ۱۰ می باشد. به علاوه مطابق با این شکل با کاهش دما زمان اشتعال برای مکانیزم کاهش یافته به طور چشمگیری نسبت به مکانیزم اصلی افزایش می یابد به طوری که زمان اشتعال در دمای ۱۲۰۰ کلوین برای مکانیزم اصلی ۰/۰۹۸ ثانیه بوده و برای مکانیزم کاهش یافته ۰/۲۸۵۹ ثانیه می باشد ولی برای دمای ۱۳۵۰ کلوین زمان اشتعال برای مکانیزم های اصلی و کاهش یافته به ترتیب برابر با ۰/۷۵ و ۱ میلی ثانیه می باشند.



شکل ۱۰- زمان اشتعال بر حسب دما در فشار ۵۵ بار و نسبت هم آری ۰/۵

مراجع

- [1] "بررسی و مقایسه مکانیزم احتراق کامل و مختصر سوخت JP10," کنفرانس هوافضای ایران, p. 5, 1387.
- [2] A. Frassoldati *et al.*, "Reduced kinetic mechanisms of diesel fuel surrogate for engine CFD simulations," *Combust. Flame*, vol. 162, no. 10, pp. 3991–4007, 2015.
- [3] J. C. Prince, C. Treviño, and F. A. Williams, "A reduced reaction mechanism for the combustion of n-butane," *Combust. Flame*, vol. 175, pp. 27–33, 2017.
- [4] H. Feng, J. Zhang, D. Liu, M. An, W. Zhang, and X. Zhang, "Development of a reduced n-butanol mechanism with combined reduction methods," *Fuel*, vol. 187, pp. 403–416, 2017.
- [5] "ساده سازی سینتیک شیمیایی احتراق با استفاده از آنالیز اهمیت نسبی," کنفرانس دینامیک شاره ها، دانشگاه شیراز، بخش مهندسی مکانیک, vol. 12, 1383.
- [6] X. Wang, H. Liu, Z. Zheng, and M. Yao, "Development of a reduced n-butanol/biodiesel mechanism for a dual fuel engine," *Fuel*, vol. 157, pp. 87–96, 2015.
- [7] K. Poorghasemi, R. K. Saray, K. Bahlouli, and A. Zehni, "3D CFD simulation of a natural gas fueled HCCI engine with employing a reduced mechanism," *Fuel*, vol. 182, pp. 816–830, 2016.