

بسمه تعالی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مواد

سمینار دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش شناسایی و انتخاب مواد

## مطالعه و بررسی شرایط تزریق اکسیژن در کوره قوس الکتریکی ذوب فولاد و تعیین عوامل موثر بر عملکرد آن

### Study and analysis the conditions applied in the Electric Arc Furnace for Steel melting and determining the factors affecting its performance

ارائه کننده: مهدی زانیانی

مکان: سالن سمینار دانشکده مهندسی مواد

زمان: یکشنبه ۵ مهر ساعت ۱۱ صبح

#### اعضای کمیته داوری:

استاد راهنما: دکتر مهدی علی زاده

اساتید داور: دکتر محمود مرآتیان - دکتر مریم کرباسی

#### چکیده

کوره قوس الکتریکی یکی از مهم ترین تجهیزات تولید فولاد خام است که در آن تزریق اکسیژن به وسیله نازل های مافوق صوت، علاوه بر ایفای نقش مؤثر در اکسیداسیون ناخالصی ها، موجب افزایش سهم انرژی شیمیایی و بهبود بهره وری فرایند می شود. جت مافوق صوت اکسیژن پس از خروج از نازل و برخورد با سطح فولاد مذاب، موجب تشکیل حفره، ایجاد جریان های باز چرخشی، توسعه ناپایداری های بین فاز و انتقال مومنتوم به حمام می شود. با توجه به دمای بالا و شرایط پیچیده حاکم بر کوره قوس الکتریکی، بررسی تجربی این پدیده ها با محدودیت های قابل توجهی همراه است؛ از این رو، شبیه سازی عددی می تواند ابزار مناسبی برای تحلیل رفتار جت و برهمکنش آن با حمام مذاب باشد. در پژوهش حاضر، اثر تغییرات چگالی فولاد مذاب بر رفتار جت مافوق صوت اکسیژن و مشخصه های جریان در کوره قوس الکتریکی به صورت عددی بررسی شده است. این شبیه سازی مستلزم حل هم زمان دو فیزیک متفاوت شامل جریان تراکم پذیر پرسرعت در داخل نازل و جریان ناپایای چندفازی در فضای کوره است به همین منظور در مرحله اول، رفتار جریان مافوق صوت در داخل و خروجی نازل به صورت مستقل ارزیابی شده و پروفیل های استخراج شده در خروجی نازل به عنوان شرط مرزی ورودی بر دامنه سه بعدی کوره نگاشت می شوند. به منظور صرفه جویی در هزینه محاسباتی و بهره گیری از حداکثر تراکم شبکه در نواحی بحرانی، دامنه نازل به صورت متقارن محوری مدل سازی شد. به منظور شبکه بندی این دامنه، از روش بلاک بندی برای تولید شبکه سازمان یافته به جای استفاده از شبکه بی سازمان استفاده شد. برای مدل سازی جریان آشفتنه از مدل  $k-\omega SST$  و برای ردیابی فصل مشترک میان فاز گاز و مذاب فولاد از روش حجم سیال  $VOF$  استفاده شد. با توجه به این که حل عددی معادلات ناویر-استوکس دوفازی همراه با ردیابی مرز مشترک در حجم کامل کوره، نیازمند پردازش های سنگین و شبکه محاسباتی بسیار متراکم است، در هندسه حاضر، با در نظر گرفتن تقارن فیزیکی کوره و فرض یکنواختی شرایط مرزی و الگوهای جریان حول محورهای اصلی، دامنه

حل به یک چهارم کل هندسه تقلیل داده شده است به دلیل اینکه هندسه کوره شبیه به استوانه است برای تولید شبکه سازمان یافته مورد نیاز ساختار *O-Grid* به کار گرفته شد تا تراکم المان‌ها در هسته مرکزی و ناحیه برخورد افزایش یافته و در نزدیکی دیواره‌های دوردست کاهش یابد. به منظور بررسی استقلال حل از شبکه، چهار شبکه محاسباتی ایجاد گردید و از معیار *GCI* برای دو کمیت سرعت و انرژی جنبشی آشفستگی روی خط مرکزی جت، برای مطالعه شبکه استفاده و تعداد ۱۲۰۰۰۰ سلول برای انجام شبیه‌سازی انتخاب گردید. نتایج شبیه‌سازی نازل نشان داد که نازل لاوال مورد استفاده توانایی ایجاد جریانی مافوق صوت با خروجی سرعت ۲/۲ ماخ را دارد و نتایج شبیه‌سازی تزریق اکسیژن درون کوره حاکی از آن است که کاهش چگالی فولاد مذاب از ۷۰۱۰ تا ۶۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، موجب افزایش نفوذ جت از ۲۵ سانتی‌متر به ۳۰ سانتی‌متر شده و گسترش جانبی حفره و تشدید ناپایداری‌های فصل مشترک را به همراه دارد. همچنین، کاهش چگالی به تقویت جریان‌های بازچرخشی و بهبود اختلاط در نواحی سطحی و میانی حمام منجر می‌گردد؛ هرچند انتقال مومنتوم جت به بخش‌های عمیق‌تر همانند چگالی بالاتر محدود باقی می‌ماند. در چگالی ۷۰۱۰، مقاومت بالای مذاب باعث ایجاد حفره‌ای متراکم، دایروی و کاملاً متقارن می‌شود و با کاهش چگالی به ۶۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، دهانه حفره به ساختاری گسترده، بیضی‌گون و نامنظم تغییر می‌یابد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، چگالی فولاد مذاب یکی از پارامترهای مؤثر بر دینامیک برهمکنش جت و حمام است و تغییر آن می‌تواند به طور هم‌زمان بر کیفیت اختلاط، مورفولوژی حفره و پارامترهای دیگر حمام و کوره تأثیر بگذارد.

**کلمات کلیدی:** کوره قوس الکتریکی، جت مافوق صوت اکسیژن، مذاب فولاد، چگالی، دینامیک سیالات محاسباتی، معادلات ناویر-استوکس دوفازی.