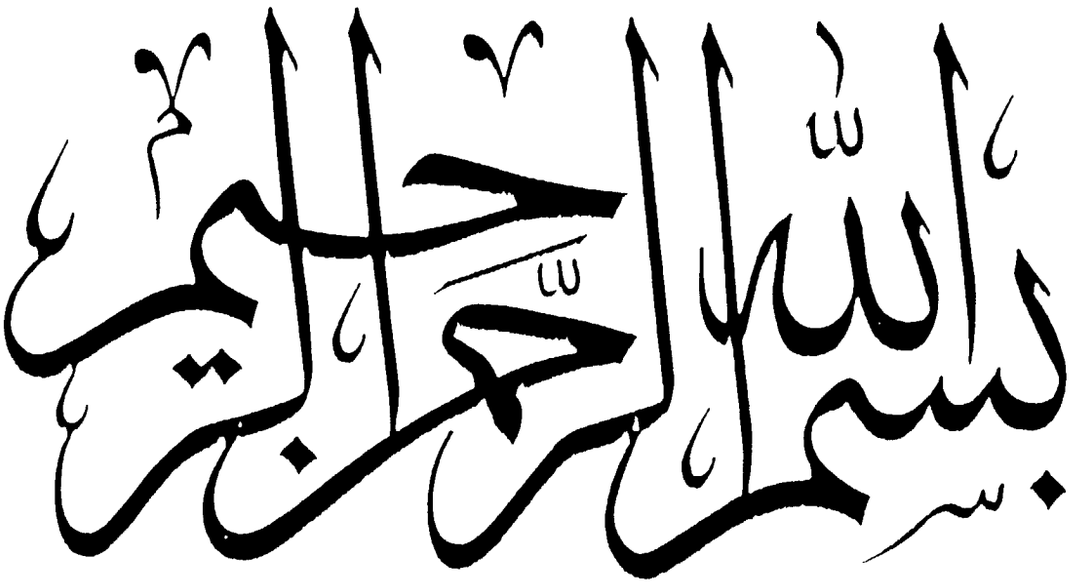


٤١٢٤٨

۱۳۸۱ /۴/ ۳۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
قفسه مدارک

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مکانیک

عنوان:

تحلیل حرارتی کوره دیگ بخار نیروگاهها به روش مونت کارلو

پایان نامه کارشناسی ارشد
گرایش تبدیل انرژی

استاد راهنما:
دکتر احمد صابونچی

توسط:
لیلا جانثاری

اردیبهشت ۸۰

٤١٢٤٨

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته تبدیل انرژی خانم لیلا جانثاری

تحت عنوان:

تحلیل حرارتی کوره دیگ بخار نیروگاهها به روش مونت کارلو

در تاریخ ۱۳۸۰/۳/۱۹ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر احمد صابونچی
۲- استاد مشاور پایان نامه	دکتر احمد رضا پیشه ور
۳- استاد داور	دکتر علی اکبر عالم رجبی
۴- استاد داور	دکترمحمد سعید سعیدی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر حسن خادمی زاده

تشکر و قدردانی

بار خدایا تو را سپاس می گویم که درهای رحمت و عنایتت را به روی بندگانت نبسته ای،و در سخترین لحظه های زندگی امید بندگان درمانده ات هستی،تورا سپاس می گویم چرا که چشمه های رحمتت رازندگی بخش نهال عمر بندگانت قرارداده ای و تورا سپاس می گویم که انسانهای مهربانی آفریده ای که غمخوار و یاور همنوعان خود باشند.

اکنون که به یاری پروردگار یکتا این پایان نامه را به انجام رسانده ام،وظیفه خود می دانم از استاد ارجمند جناب آقای دکتر احمد صابونچی که در تمامی مراحل انجام این مهم مرا یاری رساندند،تشکر و قدردانی نمایم و برای ایشان از درگاه خداوند منان آرزوی توفیق و طول عمر همراه با سلامتی نمایم.

همچنین ازاساتید گرامی،جناب آقای دکتراحمد رضا پیشه ورو جناب آقای دکتر علی اکبرعالم رجبی که کار بررسی نهائی این پایان نامه را به عهده گرفتند،تشکر و قدردانی می نمایم و برای ایشان آرزوی توفیق و سرافرازی همیشگی می نمایم.

در پایان نیز از تمامی اعضای هیات علمی دانشکدهٔ مهندسی مکانیک، مخصوصاً اساتید گرامی که در زمان تحصیل از محضر مبارک آنها استفاده کردم سپاسگزاری می نمایم.

کلیه حقوق مادی مرتبت بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

تقدیم به فرزند عزیزم محمد سروش و همسر فداکارم

از اطلاعات و امنیت ملی ایران
تحویل مرکز

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	هشت
چکیده	۱

فصل اول : پیشگفتار

۱-۱) مقدمه ۲

۱-۲) روشهای عددی موجود برای انتقال حرارت تشعشعی ۳

فصل دوم: احتراق

۲-۱) مقدمه ۵

۲-۲) تعاریف و تئوری مختصراحتراق..... ۶

۲-۲-۱) واکنش استوکیومتری و نسبت Φ ۶

۲-۲-۲) قانون اول برای شعله ۶

۲-۲-۳) مفهوم انتالپی تشکیل و ارتباط آن با گرمای واکنش..... ۷

۲-۲-۴) تعادل شیمیائی ۸

۲-۳) معادله کلی واکنش و روش حل ۱۰

۲-۳-۱) رابطه کلی واکنش و معادلات موجود ۱۰

فصل سوم: تأثیرگازها بر تشعشع

۳-۱) اهمیت گازها در انتقال حرارت ۱۳

۳-۲) خواص تشعشعی گازها ۱۴

۳-۲-۱) مکانیزم میرا سازی ۱۴

۳-۲-۲) مکانیزم تابش ۱۷

۳-۳) اثر شکل هندسی روی تبادل تشعشع درگازها ۱۹

۳-۳-۱) طول متوسط تشعشع ۲۰

۳-۳-۲) محاسبه طول متوسط تشعشع ۲۱

فصل چهارم: فرمولاسیون تشعشعی محفظه ها بر اساس فاکتور کلی جذب

۴-۱) مقدمه ۳۲
۴-۲) فاکتور کلی جذب در محفظه های بدون گاز ۳۲
۴-۳) فاکتور کلی جذب در محفظه های حاوی گاز ۳۶

فصل پنجم: روند کلی محاسبه فاکتور کلی جذب به روش مونت کارلو

۵-۱) مقدمه ۴۱
۵-۲) کلیات ۴۲
۵-۳) تعیین تصادفی نقطه پرتاب ۴۳
۵-۴) رابطه بین مؤلفه های یک بردار در دستگاه مختصات اصلی و محلی ۴۶
۵-۵) تعیین تصادفی جهت پرتو ۴۹
۵-۶) تعیین تصادفی نقطه پرتاب از حجم حاوی گاز ۵۲
۵-۷) تعیین تصادفی جهت پرتوهای صادر شده از حجم گاز ۵۳
۵-۸) تعیین سرنوشت پرتو هنگام عبور از گاز ۵۴
۵-۹) روش تعیین تقاطع پرتو با سطح محفظه ۵۶
۵-۱۰) تعیین سرنوشت پرتو برخورد کرده با سطح محفظه ۵۷
۵-۱۰-۱) انعکاس دیفیوز ۵۸
۵-۱۰-۲) انعکاس آینه ای ۵۹

فصل ششم: دیگ بخار

۶-۱) مقدمه ۶۱
۶-۲) تاریخچه دیگ بخار ۶۱
۶-۳) انواع دیگ بخار ۶۳
۶-۴) کوره یا اتاق احتراق ۶۷
۶-۴-۱) بدنه و چهار چوب اصلی کوره ۶۷
۶-۴-۲) سطوح باز تابنده ۶۸
۶-۴-۳) کویل لوله ها ۶۸
۶-۴-۴) تشعشع و جابجائی توام ۶۸
۶-۵) دیگ بخار از نظر کلی ۶۹
۶-۶) بررسی انتقال حرارت در بویلر ۷۰
۶-۷) روش مونت کارلو در کوره های صنعتی ۷۲
۶-۷-۱) تحلیل هندسی ۷۲

۲-۷-۶) معادلات بقای انرژی برای سطوح دیواره داخل ۷۳
۳-۷-۶) معادله بقای انرژی برای حجمها ۷۳

فصل هفتم: نتایج و بررسی

۱-۷) مقدمه .... ۷۴..
۲-۷) مشخصات بویلر ۷۵
۳-۷) تحلیل نتایج بدست آمده و مقایسه نتایج با مرجع..... ..... ۷۷
۴-۷) نتیجه نهائی ۷۹
۵-۷) پیشنهاد ۸۰
جداول ۸۱
نمودارها ۸۶
فاکتور کلی جذب بدست آمده ۹۴
پیوست ۹۹
نمادها و اختصارات ۱۰۴
مراجع ۱۰۶
چکیده انگلیسی صفحه آخر

چکیده

دیگ بخار یکی از مهمترین قسمتهای نیروگاه تلقی می شود،و در واقع یکی از پروسه های اساسی سیکل نیروگاه که تبدیل آب به بخار می باشد در این قسمت انجام می گیرد.ساختمان و عملکرد دیگ بخار تاثیر زیادی در راندمان کل سیستم دارد با توجه به اهمیت مطالب بالا و با در نظر گرفتن این موضوع که تشعشع به عنوان مهمترین مکانیزم انتقال حرارت در دیگ بخار مورد توجه است، پایان نامه حاضر کوششی است در جهت حل مسئله انتقال حرارت در کوره یک دیگ بخار و شامل تعیین نرخ حرارتی و دمای گاز در نواحی و سطوح مختلف کوره است.

ابتدا روشهای عددی موجود برای بررسی تشعشع در محفظه ها بطور خلاصه مورد بررسی قرار گرفته است و مروری بر معادلات حاکم بر تشعشع در گازها صورت گرفته است و روابط مورد نیاز برای تحلیل تشعشع در کوره ها بیان شده است.

سپس درمرحله مقدماتی مدل ساده ای از کوره در نظر گرفته شده است،که با توجه به ابعاد کوره،کوره را به تعدادی سطوح و حجمهای مختلف ناحیه بندی کرده و سپس فاکتور کلی جذب که بنا به تعریف عبارت است از کل انرژی که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم از یک ناحیه به ناحیه دیگر می رسد با استفاده از روش عددی آماری مونت کارلو محاسبه شده و پس ازآن با استفاده از معادلات تعادل انرژی و انتقال حرارت دمای نواحی مختلف سطحی و حجمی گاز بدست آمده است در نهایت با استفاده از دمای نواحی مختلف کوره مقدار انرژی که به هر سطح یا هر حجم از گاز می رسد محاسبه گردیده و با نتایج مشاهده شده عینی مقایسه گردیده است و در این مقایسه نشان داده شده است که نتایج مدل ساده به کار رفته در این پروژه با دقت کافی با نتایج آزمایشگاهی سازگاراست.

فصل اول
پیشگفتار

۱-۱) مقدمه

همانطوری که می دانیم سوختهای هیدروکربنی عمده ترین بخش تامین انرژی کوره های صنعتی را تشکیل می دهند.با افزایش هزینه اینگونه سوختها توجه روز افزونی به کاهش مصرف انرژی معطوف شده است،به این ترتیب که در طراحی این کوره ها اصلاحاتی جهت افزایش بازده کوره و کاهش مصرف سوخت بعمل آمده است.از طرفی کاهش مصرف انرژی مستلزم صرف وقت وبررسی معیارهای دقیق طراحی جهت ساخت کوره ها میباشد.

کوره هایی که انرژی خود را از طریق سوخت (Fuel fired furnaces) تأمین میکنند دو وظیفه اصلی دارند،احتراق سوخت و انتقال انرژی از محصولات احتراق به سطوحی از محفظهٔ کوره که جاذب حرارت هستند(چاه جاذب).بنابراین در طراحی این کوره ها تعیین توزیع دما و شار حرارت به منظور پیش بینی عملکرد کوره از اهمیت خاصی برخوردار است.در غالب پروسه های دما بالا تشعشع نقش اصلی را در انتقال حرارت از یک قسمت سیستم به قسمت دیگر ایفا می نماید.دانستن اصول حاکم بر انتقال حرارت تشعشعی و توانایی پیش بینی تاثیر آن بر روی سیستم مورد مطالعه،برای مهندس طراح سیستم بسیار مهم می باشد.خصوصاً پیش بینی توزیع دما و فلاکس حرارتی روی دیواره سیستم از اهمیت زیادی برخوردار است.انتقال حرارت تشعشعی در پروسه های کاربردی نمی تواند بصورت مجزا بررسی شود و بایستی با انتقال حرارت جابجایی و هدایتی،آزاد شدن انرژی بوسیله واکنش احتراقی و همچنین پیش بینی جریان سیال داخل سیستم همراه باشد.

به هرحال درحالت کلی مسئله این است:بررسی یک محفظه با شکل غیر مشخص که حاوی ماده ای صادر کننده ،جاذب ، پخش کننده، که درحال حرکت نیزبوده و همچنین حرارت نیز در تمامی نقاط آن بطور غیر مشخص در حال آزاد شدن باشد

۲-۱) روشهای عددی موجود برای بررسی انتقال حرارت تشعشعی

از جمله روشهای متداول که برای تجزیه و تحلیل تشعشی محفظه های حاوی گاز موثر بر تشعشع مورد استفاده بسیار قرار گرفته است می توان به روش ناحیه ای (Zone method) اشاره کرد.در این روش فضای داخلی سیستم به تعدادزیادی المان سطح و حجم که هر کدام از نظر دما و خواص تشعشعی یکنواخت فرض میشوند تقسیم شده و تبادل تشعشعی بین المان بوسیله ضرایبی موسوم به سطوح تبادل مستقیم بیان میگردد.اگر توزیع دما در محفظه مشخص باشد معادله بقای انرژی تشعشعی برای هر المان که شامل تبادل تشعشعی با دیگر المانها است نوشته میشود که در نتیجه از حل مستقیم دستگاه معادلات حاصله میتوان توزیع شار حرارتی تشعشعی را در محفظه بدست آورد. ولی توزیع دما مشخص نباشد با نوشتن معادله بقای انرژی کلی برای هر المان دستگاه معادلات غیر خطی حاصل خواهد شد که با روشهای تکرار میتوان دستگاه را حل و توزیع دما را بدست آورد.

روش ناحیه ای برای اولین بار توسط هاتل و کوهن [۱] برای محفظه های حاوی گاز خاکستری ارائه گردیدو سپس توسط هاتل و ساروفیم [۲] برای هندسه های چند بعدی محفظه مورد استفاده قرار گرفت.اطلاعات جامعی در مورد این روش در مرجع [۳] آمده است.

هاول و لارسن [۴] نیز شکل دیگری از فرمول بندی روش ناحیه ای را برای کاهش زمان محاسباتی کامپیوتر ارائه دادند.اسمیت و همکارانش [۵] برای اولین بار این روش را برای محفظه هائی که شامل بخش تشعشع در اثر وجود ذرات جامد و جذب و صدور انرژی توسط گاز داخل محفظه باشند بکار گرفتند.استوارد و همکارانش [۶] روش ناحیه ای را به طور هم زمان با معادلات اختلاف محدود جهت مدل کردن یک محفظه احتراق بکار بردند،در این روش دو شبکه حل،یکی برای میدان جریان و دما و دیگری برای بررسی تشعشع بکار گرفته شده است.

ورکارمن و همکارانش [۷]جروش ناحیه ای را همراه با روش مونت کارلو برای مسائلی که دارای شکل هندسی پیچیده ای هستند بیان کرده اند،بکار گیری روش معمولی ناحیه ای برای چنین مسائلی کار مشکلی است زیرا از یک طرف برای محاسبه ضرائب تبادل سطحی نیاز به محاسبه انتگرالهای چند گانه روی المانهای سطحی و حجمی است واز طرف دیگر ظرائب تبادل سطحی متعددی بایستی محاسبه و در حافظه کامپیوتر نگهداری شود،در چنین مسائلی استفاده از روش مونت کارلو میتواند باعث سادگی مسئله شود.

روش دیگر،روش صفحه های مجازی است که برتری آن نسبت به روش ناحیه ای کاهش زمان اجرای آن است.در این روش مانند روش ناحیه ای کل محفظه به سطحها و حجمهای همدما تقسیم میشود،ولی معادله بقای انرژی تشعشعی فقط برای سطوح داخل المان حجمی نوشته میشود. در این روش دو نوع سطح تعریف میشود، یکی سطوحی که قسمتی از جداره محفظه را تشکیل میدهد،یا سطوح حقیقی و دیگری سطوحی که هر المان حجمی را از المان حجمی مجاورش جدا می کنند،یا سطوح مجازی.

در این روش هر المان حجمی به وسیله نرخ خالص شار حرارت تشعشعی که از صفحه های مرزی المان مجاورش عبور میکند (صفحه های مجازی) با المانهای مجاور خود در ارتباط است بنابراین برخلاف مبادله مستقیم تشعشع با المانهای حجمی دور یا نزدیک که در روش معمولی ناحیه ای استفاده می شود ، انتقال تشعشع فقط بر حسب مبادله با المانهای حجمی مجاور بیان میشود.در این روش اگرچه هر المان حجمی فقط به طور مستقیم مرزهای خود را می بیند ولی به وسیله قاعده زنجیره ای با استفاده از شار حرارت تشعشعی که از صفحه های مجازی مجاور دو المان عبور می کند با دیگر المانهای حجمی در ارتباط است،در نتیجه این ارتباط زنجیر وار ، یک المان با تمام المانهای محفظه در ارتباط خواهد بود.

گارت و همکارانش [۸] روش صفحه های مجازی را برای محفظهٔ دو بعدی برای حالتی که گاز داخل محفظه خاکستری یا حقیقی باشد بکارگرفتند و نتایج بدست آمده را از نظر زمان اجرای کامپیوتر و دقت ،با روش ناحیه ای مقایسه کردند.در مرجع [۹]این روش برای هندسه سه بعدی بکاررفته وکاهش قابل ملاحظه ای درزمان اجرای کامپیوتر نسبت به روش ناحیه ای گزارش شده است.یک روش مفید و پر سابقه دیگر در تحلیل انتقال حرارت تشعشعی روش عددی آماری مونت کارلو میباشد که نتایج آن با نتایج واقعی برابری میکند و در گستره وسیعی از این نوع مسائل بکار برده میشود.به عنوان مثال انتقال حرارت بین دیواره های خاکستری که توسط گاز خاکستری غیر همدمای جاذب و صادر کننده تشعشع از یکدیگر جدا شده اند.در مرجع [۱۰]مسئله مشابهی در مورد دو استوانه هم محور [۱۱]با استفاده از روش مونت کارلو مورد بررسی قرار گرفته است.بخشی از کاربردهای روش مونت کارلو در انتقال حرارت تشعشعی مربوط به تعیین ظرائب شکل میباشد که مراجع [۱۹،۱۳،۱۲] ونمونه های از این کاربرد را نشان می دهد.روشهای آماری مونت کارلو برای اشکال هندسی پیچیده و محاسبات بسیار دقیق بکار میرود.روشهای فلاکس) ، روشهای مومنت (Moment Method) ، روشهای تقریبی گسسته ، روشهای چندتایی (Hybrid Method) و روشهای متعدد دیگر در تحلیل انتقال حرارت تشعشعی بکار میروند که جهت اطلاع بیشتر میتوان به مراجع[۲۱،۲۰]رجوع کرد.با توجه به اهمیت وکاربرد عملی تحلیل تشعشعی دربویلرها مطالعات پایان نامه حاضربرروی بویلر های واتر تیوب با هندسه واقعی و گاز خاکستری متمرکز شده است که فرضیات به صورت زیر است.

۱- دیواره های داخلی کوره خاکستری و گاز درون آن نیز خاکستری فرض میشود.
۲- انعکاس از دیواره های داخلی کوره بصورت دیفیوز در نظر گرفته شده و سطوح ساطع کننده دیفیوز فرض می شوند.
۳- گاز داخل محفظه به طریق صدور وجذب انرژی درتبادل انرژی تشعشعی کوره شرکت میکنند.
۴- کلیه خواص تشعشعی سطوح و گاز درون آن معلوم هستند.
۵- سطح کوره و گاز درون آن در حالت کلی غیر همدما و در حالت تعادل ترمودینامیکی در نظر گرفته می شوند.

فصل دوم
احتراق

۱-۲) مقدمه

احتراق یکی از فرایندهای مهم در صنعت امروز بوده که در بویلر ها ، کوره هـا، موتورهـای احـتراق داخلی و بسیاری موارد دیگر مورد استفاده قرار میگـیرد، لـذا بررسـی و تحلیـل آن جـهت افزایـش کارائی و بهبهود عملکرد کوره ها و دیگر تجهیزات جانبی آن امری ضروری بنظر میرسد.

بطور کلی احتراق زمانی ایجاد میشود که ماده ای بنام سـوخت بـا اکسـیژن ترکیـب شـده و تولیـد حرارت و گرما کند .سوختها به طور کلی به سه گروه عمده تقسیم میشوند:

۱- سوختهای گازی

۲- سوختهای مایع

۳- سوختهای جامد

سوختهای گازی سوختهایی هستند که در دمای معمولی حالت گازی شکل دارنـد و بـه ایـن دلیـل احتراق آنها نسبت به دیگر سوختها سهلتر و کاملتر است.

احتراق در واقع یک واکنش شیمیایی حرارت زا است که از ترکیب یک یا چند مـاده شـیمیایی کـه همان سوختها هستند با یک اکسید کننده روی میدهد.گرمای حاصل ازاحتراق باعث افزایش دمـای محصولات احتراق میشود و هرچه انتقال حرارت به محیط کمتر باشد دما بالاتر میرود.در صورتی که انتقال حرارت به محیط صفر باشد دمای حاصل را دمای ادیابـاتیک شـعله مینـامیم.همچنیـن اگـر نسبت سوخت به هوای استوکیومتری را داشته باشیم دمای محصولات تقریباً بالاترین مقدار خود را خواهد داشت البته لازم است اشاره شود که درصد مواد مختلف در محصـولات احـتراق بسـتگی بـه دمای محفظه احتراق دارد و این میزان در دماهای مختلف تغییر میکند.

۲-۲) تعاریف و تئوری مختصر احتراق

۲-۲-۱) واکنش استو کیو متری و نسبت Φ (Equivalance Ratio)

واکنش استوکیومتری برای سوختهای هیدروکربنی واکنشی است که نسبت سوخت به هـوا در آن به گونه ای باشد که در محصولات احتراق فقط Co_2, H_2o, N_2 تولید شود.نسبت Φ برای یک واکنش به صورت زیر تعریف میشود:

Φ = (FAR) actual / (FAR) st- نسبت سوخت به هوای استوکیومتری / نسبت سوخت به هوا در واکنش واقعی (۲-۱)

طبق تعریف فوق مقدار Φ برای مخلوطهای مختلف سوخت و هوا به صورت زیر خواهد بود:

مخلوط استوکیومتری Φ=1

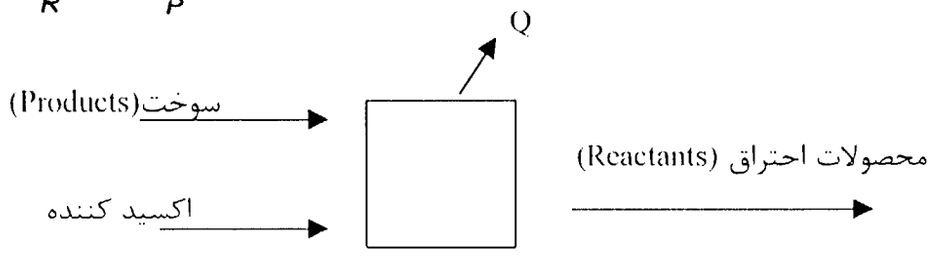
مخلوط رقیق (Lean) Φ<1

مخلوط غنی (Rich) Φ>1

۲-۲-۲) قانون اول برای شعله

درصورتیکه یک حجم کنترل اطراف شعله در نظر بگیریم قانون اول را بصورت زیر می توان نوشت:

$$Q + \sum_{R} n_i \bar{h}_i = \sum_{P} n_e \bar{h}_e \qquad (۲-۲)$$



در رابطهٔ فوق منظور از Q حرارت منتقل شده به محیط است که بـرای محاسـبهٔ دمـای آدیابـاتیک شعله صفر در نظر میگرند. $\bar{h}_i$ و $\bar{h}_e$ نیز انتالپی مخصوص عناصر ورودی و خروجـی از حجـم معیـار میباشند که خود شامل دو بخش هستند:

۱- انتالپی تشکیل در شرایط استاندارد ($T = 25^{oc}$ ، P= 1 atm) که با نماد 298($\bar{h}_f^o$) نمایش داده میشود.

۲- افزایش انتالپی عنصر یا ترکیب در دمای موجـود نسـبت بـه دمـای 25^{oc} کـه بـا $\Delta \bar{h}$ مشـخص میشود. لذا رابطهٔ فوق را به صورت زیر میتوان نوشت :

$$Q + \sum_{R} n_i (\bar{h}_f + \Delta\bar{h}) = \sum_{P} n_e (\bar{h}_e + \Delta\bar{h})_e \qquad (۲-۳)$$