

## بررسی افزایش بازده حرارتی و کاهش آلودگی محیط زیست در محفظه های احتراق

ناصر ثقه الاسلامی<sup>۱</sup>، حدیث امانی<sup>۲</sup>

(Hadis.Amani 2009@ Gmail)

### چکیده

بخش اعظم انرژی مورد نیاز برای واحد های صنعتی از گازهای حاصل از احتراق تامین می شود که این گازها در محفظه احتراق تولید می شود. یکی از مشکلات صنعتی که هزینه های زیادی به همراه دارد کاهش راندمان و افزایش آلودگی های محیط زیست در محفظه های احتراق می باشد. هدف از این تحقیق افزایش بازده و کارایی و کاهش اثرات منفی زیست محیطی در محفظه های احتراق می باشد. نتایج بدست آمده از شبیه سازی بیانگر افزایش راندمان و کارایی در صورت اعمال تغییراتی در محفظه احتراق می باشد، در این تحقیق مشاهده گردید که با تغییر هندسه محفظه و افزایش آشفته گی جریان گازهای احتراق، بهره وری و بازده افزایش و اثرات سوء زیست محیطی آن کاهش خواهد یافت. که این امر با قرار دادن بفل هایی در دو آرایش مختلف در مسیر جریان گازهای حاصل از احتراق میسر گردید.

واژه های کلیدی: محفظه احتراق - بفل - آلودگی محیط زیست - راندمان محفظه احتراق.

### ۱- مقدمه

فرایندهای شیمیایی باید به طور مداوم و با حداکثر سرعت و حداقل هزینه بهبود یابند و در این راستا به افزایش مقیاس و تغییر یا بهبود عملیات فرآیندی نیاز می باشد. معمولاً برای این موارد به کارهای آزمایشگاهی زیادی نیاز است، نیاز به کارهای آزمایشگاهی زیاد در تضاد با نیاز به تصمیم گیری سریع است، مدلسازی کلید اصلی حل این مسائل می باشد. چنانچه مدل های کامل برای تمام عملیات واحدها در دسترس باشد تعداد آزمایشات لازم برای افزایش مقیاس و یا تغییر هندسی در یک واحد تولیدی را می توان به طور قابل ملاحظه ای کاهش داد که این امر موجب کاهش زمان و هزینه های گزاف می شود [۱]. طی چندین دهه گذشته تئوری احتراق تحت تأثیر فرایند حفاظت از محیط زیست قرار گرفته است، می دانیم که ازت هوا به هنگام احتراق اکسید می شود و ترکیبات سمی ایجاد می کند در این تحقیق سعی شده است با استفاده از نرم افزار آنالیز دینامیک سیالات محاسباتی تأثیر اغتشاش بر بهبود گازهای حاصل از احتراق و ترکیباتی که باعث آلودگی زیست محیطی می شوند را مورد بررسی قرار دهیم و شناخت بهتری از اغتشاش و تأثیر آن بر پارامترهای مهم احتراق را ارائه نمائیم. این کار را با قرار دادن بفل هایی داخل محفظه احتراق و در مسیر جریان هوا و سوخت انجام می دهیم [۲].

### ۲- هدف

در کار حاضر احتراق در سه نوع محفظه مورد بررسی قرار گرفته است و کار از دو قسمت تشکیل شده است در حالت اول احتراق را در محفظه ای سه بعدی و ساده بررسی می کنیم سپس با قرار دادن بفل هایی در داخل محفظه در دو موقعیت متفاوت شرایط خروجی و پارامترهای احتراق را بررسی می کنیم. هدف از این تغییر شکل بررسی تأثیر قرار دادن بفل و مکان

۱- دانشجویار گروه مهندسی شیمی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد شاهرود.

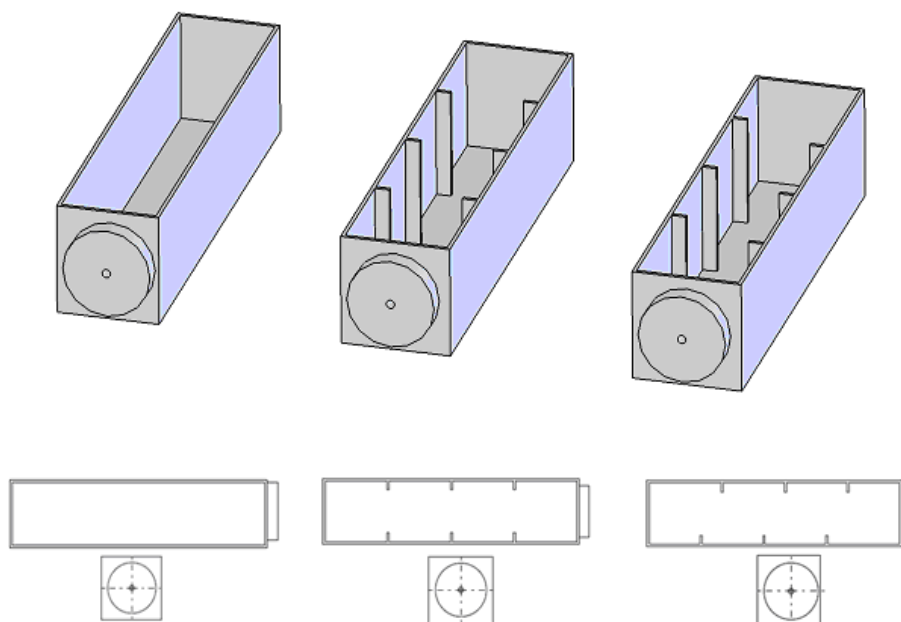
بفل ها بر روی فاکتورهای احتراق می باشد عبارتی می خواهیم تاثیر قرار دادن بفل بر روی رفتار هیدرودینامیک گازهای احتراق را بررسی کنیم [۳]. در حالت دوم تاثیر عرض بفل را بررسی خواهیم کرد، برای این منظور عرض بفل را افزایش می دهیم و پارامترهای احتراق و نتایج خروجی از محفظه احتراق را بررسی می کنیم.

### ۳- انتخاب مدل محاسباتی

مدل مورد استفاده در این مدلسازی سه بعدی می باشد، جریان آشفته و از روش حل Segregated استفاده شده است، روش مجزا سازی معادلات (Implicit) و زمانمند بودن آن دائم است. مدل ویسکوزیته آن  $k-\epsilon$  از نوع RNG است. روش کوپل کردن معادله فشار به سرعت از نوع Simple و روش مجزا سازی ترمهای انتشار از نوع استاندارد می باشد [۴].

### ۳-۱- مدل های هندسه مورد بررسی

در این تحقیق شکلهایی که مورد بررسی قرار گرفت سه بعدی بوده و دارای مشخصاتی مطابق شکل ۱ و جدول ۱ می باشند. اولین شکل از سمت چپ محفظه ای متقارن بدون بفل، دومین شکل محفظه ای با بفل های متقارن و آخرین شکل محفظه ای با بفل های نامتقارن می باشد.



شکل ۱- شمای کلی مدل های مورد بررسی قرار گرفته در این تحقیق

جدول ۱- مشخصات محفظه های احتراق مورد بررسی قرار گرفته در این تحقیق

| تعداد بفل | عرض بفل (cm) | قطر ورودی هوا (cm) | قطر ورودی سوخت (cm) | ارتفاع محفظه احتراق (cm) | عرض محفظه احتراق (cm) | طول محفظه احتراق (cm) |                       |
|-----------|--------------|--------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| -         | -            | ۲۴                 | ۲/۳                 | ۳۰                       | ۳۰                    | ۱۲۰                   | محفظة متقارن بدون بفل |
| ۶         | ۲/۵          | ۲۴                 | ۲/۳                 | ۳۰                       | ۳۰                    | ۱۲۰                   | محفظة با بفل متقارن   |
| ۶         | ۲/۵          | ۲۴                 | ۲/۳                 | ۳۰                       | ۳۰                    | ۱۲۰                   | محفظة با بفل نامتقارن |

### ۳-۲- شبکه بندی در نرم افزار پیش پردازنده

اطلاعات مربوط به شبکه در جدول ۲ دیده می شود. این اطلاعات شامل نوع شبکه و همچنین تعداد سلولهای شبکه برای هر سه حجم می باشد.

جدول ۲- مشخصات مش بکار رفته در این تحقیق

| Element    | Type | Cells(1) | Cells(2) | Cells(3) |
|------------|------|----------|----------|----------|
| Hexahedron | Map  | ۱۲۸۰۱۱   | ۱۰۴۳۰۵   | ۱۰۴۳۰۵   |

### ۴- نتایج و بحث

همانطور که اشاره شده سه محفظه مختلف در این کار مورد بررسی قرار گرفته است. این سه محفظه در شکل ۱ نشان داده شده است در این قسمت نتایج حل عددی برای هر یک از این محفظه ها به طور مجزا آورده شده است سپس فاکتورهای مهم محفظه احتراق برای آنها مقایسه می شود و اینکه آیا تغییر شکل تأثیری مفید بر این پارامترها دارد. مشخصات سوخت و هوای ورودی به هر سه محفظه یکسان است و مطابق جدول ۳ می باشد.

جدول ۳- مشخصات سوخت و هوای ورودی به محفظه احتراق

| ورودی       | سرعت (m/s) | دما (k) |
|-------------|------------|---------|
| سوخت (متان) | ۶۰         | ۳۰۰     |
| هوا         | ۱۸         | ۶۵۰     |

### ۴-۱- بررسی تأثیر بفل ها و مکان آن بر روی احتراق و نتایج خروجی از محفظه ها

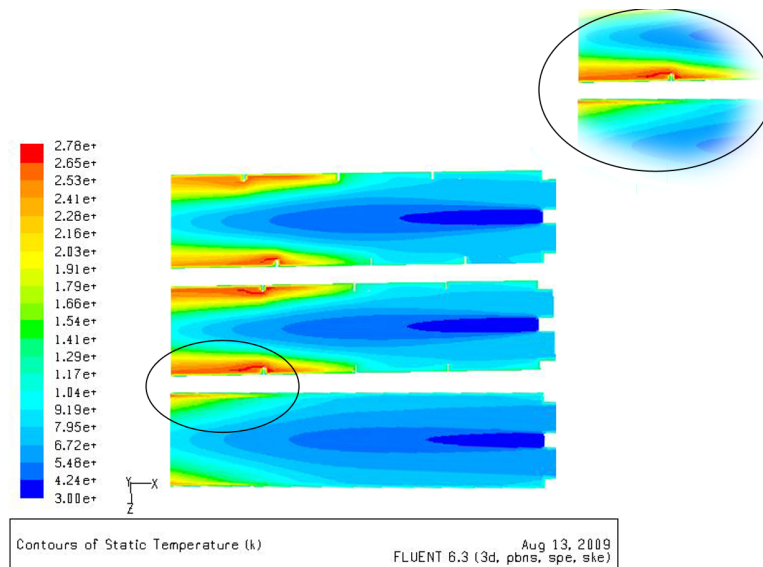
نتایج فشار، دما، سرعت، جزء مولی متان،  $\text{NO}_x$  خروجی از محفظه احتراق مطابق جدول ۴ می باشد. ابتدا به بررسی پروفیل ها و نتایج خروجی می پردازیم سپس پارامترهای مهم از جمله درصد احتراق، بازده حرارتی، کاهش  $\text{NO}_x$  خروجی، فاکتور P.F. را مورد بررسی قرار می دهیم.

جدول ۴- نتایج خروجی از محفظه های احتراق حاصل از این تحقیق

| مشخصه                               | محفظة متقارن بدون بفل | محفظة با بفل متقارن   | محفظة با بفل نامتقارن |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| جزء جرمی متان                       | ۰/۰۸۹۷                | ۰/۰۸۵۱۰               | ۰/۰۸۲۶                |
| دمای متوسط (K)                      | ۱۷۵۸                  | ۱۶۴۱                  | ۱۶۰۰                  |
| سرعت متوسط (m/s)                    | ۲۵/۶۸                 | ۲۴/۳۵                 | ۲۳/۵۸                 |
| افت فشار (Pa)                       | ۲۷                    | ۳۸                    | ۳۲                    |
| آشفتنگی ( $\text{m}^2/\text{s}^2$ ) | ۱۱۶/۳۹                | ۱۲۴/۷۲                | ۱۲۵/۴۴                |
| جزء جرمی $\text{NO}_x$              | $۱/۶۶ \times ۱۰^{-۳}$ | $۴/۲۲ \times ۱۰^{-۵}$ | $۴/۴۶ \times ۱۰^{-۵}$ |

#### ۴-۱-۱- بررسی دما

در شکل ۲ پروفیل دما در سه محفظه نشان داده شده است. همانطور که در پروفایل ها مشاهده می شود گذاشتن بفل طول مناطقی که بیشترین دما را دارند افزایش می دهد که این امر باعث می شود احتراق در محفظه کاملتر شود.

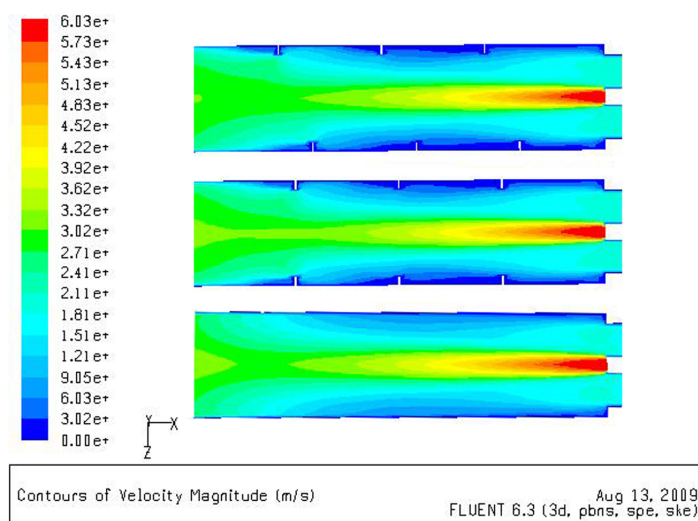


شکل ۲- تاثیر بفل ها بر روی پروفیل دما در سه محفظه مورد بررسی قرار گرفته در این تحقیق

علت کاهش دما در خروجی این است که با گذاشتن بفل ها سطح افزایش یافته است و انتقال حرارت از گازهای ناشی از احتراق به سطوح بیشتر می شود در نتیجه درجه حرارت خروجی کاهش می یابد. اگر هدف استفاده از گازهای احتراق برای حرکت توربین باشد کاهش دما مفید است زیرا باعث می شود پره های توربین کمتر آسیب ببینند [۵].

#### ۴-۱-۲- بررسی سرعت

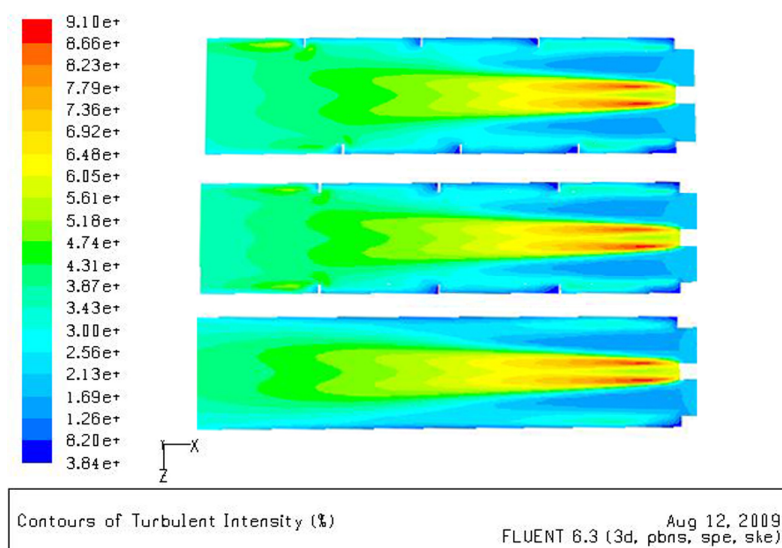
با قرار دادن بفل ها، مانعی بر سر راه سرعت جریان گذاشته خواهد شد که این امر باعث کاهش سرعت جریان خروجی می گردد. پروفیل سرعت که در شکل ۳ و نتایج خروجی در جدول ۴ نشان داده شده است مصداق این امر می باشند.



شکل ۳- تاثیر بفل ها بر روی پروفیل سرعت در سه محفظه مورد بررسی قرار گرفته در این تحقیق

#### ۴-۱-۳- بررسی آشفته‌گی جریان

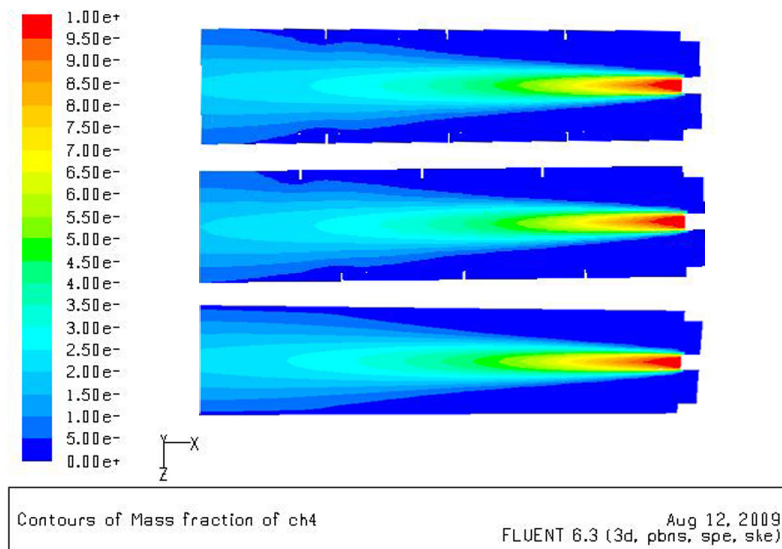
همانطوریکه شکل ۴ و نتایج خروجی در جدول ۴ معرف آنست، گذاشتن بفل آشفته‌گی جریان را بیشتر خواهد کرد و این امر برای انجام واکنش مناسب است. در نتایج مشاهده می شود که گذاشتن بفل ها به صورت غیر موازی نسبت به حالت موازی آشفته‌گی را بیشتر افزایش می دهد و علت آن استفاده مناسبتر مسیر، برای جریان گازهای حاصل از احتراق میباشد.



شکل ۴- تاثیر بفل ها بر روی پروفیل آشفته‌گی در سه محفظه مورد بررسی قرار گرفته در این تحقیق

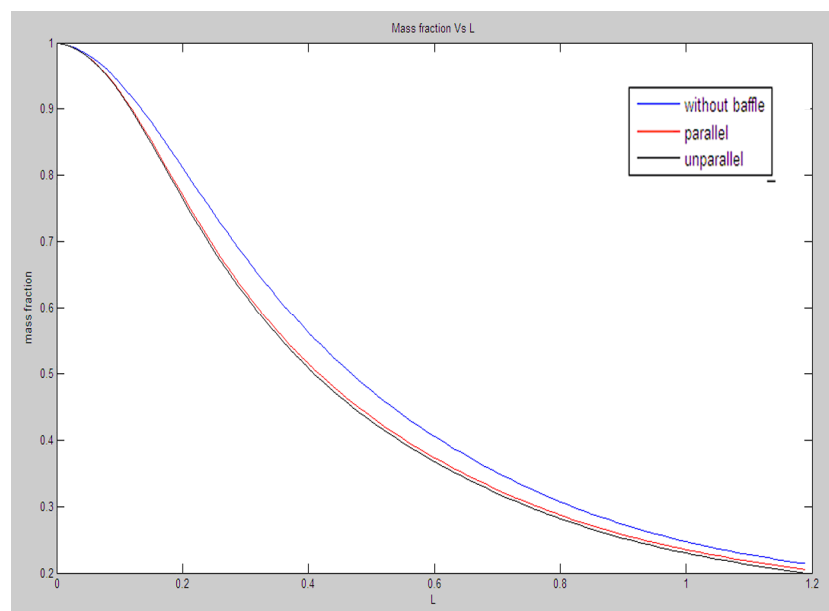
#### ۴-۱-۴- بررسی متان خروجی از محفظه احتراق

خروج متان از محفظه احتراق از دو دیدگاه مناسب نمی باشد: الف- نشان دهنده احتراق ناقص می باشد ب- از لحاظ اقتصادی خروج متان از محفظه احتراق باعث ضرر مالی می شود. در این قسمت برای سه محفظه خروج متان را مورد بررسی قرار می دهیم و پروفیل آن را در شکل ۵ مشاهده می کنیم. در نتایج گازهای خروجی در جدول ۴ مشاهده می کنیم که متان خروجی، در محفظه هایی که بفل قرار دادیم کاهش می یابد.

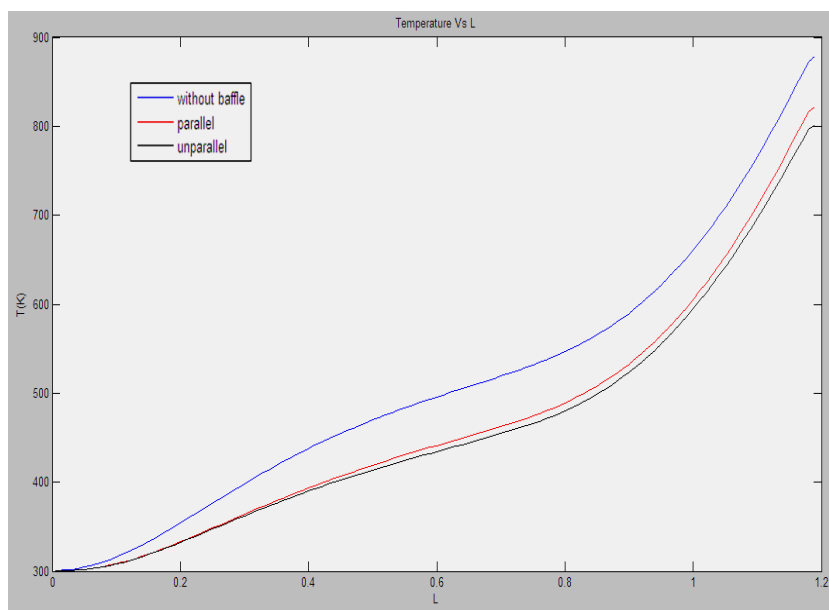


شکل ۵- تاثیر بفل ها بر روی پروفیل کسر جرمی متان در سه محفظه مورد بررسی قرار گرفته در این تحقیق

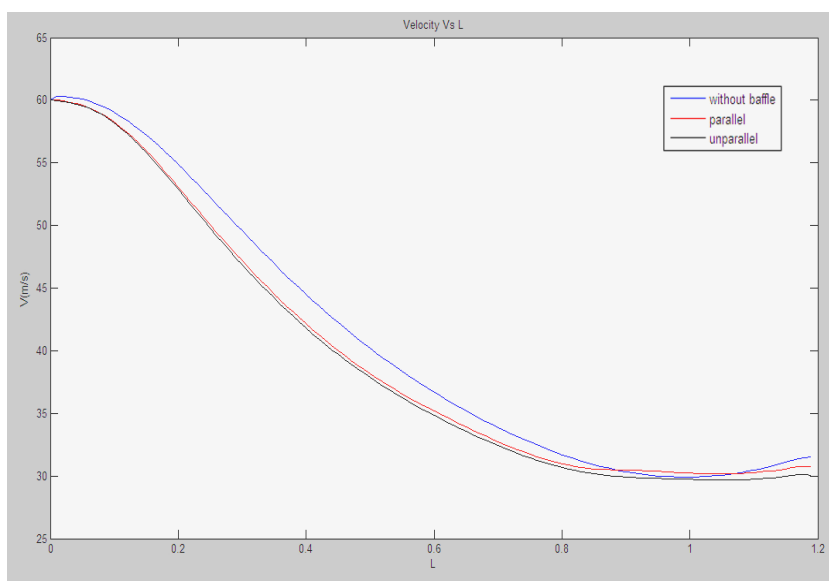
با ایجاد سه برش طولی در محفظه احتراق و مقایسه نمودارهای غلظت متان، سرعت و دما مشاهده می کنیم که نتایج جدول ۴ مورد تأیید می باشد یعنی با ایجاد بفل موارد فوق در خروجی کاهش پیدا می کند.



نمودار ۱- غلظت متان در یک برش طولی در سه محفظه مورد بررسی قرار گرفته در این تحقیق



نمودار ۲- تغییرات دما در یک برش طولی در سه محفظه مورد بررسی قرار گرفته در این تحقیق



نمودار ۳- تغییرات سرعت در یک برش طولی در سه محفظه مورد بررسی قرار گرفته در این تحقیق

#### ۲-۴- مقایسه پارامترهای مهم احتراق در این سه محفظه

در این قسمت به بررسی پارامترهای مهم در محفظه احتراق و مقایسه شرایط و نحوه عملکرد این سه محفظه می پردازیم.

#### ۱-۲-۴- بازده حرارتی

راندمان احتراق یکی از پارامترهای مهم در طراحی محفظه احتراق می باشد. بازده حرارتی معیاری برای اندازه گیری راندمان محفظه احتراق می باشد و به صورت زیر تعریف می شود:

$$\eta = 1 - \frac{T_{\max} - T_{av}}{T_{\max}} \quad (1)$$

جدول ۵- راندمان احتراق در سه محفظه احتراق

| مشخصه        | محفظة متقارن بدون بفل | محفظة با بفل متقارن | محفظة با بفل نامتقارن |
|--------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| بازده حرارتی | ۶۳/۳                  | ۷۱/۱                | ۶۸/۰۵                 |

با مقایسه نتایج در جدول فوق مشاهده می کنیم که با ایجاد بفل در مسیر جریان گازهای ناشی از احتراق، بازده حرارتی محفظه احتراق افزایش داشته است.

#### ۴-۲-۲- درصد احتراق

درصد احتراق را با توجه به گازهای متان خروجی که در احتراق شرکت نکرده اند سنجیده میشود. با کاهش گازهای متان خروجی درصد احتراق افزایش پیدا می کند، که هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ زیست محیطی حائز اهمیت می باشد. نتایج این تحقیق معرف آنست که با ایجاد بفل در مسیر جریان درصد احتراق افزایش پیدا می نماید. بطوریکه محفظه احتراق با بفل متقارن، نسبت به محفظه احتراق بدون بفل ۵/۳۷٪ افزایش درصد احتراق دارد و نیز در محفظه احتراق با بفل نامتقارن ۸/۶۰٪ افزایش درصد احتراق نسبت به محفظه احتراق بدون بفل مشاهده می شود.

#### ۴-۲-۳- بررسی آلودگی ناشی از احتراق (NO<sub>x</sub>)

شاید به جرأت می توان عنوان کرد یکی از با اهمیت ترین موارد در احتراق، بررسی آلودگی های محیط زیستی است که گازهای احتراق ایجاد می کند. با بررسی نتایج NO<sub>x</sub> خروجی مشاهده می شود قرار دادن بفل باعث کاهش چشمگیری در NO<sub>x</sub> خروجی می گردد، این کاهش نشان می دهد که:

۱- احتراق حالت کامل تری پیدا کرده است.

۲- آلودگی های ناشی از NO<sub>x</sub> که تاثیر سویی در محیط زیست دارد به شدت کاهش پیدا می کند. همانطور که می دانیم ترکیب سمی بوده و کاهش اندک آن نیز قابل توجه می باشد [۶]. با قرار دادن بفل در محفظه زمان ماندگازهای حاصل از احتراق در محفظه افزایش میابد واکسیژن فرصت بیشتری برای واکنش با متان دارد و لذا کمتر با نیتروژن ترکیب می شود تا ترکیب سمی NO<sub>x</sub> ایجاد کند. در این تحقیق با محاسبه میزان NO<sub>x</sub> در محفظه با بفل نسبت به محفظه بدون بفل مشاهده می کنیم که غلظت خروجی NO<sub>x</sub> در محفظه دارای بفل، نسبت به بدون بفل ۹۷٪ کاهش میابد، که این نتیجه گیری حائز اهمیت است. لذا قرار دادن بفل در مسیر گازهای حاصل از احتراق و ایجاد اغتشاش در سوخت و هوا نتیجه مهم کاهش ۹۷ درصدی NO<sub>x</sub> را به دنبال خواهد داشت که این امر در جدول ۴ قابل مشاهده است.

#### ۴-۲-۴- Pattern factor

شکل بی بعد شده اختلاف دما در خروجی بصورت ذیل تعریف می گردد:

$$P.F = \frac{T_{\max} - T_{av}}{T_{av} - T_{in}} \quad (2)$$

که در رابطه فوق T<sub>max</sub> بیشترین دما در مقطع خروجی، T<sub>av</sub> دمای متوسط وزنی در خروج از محفظه و T<sub>in</sub> دمای متوسط وزنی تمام ورودی ها به محفظه است. در این نوع تحقیق P.F. پارامتر بسیار با اهمیتی می باشد. هر چقدر میزان عددی P.F. در خروجی محفظه کمتر باشد نشان دهنده این است که دمای متوسط خروجی به دمای ماکزیمم نزدیکتر است پس ایده ال این است که مقدار P.F. تا حد ممکن کوچک باشد [۷، ۸].

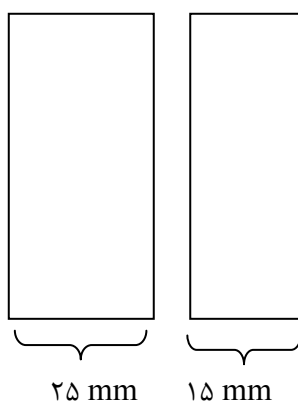
کاهش این فاکتور نشان دهنده این است که  $T_{av}$  در خروجی به  $T_{max}$  نزدیکتر است و این امر بیان می کند که سطح بیشتری در خروجی دمای ماکزیمم را دارد، با قرار دادن بفل در مسیر جریان شاهد این امر هستیم که مطابق جدول ۶ P.F کاهش میابد.

جدول ۶- مقایسه Pattern factor در سه محفظه احتراق

| محفظة با بفل نامتقارن | محفظة با بفل متقارن | محفظة متقارن بدون بفل | مشخصه |
|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------|
| ۰/۷۲                  | ۰/۶۵                | ۰/۹۱                  | P.F   |

#### ۳-۴- بررسی تأثیر افزایش عرض بفل ها بر روی احتراق و نتایج خروجی از محفظه ها

در این حالت می خواهیم پارامتر افزایش عرض بفل را بر روی احتراق بررسی کنیم، سوخت و هوا با شرایطی مطابق جدول ۷ وارد محفظه احتراق با بفل متقارن می شوند و عرض بفل را از ۱۵ mm به ۲۵ mm مطابق شکل ۶ تغییر می دهیم و نتایج خروجی از محفظه را بررسی می کنیم.



شکل ۶- افزایش عرض بفل

جدول ۷- مشخصات سوخت و هوای ورودی به محفظه

| سرعت (m/s) | دما (k) |             |
|------------|---------|-------------|
| ۶۰         | ۳۰۰     | سوخت (متان) |
| ۲۴         | ۶۵۰     | هوا         |

جدول ۸- نتایج خروجی از محفظه های احتراق

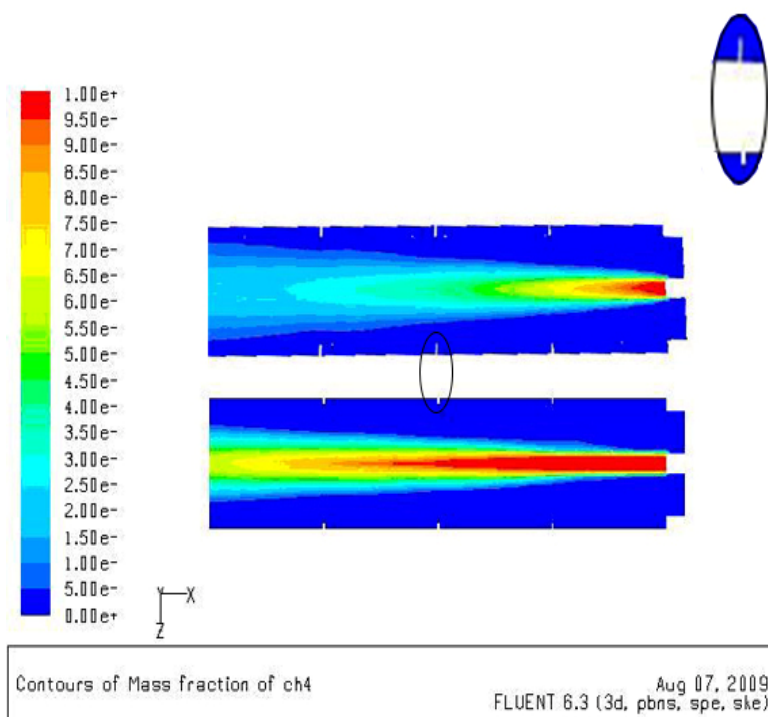
| مشخصه                  | بفل به عرض ۲۵mm | بفل به عرض ۱۵mm |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| کسر جرمی متان          | ۰/۰۶۱           | ۰/۰۷۷           |
| آشفته گی ( $m^2/s^2$ ) | ۹۸/۳            | ۹۴/۹            |

|                      |                      |              |
|----------------------|----------------------|--------------|
| $3/7 \times 10^{-3}$ | $3/8 \times 10^{-4}$ | میزان $NO_x$ |
|----------------------|----------------------|--------------|

با محاسبه درصد احتراق مشاهده می کنیم با افزایش عرض بفل از ۱۵mm به ۲۵mm میزان احتراق به اندازه ۲۳/۱۸٪ بهبود پیدا می کند و کاهش میزان  $NO_x$  به اندازه ۸۹/۷٪ می باشد. سئوالی که در اینجا مطرح می شود این است که آیا با افزایش بیشتر عرض بفل به شرایط ایده آل تر نزدیک می شویم، برای پاسخ به این سئوال عرض بفل را به اندازه ۴۰mm می رسانیم. مشاهده می کنیم که بین بفل ها دچار Temperature limit می شویم و نتایج اجرا نمی شود، پس این افزایش عرض باید به میزانی باشد که جلوی جریان ورودی سوخت و هوا ممانعت ایجاد نکند. که عرض بهینه در این تحقیق برای این محفظه ۲۵mm می باشد.

### ۴-۳-۱- تاثیر افزایش عرض بفل بر متان خروجی

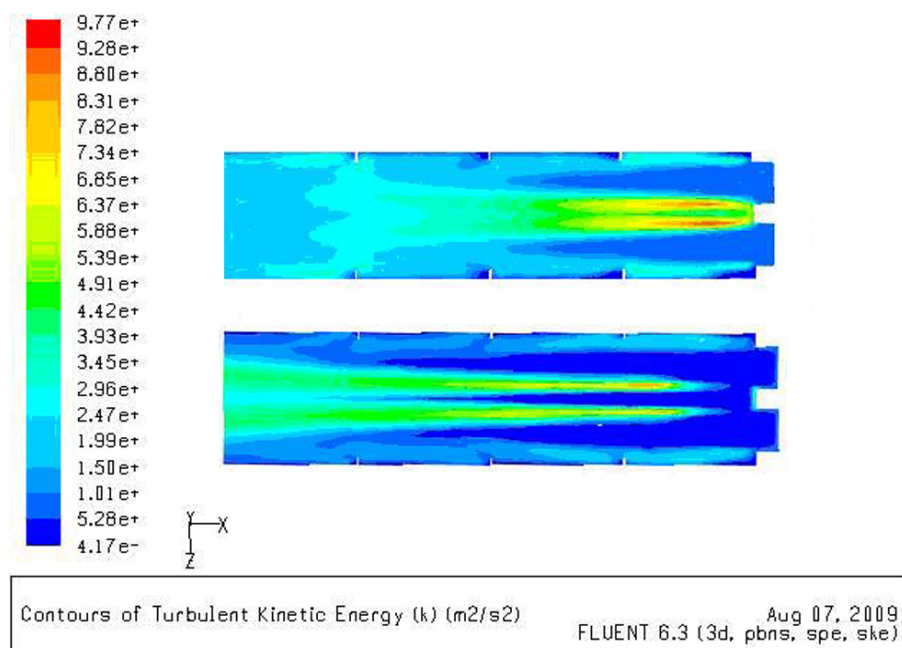
افزایش عرض بفل باعث کاهش غلظت متان خروجی از محفظه احتراق می شود که نشان دهنده این مطلب است که با افزایش عرض بفل احتراق کامل تر می شود. نتایج در شکل ۷ و جدول ۸ قابل بررسی هستند.



شکل ۷- پروفیل غلظت متان در دو محفظه احتراق مورد بررسی قرار گرفته در این تحقیق

### ۴-۳-۲- تاثیر افزایش عرض بفل بر آشفستگی جریان

افزایش عرض بفل از ۱۵mm به ۲۵mm باعث افزایش آشفستگی می شود، که این مورد در شکل ۸ و نتایج خروجی در جدول ۸ قابل مشاهده است.



شکل ۸- پروفیل آشفتگی جریان در دو محفظه احتراق مورد بررسی قرار گرفته در این تحقیق

## ۵- نتیجه گیری

هدف از این تحقیق افزایش بازده و کارایی و کاهش اثرات منفی زیست محیطی در محفظه های احتراق می باشد که

نتایج ذیل حاصل گردید:

- قرار دادن بفل در مسیر جریان و در داخل محفظه احتراق باعث کاهش چشمگیر میزان  $NO_x$  در خروجی می شود. بفل ها باعث می شوند زمان ماند گاز در محفظه افزایش یافته و اکسیژن فرصت بیشتری برای واکنش با متان خواهد داشت. لذا اکسیژن کمتری برای تشکیل ترکیبات سمی  $NO_x$  داریم و به این ترتیب  $NO_x$  کمتری در خروجی خواهیم داشت.
- اثر دیگری که افزایش بفل بر روی دینامیک جریان ایجاد می کند ، باعث افزایش درصد احتراق و کامل شدن احتراق میگردد که دلیل آن به خاطر اثر آشفتگی است که در داخل محفظه ایجاد می شود. این امر باعث می شود در خروجی متان کمتری مشاهده شود که از دو جهت دارای اهمیت است. اولاً از لحاظ اقتصادی اتلاف سوخت متان نداریم و ثانیاً از لحاظ زیست محیطی مناسب است.
- فاکتور دیگری که مورد بررسی قرار گرفت راندمان محفظه احتراق است. نتایج معرف آنست که قرار دادن بفل در دو موقعیت موازی و غیر موازی هر دو باعث افزایش راندمان محفظه احتراق میگردد.
- پارامتر Pattern Factor حاصل از این تحقیق معرف آنست که این فاکتور با قرار دادن بفل کاهش می یابد. کاهش این فاکتور نشان دهنده این است که توزیع مناسبی از دما در خروجی وجود دارد و دمای متوسط خروجی به دمای ماکزیمم نزدیکتر است. هر چقدر دمای خروجی یکنواخت تر باشد نشان دهنده اینست که به دمای دماسنج هایی که در داخل محفظه قرار داده ایم بیشتر می توان اطمینان کرد. توزیع نامناسب دمای خروجی ممکن است باعث آسیب رساندن به توربین شود. توربین در حال کار، یک دما از خروجی محفظه دریافت می کند (که عملاً این دما از یک یا نهایتاً چند دماسنج حاصل میگردد). این دما معیاری برای کارکرد توربین است. اگر از حد مجاز بالاتر باشد، یا توربین خاموش گردیده و یا با کم کردن سوخت این دما کاهش یافته که این امر باعث جلوگیری از آسیب رسیدن به توربین می شود. لذا اگر دما در خروجی توزیعی نامناسب داشته باشد، ممکن است در یک ناحیه از خروجی دما بالا باشد در حالیکه دماسنج ها دمای عادی و مجاز را در ناحیه خود گزارش



می کند. یکی از خطرات این مسئله، کاهش عمر تعمیر اساسی محفظه است. زیرا قطعات دارای عمر معینی بوده و در یک زمان مشخص باید تعویض شوند. لذا با کارکردن در شرایط نامناسب دما، از عمر کاری دستگاه کاسته می شود. یکی دیگر از معایب توزیع نامناسب دما، این است که باعث کاهش عمر کارکرد مفید توربین میگردد.

- بنابراین نتایج حاصل از این شبیه سازی بیانگر آنست که با تغییر هندسه محفظه احتراق، بهره وری و بازده آنرا میتوان افزایش و اثرات سوء زیست محیطی را به میزان قابل توجهی کاهش داد.

## مراجع

- ۱- بهبهانی، ن.، "سوخت و احتراق"، چاپ دوم، انتشارات صنعت نفت، تهران، ۱۳۸۵.
- ۲- رحیمی اصل، ر.، سلطانی، م.، "دینامیک سیالات محاسباتی به کمک نرم افزار Fluent"، چاپ پنجم، نشر طراح، تهران، ۱۳۸۷.
- 3- *Fluent Manual*, Fluent Inc., September 2006.
- 4- William, B., Zimmerman, J., "Process molding and simulation with finite element methods", Word Scientific, pp.10-15, 2004.
- 5- Rahimi, R., Rahimi, M. R., "A review on computational fluid dynamic in chemical engineering", 4th Iranian Chemical Engineering Congress, pp. 23-25, 2004.
- 6- Herodotus, W., Yoshikazu, S., Yohsuke, M., S.J., "Spray combustion simulation including soot and NO formation", J. Energy Chem., 250, pp. 2077-2089, 2007.
- 7- Woolley, M., Fairweather, M.S.J., "Conditional moment closure modeling of soot formation in turbulent, on-premixed methane and propane flames", J. Fuel Chem., 220, pp. 1-15, 2008.
- 8- Tamanini, F., "Numerical model for the prediction of buoyancy controlled turbulent diffusion flames", Factory Mutual Research, Norwood, MA, Report No. FMRC 22360-1, 2001.