

تعیین رفتار حرارتی مشعلهای متخلخل تحت شرایط کارکرد مختلف

سیدعبدالرضا گنجعلیخان نسب^۱، محمد امیدپناه^۲

بخش مهندسی مکانیک - دانشگاه شهید باهنر کرمان
ganj110@mail.uk.ac.ir

چکیده

مشعلهای متخلخل نمونه ای نسبتاً جدیدی از مشعلهای حرارتی بوده که ویژگیهای مثبت زیادی نسبت به مشعلهای معمولی دارند. در کار حاضر سعی شده است با حل عددی معادلات حاکم رفتار حرارتی این نوع مشعلها شناسایی شده و اثر پارامترهای مختلف بر عملکرد این گونه سیستم ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و در این راستا معادله انرژی برای جریان گاز، معادله انرژی برای محیط متخلخل و معادلات انتقال حرارت تشعشعی بر پایه مدل دو شار حرارتی بطریق عددی حل شده و توزیع درجه حرارت و شار تابشی در طول مشعل بدست آمده است. نتایج نشان می دهند که خواص اپتیکی محیط متخلخل در مشخصه های حرارتی این مشعلها نقش بسزایی داشته و مشعلهایی با ضخامت اپتیکی زیاد و ضریب پخش تشعشعی کم در تبدیل انتالپی گاز به انرژی تشعشعی کارآتر هستند. مقایسه بین نتایج کار حاضر با نتایج مطالعات دیگر محققین که از مدل های تشعشعی متفاوتی استفاده کرده اند تطابق قابل قبولی را نشان می دهد.

واژه های کلیدی: مشعلهای متخلخل - انرژی تشعشعی - انتالپی گاز.

۱- مقدمه

استفاده از محیط متخلخل در ساختمان داخلی مشعلها یکی از راهکارهایی است که می تواند منجر به افزایش راندمان این گونه سیستمها و کاهش میزان آلاینده های ناشی از پدیده احتراق گردد. یکی از نقایص مشعلهای با شعله آزاد این است که در داخل این سیستمها درجه حرارت بطور موضعی به دلیل ناکافی بودن دفع حرارت از ناحیه واکنش بالاست و این امر باعث افزایش NO_x و دیگر آلاینده های احتراقی می شود. از طرف دیگر بدلیل کم بودن قدرت صدور انرژی تشعشعی در گازها قسمت کمی از انرژی حرارتی آزاد شده در فرآیند احتراق بصورت تابشی به داخل سیستم حرارتی رهنمون می شود. جهت غلبه بر این محدودیت ها، احتراق در محیط متخلخل پیشنهاد شده است، که در این روش مخلوط سوخت و هوا وارد یک ماتریس جامد متخلخل شده و احتراق در ناحیه ای داخل محیط متخلخل صورت می پذیرد.

بطور کلی مزیت های مهم مشعلهای متخلخل را می توان بصورت زیر برشمرد:

۱- بواسطه عبور مخلوط سوخت و هوا از داخل خلل و فرج محیط متخلخل اختلاط کاملی بین این دو جزء صورت پذیرفته و مخلوطی همگن بعنوان ماده اولیه وارد محفظه احتراق می شود که این امر به نوبه خود باعث نزدیک شدن به احتراق کامل و کاهش منواکسیدکربن و مخلوط نسوخته در محصولات احتراق خواهد شد.

۲- پیش گرم شدن مخلوط ورودی سوخت و هوا قبل از رسیدن به محفظه احتراق افزایش راندمان فرآیند احتراق را بدنبال خواهد داشت.

۱- استادیار مهندسی مکانیک

۲- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک

۳- تبدیل قسمتی از انرژی حرارتی آزاد شده در فرآیند احتراق بصورت انرژی تابشی که از انتهای مشعل به سمت داخل سیستم صادر می شود باعث افزایش راندمان حرارتی سیستم مورد نظر می شود. قابل ذکر است که پدیده انتقال حرارت تابشی در سیستمهای حرارتی که با دمای بالا سر و کار دارند یکی از مکانیزمهای مهم انتقال انرژی حرارتی به شمار می آید.

۴- خروج قسمتی از انرژی احتراق بصورت تشعشع و انتقال انرژی حرارتی از محصولات احتراق به محیط متخلخل کاهش دمای ماکزیمم در محفظه احتراق را به همراه داشته که کاهش تشکیل NO_x و آلاینده های دیگر را بدنبال دارد.

در سال ۱۹۸۶ Echigo و همکاران کاربرد محیطهای متخلخل در ساختمان مشعل را مورد بررسی قرار دادند [۱]. آنان با در نظر گرفتن یک منبع تولید حرارت در داخل محیط متخلخل، پدیده احتراق را شبیه سازی نمودند. نتایج ناشی از حل عددی معادلات حاکم نشان داد که پیش گرم شدن مخلوط ورودی سوخت و هوا که ناشی از پدیده تشعشع در داخل محیط متخلخل می باشد. باعث افزایش چشمگیر راندمان مشعل می شود. در این مطالعه از روش انتگرالی جهت تعیین توزیع شار تشعشعی در داخل مشعل استفاده گردید.

در سال ۱۹۹۱، Tong و همکارش با در نظر گرفتن یک سیستم یک بعدی و استفاده از روش هارمونیک کروی (Spherical harmonic method) در محاسبه شار تشعشعی، رفتار حرارتی مشعلهای متخلخل را بررسی نمودند [۲]. آنها دریافتند که جهت داشتن شار تشعشعی خروجی از مشعل به مقدار قابل ملاحظه، لازم است که از لایه های متخلخلی با ضخامت اپتیکی زیاد استفاده شود. در این مطالعه نیز پدیده احتراق توسط جایگزینی یک منبع تولید حرارت با شدت یکنواخت مدلسازی گردید. در کار دیگری که توسط همین افراد در سال ۱۹۹۰ انجام پذیرفت، در بررسی عملکرد مشعلهای متخلخل به جای در نظر گرفتن منبع تولید حرارت جهت مدلسازی پدیده احتراق، با حل معادلات حاکم بر اکسیداسیون سوخت، روش دقیق تری را جهت تعیین رفتار حرارتی مشعلهای متخلخل برگزیدند [۳]. یکی از نتایج مهم بدست آمده این بود که جهت داشتن بیشترین شار تشعشعی خروجی از مشعل، محفظه احتراق باید در ناحیه مرکزی لایه متخلخل قرار گیرد.

در سال ۲۰۰۰، Brenner و همکاران با لحاظ یک سیستم دو بعدی همراه با در نظر گرفتن پدیده احتراق با حل معادلات حاکم، مشخصه های حرارتی مشعلهای متخلخل را تعیین نمودند [۴]. در این مطالعه از هیچ مدلی جهت تعیین شار تشعشعی در داخل مشعل استفاده نگردید.

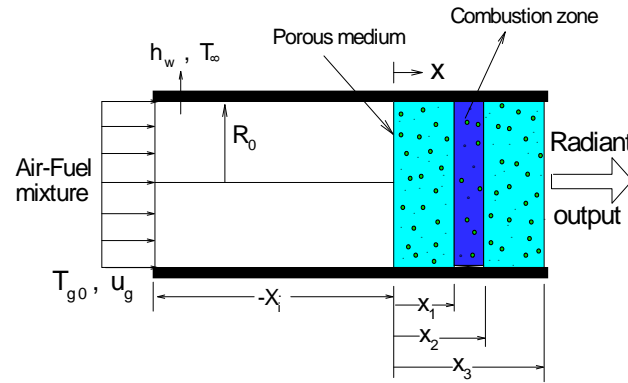
در سال ۲۰۰۳، Talukdar و همکاران، رفتار حرارتی مشعلهای متخلخل را در دو حالت کارکرد دائم و گذرا با در نظر گرفتن یک سیستم دو بعدی مورد بررسی قرار دادند [۵]. در این مطالعه اثرات پخش انرژی تشعشعی توسط محیط متخلخل نیز مدنظر قرار گرفت و از روش Collapsed dimension جهت تعیین توزیع شار تشعشعی در داخل مشعل متخلخل کمک گرفته شد. قابل ذکر است که روش مذکور محاسبات بسیار پیچیده ای را جهت تعیین شار تشعشعی نیاز دارد [۶].

در کار حاضر سعی شده است که جهت آنالیز مشعلهای متخلخل از مدل دو شار حرارتی (Two-flux model) جهت تعیین توزیع شار تشعشعی استفاده شود. لازم به ذکر است که این مدل در عین سادگی از دقت قابل قبولی برخوردار است [۷]. در مطالعه حاضر مشخصه های حرارتی مشعلهای متخلخل استوانه ای شکل با در نظر گرفتن یک سیستم یک بعدی و از طریق حل معادلات انرژی برای فاز گاز و جامد به همراه معادلات انتقال حرارت تشعشعی مورد بررسی قرار گرفته و سعی بر آن بوده که اثر پارامترهای مختلف از جمله خواص فیزیکی و تشعشعی محیط متخلخل بر کارکرد این گونه مشعلها مورد مطالعه قرار گیرد.

۲- تئوری

در شکل شماره ۱، اجزاء اصلی یک مشعل متخلخل نشان داده شده است. مخلوط سوخت و هوا از مقطع $x = -x_i$ وارد مجرای با قطر $2R_0$ می شود. لایه متخلخل در ناحیه $0 < x < x_3$ و در داخل کانال نصب شده است بطوری که ضخامت لایه نسبت به شعاع کانال کوچک بوده تا تخمین آنالیز یک بعدی صحت داشته باشد. مخلوط سوخت و هوا با دمای یکنواخت T_{g_0} وارد کانال شده و جریان گاز در داخل کانال از نوع اسلاگ (Slug) با سرعت u_g در نظر گرفته می شود. از اثرات تشعشعی گاز در مقایسه با فاز جامد صرفنظر شده به طوری که پدیده تشعشع فقط در داخل محیط متخلخل و بین ذرات تشکیل دهنده آن برقرار است. موقعیت منبع تولید حرارت که مدل کننده

پدیده احتراق می باشد طبق شکل شماره (۱) در محدوده $x_1 < x < x_2$ بوده و معمولاً مقطع نهایی لایه متخلخل در دهانه خروجی کانال قرار دارد. گاز داخل کانال از طریق دیواره می تواند با محیط اطراف با دمای T_∞ انرژی حرارتی مبادله نماید.



شکل ۱- شماتیکی از یک مشعل متخلخل

از آنجائی که دو فاز جامد و گاز در تعادل حرارتی قرار ندارند لازم است که معادله انرژی بصورت جداگانه برای هر کدام از این دو فاز نوشته شود. لذا معادلات حاکم شامل معادلات انرژی برای گاز و محیط متخلخل و معادلات انتقال حرارت تشعشعی براساس مدل دو شار حرارتی بصورت زیر خواهند بود:

$$u_g \rho_g c_g \frac{dT_g}{dx} (\pi R_0^2) + h_w (2\pi R_0) (T_g - T_\infty) + h_s N_s A_s (\pi R_0^2) (T_g - T_p) - \frac{\partial}{\partial x} (K_g \frac{\partial T}{\partial x}) (\pi R_0^2) - \dot{Q} \delta(x) (\pi R_0^2) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{dq_n}{dx} + h_s N_s A_s (T_p - T_g) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{dq^+}{dx} = -2\sigma_a q^+ - 2b\sigma_s q^+ + 2\sigma_a \sigma T_p^4 + 2b\sigma_s q^+ \quad (3)$$

$$-\frac{dq^-}{dx} = -2\sigma_a q^- - 2b\sigma_s q^- + 2\sigma_a \sigma T_p^4 + 2b\sigma_s q^+ \quad (4)$$

$$q_n = q^+ - q^- \quad (5)$$

جهت بدست آوردن معادله انرژی برای گاز در نواحی خارج از لایه متخلخل با توجه به کوچک بودن ضریب هدایت حرارتی گاز همراه با کم بودن گرادیان درجه حرارت در آن ناحیه می توان از ترم هدایت حرارتی در گاز چشم پوشی نمود لذا معادله انرژی برای جریان گاز در خارج از لایه متخلخل را می توان از معادله شماره ۱ و با حذف ترم جابجایی بین گاز و محیط متخلخل و صرفنظر از جمله هدایت حرارتی بصورت زیر بدست آورد:

$$u_g \rho_g c_g \frac{dT_g}{dx} + \frac{2h_w}{R_0} (T_g - T_\infty) = 0 \quad (6)$$

در معادلات بالا h_s ضریب انتقال حرارت جابجایی بین گاز و محیط متخلخل، N_s تعداد ذرات تشکیل دهنده محیط متخلخل بر واحد حجم، A_s سطح هر کدام از ذرات و σ_a ، σ_s و b به ترتیب ضریب جذب، ضریب پخش و ضریب انعکاس محیط متخلخل می باشند. در معادله انرژی مربوط به گاز، $\delta(x)$ تابع دلتا (delta function) بوده که در فاصله $x_1 \leq x \leq x_2$ مقدار یک و در بقیه نواحی مقدار

صفر را داراست. در معادلات دو شار حرارتی نظر به سیستم یک بعدی پارامترهای q^+ , q^- شارهای تشعشی تابیده شده به جهات پایین دست و بالا دست می باشند. جهت حل معادلات حاکم، در ابتدا فرم بدون بعد این معادلات با تعریف پارامترهای بدون بعد زیر بدست آمده است.

$$P_1 = \frac{u_g \rho_g c_g T_{g_0}}{x_3 \dot{Q}} \quad R = \frac{h_s N_s A_s}{2 \sigma_e \sigma T_{g_0}^4} \quad Q^{+,-} = \frac{q^{+,-}}{\sigma T_{g_0}^4} \quad P_w = \frac{h_w}{u_g \rho_g c_g} \quad Pe = \frac{u_g \rho_g c_g R_0}{k_g} \quad \lambda = \frac{u_g \rho_g c_g}{2 \sigma_e T_{g_0}^3}$$

$$\omega = \frac{\sigma_s}{\sigma_e} \quad \theta = \frac{T}{T_{g_0}} \quad X = \frac{x}{R_0} \quad Q = \frac{h_s N_s A_s R_0}{u_g \rho_g c_g} \quad \tau = \sigma_e x \quad \tau_0 = \sigma_e x_3$$

که در پارامترهای فوق Pe عدد پکلت جریان، R نسبت انرژی انتقال یافته بین فاز جامد و گاز بطریق جابجایی به انرژی تشعشی، P نسبت انرژی حرارتی منتقل یافته از طریق دیواره کانال به انرژی جریان سیال و Q نسبت انرژی انتقال یافته بین فاز جامد و گاز بطریق جابجایی به انرژی جریان سیال می باشد با استفاده از این پارامترها، فرم بدون بعد معادلات حاکم بصورت زیر بدست می آید.

$$\frac{d\theta_g}{dX} + 2P_w(\theta_g - \theta_\infty) + Q(\theta_g - \theta_p) - \frac{\delta(x) R_0}{P_1 \delta} - \frac{1}{Pe} \frac{d^2\theta_g}{dX^2} = 0 \quad (7)$$

$$R(\theta_g - \theta_p) = 2(1 - \omega)\theta_p^4 - (1 - \omega)(Q^+ - Q^-) \quad (8)$$

$$\frac{dQ^+}{d\tau} = -2(1 - \omega)Q^+ - 2b\omega Q^+ + 2(1 - \omega)\theta_p^4 + 2b\omega Q^- \quad (9)$$

$$-\frac{dQ^-}{d\tau} = -2(1 - \omega)Q^- - 2b\omega Q^- + 2(1 - \omega)\theta_p^4 + 2b\omega Q^+ \quad (10)$$

بدیهی است که حل عددی این معادلات نیازمند شرایط مرزی می باشد بدین ترتیب که در مقطع ورودی کانال از آنجائی که معمولاً مخلوط سوخت و هوا با دمای نزدیک به درجه حرارت محیط وارد کانال می شود شرط $\theta_g = \theta_\infty$ در نظر گرفته شده است و در مقطع خروجی $x = x_3$ از معادله (۶) شرط زیر بدست می آید.

$$\frac{d\theta_g}{dx} = -2P_w(\theta_g - \theta_\infty) \quad \text{at} \quad x = x_3$$

در مورد معادلات انتقال حرارت تشعشی که از نوع معادلات دیفرانسیل مرتبه اول می باشند با توجه به این که هیچ منبع تشعشی خارج از لایه متخلخل وجود ندارد خواهیم داشت:

$$Q^+ = 0 \quad \text{at} \quad x = 0$$

$$Q^- = 0 \quad \text{at} \quad x = x_3$$

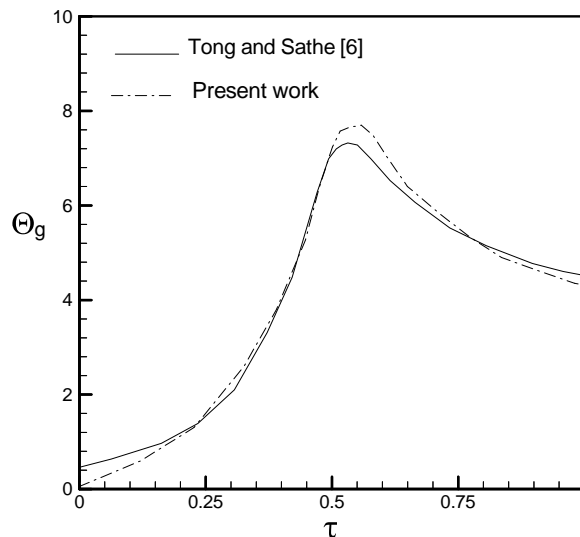
۳- روش حل

به منظور تعیین رفتار حرارتی مشعلهای متخلخل داشتن توزیع درجه حرارت گاز و لایه متخلخل θ_p و θ_g و همچنین توزیع شار تشعشی Q^+ , Q^- در طول مشعل ضروری است که مقادیر این متغیرهای وابسته در هر کدام از نقاط محاسباتی از حل عددی معادلات (۷) تا (۱۰) بدست آید. در این مورد فرم اختلاف محدود معادله انرژی که از نوع معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم می باشد، بدست آمده است و از روش تفاضل مرکزی (Central differencing) جهت مجزاسازی ترمهای حاوی مشتقات متغیر مذکور استفاده شده است. در خصوص حل عددی معادلات انتقال حرارت تشعشی که از نوع معادلات دیفرانسیل مرتبه اول می باشد از روش رانج کوتای مرتبه چهارم (Runge-Kutta) کمک گرفته شده است.

- جهت داشتن نتایجی که مستقل از شبکه محاسباتی باشد، پس از انجام محاسبات فراوان بسته به ضخامت اپتیکی لایه متخلخل، از شبکه های محاسباتی شامل ۶۰ تا ۱۰۰ نقطه با فاصله یکنواخت استفاده شده است.
- مراحل انجام محاسبات را می توان بصورت زیر خلاصه نمود:
- ۱- تخمین اولیه ای برای متغیرهای وابسته θ_p و θ_g و Q^+ و Q^- در هر کدام از نقاط محاسباتی در نظر گرفته می شود.
 - ۲- فرم اختلاف محدود معادله انرژی برای گاز با استفاده از الگوریتم توماس (Thomas-Algorithm) حل عددی شده و مقادیر جدیدی برای متغیر θ_g در هر کدام از نقاط محاسباتی بدست می آید.
 - ۳- با استفاده از مقادیر θ_g بدست آمده در مرحله دوم، معادلات انتقال حرارت تشعشعی با استفاده از روش رانج کوتاه حل شده و مقادیر جدید متغیرهای Q^+ و Q^- در هر نقطه از شبکه محاسباتی تعیین می گردند.
 - ۴- با استفاده از معادله جبری شماره (۸)، مقادیر جدید متغیر θ_p محاسبه می گردند.
 - ۵- مراحل ۲ تا ۴ تا رسیدن به شرایط همگرایی تکرار می شوند.

۴- نتایج

در ابتدا جهت بررسی صحت نتایج بدست آمده در کار حاضر مقایسه ای بین داده های عددی ناشی از محاسبات بعمل آمده با نتایج گزارش شده در مرجع [۲] انجام شده است. در شکل شماره (۲) توزیع درجه حرارت گاز در داخل مشعل نمایش داده شده است. بیشترین درجه حرارت گاز در داخل ناحیه احتراقی واقع شده و پس از آن بواسطه تبدیل انتالپی گاز به انرژی تشعشعی در پی انتقال حرارت بین فاز گاز و جامد، دمای گاز کاهش می یابد. افزایش دمای گاز ورودی به داخل مشعل تا ابتدای ناحیه احتراقی پدیده پیش گرم شدن مخلوط سوخت و هوا را باعث شده که بوضوح در شکل شماره (۲) نمایش داده شده است. بهرحال بین نتایج کار حاضر با نتایج مرجع [۲] تطابق قابل قبولی مشاهده می شود.



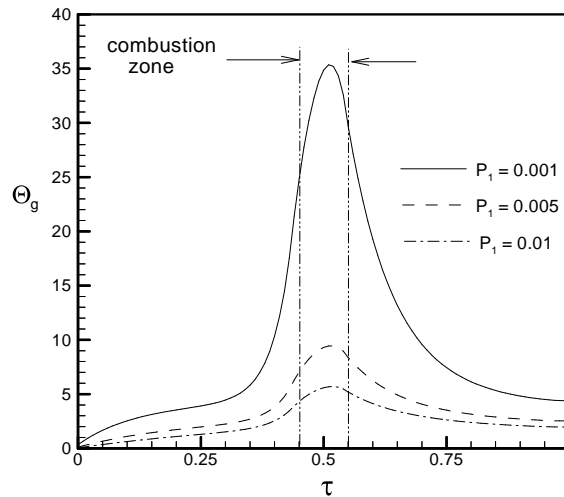
شکل ۲- توزیع دمای گاز در طول مشعل

$$\delta / R_0 = 0.2, \tau_0 = 1, Q = 1468, \lambda = 227, Pe = 272$$

$$P_1 = 0.0136, \theta_\infty = 1, P_w = 0, \xi_{fl} = 0.5$$

در شکل شماره (۳) توزیع درجه حرارت گاز در طول مشعل و بازای سه مقدار مختلف از پارامتر بدون بعد P_1 نمایش داده شده است. ازدیاد درجه حرارت مخلوط سوخت و هوا از $\Theta_g = 0$ در ورودی مشعل تا مقادیر ۳، ۵ و ۲۵ تا ابتدای ناحیه احتراق در واقع همان پدیده

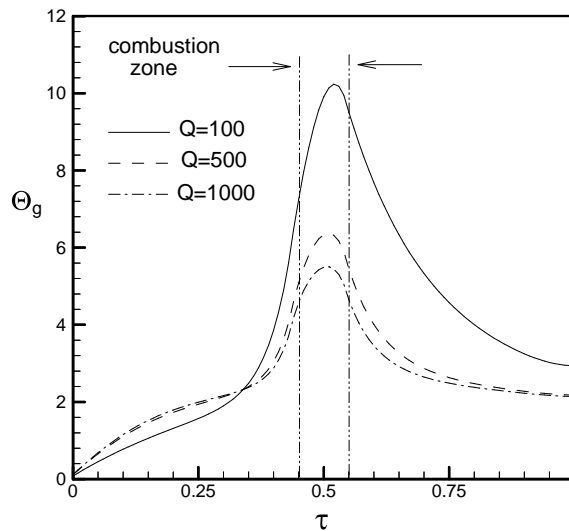
پیش گرم کردن مخلوط ورودی سوخت و هواست که قسمت اعظم این پدیده بواسطه انتقال حرارت جابجایی صورت گرفته بین جریان گاز و محیط متخلخل می باشد که البته مکانیزم انتقال حرارت هدایتی در گاز نیز می تواند به مقدار کمی در فرآیند پیش گرم شدن سهم داشته باشد. دیده می شود که با کاهش پارامتر بدون بعد P_1 (در پی داشتن احتراق با قدرت بیشتر) عمل پیش گرم شدن با شدت بیشتری انجام شده و درجه حرارت ماکزیمم گاز نیز افزایش می یابد.



شکل ۳- توزیع درجه حرارت گاز در داخل مشعل بازای مقادیر مختلف پارامتر بدون بعد P_1

$$\delta / R_0 = 0.1, Q = 200, \lambda = 9.71, Pe = 153$$

$$p_w = 0, \theta_\infty = 1, \omega = 0, \xi_{fl} = 0.5$$



شکل ۴- اثر ضریب انتقال حرارت جابجایی بر توزیع دمای گاز در داخل مشعل

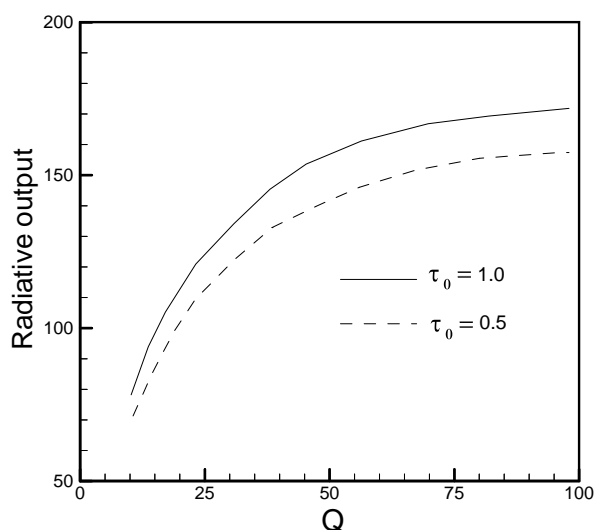
$$\delta / R_0 = 0.1, \tau_0 = 1, P_1 = 0.006, \lambda = 9.71, Pe = 153$$

$$P_w = 0.1, \theta_\infty = 1, \omega = 0, \xi_{fl} = 0.5$$

یکی از پدیده های مهم انجام شده در مشعلهای متخلخل مکانیزم انتقال حرارت جابجایی بین جریان گاز و محیط متخلخل است. جهت بررسی بیشتر تاثیر این پدیده بر کارایی مشعلهای متخلخل، در شکل شماره (۴) توزیع دمای گاز در طول مشعل برای سه مقدار مختلف از پارامتر بدون بعد Q رسم شده است.

دیده می شود که در صورت داشتن ضریب انتقال حرارت جابجایی بیشتر، درجه حرارت ماکزیمم گاز پایین آمده بطوریکه در این حالت مشعل متخلخل توانسته است با شدت بیشتری انرژی حرارتی را به محیط متخلخل منتقل کند و توسط این محیط انتقالی گاز به انرژی تشعشعی تبدیل گردد. لازم بذکر است که کاهش درجه حرارت ماکزیمم در مشعلها یکی از راهکارهایی است که می تواند منجر به کاهش تولید آلاینده ها در فرآیند احتراق شود.

جهت مطالعه بیشتر اثر پدیده انتقال حرارت جابجایی بر کارایی مشعلها، در شکل شماره (۵) توزیع شار تابشی خروجی از مشعل (Radiant output) بر حسب پارامتر بدون بعد Q و برای دو مقدار مختلف از ضخامت اپتیکی مشعل رسم شده است. دیده می شود که با افزایش پارامتر بدون بعد Q و در پی داشتن انتقال حرارت بیشتری بین جریان گاز و محیط متخلخل بطریق جابجایی، شار تابشی خروجی از مشعل رشد صعودی در دارد که البته در مورد مشعلهایی با ضخامت اپتیکی بیشتر، این رشد صعودی چشمگیر است.



شکل ۵- توزیع شار تابشی خروجی از مشعل بر حسب پارامتر بدون بعد Q و برای دو مقدار مختلف ضخامت اپتیکی

$$\delta / R_0 = 0.1, P_1 = 0.006, \lambda = 9.71, Pe = 153$$

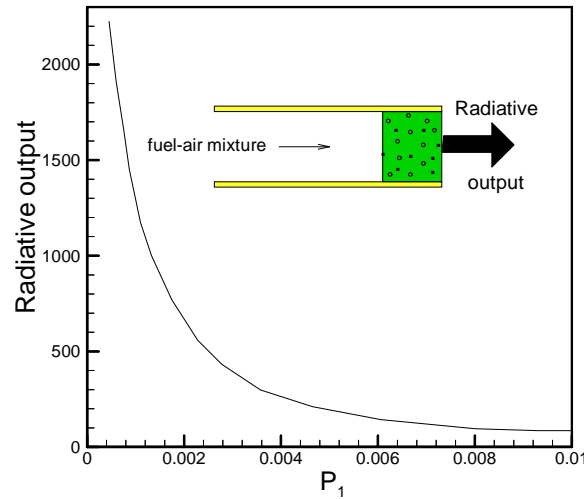
$$P_w = 0.1, \theta_\infty = 1, \omega = 0, \xi_{fl} = 0.5$$

در شکل شماره (۶) تاثیر پارامتر P_1 بر شار تابشی خروجی از مشعل نشان داده شده است، مشخص است که با افزایش پارامتر P_1 که در پی کاهش قدرت پدیده احتراق صورت می گیرد شار تابشی خروجی از مشعل کاهش می یابد بنابراین هرچه انرژی حرارتی آزاد شده در پدیده احتراق بیشتر باشد مشعلهای متخلخل در امر تبدیل انتقالی گاز به انرژی تابشی کارایی بیشتری خواهند داشت.

یکی از پارامتر های مهم در مشعلهای متخلخل موقعیت استقرار شعله (محفظه احتراق) می باشد که در مطالعه حاضر پارامتر $\xi_{fl} = \frac{x_1 + x_2}{2x_3}$ نشان دهنده این موقعیت است. جهت مطالعه اثر این پارامتر، در شکل شماره (۷) شار تابشی خروجی از مشعل بر حسب پارامتر ξ_{fl} و برای مقادیر مختلفی از پارامتر P_1 رسم شده است.

دیده می شود در مواردیکه موقعیت شعله در ابتدای مشعل واقع شده است شار تابشی خروجی از مشعل کم بوده و با پیشروی موقعیت شعله در جهت پایین دست مقدار شار تابشی خروجی افزایش می یابد بطوریکه ماکزیمم مقدار آن در نزدیکی مقطع خروجی مشعل

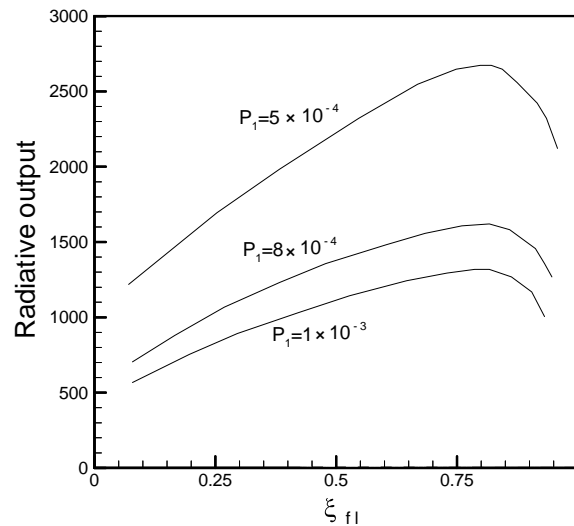
اتفاق می افتد که در شکل شماره (۷) این موقعیت با زاویه سه مقدار پارامتر P_1 در حدود $\xi_{fl} \approx 0.85$ واقع شده است بطوریکه با پیشروی بیشتر در جهت پایین دست شار تابشی خروجی از مشعل کاهش می یابد چرا که در این نواحی ضخامت کمتری از محیط متخلخل که دارای دمای بالا می باشد در امر صدور انرژی تابشی شرکت دارد. لذا جهت داشتن $Q_{max}^+(\tau_0)$ برای هر مشعل یک موقعیت بهینه جهت استقرار شعله وجود خواهد داشت.



شکل ۶- توزیع شار تابشی خروجی از مشعل بر حسب پارامتر بدون بعد P_1

$$\delta / R_0 = 0.1, \tau_0 = 1, Q = 200, \lambda = 9.71, Pe = 153$$

$$P_w = 0.1, \theta_\infty = 1, \omega = 0, \xi_{fl} = 0.5$$



شکل ۷- توزیع شار تابشی خروجی از مشعل بر حسب موقعیت استقرار شعله

و با زاویه سه مقدار مختلف از پارامتر بدون بعد P_1

$$\delta / R_0 = 0.1, \tau_0 = 1, Q = 200, \lambda = 9.71, Pe = 153$$

$$P_w = 0.1, \theta_\infty = 1, \omega = 0$$

۵- نتیجه گیری کلی

در کار حاضر به روش عددی معادلات انرژی و انتقال حرارت تشعشعی در جریان گاز در داخل مشعلهای متخلخل حل شده و توزیع دمای گاز و لایه متخلخل به همراه توزیع شار تابشی در طول مشعل بدست آمده است. نتایج عددی بدست آمده در شرایط کارکرد مختلف نشان می دهند که این نوع مشعلها با تبدیل قسمت زیادی از انرژی حاصل از احتراق به تشعشع، مزایای متعددی نسبت به مشعلهای معمولی دارند.

مراجع

1. Echigo, R., Yoshizawa, Y., Hanamura, K. and Tomimura, T. "Analytical and experimental studies on radiative propagation in porous media with internal heat generation". Proc., 8th Int. Heat Transfer Conf. 1986, 2, 827-832.
2. Tong, T. and Sathe, S. "Heat transfer characteristics of porous radiant burners, Trans". Of ASME, J. Heat Transfer, 1991, 113, 423-428.
3. Sathe, S. and Tong, T. "A numerical analysis of heat transfer and combustion in porous radiant burners", Int. J. Heat Mass Transfer, 1990, 33, 1331-1338.
4. Brenner, G., Pickenacker, K., Pickenacker, O., Trimis, D., Wawrzinek, K. and Weber, T. "Numerical and experimental investigation of matrix-stabilized methane/air combustion in porous inert media". Combust. Flame, 2000, 123, 201-213.
5. Talukdar, P., Mishra, S., Trimis, D. and Durst, F. "Heat transfer characteristics of a porous radiant burner under the influence of a 2-D radiation field". J. Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 2003, 1-11.
6. Talukdar, P. and Mishra, S. "Analysis of conduction-radiation problem in absorbing-emitting and anisotropically scattering media using the collapsed dimension method", Int. J. Heat Mass Transfer, 2002, 45, 2159-2168.
7. Wang, K. Y. and Tien, C. L. "Thermal insulation in flow systems: combined radiation and convection through a porous segment". J. Heat Transfer, 1984, 106, 453-459.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.