روش‌های بهبود توزیع دما در محفظه احتراق ریفرمر اولیه واحد آمونیاک جهت افزایش طول عمر لوله‌های کاتالیزگر

مهدی اردکانیان*، جلال جواد نژاد

بجنورد، مجتمع پتروشیمی خراسان، اداره مهندسی فرایند

پیام نگار: **m_ardakanian@yahoo.com**

چکیده

مقاله حاضر روش عملی به کار برده شده در مجتمع پتروشیمی خراسان برای تنظیم شرایط احتراق کوره ریفرمر واحد آمونیاک جهت افزایش طول عمر لوله های کاتالیزگر این کوره در راستای استمرار تولید و کاهش هزینه ها می باشد. معمولاً جنس لوله‌های کاتالیزگر از ترکیبات نیکل و کروم بوده و طوری انتخاب می گردد که مقاومت زیادی در برابر تنش‌های ناشی از کار در دما و فشارهای بالا داشته باشد. عمر این لوله‌ها رابطه مستقیم با دمای کوره و دمای پوسته لوله‌ها دارد به طوری که در بعضی موارد حاد، مدت کارکرد لوله را به نصف کاهش می دهد. پس از اتمام ساعت کارکرد طراحی شده، پایان عمر لوله‌ها به صورت نشتی و یا ترکیدکی آشکار می شود که علاوه بر خطرات آتش سوزی و انفجار باعث توقف ناخواسته و از کار افتادن واحد نیز می گردد. علاوه بر این موارد، هزینه ساخت و تولید این لوله‌ها نیز با توجه به شرایط ویژه آنها بالاست لذا افزایش طول عمر این لوله‌ها از طریق بهبود شرایط عملیاتی و شرایط کوره از دید اقتصادی نیز مهم می باشد. شرایط طراحی کوره های ریفرمر در مجتمع های مختلف وابسته به ظرفیت، شرایط محیطی و ترکیب خوراک است و این لوله‌ها پس از یکصد هزار ساعت کارکرد در نظر گرفته شدهٔ طراحی در مجتمع پتروشیمی خراسان، همچنان بدون مشکل خاصی در سرویس قرار دارند.

کلمات کلیدی: پرایمری ریفرمر، لوله کاتالیزگر، احتراق

۱- مقدمه

فرایند تهیه آمونیاک مبتنی بر ترکیب گاز سنتز نیتروژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر آهن استوار است. جهت تهیه گاز سنتز از گاز طبیعی ورودی به واحد که منجر به تهیه آمونیاک می‌شود نیاز به فرایندهای زیر می‌باشد:

۱. فرایند ریفرمینگ با بخارجهت تولید گاز سنتز مورد نیاز آمونیاک سازی
۲. فرایندهای واکنش شیفت، دفع CO_2 و متاناسیون جهت خالص سازی گاز سنتز
۳. فرایند فشرده سازی گاز سنتز و سنتز آمونیاک
۴. فرایند تبرید و جدا سازی آمونیاک تولید شده
۵. فرایند تصفیه و بازیافت آبهای حاصل از فرایند تولید

واکنشهای فرایند ریفرمینگ با بخار آب گاز طبیعی جهت تهیه گاز سنتز در راکتور ریفرمر اولیه و ثانویه انجام میشود. از آنجایی که این واکنشها گرماگیر می‌باشند، ریفرمر اولیه به صورت یک کوره طراحی شده است و گرمای لازم برای واکنشها توسط مشعل‌هایی که با

سوخت گاز طبیعی تغذیه می‌شوند تـامین مـی‌شـود. ایـن واکنـشها عبارت‌اند از:

$$CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2 \quad \Delta H = +206KJ/mole \qquad (1)$$

$$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2 \quad \Delta H = -41KJ/mole \qquad (2)$$

$$CH_4 + 2H_2O \longrightarrow CO_2 + 4H_2 \quad \Delta H = +165KJ/mole \qquad (3)$$

طراحی کوره و میزان شدت شـعله مـشعلها بایـد طـوری باشـد کـه حداکثر گرمای از طریق تابش و جابجایی به واکنش گرماگیر برسـد. دمای مورد نیاز برای این واکنش حدود ۸۰۰-۷۵۰ درجه سـانتیگراد اسـت و در محفظـه کـوره دمـا بـه ۱۰۰۰-۹۵۰ درجـه سـانتیگراد می‌رسد. قاعدتا" مقداری از این انرژی حرارتی نیز باعـث بـالا رفـتن دمای پوسته لوله‌های کاتالیزگر می‌شود.

۲- ریفرمر اولیه

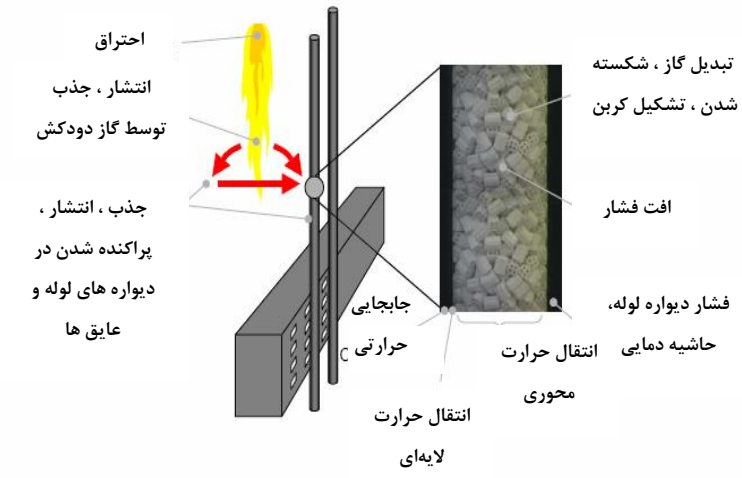
ریفرمر اولیه یکی از اصلی تـرین و حـساس تـرین تجهیـزات واحـد آمونیاک است و معمولاً گرانترین دستگاه و مهمترین مصرف کننـدهٔ انرژی این واحد نیز محسوب می‌گردد. مشکلات عمده ریفرمر اولیـه در بخش کوره و یا داخل لولـه کـه بـر روی عملکـرد ریفرمـر تـاثیر می‌گذارد از این قرار است: میزان متان خروجـی، نزدیکـی بـه نقطـه تعادل، افت فشار بالای لوله کاتـالیزگر و دمـای بـالای پوسـته لولـه کاتالیزگر.

گرمای ایجاد شده از سوختن گاز طبیعی در مشعل‌های سقفی صرف تامین گرمای مورد نیـاز واکـنش گرمـاگیر ریفرمینـگ بـا بخـار آب می‌شود. محدوده دمای فرایند داخـل لولـه‌هـا ۸۰۸-۷۷۵ و پوسـته لوله‌ها معمولاً در حدود ۹۰۰ -۸۸۰ درجه سانتیگراد اسـت. افـزایش خارج از گسترهٔ دمای پوستهٔ لوله و یا تـنش‌هـای حرارتـی ناشـی از توقف‌های مکرر از عوامل کاهش عمر لوله‌های کاتالیزگر مـی‌باشـند. در شکل (۱) طرح اجمالی از کوره ریفرمر با مشعل‌های سقفی آمـده است.

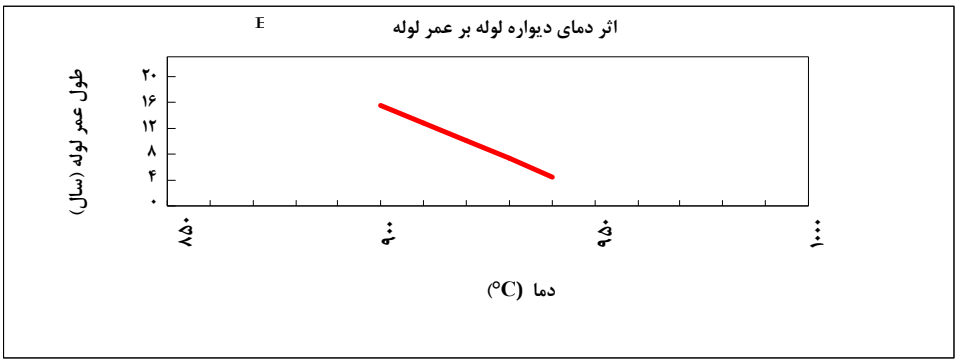
گرمای ناشی از احتراق سوخت در مشعلها از طریق تابش در محفظه کوره، جابجایی گازهای سوخته و هدایت جدارهٔ لوله بـه کاتـالیزگر و واکنش گرماگیر انتقال می‌یابد. اختلال در نحوه عملکرد هـر یـک از این سه نوع پدیدهٔ انتقال حرارت در نهایت منجر بـه افـزایش دمـای پوسته لوله و از بین رفتن آن می‌شود.

۳- مکانیزم از بین رفتن لوله‌ها

عوامل از بین رفتن لوله‌ها شامل خوردگی تنـشی، تنـشهای طـولی، شوک‌های حرارتی و دمای بالای پوسـته لولـه مـی باشـند. افـزایش دمای جدارهٔ لوله مطابق نمودار (۱) در زیر باعث کاهش عمر لوله‌هـا می‌شود و در بعضی موارد افزایش ۲۰درجه سانتیگراد دمای پوسـته، عمر لوله را به نصف کاهش می‌دهد.

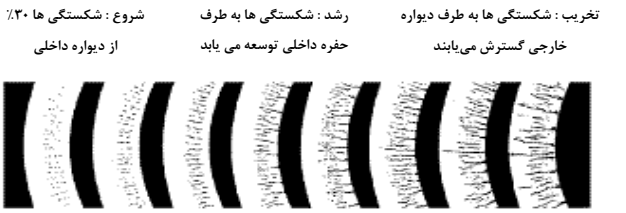


شکل ۱- طرح اجمالی یک کوره ریفورمر با مشعل‌های سقفی



نمودار ۱- نسبت عمر لوله‌های کوره ریفرمر با افزایش دمای پوسته

لوله‌ها در دمای بسیار بالای کوره ریفرمر و تنش زیادی که در اثر اختلاف فشار بالای مابین گاز فرایند داخل لوله و جریان گاز کم فشار بیرون لوله به آنها اعمال می شود کار می کنند. درجه حرارت بالای کوره متریال (مصالح) فولادی لوله‌های کاتالیزگر را مستعد خوردگی بین دانه‌ای می‌کند. خوردگی بین دانه‌ای در اثر تخلیه نواحی مجاور مرز دانه‌ها نسبت به کروم بوجود می‌آید و باعث کم شدن مقاومت خوردگی مرزدانه‌ها می‌شود. نواحی تخلیه شده از کروم به سرعت خورده خواهند شد و دانه‌ها را محافظت می‌کنند. با افزایش و تجمع نقاط خورده شده در فاصله ۳۰ تا ۴۰ درصدی جدارهٔ داخلی لوله اولین ترک‌های میکروسکپی در دیواره لوله بوجود می‌آیند. ترکهای میکروسکپی نیز با تجمع به سمت جدارهٔ بیرونی لوله حرکت کرده باعث ظهور ناگهانی راپچر کردن در لوله می‌شوند(شکل (۲)). این نوع خوردگی به خوردگی خزنده موسوم است[۱].



شکل ۲- مراحل پیشرفت خوردگی خزشی در جدارهٔ یک لوله

داغ شدن بیش از حد لوله به صورت عمومی (در طول عمر کارکرد لوله) و یا موضعی (درمواقع راه اندازی و یا خوابانیدن کوره) باعث خوردگی خزنده شده و شکل (۳) نمایانگر یک لوله راپچر شده در اثراین پدیده می‌باشد.

شکل ۳- یک لوله راپچر شده در اثرپدیده فوق دمایی

۴- عوامل افزایش دمای پوسته لوله‌ها

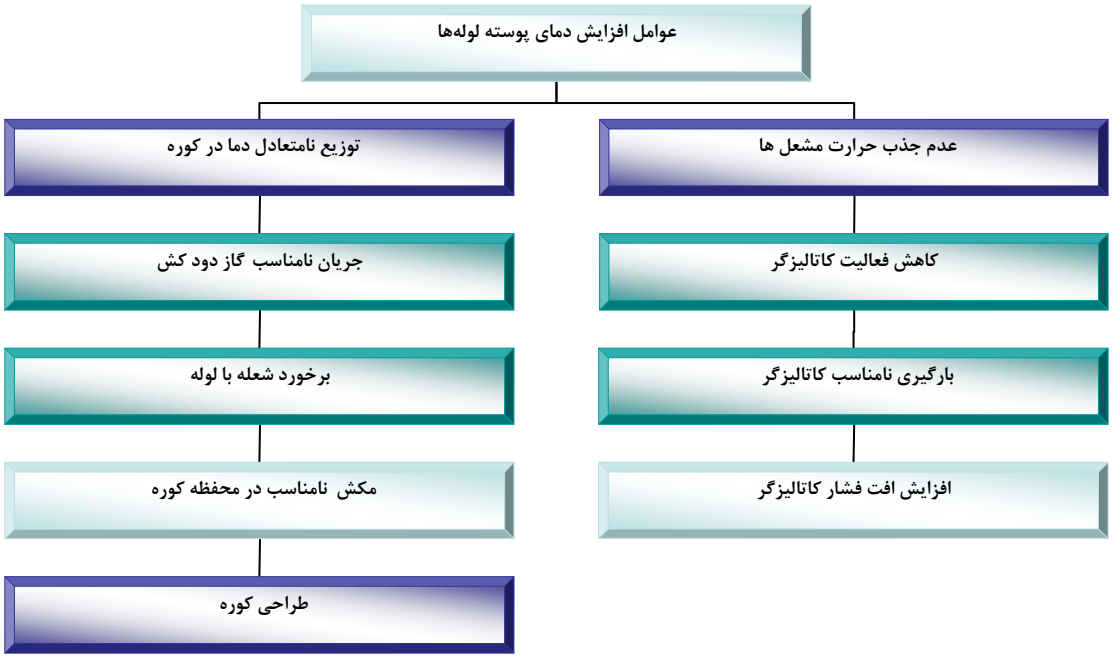
عوامل زیر عمدتاً باعث افزایش دمای پوستهٔ لوله‌های کاتالیزگر می‌شوند (شکل (۴)):

۱- عدم جذب حرارت مشعل‌ها در اثر:

- کم شدن و یا از بین رفتن فعالیت کاتالیزگر در اثر عمر زیاد و یا مسموم شدن آن
- بارگیری نامناسب کاتالیزگر در لوله‌های کاتالیزگر

۲- توزیع نامتعادل دما در کوره در اثر:

- جریان نامناسب گازهای حاصل از احتراق در کوره
- افزایش شدت شعله در مشعل‌ها و برخورد شعله با لوله‌ها



شکل ۴- عوامل افزایش دمای پوسته لوله‌ها

- مکش نامناسب در محفظه کوره
- طراحی نامتقارن کوره
- پدیده پس سوزی گاز سوخت که در اثر عدم کنترل هوای سوخت بوجود می‌آید.

۵- طراحی جنس لوله

اولین قدم برای افزایش طول عمر و دوره کاری لوله‌های کوره ریفرمر ارتقاء و بهبود مصالح لوله می‌باشد.

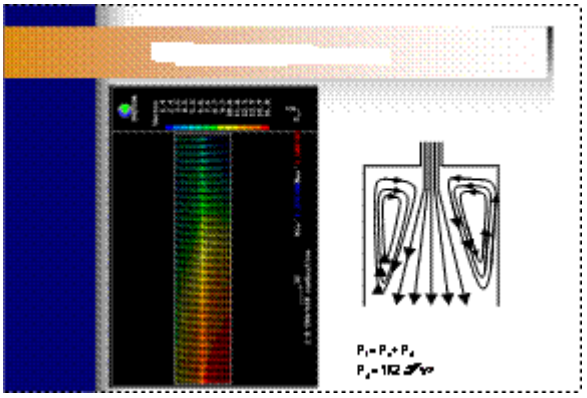
جدول ۱- تاریخچه تغییر جنس لوله‌های ریفرمر

تاریخ	نام مرسوم	Cr %	Ni %	Nb %	سایر	نیروی مرتبط
دهه ۱۹۶۰	HK40	۲۵	۲۰	-	-	۱/۰
دهه ۱۹۷۰	IN51	۲۵	۲۴	۱	-	۱/۴
اواسط دهه ۱۹۷۰	HP Mod	۲۵	۳۵	۱	-	۱/۹
اواسط دهه ۱۹۸۰	HP Micro-Alloy	۲۵	۳۵	۱	Ti,Zr,W,Cs	۲/۲

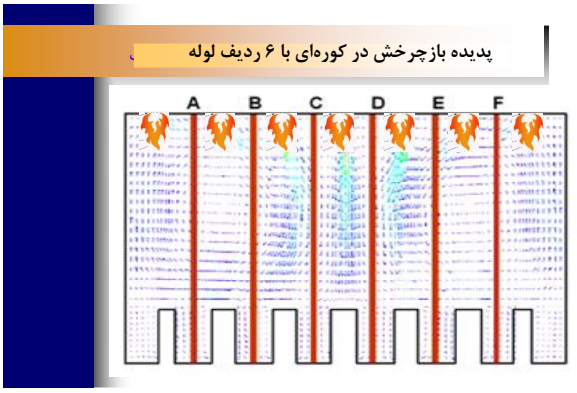
جدول (۱) تاریخچه طراحی و ساخت لوله‌های ریفرمر را نشان می‌دهد. پس از اطمینان از مطلوب بودن جنس به‌کار رفته در ساخت لوله، به‌کارگیری عملیات عادی در طی عمر کارکرد لوله در جهت جلوگیری از داغ شدن بیش از حد آن نیز الزامی است[۱].

۶- روش‌های کنترل دمای لوله‌های کاتالیزگری

مشکلی که در طی عملیات عادی ریفرمر های دارای مشعل‌های سقفی در واحد های مختلف دنیا و از جمله مجتمع پتروشیمی خراسان دیده شده است جریان یافتن گازهای حاصل از احتراق بصورت نامنظم و پراکنده در داخل محفظه احتراق است. مطابق تئوری جریان گاز حاصل از احتراق مشعل‌های سقفی باید در اثر مکش منفی محفظه احتراق به سمت پایین جریان یابند و از طریق تونل های تعبیه شده در کف کوره به بخش جابجایی هدایت شوند ولی عملاً مشاهده می شود که در بین لوله های جانبی و جدارهٔ داخلی کوره جریان گاز به سمت بالا می باشد. این پدیده به صورت عملی در چند کوره ریفرمر آزمایش شده و بوسیله نرم افزار CFD نیز تایید گردیده است. در این پدیده جریان گاز مابین ردیف لوله‌های مرکزی به صورت کامل به سمت پایین است و هرچه به ردیف لوله‌های کناری نزدیک می شویم جریان گاز از حالت رو به پایین خارج شده و به حالت افقی و سپس رو به بالا تبدیل می شود. (شکل (۵)).



پدیده باز چرخشی :



شکل ۵- پدیده باز چرخشی گازهای سوخته

جریان گاز به سمت بالا می باشد. این پدیده به صورت عملی در چند کوره ریفرمر آزمایش شده و بوسیله نرم افزار CFD نیز تایید گردیده است. در این پدیده جریان گاز مابین ردیف لوله‌های مرکزی به صورت کامل به سمت پایین است و هرچه به ردیف لوله‌های کناری نزدیک می شویم جریان گاز از حالت رو به پایین خارج شده و به حالت افقی و سپس رو به بالا تبدیل می شود. (شکل ۵)

چنانچه رسم یک نقشه سه بعدی از دمای اندازه گیری شده پوسته لوله‌ها امکان داشته باشد مشخص می‌گردد که دمای لوله‌های ردیفهای کناری بسیار کمتر از لوله‌های ردیفهای وسطی می‌باشد و آنچه بطور عملی آزمایش شده است اثبات کرده است که افزایش میزان سوخت جهت اشتعال بیشتر در مشعل‌های ردیفهای کناری و یا کاهش سوخت مشعل‌های ردیف وسطی باعث افزایش دمای لوله‌های کناری نمی‌شود.

ناهمگون بودن دمای پوسته لوله‌ها باعث خللهای ذیل می‌شود:

- افزایش دمای یک سری از لوله‌ها باعث ناهمگون بودن عمر کاری کلیه لوله‌ها که بطور مثال ۱۰۰۰۰۰ ساعت کاری ذکر می‌شود می‌گردد. تعویض کلیه لوله‌ها بخاطر این مسئله ضرر اقتصادی به همراه دارد.
- یکنواخت بودن دمای گاز فرایند داخل لوله‌ها که واکنش گرماگیر در آنها انجام می‌شود در حفظ شرایط خروجی ریفرمر (بطور مثال متان خروجی) مهم است. یکنواخت نبودن دمای پوسته لوله روی این مسئله نیز تاثیر گذار است.

نمودار سه بعدی دمای لوله‌های ریفرمر اولیه واحد آمونیاک پتروشیمی خراسان در زیر آمده است. (نمودار (۲))

۷- راه‌حل‌هایی برای رفع مشکل باز چرخشی[1] در کوره ریفرمر

معمولاً اعمال تغییرات در ساختار کوره‌ها بسیار هزینه بر و تقریباً غیر ممکن می باشد ولی یک سری تغییرات امکان داشتن توزیع دمای یکنواخت تر در کوره ریفرمر را آسان تر می سازد. این تغییرات دارای یک سری فواید و مضرات می باشد[۱].

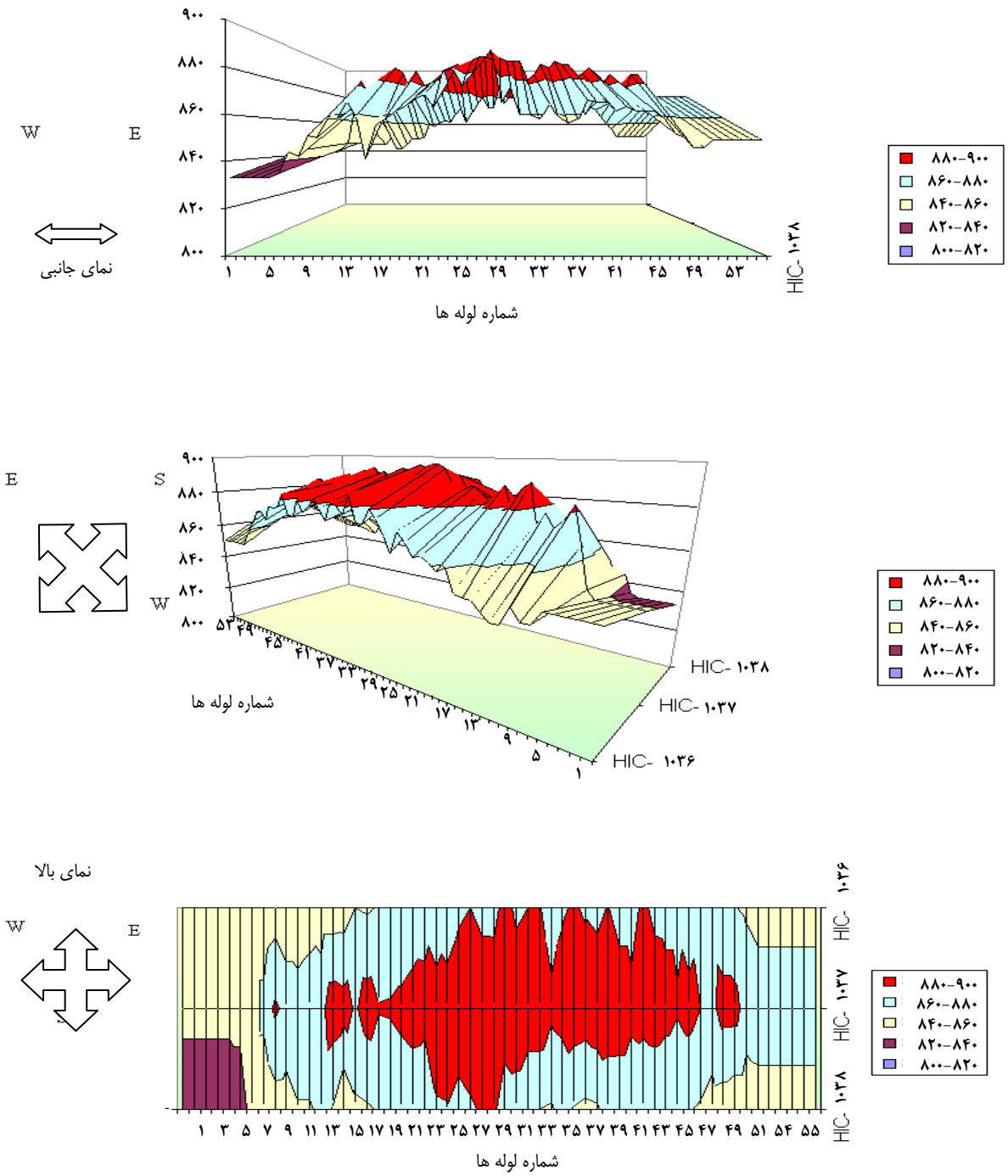
۱. بالانس کردن جریان گاز فرایند در لوله‌ها
۲. افزایش میزان شدت شعله مشعل‌های جانبی
۳. افزایش میزان هوای سوخت به مشعل‌های جانبی
۴. افزایش سرعت هوای احتراق مشعل‌های جانبی
۵. کاهش فضای مشعل‌های جانبی

در صفحات بعدی هر یک از روشهای فوق به تفصیل شرح داده شده است.

۷-۱ بالانس کردن جریان گاز فرایند در لوله‌های کاتالیزگر

از آنجایی که پدیده توزیع دمای غیر یکنواخت بین لوله‌های جانبی و میانی به عنوان عامل باز چرخش پذیرفته شده است، می‌توان روشی را در نظر گرفت که واکنش گرماگیر ریفرمینگ با بخار آب در لوله‌های جانبی با کاهش جریان گاز فرایند به داخل آنها محدود شود. روشهای انجام این کار نیز عبارتند از استفاده از روزنه در مسیر ورودی لوله‌های کاتالیزگر و یا استفاده از ترکیبی از کاتالیزگر با افت فشار بیشتر.

1. Re Circulation

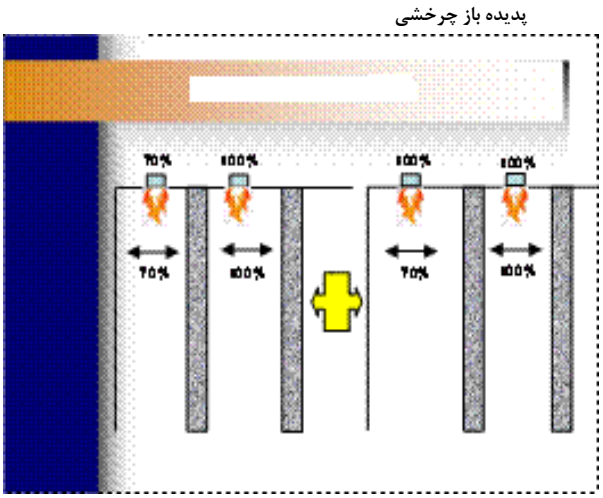


نمودار۲- دمای لوله‌های ریفرمر در ۳۰ سانتی متری بالای خط جوش سال ۱۳۸۴

روش استفاده از روزنه از نظر مکانیکی مشکل است زیرا باید در طراحی اولیه ریفورمر آن را در نظر گرفت ولی روش دوم آسانتر بوده و این مزیت را هم دارد که در صورت تغییر نوع کاتالیزگر مورد استفاده بتوان تغییرات مورد نظر را اعمال نمود ، لیکن عیب این روش افزایش افت فشار حدود ۱۰٪ برای کل ریفورمر می‌باشد. این روشها نتایج عملی اثبات شده نداشته‌اند. اصولاً الزام توزیع یکنواخت جریان گاز فرایند در لوله‌های کاتالیزگری جهت داشتن واکنش یکسان و یکنواخت در تمام لوله‌ها از لحاظ دمای واکنش و عمر کاتالیزگر پذیرفته شده است و به هنگام بارگیری کاتالیزگر نیز توجه ویژه ای به داشتن افت فشار یکنواخت در لوله‌ها ابراز می‌شود.

۷-۲ افزایش میزان شدت شعله مشعل‌های جانبی

افزایش میزان شدت شعله مشعل‌های جانبی و یا کاهش میزان شدت شعله مشعل‌های داخلی عملاً نمی‌تواند به بهبود توزیع دما در داخل محفظه کوره کمک کند مگر اینکه واکنش ریفرمینگ نیز در لوله‌ها به‌صورت غیر یکنواخت کنترل شود که توصیه نمی‌شود. البته اگر در ریفورمر هم ازفن مکنده و هم از فن دمنده استفاده شود لازم است که در کانال هوای سوخت مشعل‌های جانبی و نیز در کانالهای دود خروجی ریفورمر تغییراتی داده شود تا بتوان برای مشعل‌های جانبی ۱۰۰٪ آتشگیری را اعمال نمود و در این صورت است که پدیده باز چرخشی مرتفع می‌شود. (شکل (۶))



شکل ۶- افزایش شعله مشعل‌های جانبی به ۱۰۰٪ یا کاهش فضای آنها به ۷۰٪

۷-۳ افزایش میزان هوای سوخت به مشعل‌های جانبی

چنانچه ترکیب گازهای حاصل از سوخت را در نظر بگیریم قسمت عمده آن مربوط به هوای احتراق می‌شود. عملاً تجربه شده است که می‌توان جریان هوای احتراق را به مشعل‌های جانبی افزود بدون اینکه مجبور به افزایش جریان سوخت باشیم. این امر ضمن اجتناب از افزایش دمای لوله‌های جانبی باعث بهبود پدیده باز چرخشی می‌شود.

از مشکلات این کار می‌توان محدود بودن فضای کانال‌های ورودی هوا و تونل‌های گازهای سوخته خروجی و محدودیت عملیاتی فن مکنده در ایجاد مکش مناسب در محفظه کوره را نام برد، همچنین احتمال وقوع پدیده پس سوزی که برای بخش جابجایی خطرناک است.

۷-۴ افزایش سرعت هوای احتراق مشعل‌های جانبی

یک روش آزمایش شده برای حل مشکل، افزایش سرعت هوای احتراق بجای افزایش جریان آن می‌باشد. این کار از طریق افزایش فشار هوای ورودی مشعل‌ها امکان پذیر است. بنابراین در واحدهایی که از سیستم فن مکنده استفاده می‌شود سیستم باید به حالت فن دمنده تغییر نماید.

۷-۵ کاهش فضای مشعل‌های جانبی

چنانچه فضای مابین لوله‌های جانبی با جداره داخلی محفظه کوره کاهش یابد پتانسیل کمتری برای جریان رو به بالا بوجود می‌آید. این روش از طریق افزایش ضخامت مصالح نسوز قابل انجام است ولی باعث کاهش فاصله مشعل تا لوله نیز می‌شود و امکان برخورد شعله با لوله فراهم می‌گردد.

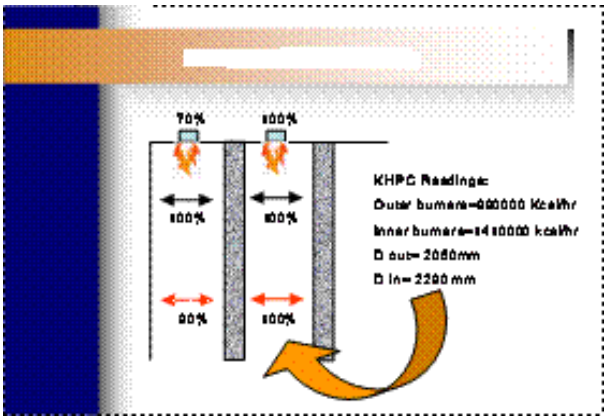
۸- روشهای عملی به کار رفته جهت تنظیم دمای لوله‌های ریفرمر در پتروشیمی خراسان

عدم بالانس و توزیع نامناسب دما در کوره ریفرمر واحد آمونیاک پتروشیمی خراسان باعث گردید که کارهای عدیده ای با در نظر گرفتن موارد نظری ذکر شده در قبل صورت پذیرد که به قرار زیر می‌باشند:

۱. مطالعه مقدماتی جهت شناسایی مشکل دماهای پراکنده
۲. تنظیم میزان شدت شعله مشعل‌ها در جهت جلوگیری از برخورد شعله با جداره لوله
۳. تنظیم میزان هوای احتراق از طریق دریچه کنترل هوای اولیه و ثانویه هر مشعل
۴. تنظیم میزان مکش یا مکش کل محفظه کوره
۵. اجرای برنامه مدون و مستمر پایش دماها
۶. تغییرات بر روی اتاقک بالای ریفرمر جهت حفظ مکش مناسب
۷. تغییرات بر روی سوراخهای سر مشعل جهت افزایش جریان گاز

در بدو عمل، مشخص گردید که طراحی مشعل‌های جانبی ریفرمر بر اساس ۷۰٪ صحیح بوده است منتهی رعایت فاصله ۷۰٪ لوله‌های کناری با دیوارهٔ ریفرمر انجام نگردیده است. (شکل (۷))

پدیده باز چرخشی در کوره ریفرمر :



شکل ۷- وضعیت ریفرمر پتروشیمی خراسان

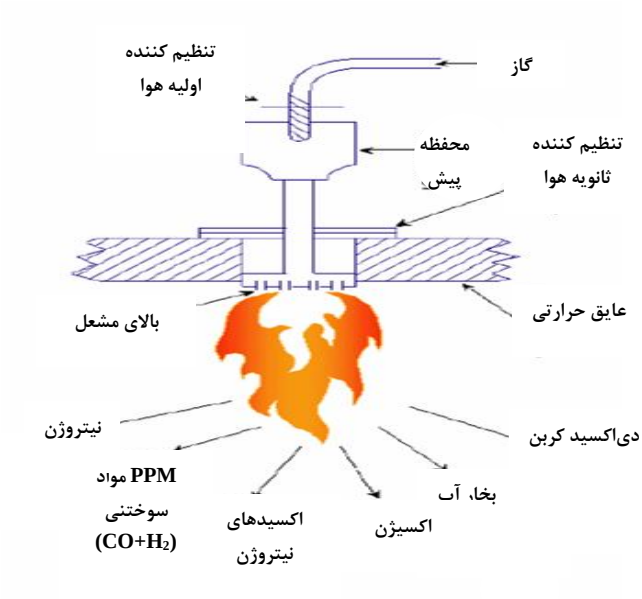
از آنجایی که تغییرات عملی بر روی طراحی ریفرمر مشکل بود سعی گردید با اعمال تغییرات امکان پذیر وضعیت پراکندگی دماها بهبود داده شود. بنابراین ابتدا از تنظیم خود شعله، تغییرات روی سر مشعل و تنظیمات ثبات هوا شروع گردید.

معمولاً عمل احتراق سوخت در مشعل‌ها بوسیله واکنش ذیل بیان می شود:

$$CH_4 + 2.4O_2 + 3.73N_2 = CO_2 + 2H_2O + 0.4\ O_2 + 3.73N_2 + ppm\ CO + ppm\ H_2 + ppm\ NOx \quad (1)$$

جهت داشتن یک شعله با شکل مناسب احتیاج به تنظیم نسبت هوا به سوخت و مکش مناسب می باشد (شکل (۸)). احتراق ناقص هنگامی رخ می دهد که هوای کافی تامین نگردد که این عمل منجر به تولید مقادیر زیاد CO, H_2 گردیده، بازدهی مشعل را کاهش می‌دهد و دمای شعله را پایین می آورد همچنین بر احتمال پس سوزی گاز سوخت در بخش جابجایی می‌افزاید.

همچنین کنترل شرایط عملیاتی محفظه کوره نیازمند داشتن مکش مناسب در آن می‌باشد. مکش زیاد چه منفی و یا مثبت باعث مشکلات اساسی در کوره می شود. در کوره ریفرمر واحد آمونیاک مکش بوسیله فن مکنده برقرار می گردد. میزان تعیین شده طراح $-5mm\ H_2O$ بوده است که پس از آزمون‌های زیاد جهت داشتن الگوی مناسب شعله و دماهای مناسب فرایند لوله‌ها، دمای پوسته لوله‌ها و دمای تونل های جریان گاز خروجی میزان مکش روی 7- تا $-8mm\ H_2O$ تنظیم گردید. تنظیم مناسب مکش بوسیله بازکردن و بستن دریچه کشویی قبل از فن مکنده و ثبات‌های هوای مشعل انجام می شود. جهت پایش مدون و اجرای این روشها ابتدا یک مدل ماتریسی برای لوله‌ها تعریف شد و سپس با استفاده از دماهای ثبت شده توسط دستگاه پیرومتر بطور روزانه دماها تحت نظر قرار گرفت (جدول (۲)).



شکل ۸- شکل نمونه‌ای از یک مشعل سقفی در محفظه احتراق کوره ریفرمر

۹- نتیجه گیری

جهت تحقیق در رابطه با شرایط کار ریفرمرهای واحدهای تولید آمونیاک و متانول به مدل شکل (۹) نیاز است:

این کار توسط مراکز علمی و دانشگاهی از طریق تعریف و ارائه یک مدل ریاضی و اعمال شرایط واقعی فرایند روی مدل جهت تصدیق اعتبار آن و بهبود مدل تارسیدن به درصد خطای اندک قابل انجام است. در کنار این موضوع مراکز صنعتی نیز می توانند با ارائه راهکارهای عملی شرایط عملیاتی واحدهای در حال کار و یا طراحی واحدهای آینده را بهبود بخشند (شکل (۱۰)).

جدول ۲- نمونه ای از فرم ثبت دماهای روزانه

KHPC

TECHNICAL INSPECTION REPORT
TITEL : TEMP. OF PRIMARY REFORMER TUBES
H-2101

DATE :
TIME :

NWTN NRTN TI-1320 NETN
NWTS NRTS TI-1317 NETS
NEBS
تیوب های ردیف شمالی

MWTN MRTN TI-1319 METN
MWTS MRTS TI-1316 METS
MEBS
تیوب های ردیف میانی

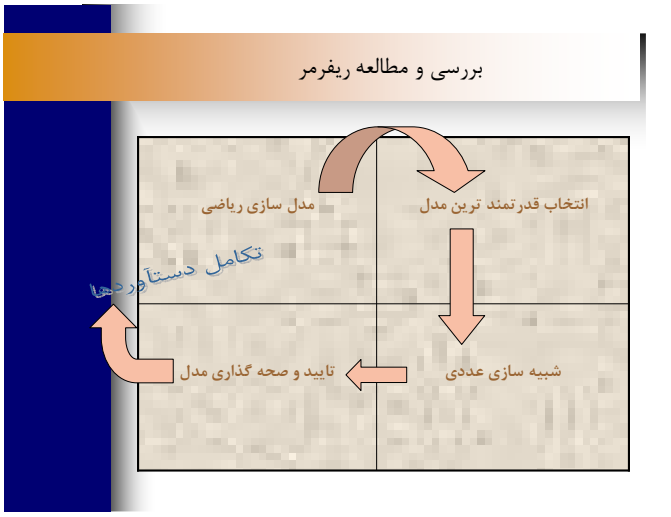
SWTN SRTN TI-1318 SETN
SWTS SRTS TI-1315 SETS
SEBS
تیوب های ردیف جنوبی

FLOW OF GAS	KNM3/H	AR1001A=	%100 OF GAS FLOW = 28.8 KNM3/H
FLOW OF STEAM	TON/H	AR1010A=	%100 OF STEAM FLOW = 73 TON/H
DRAFT	mmwg	FI-1028=	DESIGN TEMP. OF RISER = 950 °C
LOAD	%	FI-1258=	DESIGN TEMP. OF TUBE = 921 °C

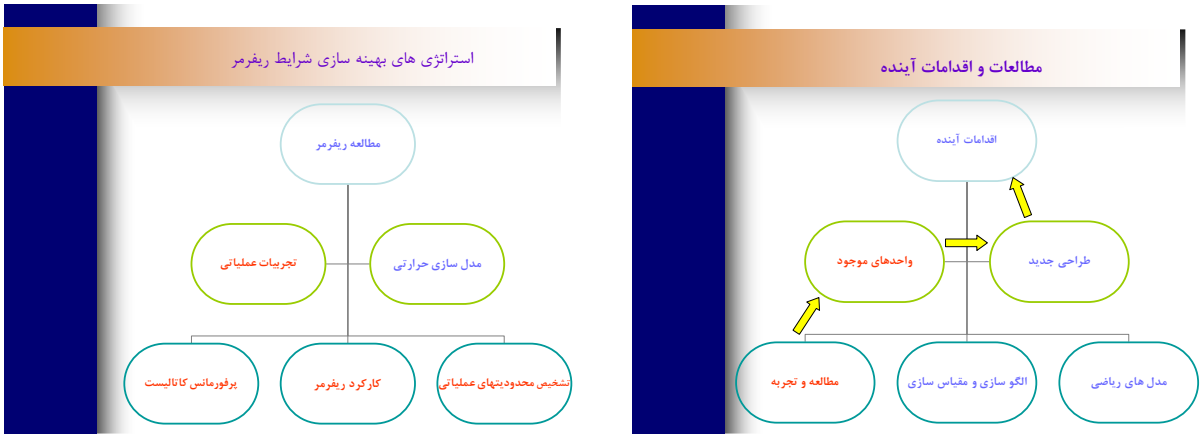
توضیحات :

INSPECTOR	SECTION HEAD	HEAD OF INSPECTION DEPT.
NAME :	NAME :	NAME :
SIGN.	SIGN.	SIGN.
DATE :	DATE :	DATE :

TIN-FM-23-00

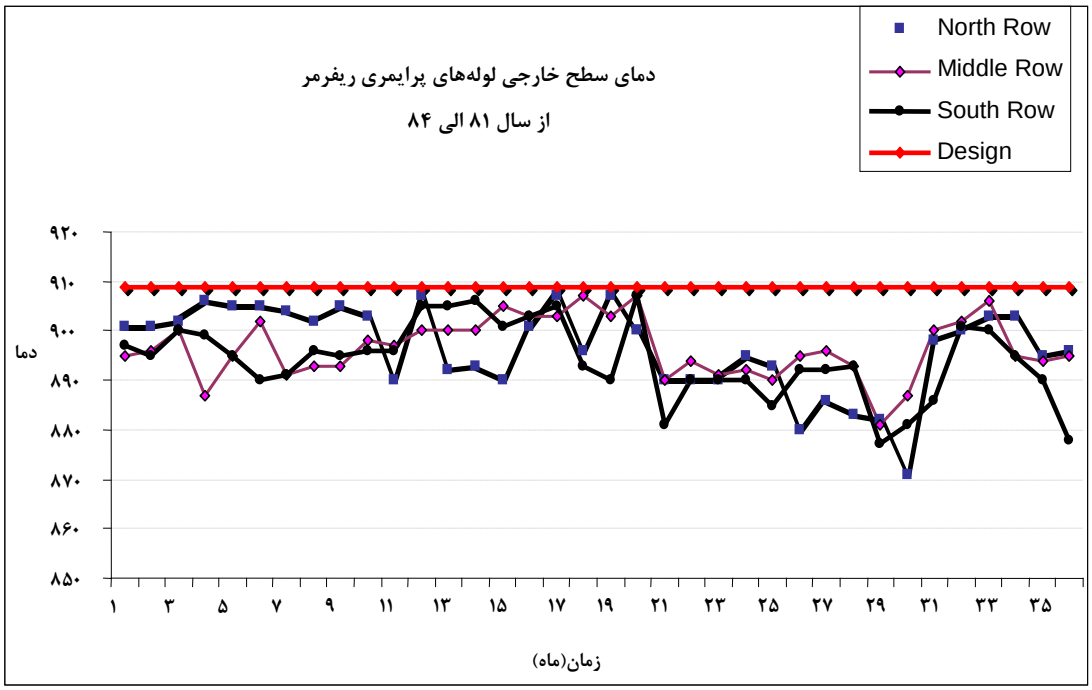


شکل ۹- مطالعه ریفرمر



شکل ۱۰- بهینه سازی ریفرمر

اقدامات عملی در پتروشیمی خراسان منجر به کارکرد بیش از صد هزار ساعت لوله‌های ریفرمر گردیده و از تجربیات بدست آمده در تصحیح طراحی اصولی مجتمع‌های مشابه استفاده شده است (شکل (۱۱)).



شکل ۱۱- وضعیت تنظیم و کاهش TWT ریفرمر واحد آمونیاک

مراجع

[1] W. Cotton, "Fluegas Flow Recirculat: on Patterns in Top Fired Reformers, Johnson Matthey Catalyst, IM ToF (1999).