



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه بیرجند

دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی)

عنوان:

تعیین تعداد و موقعیت بهینه گرمکن‌ها در کوره‌های تابشی به کمک الگوریتم کلونی مورچه‌ها

استاد راهنما:

دکتر علی صفوی نژاد

استاد مشاور:

دکتر سید حمید ظهیری

نگارش:

نیما طوفانی

آبان ۸۹

## تقدیم

گذشت زمان بر آنها که منتظر می‌مانند، بسیار کند،

بر آنها که می‌هراسند، بسیار تند،

بر آنها که زانوی غم در بغل می‌گیرند بسیار طولانی،

و بر آنها که به سر خوشی می‌گذرانند بسیار کوتاه است.

اما بر آنها که عشق می‌ورزند، زمان را آغاز و پایانی نیست.

" ویلیام شکسپیر "

تقدیم به پدر و مادر مهربانم، کسانی که درس عشق و محبت را در مکتب ایشان  
آموختم و تا ابد مدیون زحمات بی دریغشان هستم. دست‌هایشان را می‌بوسم.

## سپاسگزاری

" شعله یک شمع با افروختن شمع دیگری خاموش نمی‌شود. "

با سپاس فراوان از اساتید ارجمند، آقایان دکتر علی صفوی‌نژاد و دکتر سید حمید ظهیری که همواره خود را مدیون تلاش‌های بی‌پایان و احساس مسئولیت صمیمانه ایشان می‌دانم. برایشان تندرستی و روزهای خوشی را آرزومندم.

## چکیده

کوره‌های تابشی در بسیاری از صنایع از جمله صنایع تولید نیمه هادی‌ها، خشک کردن روکش‌ها و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه از یک روش بهینه سازی ترکیبی بنام الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه‌ها برای (۱) تعیین تعداد و موقعیت بهینه گرمکن‌ها (با شار حرارتی یکسان) روی سطح گرمکن جهت برقراری توزیع شار حرارتی و دمای مطلوب روی سطح طراحی (۲) تعیین موقعیت بهینه تعداد مشخصی گرمکن روی سطح گرمکن برای ایجاد پروفیل شار حرارتی مطلوب روی سطح طراحی، استفاده شده است. در طراحی کوره تابشی هدف کمینه کردن تابع هدفی است که بصورت مجموع مربعات تفاضل شار حرارتی محاسبه شده و شار حرارتی مطلوب روی سطح طراحی تعریف می‌شود. برای حل معادلات تابش در محیط شفاف از روش تابش خالص و در محیط نیمه‌شفاف از روش ناحیه‌بندی استفاده شده است. در این تحقیق برای کوره تابشی با هندسه نامنظم (کوره شش ضلعی) دارای محیط نیمه‌شفاف، از روش ناحیه‌بندی با شبکه‌بندی مثلثی استفاده شده است. این روش تاکنون برای هندسه‌های نامنظم استفاده نشده است. مزیت این روش نسبت به روش مونت‌کارلو، حجم محاسبات و زمان اجرای کمتر آن می‌باشد. توانایی حل‌های مستقیم، بهینه سازی ترکیبی و اثر پارامترهای مختلف روی حل بهینه با ارائه چند مساله نمونه مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

## فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۹
۱-۱ کوره‌های تابشی	۱۰
۲-۱ مسائل انتقال حرارت معکوس	۱۱
۳-۱ روش‌های ابتکاری طراحی معکوس	۱۱
۴-۱ انواع روش‌های بهینه‌سازی	۱۲
۵-۱ اهداف	۱۲
فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته	۱۴
۱-۲ مقدمه	۱۵
فصل سوم: استخراج معادلات تابش موردنیاز برای محیط شفاف و محیط نیمه‌شفاف	۱۹
۱-۳ مقدمه	۲۰
۲-۳ محیط شفاف	۲۱
۱-۲-۳ مقدمه	۲۱
۲-۲-۳ استخراج معادلات تابش برای محفظه بسته شامل محیط شفاف	۲۲
۳-۳ محیط نیمه‌شفاف	۲۴
۱-۳-۳ مقدمه	۲۴
۲-۳-۳ روش ناحیه‌بندی	۲۵
۳-۳-۳ معادلات تابش در محیط نیمه‌شفاف	۲۵
۴-۳-۳ تعیین مقدار ضرایب تبادل مستقیم	۳۰
۵-۳-۳ روش انتگرال‌گیری گوس برای تعیین ضرایب تبادل مستقیم (روش پیشنهادی)	۳۰
۱-۵-۳-۳ روش انتگرال‌گیری گوس چند نقطه‌ای	۳۱
۶-۳-۳ تعیین روابط ضرایب تبادل مستقیم برای حالت دو بعدی محفظه	۳۶
فصل چهارم: الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها	۳۸
۱-۴ مقدمه	۳۹
۲-۴ الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها	۴۰
۱-۲-۴ مقدمه	۴۰
۲-۲-۴ اساس کار الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها	۴۱
۳-۴ شرح کار الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها	۴۲

۴۳	۱-۳-۴ رديابی مسیر و به روز شدن فرمون .....
۴۴	۲-۳-۴ تبخیر فرمون در مسیر .....
۴۴	۴-۴ شرط همگرایی .....
۴۴	۵-۴ پارامترهای الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه‌ها .....
۴۵	۱-۵-۴ تعداد مورچه‌ها .....
۴۵	۲-۵-۴ مسیر فرمون .....
۴۵	۳-۵-۴ مقدار اولیه فرمون .....
۴۵	۴-۵-۴ احتمال انتخاب مسیر .....
۴۶	۵-۵-۴ پارامتر وزنی مسیر فرمون .....
۴۶	۶-۴ مشتقات الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه‌ها .....
۴۶	۱-۶-۴ الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه‌ها با کد گذاری دودویی Binary ACO .....
۴۸	۱-۱-۶-۴ پل ارتباطی الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه‌ها با کدگذاری دودویی با مساله بهینه سازی کوره تابشی .....
۴۹	۲-۱-۶-۴ مراحل کار الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه‌ها با کدگذاری دودویی .....
۵۰	۲-۶-۴ الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه‌ها با کد گذاری صحیح Integer ACO .....
۵۱	۱-۲-۶-۴ پل ارتباطی الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه‌ها با کدگذاری صحیح با مساله بهینه سازی کوره تابشی .....
۵۱	۲-۲-۶-۴ مراحل کار الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه‌ها با کدگذاری صحیح .....
۵۲	۷-۴ اعتبار سنجی .....
۵۲	۱-۷-۴ تابع Easom : .....
۵۴	۲-۷-۴ تابع Goldstein Price's : .....
۵۵	۳-۷-۴ تابع Six-hump camel back : .....
۵۷	<b>فصل پنجم: نتایج</b> .....
۵۸	۱-۵ مقدمه .....
۵۸	۲-۵ کوره با محیط شفاف .....
۵۹	۱-۲-۵ تعیین تعداد و موقعیت بهینه گرمکن‌ها .....
۶۹	۲-۲-۵ تعیین موقعیت بهینه گرمکن‌ها با تعداد مشخص .....
۷۳	۲-۵ کوره با محیط نیمه‌شفاف .....
۷۵	۱-۲-۵ اعتبار سنجی روش پیشنهادی گوس برای محیط نیمه‌شفاف .....
۷۷	۲-۲-۵ تعیین تعداد و موقعیت بهینه گرمکن‌ها .....
۸۰	۳-۲-۵ تعیین موقعیت بهینه گرمکن‌ها با تعداد مشخص .....



۸۹	..... فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۹۰	..... ۱-۶ نتیجه‌گیری
۹۱	..... ۲-۶ پیشنهادات
۹۲	..... مراجع:
۹۴	..... پیوست
۹۴	..... مشخصات نقاط گوسی
۹۵	..... مشخصات نقاط گوسی برای المان‌های مستطیلی
۹۷	..... مشخصات نقاط گوسی برای المان‌های مثلثی

## فهرست شکل‌ها

### فصل اول:

شکل ۱-۱ نمای شماتیکی از اجزای اصلی کوره‌های تابشی [۲۲] ..... ۱۰

### فصل سوم:

شکل ۱-۳ نمایش پارامترهای موجود در روش تارهای متقاطع هاتل ..... ۲۱

شکل ۲-۳ شار حرارتی ورودی و خروجی المان سطحی  $k$  ..... ۲۲

شکل ۳-۳ نقاط گوسی سه نقطه‌ای درون یک المان سطحی مستطیلی ..... ۳۲

شکل ۴-۳ نمای المان سطحی مثلثی و مختصات رئوس آن ..... ۳۳

شکل ۵-۳ نقاط گوسی یک نقطه‌ای درون یک المان سطحی مثلثی به طول ضلع واحد ..... ۳۴

شکل ۶-۳ نقاط گوسی چهار نقطه‌ای درون یک المان سطحی مثلثی به طول ضلع واحد ..... ۳۴

شکل ۷-۳ تقسیم دو المان سطحی در گوشه محفظه به المان‌های ریزتر ..... ۳۵

شکل ۸-۳ شماتیک دو سطح روبروی هم به طول بینهایت ..... ۳۶

### فصل چهارم:

شکل ۱-۴ نمایی از نحوه تاثیر مسیر فرمون در انتخاب مسیر کوتاهتر [۲۳] ..... ۴۲

شکل ۲-۴ نمایی شماتیک از نحوه تصمیم‌گیری مورچه برای انتخاب مسیر [۲۳] ..... ۴۳

شکل ۳-۴ نمای شماتیک از یک رشته حل باینری توسط مورچه‌ها ..... ۴۷

شکل ۴-۴ شماتیک کوره تابشی شش ضلعی برای الگوریتم Binary ACO ..... ۴۸

شکل ۵-۴ شماتیک کوره تابشی شش ضلعی برای الگوریتم Integer ACO ..... ۵۱

شکل ۶-۴ نمای تابع Easom [۱۴] ..... ۵۳

شکل ۷-۴ نرخ همگرایی الگوریتم ACO برای تابع Easom ..... ۵۳

شکل ۴-۸ نمای تابع Goldstein-Price function [۱۴]..... ۵۴

شکل ۴-۹ نرخ همگرایی الگوریتم ACO برای تابع Goldstein-Price function..... ۵۵

شکل ۴-۱۰ نرخ همگرایی الگوریتم ACO برای تابع Six-hump camel back..... ۵۶

## فصل پنجم:

### الف) محیط شفاف

شکل ۵-۱ شماتیک دو بعدی کوره تابشی شش ضلعی با مشخصات ابعادی..... ۵۹

شکل ۵-۲ نمودار موقعیت و تعداد بهینه گرمکن‌ها برای طول طراحی ۰/۸ متر..... ۶۰

شکل ۵-۳ نمودار شار حرارتی بی‌بعد روی سطح طراحی به طول طراحی ۰/۸ متر..... ۶۱

شکل ۵-۴ نمودار موقعیت و تعداد بهینه گرمکن‌ها برای طول طراحی ۲/۸ متر و تعداد (الف) ۴۰ و (ب) ۸۰ المان سطحی بر

روی سطح گرمکن‌ها..... ۶۲

شکل ۵-۵ نمودار شارهای حرارتی بی‌بعد سطح طراحی به طول ۲/۸ متر و تعداد ۴۰ و ۸۰ المان سطحی روی سطح

گرمکن‌ها..... ۶۳

شکل ۵-۶ نرخ همگرایی تابع هدف برای طول طراحی ۲/۸ متر و تعداد ۴۰ و ۸۰ المان سطحی روی سطح گرمکن‌ها..... ۶۳

شکل ۵-۷ نمودار موقعیت و تعداد بهینه گرمکن‌ها برای طول طراحی ۱/۶ متر و (الف) ۴۰ و (ب) ۸۰ المان سطحی روی سطح

گرمکن‌ها..... ۶۴

شکل ۵-۸ نمودار شارهای حرارتی بی‌بعد سطح طراحی به طول ۱/۶ متر و تعداد ۴۰ و ۸۰ المان سطحی روی سطح

گرمکن‌ها..... ۶۵

شکل ۵-۹ نرخ همگرایی تابع هدف برای طول طراحی ۱/۶ متر و تعداد ۴۰ و ۸۰ المان سطحی روی سطح گرمکن‌ها..... ۶۵

شکل ۵-۱۰ نمودار شارهای حرارتی بی‌بعد سطح طراحی به طول ۱/۰ متر و تعداد ۴۰ و ۸۰ المان سطحی روی سطح

گرمکن‌ها..... ۶۶

شکل ۵-۱۱ نمودار شارهای حرارتی بی‌بعد سطح طراحی برای طول‌های ۱/۰، ۱/۶ و ۲/۸ متر و ۴۰ المان سطحی برای سطح

گرمکن‌ها..... ۶۸

شکل ۵-۱۲ نرخ همگرایی تابع هدف برای کوره تابشی شش ضلعی برای طول‌های طراحی ۱/۰، ۱/۶ و ۲/۸ متر و ۴۰ المان سطحی برای سطح گرمکن‌ها ..... ۶۸

شکل ۵-۱۳ نمودار موقعیت بهینه تعداد ۲ گرمکن برای طول طراحی ۰/۸ متر ..... ۶۹

شکل ۵-۱۴ نمودار شار حرارتی بی بعد روی سطح طراحی به طول ۰/۸ متر ..... ۷۰

شکل ۵-۱۵ شماتیک دوبعدی کوره تابشی شش ضلعی با مشخصات ابعادی ..... ۷۰

شکل ۵-۱۶ نمودار مقدار تابع هدف بر حسب تعداد گرمکن‌ها برای طول طراحی ۲/۸ متر ..... ۷۱

شکل ۵-۱۷ نمودار مقادیر بیشینه درصد خطای نسبی و میانگین درصد خطای نسبی بر حسب تعداد گرمکن‌ها برای طول طراحی ۲/۸ متر ..... ۷۲

شکل ۵-۱۸ نمودار شارهای حرارتی بی‌بعد روی سطح طراحی به طول ۲/۸ متر ..... ۷۲

### ب) محیط نیمه‌شفاف

شکل ۵-۱۹ شماتیک کوره تابشی چهار ضلعی برای محیط نیمه‌شفاف ..... ۷۳

شکل ۵-۲۰ شماتیک کوره تابشی شش ضلعی برای محیط نیمه‌شفاف ..... ۷۳

شکل ۵-۲۱ نمایش گره‌های شبکه مثلثی برای محیط نیمه‌شفاف کوره تابشی شش ضلعی ..... ۷۴

شکل ۵-۲۲ نمایش سلول‌های شبکه مثلثی برای محیط نیمه‌شفاف کوره تابشی شش ضلعی ..... ۷۴

شکل ۵-۲۳ نمای محفظه دو بعدی و شرایط مرزی آن ..... ۷۵

شکل ۵-۲۴ مقایسه شار حرارتی بی‌بعد بین مقدار دقیق بدست آمده توسط Crosbie و Schrenker و روش پیشنهادی، برای (الف) سطوح بالایی، (ب) پایینی و (ج) جانبی محفظه مربعی ..... ۷۶

شکل ۵-۲۵ نمایش شارهای حرارتی بی‌بعد روی سطح طراحی به طول ۲/۸ متر برای ضریب جذب محیط ۰/۱، ۱/۰ و ۵/۰ برای کوره تابشی شش ضلعی ..... ۷۷

شکل ۵-۲۶ نمایش تعداد و موقعیت بهینه گرمکن‌ها برای کوره شش ضلعی با ضریب جذب محیط ۰/۱ و طول طراحی ۲/۸ متر ..... ۷۸

شکل ۵-۲۷ نمایش تعداد و موقعیت بهینه گرمکن‌ها برای کوره شش ضلعی با ضریب جذب محیط ۱/۰ و طول طراحی ۲/۸ متر ..... ۷۸

- شکل ۵- ۲۸ نمایش تعداد و موقعیت بهینه گرمکن‌ها برای کوره شش ضلعی با ضریب جذب محیط ۵/۰ و طول طراحی ۲/۸ متر ..... ۷۹
- شکل ۵- ۲۹ نرخ همگرایی تابع هدف برای کوره تابشی شش ضلعی برای طول‌های طراحی ۲/۸ متر و ضریب جذب‌های محیط ۵/۰، ۱/۰ و ۰/۱ ..... ۷۹
- شکل ۵- ۳۰ نمایش شارهای حرارتی بی‌بعد سطح طراحی به طول ۰/۶ متر برای دو ضریب جذب محیط ۱/۰ و ۰/۱ برای کوره تابشی چهار ضلعی ..... ۸۰
- شکل ۵- ۳۱ نمایش موقعیت بهینه تعداد ۴ گرمکن برای کوره چهار ضلعی با ضریب جذب محیط ۰/۱ ..... ۸۱
- شکل ۵- ۳۲ نمایش موقعیت بهینه تعداد ۴ گرمکن برای کوره چهار ضلعی با ضریب جذب محیط ۱/۰ ..... ۸۱
- شکل ۵- ۳۳ نمایش موقعیت بهینه تعداد ۸ گرمکن برای کوره شش ضلعی با ضریب جذب محیط ۰/۱ ..... ۸۴
- شکل ۵- ۳۴ نمایش موقعیت بهینه تعداد ۱۲ گرمکن برای کوره شش ضلعی با ضریب جذب محیط ۱/۰ ..... ۸۴
- شکل ۵- ۳۵ نمایش موقعیت بهینه تعداد ۶ گرمکن برای کوره شش ضلعی با ضریب جذب محیط ۵/۰ ..... ۸۵
- شکل ۵- ۳۶ نمودار مقادیر میانگین درصد خطای نسبی بر حسب تعداد گرمکن‌ها برای ضریب جذب محیط‌های ۱/۰، ۰/۱ و ۵/۰ ..... ۸۵
- شکل ۵- ۳۷ نمودار مقادیر بیشینه درصد خطای نسبی بر حسب تعداد گرمکن‌ها برای ضریب جذب محیط‌های ۱/۰، ۰/۱ و ۵/۰ ..... ۸۶
- شکل ۵- ۳۸ نمودار مقادیر تابع هدف بر حسب تعداد گرمکن‌ها برای ضریب جذب محیط‌های ۱/۰، ۰/۱ و ۵/۰ ..... ۸۶
- شکل ۵- ۳۹ نمودار شارهای حرارتی بی‌بعد روی سطح طراحی به طول ۲/۸ متر و ضریب جذب محیط ۰/۱ ..... ۸۷
- شکل ۵- ۴۰ نمودار شارهای حرارتی بی‌بعد روی سطح طراحی به طول ۲/۸ متر و ضریب جذب محیط ۱/۰ ..... ۸۷
- شکل ۵- ۴۱ نمودار شارهای حرارتی بی‌بعد روی سطح طراحی به طول ۲/۸ متر و ضریب جذب محیط ۵/۰ ..... ۸۸

## فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۵ مشخصات الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه‌ها با کدگذاری دودویی و فضای مورد جستجوی آن ..... ۶۱
- جدول ۲-۵ مقادیر بیشینه و میانگین درصد خطای نسبی و کمینه مقدار تابع هدف برای طول سطح طراحی مختلف بدست آمده از ACO برای ۴۰ گرمکن ..... ۶۷
- جدول ۳-۵ اثر تعداد گرمکن‌ها روی پارامترهای تابع هدف، بیشینه درصد خطای نسبی و میانگین درصد خطای نسبی برای طول طراحی ۲/۸ متر ..... ۷۱
- جدول ۴-۵ اثر تعداد گرمکن‌ها روی پارامترهای تابع هدف، بیشینه درصد خطای نسبی و میانگین درصد خطای نسبی برای طول طراحی ۲/۸ متر و ضریب جذب محیط ۰/۱ ..... ۸۲
- جدول ۵-۵ اثر تعداد گرمکن‌ها روی پارامترهای تابع هدف، بیشینه درصد خطای نسبی و میانگین درصد خطای نسبی برای طول طراحی ۲/۸ متر و ضریب جذب محیط ۱/۰ ..... ۸۳
- جدول ۶-۵ اثر تعداد گرمکن‌ها روی پارامترهای تابع هدف، بیشینه درصد خطای نسبی و میانگین درصد خطای نسبی برای طول طراحی ۲/۸ متر و ضریب جذب محیط ۵/۰ ..... ۸۳

## فهرست علائم

$A(m^2)$	مساحت
$\hat{A}$	مجموعه یال‌های موجود در الگوریتم ACO
a	ضریب جذب سطح
Average	مقدار متوسط تابع هدف‌های ارزیابی شده در کد دودویی
$D(m)$	فاصله بین دو المان سطحی
$E(w/m^2)$	توان صدور
$F_{i-j}$	ضریب شکل
Fitness	مقدار ارزیابی شده هر تابع هدف به ازای رشته باینری متناظر با آن در کد دودویی
gg	ضریب تبادل مستقیم تابش بین دو المان حجمی
gs	ضریب تبادل مستقیم تابش بین المان‌های حجم و سطح
$H(w/m^2)$	شار تابشی ورودی
$I(w/m^2)$	شدت تابش
$J(w/m^2)$	شار تابشی خروجی
N	تعداد کل المان‌های سطحی کوره
$N_a$	تعداد مورچه‌ها
$N_D$	تعداد المان‌های سطح طراحی
$N_H$	تعداد المان‌های سطح گرمکن
$N_{HT}$	تعداد کل المان‌های سطح گرمکن
$P_{ij}$	احتمال انتخاب مسیر
$q(w/m^2)$	شار حرارتی

$q_c(w/m^2)$	شار حرارتی محاسبه شده روی سطح طراحی
$q_d(w/m^2)$	شار حرارتی مطلوب روی سطح طراحی
$q_i(w/m^2)$	شار حرارتی ورودی
$q_o(w/m^2)$	شار حرارتی خروجی
$S(m)$	فاصله
$ss$	ضریب تبادل مستقیم تابش بین دو المان سطحی
$sg$	ضریب تبادل مستقیم تابش بین المان‌های سطح و حجم
$T^*$	دمای بی‌بعد
$T(K)$	دما
$V(m^3)$	حجم



## علائم یونانی

$\alpha$	مقدار ضریب جذب محیط نیمه شفاف
$\ddot{\alpha}$	پارامتر وزنی مسیر فرمون
$\Gamma$	تعداد کل المان‌های حجمی برای محیط داخلی کوره
$\varepsilon$	ضریب پخش
$\theta$	زاویه
$\lambda$	طول موج
$\rho$	ضریب انعکاس
$\ddot{\rho}$	ضریب نرخ تبخیر فرمون
$\sigma$	ثابت استفان - بولتزمن
$\tau_{ij}$	مسیر فرمون
$\tau_0$	مقدار اولیه فرمون
$\tau_{0,1}$	مسیر فرمون باینری
$\psi$	زاویه چرخش سطوح

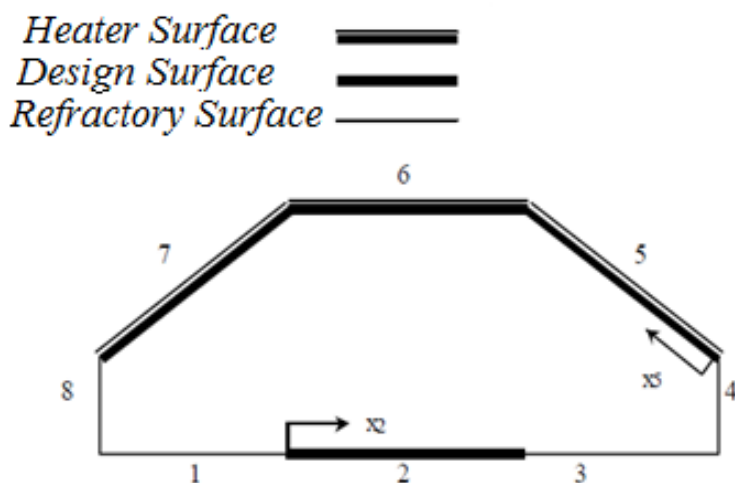
# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱ کوره‌های تابشی

کوره‌های تابشی در بسیاری از صنایع از جمله صنایع تولید نیمه هادی‌ها، فرآیندهای عملیات حرارتی، پخت رنگ، خشک کردن روکش‌ها، فرآیندهای حرارتی سریع و غیره، مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف از طراحی کوره‌های تابشی این است که با تغییر پارامترهای مختلف مانند توان و موقعیت گرمکن‌ها روی سطحی که گرمکن‌ها می‌توانند قرار بگیرند، یا با تغییر هندسه کوره و یا با تغییر شرایط داخلی کوره بتوان شرایط مطلوب (دما و شار حرارتی مطلوب) را روی سطح طراحی ایجاد نمود. در این تحقیق از تعیین شرایط مرزی بهینه کوره تابشی جهت رسیدن به شرایط مطلوب روی سطح طراحی استفاده شده است. در طراحی کوره‌های تابشی تعداد و محل گرمکن‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای توزیع دما و شار حرارتی روی سطح محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهند. لذا یافتن توزیع بهینه گرمکن‌ها در کوره‌ها برای تولید محصولاتی با کیفیتی بالاتر، از اهمیت بسیاری برخوردار است. در شکل ۱-۱ نمای شماتیک از یک کوره تابشی آورده شده است که اجزاء آنها به قرار زیر می‌باشد:

- ۱) سطح طراحی<sup>۱</sup>
- ۲) سطح گرمکن‌ها<sup>۲</sup>
- ۳) سطوح نسوز (عایق)<sup>۳</sup>



شکل ۱-۱ نمای شماتیکی از اجزای اصلی کوره‌های تابشی [۲۲]

<sup>1</sup> Design Surface  
<sup>2</sup> Heater Surface  
<sup>3</sup> Refractory Surface

## ۱-۲ مسائل انتقال حرارت معکوس

مسائل انتقال حرارت معکوس متکی بر اندازه‌گیری دما و یا شار حرارتی به منظور ارزیابی کمیت‌های نامعلوم در تحلیل مسائل انتقال حرارت می‌باشد. بطور معمول برای حل مسائل مربوط به کوره‌های تابشی، هر سطح در کوره نیاز به یک شرط مرزی دما یا شار حرارتی دارد. در طراحی کوره‌های تابشی، بطور همزمان دو شرط مرزی دما و شار حرارتی روی سطح طراحی مشخص است. در روش‌های طراحی متداول با معلوم بودن مشخصات هندسی سیستم و خواص مواد و اعمال تنها یک شرط مرزی روی سطح طراحی، معادلات حاکم بر سیستم حل می‌شوند. اگر رفتار پیش بینی شده رضایت‌بخش بود، مجموعه طراحی قابل قبول است، در غیر اینصورت طراح بر اساس تجربه و هنرش برخی از پارامترهای طراحی را تغییر داده و این فرآیند تا دستیابی به یک مجموعه طراحی مناسب، تکرار می‌شود. با توجه به پیچیدگی موجود در مسائل تابش، فهم شهودی اینکه هر یک از پارامترها چه تاثیری روی سطح طراحی خواهند گذاشت، بسیار مشکل است. بنابراین این فرآیند طراحی، که طراحی مستقیم نامیده می‌شود و مبتنی بر سعی و خطا می‌باشد، مستلزم وقت زیادی خواهد بود. امروزه طراحان برای حل اینگونه مسائل تابشی، از روش طراحی معکوس استفاده می‌کنند که جزء مسائل بد رفتار می‌باشند.

## ۱-۳ روش‌های ابتکاری طراحی معکوس

روش‌های ابتکاری را بر حسب نوع عملکردشان در تحلیل و حل مسائل بد رفتار بصورت زیر تقسیم بندی می‌کنند:

- (۱) **گروه تنظیمی:** با اصلاح معادلات حاکم و به ازای از دست دادن کمی از دقت مساله، میزان بد رفتاری سیستم را کاهش می‌دهد و آن را به یک مساله خوش رفتار تبدیل می‌کند.
- (۲) **گروه بهینه سازی:** بر خلاف روش سعی و خطا که با جستجوی کور به سمت جواب مطلوب حرکت می‌نماید، این روش‌ها از الگوریتم‌ها و قوانینی برای پیدا نمودن جهت حرکت به سمت جواب مطلوب استفاده می‌کنند و سرعت همگرایی و کارایی این روش‌ها بسیار بیشتر از روش سعی و خطا است. ایده اصلی در روش‌های بهینه سازی، کمینه کردن تابع هدفی است که در اینجا این تابع بصورت مجموع مربعات تفاضل شار حرارتی محاسبه شده و شار حرارتی مطلوب روی سطح محصولات (سطح طراحی) تعریف می‌شود.