

طراحی کوره خلاء با دمای کاری ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد با استفاده از روش‌های عددی

حسین الطاف^۱، علیرضا حسین نژاد دوین^۲، سمیرا پایان^۳

زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، گروه مهندسی مکانیک
پست الکترونیکی نویسنده مخاطب: (hoseinaltaf@yahoo.com)

چکیده

موضوعی که در این تحقیق به آن پرداخته خواهد شد طراحی کوره عملیات حرارتی تحت خلاء، با دمای کاری ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد با استفاده از روش‌های عددی می‌باشد. یک جنبه حیاتی در عملیات حرارتی، یکنواختی دما در سطح و مرکز محصول و نگهداری سطح آن در دمای بالا است که می‌توان با تغییر پارامترهای هندسی و شرایط مرزی به این مهم دست یافت. مکانیزم اصلی انتقال حرارت در خلاء، تابش بوده و روش حل معادلات تابش بر اساس روش تابش خالص در محیط شفاف است. سطوح تشعشعی پخشی - خاکستری فرض می‌شود. همچنین جنس عایق دارای هدایت حرارتی و ساطع‌کنندگی^۴ کمی می‌باشد. می‌توان آنچه را که در طراحی مد نظر بوده، به صورت زیر خلاصه کرد: طراحی یک هندسه‌ی مناسب برای فرآیند عملیات حرارتی و انتقال حرارت موثر، حداقل کردن تلفات انتقال حرارت تابشی و جابجایی، رعایت نکات ایمنی در کوره

واژه‌های کلیدی: طراحی، کوره‌ی خلاء، روش‌های عددی، تابش خالص

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

۲- دانشیار مهندسی مکانیک

۳- دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک

⁴ diffusivity

۱- مقدمه

روند کلی طراحی کوره براساس نیاز کاربر شروع می‌شود. از مهم‌ترین این نیازها می‌توان به دمای نهایی کوره، گاز موجود در محیط کوره و یکنواختی و همگن بودن دما در محفظه کوره اشاره کرد. جنس و اندازه گرم کن و عایق طبق این نیازها انتخاب می‌شود. سپس درباره انتخاب اندازه و نوع جداره بیرونی تصمیم‌گیری می‌شود. بعد از آن سیستم کنترل دما و سیستم خنک‌کننده انتخاب می‌شود.

از آنجا که طراحی فرآیندی تجربی است آن طور که باید و شاید تحقیقی همه جانبه و علمی بر روی طراحی و بهینه‌سازی کلی کوره خلاء انجام نشده است. بیشتر پژوهش‌های پیشین، بهینه‌سازی را به صورت موضعی و برای اجزاء مختلف کوره بررسی کرده‌اند. از آن جمله می‌توان به تحقیق سروری [۱] اشاره کرد که از الگوریتم ژنتیک برای تعیین مکان بهینه‌ی گرمکن‌ها در یک کوره‌ی دو بعدی تابشی استفاده کرده است. در این کار مسئله تابش از روش DTM حل شده است. صفوی نژاد و همکاران [۲] از الگوریتم ژنتیک برای تعیین تعداد و محل قرار گیری گرمکن‌ها در یک محفظه‌ی دو بعدی متشکل از سطوح پخشی و آینه‌ای استفاده کردند. آنها از روش REM برای حل مسئله تابش استفاده کردند و نتایج‌شان نشان می‌دهد که خواص آینه‌ای تاثیر زیادی بر روی تعداد و محل قرار گرفتن گرمکن‌ها می‌گذارد.

تحقیقات بسیاری نیز برای طراحی و بهینه‌سازی شکل محفظه تابشی گزارش شده است. از آن جمله، دان و همکاران [۳] و [۴] طراحی هندسه‌ی کوره تابش را بر اساس بهینه‌سازی چند نقطه‌ی کنترلی و منحنی بی‌اسپلاین (B-spline curves) با استفاده از روش گرادیانی انجام دادند. بیات و همکاران [۵] بهینه‌سازی هندسه یک کوره‌ی تابشی برای دستیابی به شار حرارتی و دمای یکنواخت بر روی سطوح طراحی را انجام دادند. که در آن توسط الگوریتم ژنتیک اصلاح موقعیت نقاط کنترلی انجام شده و با استفاده از منحنی بی‌اسپلاین شکل جدید محفظه، ساخته می‌شود.

تحقیقات ژن ژن و همکاران نمونه‌هایی از بهینه‌سازی کلی است. آنها یک بار [۶]، بر مبنای شیوه جدید آنالیز حرارتی داده‌ها توانستند اندازه محفظه حرارت دهی و دمای دیواره آن را بر اساس محدودیت‌های طراحی انتخاب، و در نهایت طراحی بهینه‌ی کوره‌ی دما بالا تحت خلاء را، امکان‌سنجی کنند. همچنین آنها در مقاله‌ی دیگر [۷]، طراحی بهینه کوره خلاء دما بالای تحت خلاء را این بار با استفاده از شیوه‌ی پاسخ سطح بررسی کردند. نتایج آنها نشان می‌دهد که برای طراحی کارآمد و صرف هزینه کمتر و اجتناب از مراحل تکراری غیرضروری در حین ساخت، بهینه‌سازی و پیش‌بینی عملکرد قبل از ساخت لازم است.

البته ممکن است به نظر برسد که شبیه‌سازی مرحله‌ای گران و غیرضروری است، اما این آخرین مرحله برای انجام تغییرات کم‌هزینه‌ی طراحی قبل از طراحی اجزاء گران‌قیمت و آغاز فرآیند تولید است. تجربه نشان داده است که این پروسه به طور قابل ملاحظه‌ای کارایی را افزایش می‌دهد. در بعضی موارد مشکلات عمده‌ای وجود دارد که در مرحله‌ی طراحی می‌تواند اصلاح شود. در حقیقت همه‌ی کوره‌هایی که کارایی کمی دارند، این مرحله‌ی حیاتی را در فرآیند طراحی نادیده گرفته‌اند. با فرض اینکه مشکل قابل حل باشد، هزینه‌ی از دست رفته در تولید و مهندسی اصلاح، معمولاً با هزینه‌ی طراحی مدل فاصله‌ی زیادی دارد. در صورتی که مشکل قابل حل نباشد، واحد محکوم به ادامه‌ی فعالیت با خروجی کم، محصولات با کیفیت پایین، مصرف بالای انرژی و یا در موارد بحرانی، رهاسازی خواهد بود.

در کار حاضر معادلات تابش بر اساس روش تابش خالص در محیط شفاف حل شده و تاثیر اندازه و هندسه‌ی ناحیه‌ی گرمایشی و همچنین تعداد و مکان گرمکن‌ها بر توزیع دمای روی محصول بررسی می‌شود. در مرحله‌ی بعد اثر جنس عایق در نظر گرفته می‌شود و مقدار ضخامت لازم برای جلوگیری از اتلاف حرارتی از کوره تعیین می‌شود.

این درست است که ساخت مدل فرآیند کافی نیست و مهم است که این مدل با داده‌های عملیاتی واقعی اعتبارسنجی شوند. اما این موضوع آسان نیست، چرا که نبود داده‌های عملیاتی لازم، دقت اعتبارسنجی را پایین می‌آورد. اما اگر مدل، تغییرات خروجی بر اساس تغییر در ورودی را پیش‌بینی کرده باشد، اعتماد قابل توجهی حاصل می‌شود. در این شرایط، در

حالی که معمولاً می‌توان مدل فرآیند را توسعه داد، اما تا زمانی که واحد به طور کامل ساخته شود نمی‌توان آن را اعتبارسنجی کرد، مگر اینکه واحد آزمایشی برای تست ساخته شود و پیش‌بینی‌ها و شرایط عملیاتی تجربه شود. ساخت این واحد به طور قابل توجهی فرآیند طراحی را به تأخیر می‌اندازد، هرچند خطر و ریسک را به مقدار زیادی کاهش می‌دهد. علاوه بر این زمان لازم برای ساخت واحد در اندازه‌ی اصلی، با توجه به تجربه‌ی عملیاتی این واحد آزمایشی کاهش می‌یابد. این صرفه‌جویی در وقت و زمان، خیلی بیشتر از هزینه و زمان لازم برای اثبات و اعتبارسنجی در مرحله‌ی طراحی است [۸].

۲- معادلات حاکم

در حالت کلی تبادل تابشی که در محفظه‌ها رخ می‌دهد پیچیده است. اما با استفاده از روش تابش خالص می‌توان تحلیل ساده‌ای از تبادل تابش در محفظه‌ها انجام داد. محفظه‌ای با k سطح داخلی مجزا در نظر بگیرد [۹]. هدف تحلیل تبادل تابش میان سطوح محفظه برای کاربردهایی شامل دو نوع شرایط مرزی است: (۱) محاسبه‌ی انرژی لازم برای یک سطح زمانی که دمای آن مشخص است. (۲) محاسبه‌ی دمایی که یک سطح به آن خواهد رسید زمانی که گرمای مشخصی به آن وارد می‌شود. $q_{o,k}$ و $q_{i,k}$ نرخ‌های انرژی تابشی ورودی و خروجی بر واحد سطح A_k می‌باشد. برای مثال، اگر A_k سطح داخلی یک دیواره عایق باشد، Q_k می‌تواند انتقال حرارت هدایتی از طریق سطح عایق به بیرون باشد. یک تعادل انرژی برای A_k رابطه‌ی زیر را به وجود می‌آورد.

$$Q_k = q_k A_k = (q_{o,k} - q_{i,k}) A_k \quad (1)$$

شار انرژی خروجی از سطح، ترکیبی از انرژی صادر شده و منعکس شده می‌باشد. با توجه به اینکه برای یک سطح خاکستری $\epsilon_k = \alpha_k$ برقرار است، نتیجه می‌دهد:

$$q_{o,k} = \epsilon_k \sigma T_k^4 + \rho'_k q_{i,k} = \epsilon_k \sigma T_k^4 + (1 - \alpha_k) q_{i,k} = \epsilon_k \sigma T_k^4 + (1 - \epsilon_k) q_{i,k} \quad (2)$$

شار ورودی $q_{i,k}$ ناشی از انرژی تابشی خروجی از سطوح داخلی محفظه است که به سطح k ام می‌رسد. در نتیجه انرژی ورودی معادل است با:

$$A_k q_{i,k} = A_1 q_{o,1} F_{1-k} + A_2 q_{o,2} F_{2-k} + \dots + A_j q_{o,j} F_{j-k} + \dots + A_k q_{o,k} F_{k-k} + \dots + A_N q_{o,N} F_{N-k} \quad (3)$$

از رابطه‌ی تقابل میان ضرایب شکل می‌توان نوشت:

$$A_1 F_{1-k} = A_k F_{k-1}, \quad A_2 F_{2-k} = A_k F_{k-2}, \quad \dots, \quad A_N F_{N-k} = A_k F_{k-N} \quad (4)$$

بنابراین شار انرژی برخورد کرده به سطح به صورت زیر است:

$$q_{i,k} = \sum_{j=1}^N F_{k-j} q_{o,j} \quad (5)$$

معادلات (۱)، (۲) و (۵) روابط همزمانی هستند که باید بین q_k ، T_k ، $q_{o,k}$ و $q_{i,k}$ برای هر سطح و در هر زمان حل شود.

۳- بیان مسئله

شاید بتوان گفت، بحرانی‌ترین قسمت یک کوره‌ی خلاء ناحیه‌ی گرمایش آن است که بر کارایی و هزینه‌ی عملیاتی آن اثر زیادی می‌گذارد. ناحیه‌ی گرمایش انواع مختلفی دارد و انتخاب یک طرح بایستی بر اساس تحلیل دقیق فرآیند خاص و کاربرد مورد نظر باشد.

ناحیه‌ی گرمایش کوره‌ی خلاء، اغلب شامل چهار مولفه‌ی عمده است: المان حرارتی و جزئیاتی که المان بر روی آن نصب می‌شود؛ عایق یا پوشش حرارتی؛ سازه‌ی احاطه‌کننده که المان‌های حرارتی و بسته عایق را پشتیبانی می‌کند و یک سکو که در حین فرآیند، محصول بر روی آن گذاشته می‌شود. یک ناحیه‌ی گرمایش را می‌توان به شکل مکعب مستطیل یا استوانه ساخت، که امروزه بیشتر کوره‌های خلاء را به شکل استوانه می‌سازند. همه‌ی ناحیه‌های گرمایشی با شکل و اندازه‌ای ساخته می‌شوند که به راحتی نصب شوند و به علاوه جدا کردن و تعویض قطعات آن نیز راحت باشد. (شکل ۱)

۳-۱- المان حرارتی

امروزه همه‌ی کوره‌های خلاء دما بالا با مقاومت الکتریکی گرم می‌شوند. المان‌های حرارتی ممکن است فلزی یا نمونه‌های مختلفی از گرافیت باشند. انتخاب جنس المان حرارتی تا حد زیادی وابسته به دمای کارکرد کوره است. در دماهای پایین نظیر بازپخت در خلاء، آلیاژ ارزان نیکل- کروم می‌تواند برای المان حرارتی استفاده شود. برای دماهای بالاتر و کاربردهای کلی عملیات حرارتی نظیر سخت کردن یا لحیم کردن، مولیبدنیوم یا گرافیت، رایج‌ترین المان‌های حرارتی اند. با پیشرفت در علم مواد و روش‌های تولید محصولات الکتریکی پایه گرافیتی، امروزه در کوره‌های عملیات حرارتی و لحیم کاری، المان‌های حرارتی گرافیتی رواج بیشتری نسبت به المان‌های حرارتی مولیبدنیومی دارند. در بسیاری موارد، المان حرارتی گرافیتی را با وزن سبک، و به شکل نوارهای با انحنا ترکیب می‌کنند که هم با دوام باشد و هم استفاده از آنها آسان است. (شکل ۲)



شکل ۲. المان حرارتی گرافیتی سبک و انحنادار



شکل ۱. کوره نوع عایق با المان حرارتی گرافیتی میله‌ای

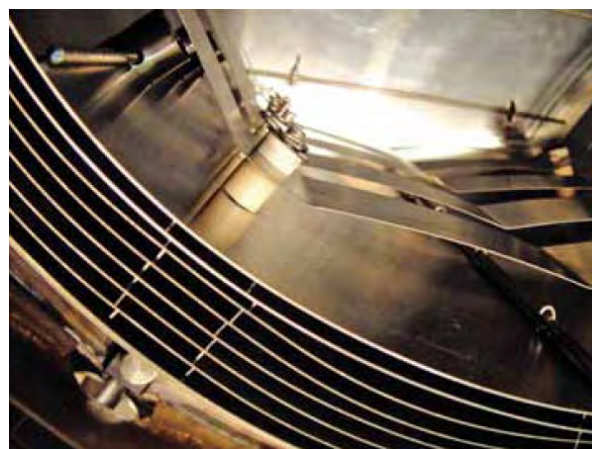
۳-۲- عایق / پوشش حرارتی

به طور کلی ساختمان کوره‌خلاء به دو دسته‌ی جداره‌ی فلزی و نوع عایق دسته‌بندی می‌شود. در یک ناحیه‌ی گرمایش تمام فلزی، بسته‌ی پوشش حرارتی از ورقه‌های چندلایه‌ی فلزی، که بین هر لایه فاصله هست، ساخته می‌شود (شکل ۳). زمانی که خلاء بالا یا محیط فرآیند خیلی پاک مورد نیاز باشد، ناحیه‌ی گرمایشی تمام فلزی بر دیگر گزینه‌ها برتری دارد. دیگر طرح رایج پوشش حرارتی، ترکیب کردن مواد پایه گرافیتی است (شکل ۴). به طور معمول، یک بسته‌ی عایق گرافیتی استاندارد

شامل مواد پایه گرافیتی به شکل لایه‌ی روکش یا تخته، با ضخامت حداقل ۴ سانتیمتر است. چون این مواد عایق، ذاتا متخلخل و تراوا هستند، بین لایه‌های آن نیاز به فاصله نیست.

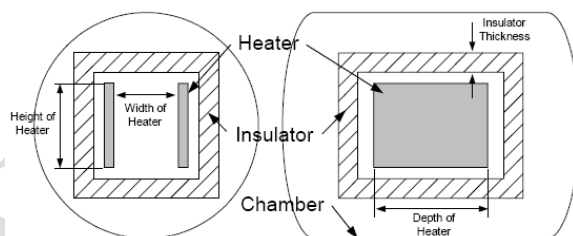


شکل ۴. نمونه‌ای از پوشش حرارتی از جنس مواد پایه گرافیتی

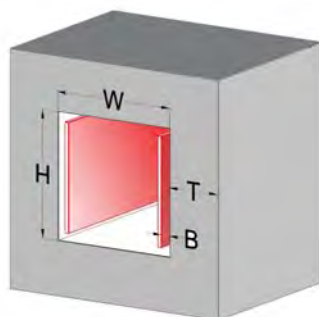


شکل ۳. نمونه‌ای از بسته‌ی پوشش حرارتی فلزی

آنچه در این پژوهش جهت طراحی در نظر گرفته شده است، کوره خلاء از نوع عایق است که طرح‌واره‌ی کلی آن در شکل ۵ نشان داده شده است. دیواره‌ی عایق به شکل جعبه‌ای مستطیلی و از جنس مواد پایه گرافیتی انتخاب شده است که در واقع باعث تمرکز حرارت بر روی جسم شده و مانع از نشتی حرارت به محیط خارج هم می‌شود. در این شکل، ارتفاع، عرض و عمق ناحیه گرمایشی به ترتیب با H و W و D نشان داده شده است. مقدار این پارامترها وابسته به کارکرد کوره و قطعاتی است که درون آن پخته می‌شوند که در اینجا قطعه‌ی کاری استوانه‌ای به قطر ۵۰ سانتیمتر است که در وسط گرمکن‌ها قرار داده می‌شود. ضخامت عایق هم با T نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۵(الف). طرح کوره‌ی خلاء نوع عایق از دو نما [۶].
 (ب). نمایش سه بعدی محفظه‌ی حرارت‌دهی و عایق

فاصله بین گرمکن و عایق یکی دیگر از پارامترهای طراحی است که با B نشان داده شده است. در این شکل گرمکن‌ها به صورت صفحه‌ای یکپارچه نشان داده شده است اما همانند آنچه در شکل ۱ نشان داده شده است، می‌توان از گرمکن‌های نواری که به صورت منظم در یک ردیف و در کنار هم چیده می‌شوند، نیز استفاده کرد. جنس گرمکن‌ها نیز از نوع المان‌های مقاومتری گرافیتی انتخاب شده است.

در جدول ۱ خلاصه‌ای از مفروضات مسئله آورده شده است

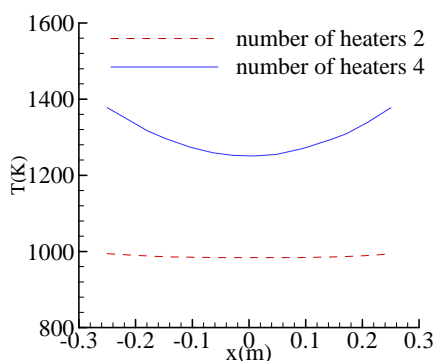
جدول ۱. متغیرهای طراحی و قیدها

محدوده	داده‌ها	
۷۰۰	طول و عرض محفظه [H] و [W] (mm)	قیدها
۲۰۰۰	دما در مرکز محفظه (°C)	
آرگون	گاز پیرامون	
۱۰-۵۰	تغییرات دمای مجاز در محفظه (°C)	
۲-۴	تعداد گرمکن	متغیرهای طراحی
۱۰-۹۰	فاصله بین گرمکن و عایق [B] (mm)	
۵۰۰-۸۰۰	ضخامت عایق [T] (mm)	

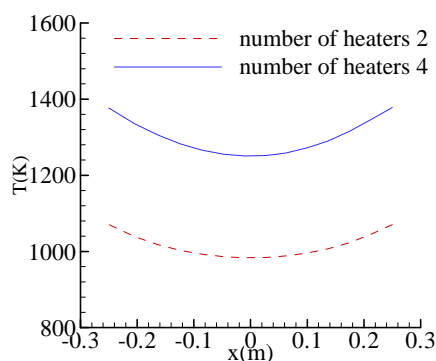
شبه‌سازی به صورت دو بعدی انجام شده است. مدت زمان انجام عملیات حرارتی ۴ ساعت می‌باشد.

۴- نتایج

نوع و تعداد گرمکن و آرایش و فاصله‌ی قرار گرفتن آنها از محصول، مسئله‌ای حیاتی در طراحی کوره محسوب می‌شود. گرمکن‌ها باید مقدار قابل توجهی از انرژی را بتابانند، در دمای بالا رو به زوال نروند و به راحتی تعویض شوند. به دلیل قیمت زیاد و همچنین مصرف انرژی بالای گرمکن‌های مقاومتری، این انتخاب یک دقت مهندسی را می‌طلبد. در شکل ۶ تغییرات دما در دو مقطع طولی و عرضی محصول، در زمان ۳۵۰۰ ثانیه و در حالتی که دو و یا چهار ردیف گرمکن در کوره باشد، آورده شده است. شار حرارتی اعمال شده و در نتیجه توان انرژی مصرفی در هر دو حالت یکسان در نظر گرفته شده است.



شکل ۶ ب. تغییرات دما در مقطع طولی در زمان ۳۵۰۰ ثانیه



شکل ۶ الف. تغییرات دما در مقطع عرضی در زمان ۳۵۰۰ ثانیه

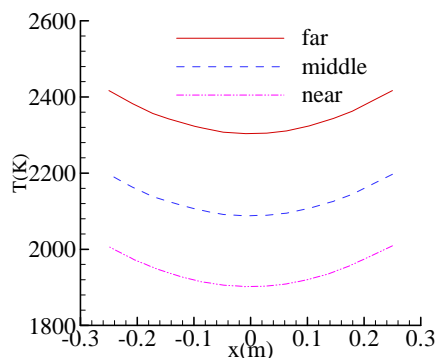
می‌توان این طور عنوان کرد که اگرچه هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه با چهار ردیف گرمکن بیشتر است، با این حال نرخ افزایش دما به نحو قابل ملاحظه‌ای بیشتر از دو گرمکن می‌باشد. به علاوه، در این حالت شار حرارتی لازم کمتر خواهد بود و طبیعتاً دیرتر مستهلک می‌شوند. بنابراین طراحی با ۴ ردیف گرمکن ارجحیت دارد.

برای تعیین مکان گرمکن‌ها، سه حالت برای فاصله‌ی بین گرمکن و عایق در نظر گرفته می‌شود. در ابتدا گرمکن تا حد امکان به محصول نزدیک می‌شود. سپس گرمکن وسط محصول و عایق تعبیه می‌شود و در نهایت گرمکن در بیشترین فاصله از محصول قرار داده می‌شود. یکی از مسائل مهم در حین کار کوره مدت زمانی است که طول می‌کشد تا دمای مورد نظر حاصل شود. برای بررسی اثر مکان گرمکن، این مهم، در نظر گرفته شده است. جدول ۲، متوسط دمای سطح محصول در لحظات مختلف را نشان می‌دهد.

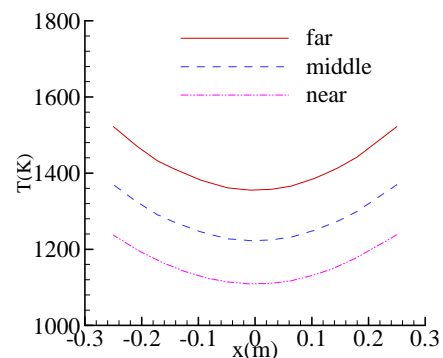
جدول ۲. بررسی اثر مکان گرمکن بر نرخ افزایش دمای محصول (بر حسب کلوین)

زمان (ثانیه)	گرمکن نزدیک به محصول	گرمکن وسط محصول و عایق	گرمکن نزدیک به عایق
۱۰۰۰	۶۶۲	۷۱۴	۷۷۶
۲۰۰۰	۹۵۴	۱۰۴۷	۱۱۵۶
۳۰۰۰	۱۲۴۰	۱۳۷۰	۱۵۲۲
۴۰۰۰	۱۵۱۵	۱۶۶۷	۱۸۶۲
۵۰۰۰	۱۷۷۳	۱۹۵۴	۲۱۶۳
۶۰۰۰	۲۰۰۷	۲۱۹۶	۲۴۱۶

برخلاف آنچه در ابتدا تصور می‌شد، که نزدیکی گرمکن به محصول باعث افزایش سرعت و کیفیت بهتر در پخت آن می‌شود، ملاحظه می‌شود که با دور شدن گرمکن از محصول، نرخ افزایش دما بیشتر می‌شود. یک دلیل این است با افزایش این فاصله، ضریب دید محصول و گرمکن نیز افزایش می‌کند. دلیل دیگری که باید ذکر کرد افزایش مقدار انرژی تابشی منعکس شده از سطح داخلی عایق است. پس بهتر است تا حد امکان گرمکن‌ها را نزدیک به عایق تعبیه کرد تا هم در مصرف انرژی صرفه‌جویی شود و هم در زمان کمتری کوره به دمای مورد نظر برسد.



شکل ۵ (ب). تغییرات دما در مقطع طولی با تغییر مکان گرمکن ۶۰۰۰ ثانیه پس از شروع به کار کوره



شکل ۵ (الف). تغییرات دما در مقطع طولی با تغییر مکان گرمکن ۳۰۰۰ ثانیه پس از شروع به کار کوره

برای بررسی کیفیت پخت محصول، در شکل ۷ تغییرات دما در مقطع عرضی محصول در هر سه حالت مکان گرمکن، و در زمان ۳۰۰۰ و ۶۰۰۰ ثانیه رسم شده است. تغییرات دمای سطح تا مرکز استوانه، در هر سه حالت تقریباً یکسان است و با

پیشرفت زمان این اختلاف کمتر هم میشود. در نتیجه مکان گرمکن اثر چندانی بر غیریکنواختی دمایی درون محصول و در نتیجه کیفیت نهایی آن نمی‌گذارد.

برای تعیین ضخامت عایق، با در نظر گرفتن دوره‌ی کامل عملیات حرارتی، می‌توان دمای سطح بیرونی عایق را معیاری جهت تعیین این پارامتر قرار داد. در جدول ۳ دمای متوسط سطح خارجی عایق، برای سه ضخامت مختلف عایق آورده شده است.

جدول ۳. دمای متوسط سطح خارجی عایق (بر حسب کلون)

عایق با ضخامت بیشینه	عایق با ضخامت متوسط	عایق با ضخامت کمینه	زمان (ثانیه)
۳۰۶	۳۱۹	۳۵۷	۶۰۰۰
۳۱۶	۳۴۰	۳۹۳	۸۰۰۰
۳۲۸	۳۶۲	۴۱۹	۱۰۰۰۰
۳۴۲	۳۸۱	۴۳۸	۱۲۰۰۰
۳۵۵	۴۰۰	۴۵۱	۱۴۰۰۰
۳۶۷	۴۱۶	۴۶۰	۱۶۰۰۰

با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی در هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه، از روی داده‌های موجود در جدول ۳، می‌توان مقدار ضخامت بهینه‌ی عایق را تعیین کرد.

۵- جمع‌بندی

اصولا طراحی یک عمل‌خلاقانه است، حتی در مهندسی هم هنر به شمار می‌رود. با این حال با توجه به ماهیت جاری بودن این کار، طراحی امر سرراستی نیست. در ابتدا هدف طراحی است و سپس طراحی بهینه انجام می‌شود. در واقع، طراحی شامل تعداد زیادی تکرار برای طراحی مقدماتی است که با اصلاح، طرح بهبود پیدا می‌کند و یا طراح امکانات دیگر را هم در نظر می‌گیرد. طراحی فقط به عنوان یک داده‌ی ورودی قابل اعتماد است. در عین حال، لازم است همیشه به عنوان یک مهندس، طرح را با استفاده از اطلاعات موجود پی‌ریزی کنیم.

در پژوهش حاضر، با تغییر پارامترهای هندسی در شرایط عملکرد یکسان و سپس مقایسه‌ی نتایج، طرح کلی کوره به دست آمده است. در این طرح محفظه‌ی حرارت‌دهی با مقطع مربع و به ضلع ۷۰ سانتیمتری باشد. با قرار دادن ۴ ردیف گرمکن در نزدیکترین فاصله‌ی ممکن از عایق، و با اعمال شار حرارتی ۲۵۰۰ وات بر متر مربع، پس از گذشت کمتر از ۵۵۰۰ ثانیه کوره به دمای ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. شعاع جداره‌ی خارجی کوره ۱/۵ متر در نظر گرفته شده و برای ۴ ساعت عملیات حرارتی ۸۰ سانتیمتر ضخامت برای عایق لازم است تا دمای سطح خارجی عایق در پایان دوره عملیات حرارتی، به کمتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد برسد. همچنین نتایج حاصل از بررسی عددی نشان می‌دهد که توزیع شار حرارتی و دما بر روی سطح محصول دارای یکنواختی خوبی است و با گذشت زمان تغییرات دما در درون جسم کمتر هم می‌شود.

فهرست علائم

$A_k (m^2)$	مساحت سطح k ام محفظه
$q_{i,k} (w / m^2)$	نرخ انرژی تابشی ورودی به سطح k ام محفظه بر واحد سطح
$q_{o,k} (W / m^2)$	نرخ انرژی تابشی خروجی از سطح k ام محفظه بر واحد سطح
$Q_k (W)$	نرخ خالص انرژی تابشی مبادله شده‌ی سطح k ام محفظه
T_k	دمای متوسط سطح k ام محفظه
ε_k	ضریب صدور سطح k ام محفظه
α_k	ضریب جذب سطح k ام محفظه
ρ'_k	ضریب انعکاس سطح k ام محفظه

www.Koureh.ir

مراجع

- [1]- Sarvarri, S.M.H., "Optimal Geometry Design Of Radiative Enclosure Using The Genetic Algorithm", *Numerical Heat Transfer, A*, 52, 2003 , Pp.127-143.
- [2]-Safavinejad, A. Mansouri, S.H.Sakari, A. Maryama, S.,, "Optimal Number And Location Of Heater In 2D Radiant Enclosures Composed Of Specular And Diffuse Surfaces Using Micro- Genetic Algorithm", *Applied Thermal Engineering* 2009. A 29, Pp. 5-25.
- [3]- Daun, K.J. Howell, J.R. Morton, D.P., "Geometry Optimization Of Radiate Enclosures Through Nonlinear Programming", *Numerical Heat Transfer, B* 43,2003, Pp. 203-219.
- [4]- Daun, K.J. Morton, D.P, Howell, J.R.,, "Geometry Optimization Of Radiant Enclosures Containing Specular Surfaces", *ASME, Journal of Heat Transfer*, A125, 2003, Pp. 845-851.
- [5]- Bayat, N., Mehrabian, S.M. Hoseini Sarvari, "Inverse Boundary Design Of A Radiant Furnace With Diffuse- Spectral Design Surface" *International Communications In Heat And Mass Transfer*, A 37, 2010, Pp 103-110.
- [6]- Zhen Zhe Li, Mee Young Park ,Jae Woo Lee, "Optimal Design Of High Temperature Vacuum Furnace Using Thermal Analysis Database" *Journal of Thermal Science And Technology*, Vol. 2, 2007, Pp 123- 133.
- [7]- Zhen-Zhe Li, Yun-De Shen, Hui-Lan Xu, Jae-Woo Lee, Kwang-Su Heo And Seoung-Yun Seol, "Optimal Design Of High Temperature Vacuum Furnace Using Response Surface Method", *Journal Of Mechanical Science And Technology*, A 22, 2008, Pp 2213-2217.
- [8]- Mullinger, P, Jenkins, B, "Industrial And Process Furnace", 1th Ed., Elsevier Ltd., UK, 2008.
- [9]- Siegel, R, Howell, J.R, "Thermal Radiative Heat Transfer", 4th Ed., Taylor& Francis, New York, 2002.