Archive of SID

اولین کنفرانس احتراق ایران
بهمن ماه ۱۳۸۴- تهران- دانشگاه تربیت مدرس
انجمن احتراق ایران

تحقیق روی پائین آوردن NO_X در کوره ها و بویلرها با استفاده از مشعلهای پیشرفتهٔ جدید و مدل سازی دینامیک سیالات محاسباتی

مسعود مجیدیان، ایرج گشمردی
شرکت پالایش نفت بندرعباس
Madjidian74@yahoo.com

چکیده

برای رسیدن به کاهش آلودگی NO_X تا میزان ۳۰ppm، تکنیک های کاهش NOx برای پائین آوردن دمای نوک شعله و موجود بودن اکسیژن از طریق افزایش رقیق کننده های متعدد در فرآیند احتراق اجرا گردیده است . این امر از طریق توسعه یک کلاس جدید از مشعلها با عنوان LNB [۱] انجام گردیده است.

بعنوان قانون جدید ابلاغ شده که مطابق استاندارد لایه ازن از CAA [۶] می باشد ، تحقیق احتراق روی توسعه یک کلاس پیشرفته از LNB که به نام ULNB می باشد ، متمرکز گردیده است. اهداف تحقیق تولید مشعلهائی که آلودگی NOx را تا اعداد یک رقمی (کمتر از ۱۰ PPM حجمی در ازای ٪ ۳ اکسیژن) کاهش داده و شدت آلودگی CO را کاهش می دهد، می‌باشد. ULNB [۷] ها مخصوصا برای سوختن سوختهای گازی، مانند گاز طبیعی، که ذاتاً از باند های نیتروژن عاری می‌باشند، طراحی گردیده‌اند. نتایج و موفقیتهای آنها، بوسیله تکنیکهای چگونگی کاهش تولید NOx که می‌تواند منجر به کاهش تشکیل سریع حرارتی NOx بدون اثر پایین آوردن بازدهی شوند، اندازه‌گیری می‌شود.

ساختمان و ترکیب یک واحد جدید Coker در یک پالایشگاه نفت برای کاهش NOx درنظر گرفته شده است. برای رسیدن به کاهش مورد نیاز، پالایشگاه اقدام به احداث و اضافه نمودن گرم کننده‌های (heater) متعدد نفت خام با مشعلهای با NOx فوق‌العاده پایین نموده است. اضافه نمودن مشعلهائی برای کاهش NOx یک سلسه رقابت بی‌مانندی را برای مصرف کنندگان و فروشندگان مشعل ها پدید آورده است. از آنجائیکه عملکرد مشعلهای متعارف و معمولی در گرم کننده‌های فعلی رضایت بخش می‌باشد ، نصب مشعلهای با NOx فوق‌العاده پایین می‌تواند بسبب انتشار فعل و انفعالات مشعل به مشعل و مشعل به کوره رقابت بیشتر را ثابت کند. علاوه بر آن، این مشکلات معمولاً تا زمانیکه مشعل های جدید نصب نشده‌اند ، به چشم نمی‌آید.

مدل‌سازی به یک ابزار حیاتی در طراحی و توسعه مشعل های NOx فوق‌العاده پایین امروزی در صنایع هیدروکربنی و فرآیندهای شیمیائی تبدیل شده است. بعنوان یک تکنیک پیشرفته حل مشکل، مدل‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) و جریان سرد فیزیکی بصورت موفقیت آمیزی در حل مسایل و مشکلات بوجود آمده با افزودن مشعل با NOx فوق‌العاده پایین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در تحقیق و پژوهش حاضر توسط مهندسان (CFD) ، ارائه دهندگان و فروشندگان مشعل، مدل‌سازی محفظه هوای با فشار فوق جو (تهویهٔ اجباری) را پس از نصب جهت تعیین مشکلات احتمالی که در حالات واقعی بهره‌برداری استفاده‌کنندگان از کوره‌ها پدید می‌آید ، انجام گردیده است. پس از نصب، اپراتورهای کوره، با مسائل و مشکلات غیر منتظره همراه با شعله های با امواج و ضربانهای (جهش هائی) طولانی متناوب که به تیوبهای فرآیند برخورد می‌نماید، مواجه شده‌اند . جریان هوای متغیر در محفظه هوا در فشار فوق جو مشعل، دهانه مشعل و کوره از جمله مسائل پدید آمده، اثبات شده‌اند.

گروه مدل‌سازی فروشندگان مشعل هم از مدل سازی CFD و هم از مدل سازی فیزیکی برای تشخیص و برطرف کردن این مسائل و مشکلات، بهبود و اصلاح بهره‌برداری از کوره های مصرفی و تامین یک شعلهٔ یکنواخت، آبی و تمیز مانند شکل شماره ۱ کمک گرفته‌اند.

علاوه بر آن، کار ارائه شده در اینجا، علاوه بر کار مدل‌سازی، کمک به بهبود و اصلاح بهره برداری کوره نیز می‌باشد.

واژه های کلیدی: NO_X - LNB - ULNB - مدل سازی دینامیک سیالات محاسباتی – CFD

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

مشعلهای با برای رسیدن به کاهش آلودگیNOx تا میزان ppm ۳۰ تکنیک های کاهش NOx برای پائین آوردن دمای نوک شعله و موجود بودن اکسیژن از طریق افزایش dilutent های متعدد در فرایند احتراق اجرا گردیده است . این امر از طریق توسعه یک کلاس جدید از مشعلها با عنوان LNB انجام گردیده است .

مشعلهایLNB قطعات قرار می شد که مخصوص تجهیزات احتراق که سبب کاهش NOx از طریق کنترل ترکیب سوخت و هوا در طول احتراق می باشند . استراتژی کنترل آلودگی پشتوانه طراحی یکLNB بوده عموما منعکس کننده یک ویا چند تکنیک کاهش NOx شامل هوای مرحله ای سوخت مرحله ای و FGR می باشد . بعنوان مثال دریک LNB احتراق مرحله ای هوا و یا سوخت در پایین دست منطقه احتراق مقدماتی (اولیه) اضافه می گردد .

برای کاهش بیشتر تولید NOx هوای احتراق تازه شاید با گاز چرخشی حاصل از احتراق برای کاهش دمای نوک شعله ترکیب می گردد. بسته به آنکه کدام یک از تکنیک های کاهش NOx به کار گرفته شود باشند LNB با احتراق مرحله ای به دو دسته کوچکتر مشعلهای با هوای مرحله ای و مشعلهای با سوخت مرحله ای تقسیم می گردد.

بعضی از LNB ها شرایط احتراق را طوری پدید می آورند که تولید یک شعله با دمای پائین برای کاهش تولید NOx می نماید . شعله ها به یک شعله بزرگ در داخل شعله های کوچکتر متعدد و یا توسعه سطح جذب حرارت تابش شعله تقسیم می شوند . برخی طراحی های LNB از شعله های چند گانه با احتراق ضعیف پیش آمیخته برای شکستن حرارت کلی ورودی به شعله های کوچکتر استفاده می کنند که بدان وسیله دمای نوک شعله را پائین می آورند . سایر طراحی ها بوسیله افزایش دمای هوای احتراق پیش گرم شده تزریق بخار و یا آب به فضای احتراق و یا با وارد کردن هوای چرخش حاصل از احتراق به دمای پائین شعله می رسند .

کاهش NOx قابل توجه در حقیقت استفاده ازLNB های است که سوخت را تحت حالات هوای اضافی و LEA می سوزانند . در این مشعلها ، قسمتی از سوخت با هوای بیشتر از آنچه برای احتراق کامل نیاز باشد ، ترکیب می گردد. این غلظت پائین سوخت سبب پائین آمدن دمای شعله می گردد. سوخت باقیمانده با هوای کمتر از مورد نیاز برای احتراق کامل ترکیب شده که از تولید NOx جلوگیری می نماید . در یک نقطه واقعی در مافوق (پس از) مشعل که ترکیب سوخت و هوا تشکیل می گردد ، حتی کاهش بیشتر نیز می تواند تحقق یابد .

تجربه و آزمون نشان می دهد که کاهش قابل توجه در آلودگی NOx می تواند با استفاده از LNB ها به واقعیت بپیوندد . طبق گزارش EPA ، LNB ها قادر به کاهش ٪ ۸۰ می باشند ، ولی کاهش واقعی بستگی به نوع سوخت و اختلاف نسبتاً زیاد از نصب یک مشعل با سایر مشعلها دارد . میزان کاهش واقعی از ٪ ۳۰ تا ٪ ۵۰ می باشد ، و تحت حالات واقعی ، کاهش بیشتر ، مخصوصاً در زمانی که DFA و یا سایر تکنیکهای کاهش NOx روی LNB ها اعمال می کردند ، نیز ممکن می باشد .

۲- مشعلهای با NOx فوق العاده پایین

بعنوان قانون جدید ابلاغ شده که مطابق استاندارد لایه ازن از CAD می باشد ، تحقیق احتراق روی توسعه یک کلاس پیشرفته از LNB که به نام ULNB می باشد ، متمرکز گردیده است . اهداف تحقیق تولید مشعلهائی که آلودگی NOx را تا اعداد یک رقمی (کمتر از PPM ۱۰ حجمی در ازای ٪ ۳ اکسیژن) کاهش داده و شدت آلودگی CO را کاهش می دهد ، می باشد ULNB ها مخصوصا برای سوختن سوختهای گازی ، مانند گاز طبیعی ، که ذاتاً از باند های نیتروژن عاری می باشند ، طراحی کرده اند . نتایج و موفقیتهای آنها ، بوسیله تکنیکهای چگونگی کاهش تولید NOx که می تواند منجر به کاهش تشکیل حرارت سریع NOx بدون اثر پایین آوردن بازدهی ، اندازه گیری می شود .

تاکنون تعداد متعددی از ULNB. ها با مفهوم کلی با موفقیت آزمایش گردیده اند ، و بعضی از طراحی ها در محل حاضر به صورت تجاری موجود می باشند . از آنجائیکه تکنولوژی ULNB ها پیشرفته می باشد . اهمیت روی تحقیق مشعلها در جهت

www.SID.ir

Archive of SID

بهینه سازی فرآیند احتراق برای بالا بردن انعطاف پذیری قابل استفاده و به حداقل رساندن ضربه به عملکرد و بهره وری کل سیستم جایگزین گردیده است . با وجود اینکه تغییرات سریع در state of the oh رخ داده است ، ULNB ها عموماً انطباق پذیر با کلیه طراحی های بویلر نبوده ، و بزرگترین کاهش NOx زمانی تحقق می یابد که تکنیکهای کنترل NOx پس از احتراق مانند کاهش کاتالیستی انتخابی (SCR) در عملکرد با ULNB ها استفاده گردد.

بدون مشخص کردن نامهای تجاری ، کاخانجات سازنده ، و یا جزئیات اختصاصی بحث زیر یک خلاصه از مفهوم سه نوع ULNB را ارائه می نماید . هر طراحی برای رسیدن به میزان آلودگی یک رقمی NOx با کنترل هر دو مورد تشکیل حرارتی و سریع NOx از طریق استفاده از چرخش دوباره گازهای حاصل از احتراق در ازای ترکیب حداقل یک تکنیک دیگر کاهش NOx ، عملی می باشد .

کاهش در آلودگی NOx می تواند با افزایش میزان هوای احتراق اضافی که باعث سوخت پیش از ورود به مشعل ترکیب می گردد ، بدست آید . بوسیله افزایش سطح هوای اضافی ، احتراق در دمای پایینتر اتفاق می افتد و تشکیل حرارتی NOx کاهش می یابد . بهره برداری از یک سطح هوای اضافی بالا همچنین تشکیل سریع نیز می کاهد . افزودن گازهای حاصل از احتراق از دودکش بویلر در داخل شعله همچنین یک تکنیک عمومی و موثر برای کاهش دمای نوک شعله و تشکیل حرارتی NOx می باشد . از آنجائیکه میزان چرخش دوباره گازهای حاصل از احتراق افزایش یافته ، سطح آلودگیهای NOx کاهش یافته تازمانی که سطح پایداری و تعادل مشعل بالا باشد . بازده عملکرد مشعل که برای ترکیب هر کدام از هوای احتراق اضافی و یا گازهای حاصل از احتراق چرخشی قبل از ورود مشعل برای تولید خیلی کم آلودگیهای NOx و CO اثبات گردیده است .

یکی از راههای مستقیم برای کاهش آلودگی NOx شامل رسیدن به نواحی غنی از سوخت ، که سبب کاهش تشکیل حرارتی و سریع NOx و کاهش دمای شعله، که سبب کاهش تشکیل حرارتی NOx می گردد ، می باشد. درترکیب سریع ULNB سوخت گازی بسرعت با هوای نزدیک خروجی مشعل ترکیب می گردد که نتیجه آن اغلب ترکیب یکنواخت هوا – سوخت در نقطه اشتعال می باشد . این ترکیب با سرعت واقعاً سبب حذف تشکیل NOx و ارتقاء سوختن کامل سوخت می باشد . زمانیکه سوخت تحت شرایط تقریبی ایده ال مشتعل می گردد ، تقریباً هیچ CO و هیچ VOC مجازی تشکیل نمی گردد. NOx حرارتی بوسیله افزودن گاز حاصل از احتراق چرخشی به بالا دست هوای احتراق مشعل برای کنترل دمای شعله به حداقل می رسد .برخلاف تئوری عرفی LNB ، افزودن هوای اضافی ، تشکیل NOx را در کاربرد های ترکیب سریع مشعل کاهش می یابد . اگر چه عملکرد مشعلهای ترکیب سریع مانند مشعلهای پیش آمیخته مشابه می باشند ، یک تفاوت مشخص وجود دارد . وقعیتکه سوخت در مشعل اضافه می گردد ، حجم کوچک پیش آمیخته شده، بشدت احتمال پس زدن ذاتی طراحی های مشعل پیش آمیخته برطرف می کند. اگرچه ، هوای اضافی خیلی زیاد بکار رفته در این مشعلهای ترکیب سریع ، بازدید ه بویلر را کاهش می دهد .

مشعلهای FJR ترکیبی از ، زدودن حرارت پیش از ترکیب ، مرحله ای ، میان مرحله ای برای کنترل تشکیل NOx و CO بوسیله:

۱ _ پیش آمیختن هوای احتراق استوکیومتریک فرعی و چرخش داخلی قابل توجه محصولات احتراق جزئی درمرحله اول رسیدن به ثبات و تعادل ، احتراق یکنواخت که دمای نوک شعله و اکسیژن احاطه شده بالا را به حداقل می رساند .

۲ _ افزودن انتقال حرارت از مرحله اول برای کاهش دما احتراق در مرحله دوم

۳ _ کنترل احتراق مرحله دوم برای بیشتر کم شدن دمای نوک شعله

ساختمان و ترکیب یک واحد جدید Coker در یک پالایشگاه نفت در سوئیزیانای ایالات متحده آمریکا ، کاهش NOx را در سراسر پالایشگاه ایجاب می کند . برای رسیدن و به کاهش مورد نیاز، پالایشگاه اقدام به احداث و اضافه نمودن گرم کننده های (heater) متعدد نفت خام با مشعل های با NOx فوق العاده پایین نموده است . اضافه نمودن مشعل هائی برای کاهش NOx یک سلسه رقابت بی مانندی را برای مصرف کننده گان و فروشندگان مشعل ها پدید آورده است . از آنجا ئیکه عملکرد مشعل های متعارف و معمولی در گرم کننده های فعلی رضایت بخش می باشد ، نصب مشعل های با NOx فوق العاده پایین

www.SID.ir

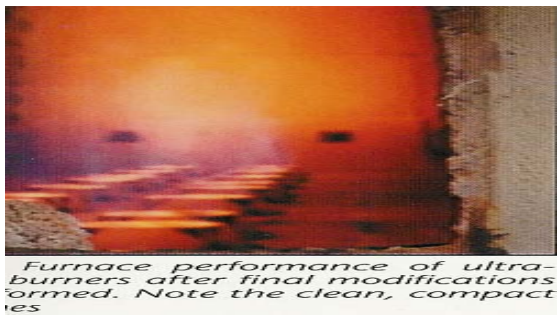
Archive of SID

می تواند بسبب انتشار فعل و انفعالات مشعل به مشعل و مشعل به کوره رقابت بیشتر را ثابت کند . علاوه بر آن ، این مشکلات معمولاً تا زمانیکه مشعل های جدید نصب نشده اند، به چشم نمی آید .

مدل سازی به یک ابزار حیاتی در طراحی و توسعه مشعل های NOx فوق العاده پایین امروزی در صنایع هیدروکربن و فرایندهای شیمیائی تبدیل شده است . بعنوان یک تکنیک پیشرفته حل مشکل ، مدل سازی دینامیک محاسبه پذیر سیال (CFD) و جریان سرد فیزیکی بصورت موفقیت آمیزی در حل مسایل و مشکلات بوجود آمده با افزودن مشکل با NOx فوق العاده پایین مورد استفاده قرار می کرد .

در تحقیق و پژوهش حاضر توسط مهندسان (CFD) ، ارائه دهنده گان و فروشنده گان مشعل مدل سازی محفظه هوای ، فشار فوق جو (تهویه اجباری) را پس از نصب جهت تعیین مشکلات احتمالی در حالات واقعی بهره برداری استفاده کنندگان از کوره ها پدید می آید ، انجام گردیده است . پس از نصب ، اپراتورهای کوره ، با مسائل و مشکلات غیر منتظره همراه با مشعل های با امواج و ضربانهای (جهش هائی) طولانی متناوب به تیوبهای فرآیند مواجه شده اند . جریان هوای متغیر در محفظه هوا در فشار فوق جو مشعل ، دهانه مشعل و کوره از جمله مسائل پدید آمده ، اثبات شده اند .

گروه مدل سازی فروشندگان مشعل هم از مدل سازی CFD و هم از مدل سازی فیزیکی برای تشخیص و برطرف کردن این مسائل و مشکلات ، بهبود و اصلاح بهره برداری از کوره های مصرفی و تامین یک شعله یکنواخت ، آبی و تمیز مانند شکل شماره ۱ کمک گرفته اند.



Furnace performance of ultra-burners after final modifications ormed. Note the clean, compact es

علاوه بر آن ، کار ارائه شده در اینجا ، علاوه بر کار مدل سازی ، کمک به بهبود و اصلاح بهره برداری کوره نیز انجام شده است ، جزئیات کار اضافی در جای دیگر ارائه گردیده است .

۳- گرم کننده های نفت خام

در زمره واحدهایی که اصلاح شده اند ، دو گرم کننده (کوره) نفت خام می باشند . هرکدام گرم کننده (کوره) بصورت مستطیلی ، گرم کننده نوع کابینی که دارای یک سیستم پیش گرم کن هوای معمولی می باشد . شکل ۲ شماتیک عمومی یک سیستم گرم کننده (کوره) نفت خام را نشان می دهد.

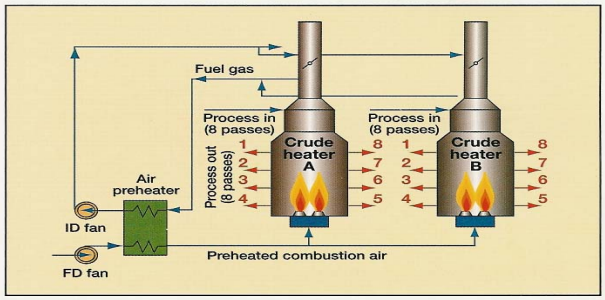


Figure 2 Schematic of petrochemical refinery's crude heater system

هرگرم کننده (کوره) دارای هشت پاس تیوب و هر کدام از آنها احتمالاً با توازن ایجاد شده و جریان کوران طبیعی عمل می نمایند . هرگرم کننده دارای دو ردیف ۱۲ تائی مشعل که در کل ۲۴ مشعل می باشد (آرایش و ترتیب مشعل ها در شکل ۳ نشان داده شده است).

www.SID.ir

Archive of SID

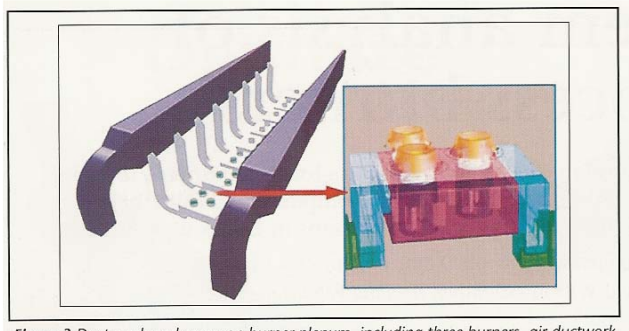


Figure 3 Duct work and common burner plenum, including three burners, air ductwork and dampers, as analysed in the CFD cold-flow simulation

مشعل ها بصورت شطرنجی پایین خط مرکزی محور طولی گرم کننده قرار دارند و در مجاورت و نزدیک یکدیگر قرار گرفته اند . گروههای سه تائی مشعل ها بصورت یک طرح مثلثی آرایش گرفته اند که هریک دارای یک محفظه هوای با فشار فوق جو معمولی و مشترک می باشند (شکل ۳) . هوای احتراق وارد هر دو طرف محفظه هوای با فشار فوق جو می گردد ، و در آنجا هشت محفظه هوای با فشار فوق جو در گرم کننده (کوره) موجود می باشد . هر گرم کننده نفت خام توانائی فرایند ۱۲۵۰۰۰ bpd نفت خام و در مجموع ۲۵۰۰۰۰ bpd نفت خام را دارا می باشد . هر گرم کننده دارای حداکثر تولید حرارت ۲۸۱ میلیون btu بر ساعت با هوای پیش گرم ۵۰۰ oF می باشد .

مشعل های جدید با NOx فوق العاده پایین مخصوص برآوردشدن ۰،۰۶ lb ، NOx بر میلیون btu (مقدار حرارت بالاتر) تضمین شده در ٪ ۳ اکسیژن اضافی (بر پایه خشک) تحت دمای هوای پیش گرم ارائه شده و حداکثر وظیفه حرارت دهی می باشد.

۴- مدل سازی پیش از نصب

عدم تقارن محل قرار گیریم مشعل و کانال هوای ورودی منجر به دخالت در توزیع هوا در محفظه هوای با فشار ما فوق جو می گردد . هوا از یک مسیر حلقوی از کانال هوا از میان محفظه هوای با فشار ما فوق جو و مشعل ، و داخل کوره پیروی وتبعیت می کند . بنابراین (برای آن) ، گروه مدل سازی فروشنده گان مشعل یک آنالیزور فضای اشغال شده برای آشکارسازی جریان ترکیبی را انجام داده اند .

یک مطالعه پیشین داخلی (درون سازمانی) نشان می دهد که جریان در هر یک از هشت محفظه هوای با فشار فوق جو از جریان در هشت فضای دیگر متقل می باشد . برای مطالعه کنونی فرض شده که الگوهای جریان در کلیه فضاها ، بیشتر و یا کمتر یکسان باشند . بنابراین ، مهندسان یک محفظه هوای با فشار فوق جو مستقل را که دارای سه مشعل بوده و قسمت گرم کننده آن مستقیماً بالای محفظه هوای با فشار فوق جو می باشد را مدل سازی نموده اند . مزیت و برجستگی مدل سازی هندسی انجام شده ، در شکل ۴ نمایان کرده و نشان دادن کوره بصورت تکه ای (برش) می باشد . اگر چه مدل ، تاثیرات دیوارهای انتهائی را شامل نشده ، ولی یک نمایش خوب از محفظه های هوای با فشار فوق جو قرار گرفته نسبت به مرکز گرم کننده را فرض نموده است .

چون هدف از شبیه سازی قبل از نصب ، آزمایش توزیع جریان هوا می باشد ، محاسبات آیزوترمال با جریان سرد فاقد احتراق (non – reacting) در یک دمای هوای پیش گرم شده ثابت ، انجام گردیده است . اگر چه افت فشار محاسبه شده در طول مشعل ها در واکنش های احتراق در کوره ای که شامل توزیع جریان در جریان در داخل محفظه هوای با فشار فوق جو به میزان حداقل ساختگی باشد ، بالاتر می باشد . همچنین ، همانطوریکه در شکل ۳ نشان داده شده است ، مدل غیر واکنشی ، مجاز به ساده سازی هندسی گردیده است .

انواع گاز در مشعل ها و انواع تیوبها در کوره در جریان آیزوترمال و غیر واکنشی ، بدینگونه از مدل مستثنی شده و دخالتی ندارند. در مدل پیش از نصب ، هوای پیش گرم شده ورودی بصورت مساوی میان دو مجرای هوا تقسیم گردیده است .

www.SID.ir

Archive of SID

میزان جریان هوای ورودی کلی بر اساس ٪۳ اکسیژن اضافی (بر پایه خشک) با اشتعال ۱۴،۵ میلیون BTU در ساعت برای هر مشعل قرار داده شده است . شیبه سازی نشان داده که هوا بطور عادلانه و یکنواخت میان هر سه مشعل در محفظه هوای با فشار فوق جو معمولی با ٪۳ وزنی توزیع شده است .

هر چند، بردارهای سرعت در شکل ۵ بصورت سطح عمودی از میان دهانه‌های ثبت کننده های شکل عبور نموده اند، یک فضای چرخشی قوی میان مشعل ها در سمت راست و پایینتر سمت چپ ، نشان داده شده است . این فضا و سایر فضاهای چرخشی در حدود محفظه هوای با فشار ما فوق جو منتج شده به هر دریافتی مشعل ، اکثر هوای آن از میان یک پیش ثبت کننده (ثبت کننده اولیه) دهانه مشعل بیشتر از معادل عبوری از میان همه چهار دهانه مشعل می باشد.

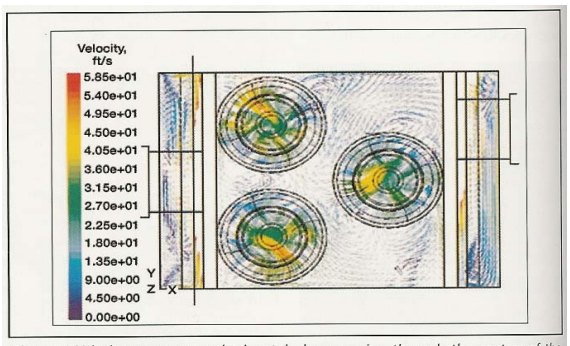


Figure 5 Velocity vectors on a horizontal plane passing through the centres of the openings in the burner registers. Note the recirculation zone between the burner on the right and the burner on the lower left, which produces the high-velocity region through each air register

بالاترین سرعتها در منحنی بردار سرعت شکل به روشنی دهانه های مشعل عرضه شده را نشان می دهد . بنابراین ، در صورتیکه هوای توزیعی میان مشعلها در حد کامل باشد ، هوای توزیعی در هریک از مشعلها غیریکنواخت می باشد . با اینحال ، افت فشار در طول مشعلها برای خفه کردن اثرات الگوی جریان در ثبت کننده مشعل کافی می باشد . در دهانه مشعل ، سرعت بالاترین مقدار نزدیک به مرکز مشعل ها می باشد و پروفایل سرعت منطبا مرکز تقارن ، در حدود محور میانی هر مشعل می باشد .

۵- عیب‌یابی مقدماتی

مشعلهای با No x فوق العاده پایین نصب گردیده وبا موفقیت با مقررات NOx پالایشگاه مواجه گردید گردید . اگر چه ، در مدت کوتاهی پس از راه اندازی گرم کننده ، پرسنل عملیات در زمینه خصوصیات مشعل را تنظیم می کنند. در میزان اشتعال ۷۰ تا ۸۰ در صد از طراحی مشعل ، شعله مشعلهای تکی در هر گروه ترکیب می شوند . پس از توسعه ، شعله ها به سمت تیوب های فرآیند تمایل داشته ونوک شعله ها را قطع می کنند.

نوک شعله ها به طور متناوب روی تیوب های انتقال حرارت تماس پیدا کرده و پرسنل مربوطه پالایشگاه حرارت دهی بیش ازحد را متمرکز نموده اند . وقتیکه سوخت گاز پالایشگاه کمتر از ۲۵ درصد هیدروژن داشته باشد ، برخورد شعله ها بایکدیگر بدیهی می باشد.

مهندسان مشعل یک مطالعه CFD ثانویه را برای تعیین مکانیزم معتبر برای رفتار شعله وتأثیرات وعملکرد آنها برای بهبود بیشتر ، انجام داده اند . گروه گرم کننده را در دو روش زیر مدلسازی نموده اند .

- با مشعل های جدید نصب شده به تعداد زوج که مشکل برخورد شعله را نیز دارا باشند.
- تحت همان حالت ولی با Staged Fuel Tips اصلاح شده . (بهبود یافته)

مهندسان مشعل در نصب قبلی با جبران نوک (Tip dlilling) که به قطع کردن اثر متقابل میان شعله ها و کاهش و تمایل شعله ها به حلقه های تیوب ها ، کک نموده اند . بنابرین ،گروه ، در دسته سه تایی از مشعل ها با سوراخکاری سوراخ

www.SID.ir

Archive of SID

های کوچکتر در درون Staged tips و با سوختکاری سوراخ های بزرگتر در بیرون tips (دهانه ها) برای تأمین ونگهداری همان حرارت برخاست از هر مشعل می باشد .

برای شبیه سازی احتراق و اثرات انتقال حرارت در کوزه ، مهندسان CFD مدل هندسی برای مطالعه توزیع هوا ، که درشکل۳ نشان داده شده است . برای در برگرفتن جزییات بیشتر ، اصلاح نموده اند . مقدمات و Stagedgas Tips به همراه تزریق سوخت آن ها که به مدل مشعل اضافه شده است ، مانند آنچه درشکل ۴ نشان داده شده است،

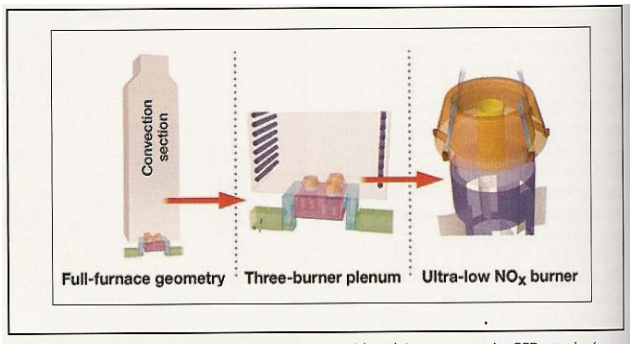


Figure 4 Three-burner furnace geometry considered in parametric CFD study (more than 1.2 million node required, Alpha 21264 Unix workstation with 4 GB RAM)

وتیوب های فرآیند که در کوره موجود می باشند ، طرح ریزی شده اند . این مدل ، از جریان احتراق تقریبی مدل عملکردی چگالی احتمالی فرض شده موازنه شیمیایی ، استفاده می نماید. مدل انتقال حرارت تشعشعی گرما روش Disclete ـ Drdinates (عرض جدا) باخصوصیات ارزیابی شده گاز ، از مدل مجموع وزنی گاز های تیره (خاکستری) استفاده می نماید.

درمیدان عمل ، شعل در هرمحفظه هوای با فشارهای فوق جو بصورت ظاهرمی شوند ، ولی شعله های مشتعل ها در معفظه های هوای بافشار مافوق جو مجزا ، دارای اثر متقابل نمایان نمی باشند. برپایه مشاهدات و فرضیات اولیه درمورد استقبال جریان درهر محفطه هوای با فشار مافوق جو، متخصصین CFD استفاده از مدل سه مشعلی با یک محفظه هوای بافشار مافوق جو را برای نشان دادن رفتار شعله درکل کوره تصدیق وتأیید نموده اند.

به استثناء میزان اشتغال ، حالات و وضعیت عملیاتی شبیه سازی شده ، به میزان میانگین فرض گردیده است . ترکیبات موجود در سوخت ، شامل میانگین پایه هیدروژن در میزان ترکیبات ممکنه می باشد . میزان جریان هوای پیش گرم شده ، برای تامین ٪۳ اکسیژن (بر پایه خشک) اضافی تنظیم شده است . مشعلها ، اگرچه درحالت حداکثر اشتعال خود ، مدلسازی شده باشند ، وظیفه دارند ۱۴،۵ میلیون Btu/hr به اهمیت پدیده هائی که سبب الگوهای نامطلوب شعله می شوند ، حرارت تولید نمایند . نتایج بدست آمده از شبیه سازی آنالیز شده برای اثبات اثرات متقابل مشعل به مشعل ، مقابل شعله ها و الگوهای جریان مخالف در گرم کننده می باشد .

برای انتشار شعله ها ، واکنش های احتراق ، فرض شده که جریان در کنار ناحیه ای که سوخت و هوای مخلوط شده در میزان های مناسب برای احتراق کامل استوکیومتریک می باشد . در مدل تابع چگالی جریان احتراق فرض شده ، جریانهای احتراق استوکیومتریک کامل باشد که در آن میزان متوسط مخلوط نسبی بصورت استوکیومتریک می باشد . بنابراین ، برای تصور پیچشی شعله شبیه سازی شده ، مهندسین CFD ، متوسط مخلوط سازی نسبی استوکیومتریک با سطح ثابت را طرح ریزی نموده اند .

نماهای سطوح اطراف و بالای متوسط مخلوط سازی نسبی استوکیومتریک برای الگوهای تزریق سوخت اصلاح شده در شکل های ۶ و ۷ نشان داده شده است .

سطح قرمز رنگ بر طبق دما برای ایجاد تفاوت در نمایش ارائه گردیده است . شکل های نشان دهنده چگونگی تاثیر متقابل شعله ها در الگوی اولیه تزریق سوخت که بوسیله tip های اصلاح شده جدید تاثیر متقابل شعله ها ، قطع گردیده اند .

www.SID.ir

Archive of SID

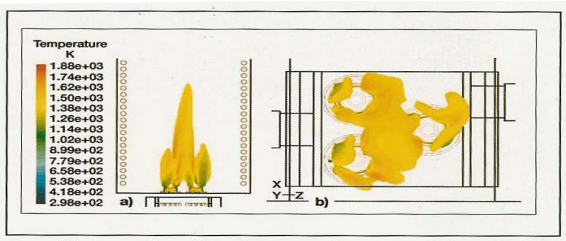


Figure 6 Surfaces of the stoichiometric mean mixture fraction for the original fuel-injection patterns. (a) Side view shows flame surfaces from two burners on the left and one on the right. (b) Top view shows flame pattern from the original injection pattern

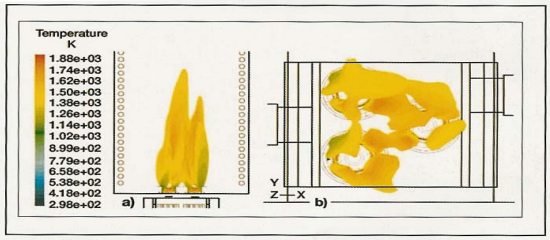


Figure 7 Surfaces of the stoichiometric mean mixture fraction for the modified fuel-injection patterns. (a) Side view shows flame surfaces from two burners on the left and and one on the right. (b) Top view shows flame pattern from modified injection pattern

نمای کناری در شکل ۶a ، یک ستون بلندی از شعله در مرکز سه مشعل که به وسیله شعله های مجزای کوچکتر احاطه گردیده اند را نشان می دهد . نمای بالای در شکل ۶b چگونگی شعله ها را از نظر tip های اصلاح شده گاز قرار گرفته در مرکز در ایجاد یک ستون مرکزی و بلند روی یگدیکر اثر متقابل دارند . شعله قرار گرفته در tip های اصلاح شده گاز بیرونی ، اثر متقابل ندارد و بنابراین کوتاهتر ظاهر شده و مشخص تر می باشد .

شبیه سازی CFD نشان می دهد که سوخت تزریقی اصلاح شده ، که در شکل ۷ نشان داده شده ، شعله ها بدون تاثیر متقابل و جدا و مشخص ایجاد شده اند .tip های حذف شده اصلاح شده ، یک ستون شعله مرکزی معلوم و آشکار (شکل ۷a) و اساساً اثرات متقابل شعله متصل به مشعل کاسته شده است (شکل ۷b) . با بررسی مدلهای CFD ، tip های اصلاح شده اصلی در روی کلیه ۲۴ مشعل در گرم کننده با tip های اصلاح شده که با الگوی سوخت تزریقی (پاششی) اصلاح شده اند ، جایگزین گردیده اند . staged- tip های اصلاح شده ، جدائی دنباله شعله ها را کاهش داده و مانع از اثرات متقابل میان شعله های مشعلهای مختلف می شود .

اگرچه ، همانطوریکه در مدلسازیCFD پیش بینی شده است ، tip های اصلاح شده (اثر و نتیجه ، را در تمام طول مشعل تعیین نمی نماید ، و شعله های منحرف ، همانطوریکه در شکل های ۶ و۷ در گزارش نظم و آرایش مشعل نامتقارن ملاحظه می شود ، ادامه پیدا می کنند . نتایج مدلسازی همچنین معلوم می سازد که ، الگوی های جریان در شعله های نفوذ کرده کوره ، سبب پیچشی آنها به سمت تیوبهای فرآیند می شود . مناطق چرخشی شعله شده و همچنین نوکهای شعله ها را جدا نموده و آنها را به سمت تیوبها انتقال می دهد . مشاهدات میدانی ثانویه با نتایج مدلسازی پایدارتر و محکم تر (اثبات) می شود .

بر پایه آزمایشات میدانی و نتایج مدلسازی ، مهندسان tip های گاز اصلاح شده یک زمان دوم را اصلاح نموده اند . اصلاحات حاشیه ای مشاهده شده است ، ولی رفتار شعله غیر قابل قبول باقی مانده اند ، مخصوصاً وقتیکه کوره با سوخت گاز پالایشگاه و هیدروژن موجود کمتر از ٪۲۵ در سرویس می باشند .

بعد از اصلاحات در الگوی تزریق سوخت ، روی tip های اصلاح شده ، از رفع کلیه مشکلات عاجز شده اند ، مهندسان مشعل ، با کار در پالایشگاه ، یک فاز سومی از آنالیز CFD متمرکز شده به اصلاح الگوهای چرخش در داخل گرم کننده (کوره) برای کاهش حدودی (جزئی) اثر و نتیجه نوکهای (بالای) شعله ها ، طرح ریزی نموده اند .

۶- آنالیز پارامتریک CFD

تیم مطالعه برای بررسی روی کوره به همراه مشعلها گسترش دادند . مدلسازی CFD بعنوان یک ابزار اولیه برای ارزیابی تغییرات بیشماری که می تواند در میدان انجام شود ، تعیین گردیده است . مطالعه پارامتریک CFD برای تعیین اثرات متغیرهای متعدد در شکل شعله و الگوی چرخش سوخت گاز آغاز گردید . پارامترهای شامل افزودن و readwall (یک دیواره نسوز که میان مشعلها و تیوبهای فرآیند قرارگرفته اند) ، اصلاحات بیشتر در tip های اصلاح شده و میزان اکسیژن اضافی در فرآیندهای احتراق مورد مطالعه قرار گرفتند . برای پیش بینی بهتر مشاهدات با درجه مقیاس بزرگتر در گرم کننده ، مهندسان

www.SID.ir

Archive of SID

CFD از سه مشعل به شش مشعل ، مدل شش مشعل بر پایه فرضیات اولیه که فضای انفرادی از دیگران مستقل است ، می باشد .

مهندسان CFD ، جزئیات سه مشعل را مدلسازی نمودند . سپس ، دماها ، سرعتها و سایر مقادیر وابسته به سطح احاطه کننده هرکدام از مشعلها حالات حاشیه ای در مدل شش مشعلی باشند ، محاسبه شده اند . در این روش ، اثرات منفی سه مشعل کمتر از اثرات منفی شش مشعل هندسی می باشد .

برای برقراری بیشتر یک ماخذ و پایه از سنجش میان مدلهای سه وشش مشعلی ، مهندسان CFD ، مدلهای اولیه الگوی تزریق سوخت اصلاح شده را به بخش شش مشعلی گسترش دادند . چون رفتار شعله در میدان وقتیکه سوخت گاز سنگین تر می شود ، بدتر جلوه می کند ، حالات پارامتریک با سوخت سنگین ، برای اهمیت دادن پارامترهای شعله در مدلها اجرا شود ، بیشتر از حالات طراحی شده گذشته در ترکیبات متوسط سوخت می باشد . هوای ورودی برای نگهداری و تامین ٪۳ اکسیژن اضافی (بر پایه خشک) در گرم کننده تنظیم شده است .

نتایج بدست آمده از مدل شش مشعلی ، الگوی تزریق سوخت بهبود یافته ، با مدل سه مشعلی بطور مطلوب مقایسه گردید . هردو شعله های جدا و مجزا از هر کدام از tip های سوخت اصلاح شده را نشان داده و نوک مشعل باریک و کشیده می باشد .

اثرات یک readwall اولین پارامتر مطالعه شده می باشد ، یک readwall بلند ۲۱ اینچی ، که تقریبا" دارای ٪۲۵ سطح باز می باشد ، در میان راه بین مشعلها و تیوبهای فرآیند در طول هر سمت از کوره قرار گرفته است . سطوح استوکیومتریک مخلوط متوسط نسبی شعله های بسیار بلند و باریک را در مقایسه با حالت بودن readwall نشان می دهند . بنابراین ، readwall بعنوان یک انتخاب پسندیده و مطلوب رد شده چون در معرض خطر شعله های باریک و بلند برای تولید دنباله های جدا و منفصل می باشد .

بررسی بیشتر نتایج بدست آمده از مدلها همراه با یا بودن readwall منجر به آشکار شدن مشاهده این موضوع می شود که مدلهای شعله و الگوهای چرخشی گاز های حاصل از احتراق کاملا" به هم وابسته می باشد . شعله های بلند نسبتا" سبب ایجاد مناطق چرخشی بلندتر می نمایند ، در صورتیکه شعله های کوچکتر با چرخش های کوچکتر رابطه دارند . بنابراین ، مهندسان مشعل نتیجه گرفته اند که اهداف متقارن ایجاد شعله های کوچک و مراحل بلند پرخش با یکدیگر ناسازگار می باشد .

پارامترهای مطالعه شده بعدی ارتفاع tip های سوخت اصلاح شده می باشد . ارتقاء tip های اصلاح شده منجر به تولید شعله های مرئی کوچکتر درسایر کاربردها و تعیین یک انتخاب خوب برای بهبود کیفیت شعله در کاربرد پالایشگاهی می باشد . شکل ۸ ، سطوح نسبت مخلوط میانگین استوکیومتریک برای مدل شش مشعلی با tip های اصلاح شده ارتقاء یافته را نشان می دهد .

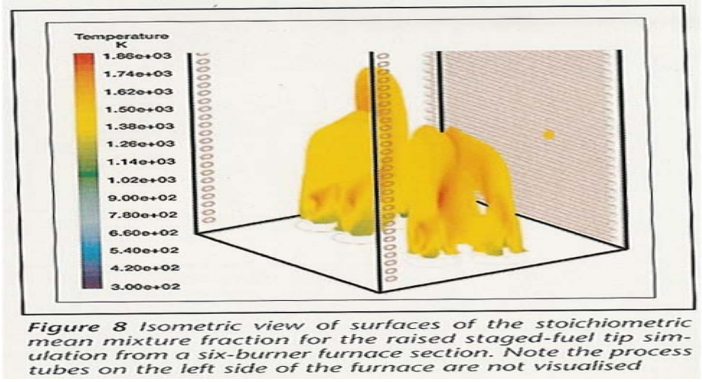


Figure 8 Isometric view of surfaces of the stoichiometric mean mixture fraction for the raised staged-fuel tip simulation from a six-burner furnace section. Note the process tubes on the left side of the furnace are not visualised

اگرچه سطوح شعله های بلندتر را نسبت به سطوح متشابه بدست آمده از اصلاحات اولیه tip و شبیه سازی readwall می باشد ، شکل و فرم سطوح در شکل شماره ۸ از لحاظ کیفیت با نتایج بدست آمده در هر کدام از دو شبیه سازی قبلی متفاوت

www.SID.ir

Archive of SID

می باشد ، چون شبیه سازی های اولیه شعله های با ستون سر باریک بسمت بالا را نشان می دهند ، شعله های شبیه سازی tip های با سوخت اصلاح شده در سرتاسر کل ارتفاع پهن تر و عریض تر می باشد . واقعیت این است که این شعله ها بحالت شکلهای اصلی خود در بالای یک فاصله بزرگ در کوره باقیمانده و نشان می دهد که آنها مقاومت بیشتری به جریانهای کوره نسبت به شعله های نازک و باریک را دارند.

۷- اجرای میدانی

مهندسان مشعل ، باز هم شش مشعل مجاور یکدیگر را از کل ۲۴ مشعل ، بوسیله ارتقاء tip های اصلاح شده قبلی ، اصلاح نموده اند . آزمایشات موفقیت آمیز قبلی ، نسبت میدانی این اصلاحات را تائید می کند . علاوه برآن ،نتایج مدلسازی شده tip های اصلاح شده ارتقاء یافته ، شعله های همسان و استوارتر را نشان می دهند ، چون شعله های شبیه سازی شده همچنین بلندتر از پیش بینی می باشد ، اگر الگوها و طرح های شعله بدتر جلوه نماید . تیم یک مذاکره جزئی را برای تعیین اطلاعات کافی برای ارزیابی شعله ها در situ بدون مخالفت (ایجاد مشکل) موثر در عملکرد گرم کننده را تعیین نموده اند .

پس از اصلاحات شش مشعل که کامل شدند ، مهندسان مشعل به بازدید از محوطه برای مشاهده کوره در حالت بهره برداری عزیمت نمودند . منطقه ای که ۹ مشعل اصلاح شده در آن قرار دارند ، در مقایسه با کل کوره ، شعله با کیفیت بهتری را پدیدار می کند . نفوذ دنباله شعله از بین مشعلها به تیوبهای فرایند نمی رسد . ظاهراً اصلاحات tip توانائی شعله ها را در مقاومت در برابر جریان کوره تا جائی که بطور قابل ملاحظه ای شعله ها در قسمتهای کوره کوتاه نشوند ، نشان می دهد . مشاهدات بیشتر اطمینان تیم در توانائی مدلسازی برای پیشگوئی رفتار شعله را افزایش می دهد .

در طول بازدید از محوطه ، مهندسان مشعل همچنین که شعله های مشعلهائی که فقط از الگوی تزریق سوخت تبعیت می کند را مشاهده نمودند . این مشعلها ، نوکها و دنباله های بگشتی را از ۱۲ تا ۲۰ فوت دورتر از طبقه به سمت تیوبها سوق می دهد . دنباله های جدا بصورت مداوم نمی باشد ، ولی بالای حدود ۵ ثانیه دوام داشته اند . با فرکانس ۱۵ تا ۶۰ ثانیه می باشند . اندازه گیری با گیج های فشار قابل حمل ، آشکارمی سازد که یک مشعل نامناسب در هر محفظه هوای با فشار بالا دارای ضربان افت فشار دهانه میان ۱۸/. و ۳۸/. اینچ WC بوده ریا، در حالیکه سایر مشعلها نسبتاً دارای افت فشار ثابتی می باشند . این امر منجر به بدگمانی می شود که طبیعت نافرمان نوکهای شعله برگشتی با الگوی جریان ناپایدار درمحفظه هوای با فشار بالا نسبت دارد.

در طول همین بازده ، مهندسان مشعل از یک آنالیزر قابل حمل برای اندازه گیری سطح اکسیژن در بالای قسمت تشعشی استفاده نمودند و مشخص گردید که غلظت اکسیژن پایین تراز آنچه که آنالایزر واحد اندازه گیری می نماید ، می باشد . سطوح پایین اکسیژن می تواند سبب بزرگ شدن شعله نسبت به آنچه انتظار می رود گردد.

۸- نتیجه مطالعه

مورد نهائی در مطالعه پارامتریک CFD ، که مناسب آزمایش حالت عملکرد با اکسیژن کم در بازدید از میدان عمل انجام گردید ، منجر به نتایج خیلی متفاوت با سایر شبیه سازی ها در مطالعه پارامتریک می شود .

سطح نسبی اختلاط استوکیومتریک پارامتر نهائی شبیه سازی در شکل ۹ نشان داده شده است . در این شکل ، شعله انفرادی قابل تشخیص نمی باشد .، شعله ها از کلیه مشعلها ترکیب شده و کل حجم کوره را پر می نماید . سوخت از شعله فاقد هوا در طول کوره می چرخد و بدنبال اکسیژن می باشد .

وضعیت نمایش داده شده در شکل ۹ دلایل و نشانه های زیادی از میدان بعد از نصب اولیه مشعلها گزارش گردیده است، هنوز شبیه سازی کاملاً بدتر از هر چیز مشاهده شده در گرم کننده می باشد. بنابراین ، سطوح پایین اکسیژن بعنوان فاکتور مجموع در مسائل و مشکلات موجود در گرم کننده تشخیص داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

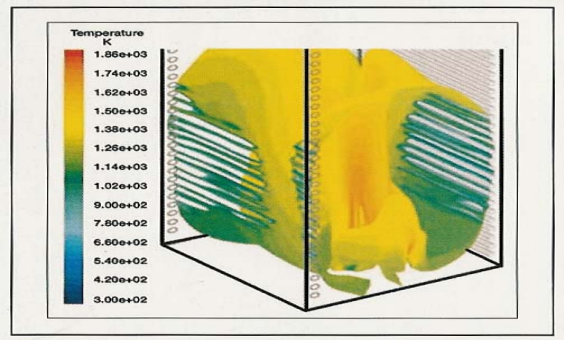


Figure 9 Surfaces of the stoichiometric mean mixture fraction for the modified staged tips with rich conditions, 0% excess oxygen. Note the results from the case with 3% excess oxygen are shown in Figure 7

۹- تحقیق روی محفظه هوای با فشار بالا مورد بازدید

چون اندازه گیری های میدانی افت فشار در دهانه مشعل به فرار نوک شعله با جریان ناپایدار و گذرا در محفظه های هوای با فشار بالا مربوط می باشد ، تیم مدلسازی از مدل جریان سرد CFD پیش از نصب برای یک محفظه هوای با فشار بالای اتمسفری بازدید نموده اند . مهندسان CFD یک مدلسازی وابسته به زمان از یک مدل محفظه هوای با فشار بالای اتمسفریکی برای سعی در کنترل نوسان و ضربانهای جریان در دهانه مشعل مورد نظر مشاهده نموده اند . در پایان ، یک مدل شبیه سازی چرخان بزرگ (LES) از جریان متلاطم طرح ریزی شده است . در ارتباط با مدلLES ، ارائه دهندگان مشعل تیم CFD و مدلسازان فیزیکی همچنین یک مقیاس یک هشتم مدل Plexiglas از محفظه هوای با فشار بالا را ساخته اند .

محاسبات LES وابسته به زمان برای شبیه سازی جریان سرد برای ۱۵ ثانیه از زمان واقعی انجام گردید . نتایج بدقت با اندازه گیری های افت فشار در دهانه مشعل برابر و متوازی گردیدند.

مشعل بالائی سمت چپ در شکل ۵ مشابه با مشعل که دارای فشار اندازه گیری شده متغیر دهانه در میدان است ، می باشد . فشار محاسبه شده در دهانه مشعل بالائی سمت چپ ، تقریبا″ ۰/۱ اینچ WC در طول ۱۵ ثانیه فاصله رانده شده ، گاهی اوقات بلندتر و گاهی اوقات کوتاهتر از فشار در دو مشعل دیگر می باشد . از سوی دیگر، فشار در دهانه های مشعلها در قسمت پائینتر سمت چپ و راست مشعل ۵ ، تقریبا″ برابر با بقیه بوده است و بطور مساعد و بالای دوره شبیه سازی ثابت باقی مانده است . منطقه چرخشی قوی میان قسمت پایینتر سمت چپ و راست مشعل بطور موثر با یکدیگر جفت شده اند ، ولی بقیه ، الگوهای چرخشی با پایداری کمتری درون محفظه هوای با فشار بالا مشعل ضربه می زند .

جریان از میان محفظه هوای با فشار بالای اتمسفر مدل فیزیکی جریان سرد با مقایس یک هشتم ، به تامین دینامیکی شبیه سازی شده با محفظه هوای با فشار بالای اتمسفر با مقیاس کامل برای ارائه درست جریان ترکیبی ناپایدار شامل شده الگوها ، تنظیم گردیده است . در جریان حبابهای صابونی از هلیم شارژ گردیده است که بصورت شناور معلق می باشد ، و با نور تعدیل شده ای برای شدن جریان روشن می باشد .

در طول آنالیز جریان سرد فیزیکی ، اکثر اثرات مشاهده شده در مدل CFD مشخص می گردد . در یادداشت مخصوص تاثیر متقابل میان دو مشعل قرار گرفته در مجاورت مجرای هوای ورودی یک محفظه هوای با فشار بالای اتمسفر می باشد ، یک فضای چرخشی بزرگ توسعه یافته و بصورت تصادفی میان این دو مشعل جابجا می شود و برای مطالعه اثرات این پدیده جریان ، روی مشعلهای انفرادی ، وسیله های paddle wheel طرح ریزی شده و در دهانه هر کدام از مشعلها جاسازی می گردد.

وقعیتکه paddle wheel (p.w) ها در داخل مشعلها جاسازی شده و هوای باردار شده با حبابهای هلیم ، درون مدل وارد می شود ، مشکلات ظاهر می گردد دورترین مشعل از مرکز ورودی جریان تصادفی ارائه شده ، بوسیله چرخاندن paddle wheel در یک مدل غیر مداوم مشخص شده است . دو P.W دیگر نیز به همین میزان در مدل یکنواخت و مشابه چرخانده می گردد .

www.SID.ir

Archive of SID

چرخش غیر مداوم نشان می دهد که ناحیه چرخشی بزرگی در محفظه هوای با فشار بالای اتمسفر تحت تاثیر جریان هوای مشعل مشاهده می شود .

به همان اندازه ، جریان متلاطم از دهانه های ثبت کننده مشعل عبور می کند ، جریان به مشعل برای کک زدائی (choked off) و paddle wheel چرخش را قطع می کند . حذف پدیده جریان یکنواخت در محفظه هوای با فشار بالای اتمسفر برای چاره و علاج پف کردن شعله ها پیش بینی شده است .

در اثر تغییر، یک سری از تیغه ها در داخل هوای تحت فشار بالای اتمسفر ، مدل فیزیکی برای به حداقل رساندن تاثیرات متقابل میان دو مشعل در طرف نامتقارن محفظه هوای با فشار بالای اتمسفر برای اطمینان یافتن از اینکه هوای ورودی به مشعل بطورعادلانه در اطراف محیط پیرامون هر مشعل توزیع می گردد . یکی از تیغه ها در داخل مدل Plexiglas جا داده می شود ، هر سه P.W بطور یکنواخت در نزدیکی همان میزان چرخیده می شوند .

بعد از آزمایش روی مدل Plexiglas دارای ۵ تیغه ، ترکیب و شکل با CFD وابسته به زمان با مدل وابسته به زمان در حالت محفظه هوای با فشار بالای اتمسفر بدون تیغه مقایسه می گردد. یک محاسبه les با جریان سرد برای شبیه سازی ۱۰ ثانیه از عملکرد با زمان واقعی اجرا می گردد . نتایج نشان می دهد که فشار در دهانه هر سه مشعل در محفظه هوای با فشار بالای اتمسفر با تیغه ثابت مانده و در حدود یکصدم از هر اینچ WC از هر کدام می باشد . تیغه ها همچنین یک سرعت توزیع یکنواخت در محفظه هوای با فشار بالای اتمسفر تولید می کند .

۱۰- نتیجه‌گیری

اضافه نمودن مشعلهای با NOx فوق العاده پایین در گرم کننده نفت خام پالایشگاه به سطح NOx مورد انتظار می رسد ، اگرچه ، مشعل همچنین شعله های بلند و گاهی با قربان و ترکیبی تولید می نمایند . اثرات ترکیب شده جریانات هوای غیر یکنواخت در محفظه هوای با فشار بالای اتمسفر مشعل با عملکرد غیر عمومی کمتر از ٪ ۳ اکسیژن اضافی (بر پایه خشک) سبب می شود که شعله ها بطور مدوام رفتار بی نظمی داشته باشند ، با وجود یکه میدان اولیه به tip های سوخت تغییر پیدا کرده است . علاوه بر آن ، ضربان هوا در یک مشعل در هر محفظه هوای ورودی پایین باشد ، دنباله شعله جدا شده مانند یک منبع احتراق آمیز مانند نوع شکل ۹ تبدیل می کند .

با بکار گیری یک احتراق میدان ، با مدل سازی CFD و فیزیکی ، اندازه گیری و مشاهده سراسری شده ، شعله های مشعل جدا شده و ضربان به حداقل می رسد (شکل ۱) . برخورد شعله نوبتی همچنین برطرف شده ، و نگرانی اپراتورهای پالایشگاه از فوق گرم شده تیوبها کاهش می یابد .

Figure 1 Furnace performance of ultra-low NO_x burners after final modifications were performed. Note the clean, compact blue flames

۱۱- مرجع:

1- C. B. Oland Turn "Guide to Low-Emission Boiler and Combustion Equipment Selection "

www.SID.ir