بسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مواد

پایان‌نامه دکترا مهندسی مواد

کنترل هدفمند ساختار انجمادی آلیاژ آلومینیوم Al-Cu با استفاده از ماده تغییرفازدهنده (PCM)

ارائه دهنده: **زهره‌سادات نوحی**

زمان: چهارشنبه ۳۱ خرداد، ساعت ۱۴ (سالن سمینار دانشکده مهندسی مواد)

استاد راهنما: **دکتر بهزاد نیرومند** اساتید مشاور: **دکتر مسعود پنجه‌پور، دکتر جولیو تیملی**

اساتید داور: **دکتر رامین رئیس‌زاده، دکتر محمود مرآتیان، دکتر رحمت‌الله عمادی**

چکیده:

عوامل متعددی در طول فرایند ریخته‌گری و انجماد، بر ساختار انجمادی قطعات تاثیر می‌گذارند که از آن جمله می‌توان به نحوه و سرعت سردشدن مذاب، استفاده از مواد جوانه‌زا و اعمال تلاطم، ارتعاش یا فشار بر مذاب اشاره کرد. هدف از پژوهش حاضر، ارائه و توسعه روشی جدید برای کنترل ساختار انجمادی با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده فلزی و گرمای نهان ذوب آن است. در این پژوهش، ابتدا متغیرهای فرایند با استفاده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری بهینه‌یابی شده، سپس آزمایش‌های تجربی جهت تعیین میزان و چگونگی تاثیر استفاده از ماده تغییر فاز دهنده بر ساختار انجمادی آلیاژ آلومینیوم Al-4.5 wt% Cu انجام شد. بدین منظور از دو نوع مبرد، یک مبرد فولادی توپر متداول و یک مبرد فولادی توخالی حاوی مقداری فلز روی خالص به عنوان ماده تغییر فازدهنده، استفاده شده، نمونه‌هایی تحت شرایط انجماد جهت‌دار ریخته‌گری شدند. طراحی مبرد نوع دوم بر اساس تاثیرگذاری مشابه دو مبرد بر آلیاژ ریختگی Al-4.5wt%Cu تا قبل از ذوب ماده تغییر فازدهنده انجام شد، به‌طوری‌که بتوان تاثیر ماده تغییر فازدهنده در دو حالت جامد و مذاب را بر ساختار قطعه ریختگی را مشاهده نمود. نمودارهای دما–زمان نمونه‌های ریختگی و مبردها در هر دو حالت شبیه‌سازی و تجربی، تطابق خوبی از خود نشان دادند. طول منطقه ستونی در نمونه ریخته شده با استفاده از مبرد فولادی توپر ۴۶ میلی‌متر و در نمونه ریخته شده با استفاده از مبرد حاوی ماده تغییر فاز دهنده ۳۳ میلی‌متر اندازه‌گیری شد که نشان‌دهنده نقش ماده تغییر فاز دهنده در تسریع پدیده تبدیل دانه‌های ستونی به هم‌محور است. همچنین مشاهده‌های درشت‌ساختاری نشان داد که نمونه ریخته شده با استفاده از مبرد فولادی توپر، دارای ساختار پرشکل در منطقه ستونی است، درحالی‌که ساختار نمونه با مبرد حاوی ماده تغییر فاز دهنده به‌صورت ستونی معمولی است. علت این پدیده به تفاوت قدرت سرمایش دو مبرد در مرحله جوانه‌زنی و تفاوت غلظت موضعی عناصر آلیاژی در نمونه‌ها در حین رشد نسبت داده شد، به‌طوری‌که با استفاده از این نسل جدید از مبرد، می‌توان از تشکیل ساختارهای پرشکل در آلیاژهای مستعد به آن جلوگیری کرد. از طرف دیگر، مشاهده شد که هر دو نوع مبرد، اثر یکسانی بر توزیع و اندازه دانه‌های هم‌محور در جلوی منطقه ستونی دارند و متوسط اندازه دانه‌های هم‌محور در هر دو نمونه حدود ۱٫۱±۲٫۶ میلی‌متر به‌دست آمد. با این وجود، فاصله بین بازوهای ثانویه دندریتی (اعم از هم‌محور و ستونی) در طول قطعه در نمونه ریخته شده با استفاده از ماده تغییر فازدهنده کمتر از نمونه با مبرد توپر فولادی است که این پدیده به نرخ سرد شدن بالاتر در نمونه حاوی ماده تغییر فاز دهنده مرتبط دانسته شد. در همین راستا، در نقاط مشابه قطعات، سختی نمونه ریخته شده با ماده تغییر فازدهنده از سختی نمونه ریخته شده با مبرد توپر فولادی بیشتر بود. آنالیز طیف‌سنجی پراش پرتو ایکس در منطقه شروع ساختار پرشکل، تاییدکننده حضور فازهای میانی غنی از آهن (۳ تا ۱۶ درصد وزنی آهن) و درصد بالای آهن در زمینه در نزدیکی این فازهای میانی (تا حدود ۱٫۳۸ درصد وزنی) در نمونه ریخته شده با استفاده از مبرد فولادی توپر است. این در حالی است که در نمونه ریخته شده با استفاده از مبرد حاوی ماده تغییر فاز دهنده، میزان آهن هم در فازهای میانی غنی از مس و هم در زمینه ناچیز است. ریخت‌های متنوعی از فازهای میانی شامل ریخت حروف‌چینی، سوزنی، کروی و نامنظم، با ترکیب‌های شیمیایی متفاوت، در ریزساختار دو نمونه مشاهده شده که ریخت غالب در ریزساختار هر دو نمونه، فاز حروف‌چینی از نوع Al_2Cu بود. همچنین مقدار فاز مخرب سوزنی‌شکل در نمونه ریخته شده با مبرد حاوی ماده تغییر فاز دهنده کمتر از نمونه ریخته شده با مبرد توپر فولادی و مقدار فازهای مطلوب کروی آن بیشتر بود. فازهای کروی از نوع فاز θ-Al_2Cu تشخیص داده شد که به نظر می‌رسد در حین سردشدن قطعه از فاز جامد رسوب کرده، می‌تواند بر سختی نمونه اثر گذارد. به‌علاوه، نتایج نشان داد که استفاده از مبرد نسل جدید، برد تغذیه را افزایش داده، عیوب انقباضی کمتری در قطعه بوجود آمده و منطقه بزرگتری از قطعه عاری از عیوب انقباضی منجمد می‌شود. به‌طور کلی، استفاده از مبرد نسل جدید می‌تواند رخداد پدیده تبدیل ستونی به هم‌محور را تسریع بخشد و بدین طریق کنترل بیشتری بر ساختار حاصل شود. به‌علاوه، با به‌کارگیری این نوع مبرد، می‌توان از ایجاد برخی ساختارهای نامطلوب مانند ساختار پرشکل و عیوب انقباضی اجتناب کرد که هر دو می‌توانند اثر مثبتی بر خواص مکانیکی و کارکرد قطعه داشته باشند.