

فهرست مطالب

۱	شعله های پیش مخلوط آرام	۱
۱	۱.۱ ساختار شعله آرام	۱
۲	۱.۲ سرعت شعله آرام	۲
۲	۱.۳ تئوری های حرارتی: بسط مالارد و لوشاتلیه	۲
۲	۱.۴ تئوری های مفهومی: تئوری زلدویچ، فرنک کامنتسکی و سمنوف	۲
۲	۱.۵ تئوری های نفوذی: تئوری تنفورد و پیز	۲
۴	۱.۶ اندازه گیری سرعت شعله	۴
۶	۱.۱.۶ روش برنر	۶
۷	۲.۱.۶ روش تیوب استوانه ای	۷
۷	۳.۱.۶ روش حباب صابون	۷
۷	۴.۱.۶ روش مشعل با شعله تخت	۷

شع‌له ه‌ای لم‌ی‌نار

فهرست تصاویر

۳	۱.۱ ساختار کد چمکین
۳	۱.۲ پروفیل های محاسبه شده کسر مولی در یک شعله استوکیومتری H_2O_2 در فشار و دمای محیط
۴	۱.۳ تغییرات سرعت و دما در طول سیستم شعله غیریک بعدی
۵	۱.۴ رژیم دمایی در یک شعله آرام
۶	۱.۵ جبهه اپتیکی در مشعل بانسن

شعله های لمینار

فصل ۱

شعله های پیش مخلوط آرام

شرایطی را در نظر بگیرید که سوخت و اکسیدکننده یک واکنش انفجاری را طی کنند. چنین شرایطی قویاً وابسته به فشار و دماست. دقیق است. دیگر تعاریف شعله را در محیط های نسبی تری تعریف می کنند. شعله را می توان یک واکنش شیمیایی خودپایدار در نظر گرفت که در یک ناحیه واکنش گسسته رخ می دهد. بسته به اینکه سرعت گازهای نسوخته بزرگ تر یا کوچک تر از شعله باشد ممکن است واکنش دهنده ها وارد این ناحیه شوند یا اینکه ناحیه واکنش به درون واکنش دهنده ها حرکت کند.

۱.۱ ساختار شعله آرام

با تازی گرما در سیستم می گردد و دلیل ماکزیمم بودن منحنی آزاد شدن گرما در شکل ۴ نزدیک به نقطه ماکزیمم دماست. این منحنی به علت ناپدید شدن سریع CO و دیگر اعضای میانی سوخت به سرعت افت می کند. دما اما به خاطر دیفیوژن رو به عقب گرما به گازهای سردتر انحنای ملایم تر و نمایی - شکلی را طی می کند. ناحیه بازترکیب* مربوط به گازهای سوخته یا ناحیه پس از شعله می شود. اگرچه واکنش های بازترکیب خیلی اگزوترمیک هستند، بازترکیب شدن رادیکال ها چنان غلظت پائینی دارد که پروفیل دما تأثیری از این فاز سیستم کلی شعله نمی بیند.

۱.۲ سرعت شعله آرام

سرعت شعله، که همچنین سرعت سوزش*، سرعت احتراق نرمال*، یا سرعت شعله آرام خوانده می شود، به صورت دقیق تر به عنوان سرعتی معرف مقاله اصلی هر تئوری یا مقاله مروری ایوانس مراجعه کنید. در اینجا از هر گروه یک تئوری انتخاب می شود تا ویژگی های هر گروه نمایان گردد.

۱.۳ تئوری های حرارتی: بسط مالارد و لوشاتلیه

اساسیه خاطر داشته باشید که بالابردن دمای اولیه در حدود ۱۰۰ درجه باعث بالا رفتن دمای شعله به مقداری خیلی کمتر می شود.

۱.۴ تئوری های مفهومی: تئوری زلدویچ، فرنک کامنتسکی و سمنوف

تنفورد و پیز فرض کردند که برای واکنش های مشخصی در شعله های آرام، نرخ نفوذ رادیکال های فعال در گازهای نسوخته بر مقدار که توسط دیدگاه ساده مالارد-لوشاتلیه نیز نشان داده شد.

۱.۵ تئوری های نفوذی: تئوری تنفورد و پیز

تنفورد و پیز فرض کردند که برای واکنش های مشخصی در شعله های آرام، نرخ نفوذ رادیکال های فعال در گازهای نسوخته بر مقدار کاربر باید برنامه ی کوتاهی بنویسد که بر روی ساب روتین اجرا می شود. اولین کاری که کد شعله انجام می دهد تشخیص این مسأله است که آیا فضای کافی برای حل مسأله وجود دارد یا خیر. طبیعتاً هر چه نقاط شبکه مورد علاقه کاربر بیشتر باشد فضای ذخیره سازی بیشتری مورد نیاز است. کاربر باید همچنین یک ساب روتین محیطی تشریح دهنده فضای فیزیکی شعله به شکل تابعی از فاصله از مشعل ایجاد کند. توصیه می شود که کاربر کد چمکین برای مطالعه شعله آرام کلیدواژه های ورودی و چند مثال را

دنبال کند. خروجی کد حاوی توزیع محوری دما، چگالی، ترکیب و سرعت در نقاط مختلف شبکه است. تعداد نقاط شبکه و ضخامت ناحیه واکنش در فایل ورودی مشخص می شوند. پروفیل های محاسبه شده کسر مولی در یک شعله استوکیومتری H_2/O_2 در

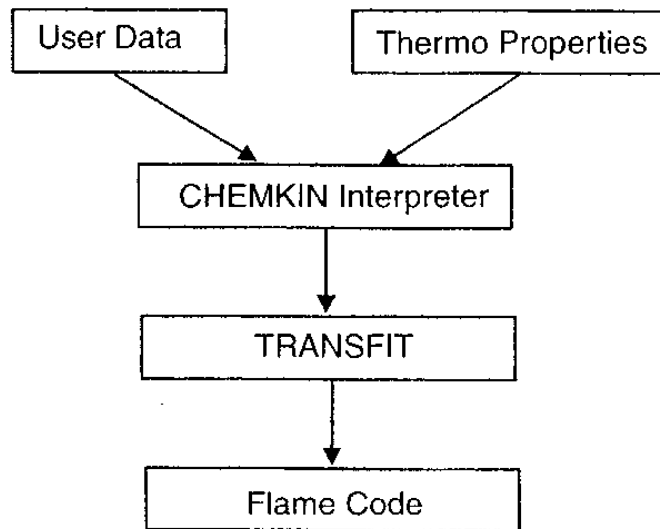


Figure 5.13 Structure of the Chemkin Code.

شکل ۱.۱ ساختار کد چمکین

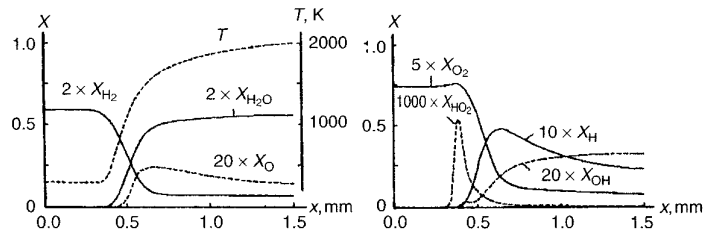


Figure 5.14 Computed profiles of the mole fractions in a stoichiometric H_2/O_2 flame at $p = 1 \text{ atm}$ and $T_u = 298 \text{ K}$ (modified from Warnatz³⁵).

شکل ۱.۲ پروفیل های محاسبه شده کسر مولی در یک شعله استوکیومتری H_2O_2 در فشار و دمای محیط

این محاسبات در $T_u = 298K$ و $p = 1atm$ در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

توسط وارانتر با نرخ سینتیک شیمیایی چمکین انجام شده است.

۱.۶ اندازه گیری سرعت شعله

داده شده است. این محاسبات توسط وارانتر با نرخ سینتیک شیمیایی چمکین انجام شده است.

در شکل u_x^* ، سرعت جریان گاز در x در شعله صفحه ای، با مقیاس مشابه در

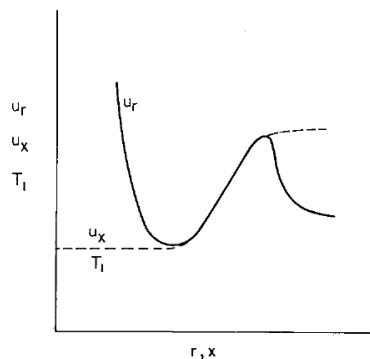


Fig. 7. Velocity and temperature variations through non-one-dimensional flame systems.

شکل ۱.۳ تغییرات سرعت و دما در طول سیستم شعله غریب بعدی

مقابل x ، مختصات فضایی عمود بر جبهه شعله، رسم شده است. فرض شده است که بر روی قسمت اصلی افزایش سریع دما، u_r و u_x تلاقی می کنند. این تناظر در صورتی که انحنای شعله در مقایسه با ضخامت آن بزرگ باشد درست خواهد بود. در این صورت سرعت سوزش مقداری خواهد بود که u_x با میل x به منفی بی نهایت به آن میل خواهد کرد. اگر چه، به دلیل اینکه دمای گاز نسوخته با تغییر x به صورت نمایی تغییر می کند، مقدار u_x در فاصله کوتاهی از شعله ثابت خواهد شد.

شکل ۱۴.*

مقدار u_r در سمت دما پائین شعله کروی در هیچ نقطه ای به کوچکی مقدار محدودکننده u_x نخواهد بود. با این حال مقدار u_r در نقطه ای که کمینه است نسبتاً برای تمام شعله های عادی (که در آنها ناحیه شعله نازک است) کمی بیشتر از مقدار محدود کننده u_x خواهد بود. در واقع، تفاوت، اگر چه صفر نیست، برای

چنین شعله هایی غیرچشمگیر خواهد بود. این مقدار u_r را می توان با استفاده از فرمول زیر به دست آورد:

$$u_r = \dot{m} / \rho_r A_r$$

از آنجا که لایه مورد نظر دقیقاً در ابتدای سمت نسوخته شعله است، ρ_r نزدیک ρ_u خواهد بود و \dot{m} / ρ_r مقداری نزدیک به نرخ شار حجمی گازهای نسوخته خواهد داشت.

بنابراین در عمل، برای به دست آوردن مقداری برای سرعت سوزش، که مقداری نزدیک به مقدار مربوط به صفحه شعله دارد، لازم است تا یک ناحیه تا حد ممکن در سمت نسوخته شعله انتخاب و اندازه گیری شود. سیستم هایی مانند شعله های بونسون بسیار پیچیده تر از حالت های صفحه ای یا کروی هستند. پیش از ادامه بحث، روش های مشاهده آزمایش را در نظر بگیرید. روش های زیر

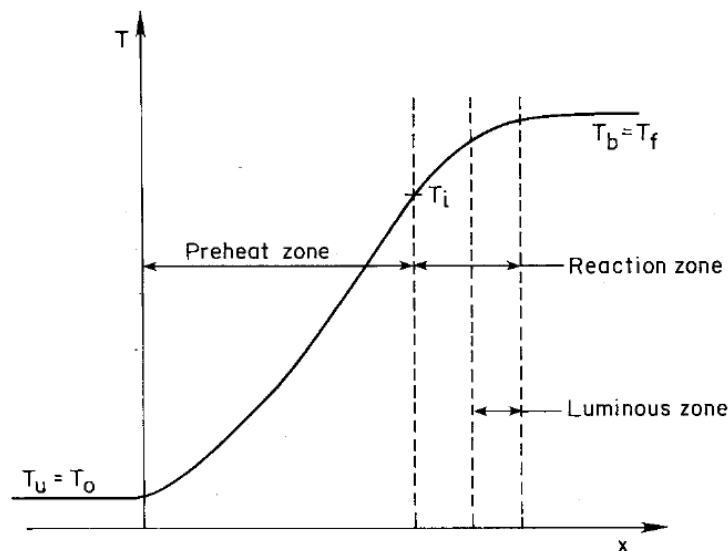


Fig. 8. Temperature regimes in a laminar flame.

شکل ۱.۴ رژیم دمایی در یک شعله آرام

برای مشاهده شعله به وفور مورد استفاده قرار گرفته اند:

قسمت براق شعله مورد مشاهده قرار گرفته و سمت این ناحیه، که در جهت گازهای نسوخته است برای اندازه گیری (عکس برداری مستقیم) مورد استفاده قرار می

شعله های لمینار

گیرد.

یک تصویر سایه نما گرفته می شود.

یک تصویر شیلرن گرفته می شود.

از روش اینترفرومتری استفاده می شود.
اما هر کدام از این روش ها کدام سطح شعله را به دست می دهند؟ مجدداً توزیع

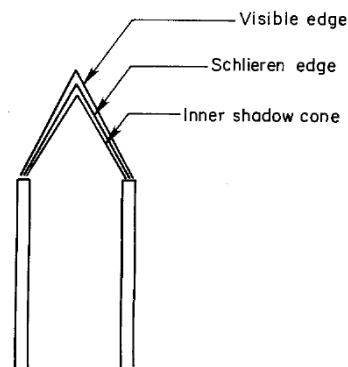


Fig. 9. Optical fronts in a Bunsen flame.

شکل ۱.۵ جبهه اپتیکی در مشعل بانسن

دما در شعله را که در شکل (۸*) ارائه شد در نظر بگیرید. ناحیه براق در شعله به تأخیر افتاده و در نتیجه مطلوب نمی باشد.

۱.۱.۶ روش برنر

در این روش گازهای پیش مخلوط از یک تیوب استوانه ای پوشش دار که به قدر کافی بلند هست تا در دهانه جریان خطی داشته باشیم به بالا جریان دارند. گاز در دهانه تیوب می سوزد و شکل مخروط بنسن ضبط و به وسیله ابزار و روش های مختلفی اندازه گیری برنر قبل از رسیدن به مخروط مرئی واگرا می گردد. این آزمایش ها بسیاری از محققین را به سمت استفاده از مخروط شیلرن به عنوان

مناسب ترین روش ارزیابی سرعت شعله هدایت کرده است.

سه روش دیگری* که مورد بحث واقع می شوند مقدار کمی گاز مصرف می کنند.

۲.۱.۶ روش تیوب استوانه ای

مخلوط گازی در یک تیوب افقی که یک انتهای آن باز است محترق می گردد. نرخ پیشرفت شعله در گاز نسوخته سرعت شعله خواهد بود.

۳.۱.۶ روش حباب صابون

در تلاش برای حذف اثرات دیواره، دو روش کروی به وجود آمد. در روشی که اینجا مورد بحث قرار می گیرد مخلوط گازی در یک حباب صابون قرار دارد و در مرکز آن به وسیله جرقه محترق می گردد تا شعله ای کروی در جهت شعاع منتشر گردد. چون گاز در یک لایه صابونی پوشیده شده است، فشار ثابت باقی می ماند. رشد پیشانی شعله در طول شعاع با وسایل عکس برداری دنبال می شود. چون در هر مرحله از انفجار، گاز سوخته در پشت شعله حجم بزرگتری از مقدار اشغال شده پیش از سوختن اشغال می کند، گازهای که R شعاع کروی بوده و r شعاع شعله کروی در هر لحظه می باشد. این واقعیت که ترم دوم داخل براکت نزدیک به یک می باشد باعث می شود به دست آوردن دقت های بالا مشکل باشد.

۴.۱.۶ روش مشعل با شعله تخت

این روش معمولاً منسوب به پاولینگ است. چون این روش ساده ترین پیشانی شعله، و پیشانی ای که در آن مساحت سایه، شیلین، و پیشانی مرئی یکسان است را ارائه می دهد، می توان گفت دقیق ترین روش می باشد.