نشریه مهندسی مکانیک امیرکبیر

نشریه مهندسی مکانیک امیرکبیر، دوره ۵۰، شماره ۴، سال ۱۳۹۷، صفحات ۷۴۱ تا ۷۵۴
DOI: 10.22060/mej.2016.731

شبیه‌سازی دوفازی فرآیند تشکیل فوم فلزی آلومینیوم A356 به روش شبکه بولتزمان

حسین بیانی، محمد حسین میرباقری*

دانشکده معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

چکیده: هدف از پژوهش حاضر توسعه کد شبیه سازی دو فازی جوانه زنی و رشد حباب در مذاب آلیاژ آلومینیم A356 طی فرایند تولید فوم فلزی به روش فرمگریپ می باشد. به این منظور ابتدا، با استفاده از روش شبیه سازی عددی شبکه بولتزمان، مدل شان چن در دینامیک حباب ها برای مذاب فلزات توسعه داده شده و الگوریتمهای پساده شده و معادلات حاکم بر فرایند فومسازی همگی به روش عددی شبکه بولتزمان گسسته سازی و حل شدند. ساختار سلولی فوم پس از انجماد با استفاده از کد توسعه داده شده در شرایط مختلف پیشبینی شد. نتایج حاصل از شبیه ساری که مشابه ساختار متخلخل فوم آلومینیم است، با نتایج متالوگرافی ساختار سلولی حاصل از تهیه نمونه های واقعی فوم آلومینیم A356 در سه دمای ۶۷۵، ۷۲۵ و ۷۷۵ درجه سلسیوس مقایسه شد. این مقایسه نشان می دهد که نتایج متالوگرافی شبیه سازی شده به کمک کد حاضر با نتایج متالوگرافی واقعی از نظر کیفی و ظاهری کاملا مشابه هستند و بهترین همخوانی از نظر کمی نیز از لحاظ توزیع و اندازه حباب، در نمونه تولید شده در دمای ۶۷۵ درجه سلسیوس دیده شده است. لذا کد حاضر می تواند ابزاری سودمند برای تهیه متالوگرافی مجازی فوم‌های آلومینیمی؛ به منظور ارزیابی ساختار سلولی آنها در هر دمای فومسازی، باشد.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۸ اسفند ۱۳۹۴
بازنگری: ۴ خرداد ۱۳۹۵
پذیرش: ۲۷ تیر ۱۳۹۵
ارائه آنلاین: ۱۸ آبان ۱۳۹۵

کلمات کلیدی:
فوم آلومینیم A356
شبکه بولتزمان
مدل شان‌چن
روش فرمگریپ
دینامیک سیالات چندفازی

۱- مقدمه

فوم‌های فلزی امروزه به عنوان یکی از شاخه‌های مهم مواد مهندسی پیشرفته، در دو حوزه اصلی تهیه دانش فنی تولید فوم فلزی و همچنین طراحی ساختار متخلخل و خواص محصول فوم، مورد توجه محققین قرار گرفته‌اند. این مواد به علت داشتن خواص منحصر به‌فرد فیزیکی و مکانیکی خود توانسته‌اند در صنایع مختلف توسعه یابند. به طور کلی می‌توان گفت فوم‌های فلزی بر اساس ساختار متخلخل خود به دوگروه اساسی ۱- فوم‌های سلول بسته و ۲- فوم‌های سلول باز تقسیم بندی می‌شوند. فوم‌های سلول بسته بیشتر در صنایعی که با جذب ضربه، صوت و انرژی سر وکار دارند مورد مصرف و توجه قرار گرفته‌اند. اما فوم‌های سلول باز بیشتر در صنایعی که در زمینه مبدل‌های حرارتی، یونی و فیلتراسیون کار می‌کنند، مصرف می‌شوند. بنابراین مطالعه فوم‌های فلزی برای محققین در هر دو حوزه علمی و صنعتی طی سالهای اخیر جذاب بوده است. روش‌های مختلفی برای تولید فوم‌های فلزی توسعه یافته است [۵-۱]. اگرچه این روش‌ها به ظاهر کاملاً متفاوت هستند، اما رفتار مکانیکی فوم‌های فلزی بر خلاف رفتار فیزیکی آن‌ها، تشابه زیادی دارند. اما اختلاف اساسی فوم‌ها در هندسه تخلخل یا ساختار سلولی آن‌ها است. به همین لحاظ فوم‌ها بر مبنای این اختلاف اساسی به دو گروه سلول بسته و باز تقسیم شده‌اند. در فوم‌های فلزی سلول بسته آن‌چه به عنوان تعادل حباب یا سلول مطرح می‌شود، ضخامت دیواره سلولی و نوع چیدمان حباب‌ها در کنار هم با شکل‌های هندسی متفاوت است. به‌علاوه فوم‌ها در صورت عدم وجود عامل خارجی کاملاً پایدار هستند. پایداری حباب از یک سمت و چیدمان نامطلوب حباب‌ها از نظر تعادل انرژی اولین تناقض موجود در این موضوع است. اما در مورد فلزات (بر خلاف سیالات یونی) درک مکانیزم‌های فعال در فوم شدن فلزات هنوز به طور کامل شناخته نشده است. اما آن‌چه هم اکنون در دانش فنی تولید فوم فلزی پذیرفته شده است، وجود ذرات خارجی در پایداری حباب‌ها است. درک فیزیک شکل‌گیری فوم فلزی در حضور ذرات کلوئیدی و در غیاب هر ماده فعال‌کننده سطح کاملاً ضعیف است، چرا که مکانیزم پایدارسازی فوم توسط ذرات بسیار پیچیده می‌باشد [۶ و ۷]. لذا ایجاد ساختار سلولی متشکل از حباب‌های یک شکل و یک اندازه در سرتاسر یک بلوک فوم فلزی کاری بسیار دشوار است و همین موضوع باعث محدودیت کاربردهای صنعتی آن‌ها شده است [۸]. لذا به نظر می‌رسد داشتن ابزاری که بتواند ساختار سلولی را در قطعات فومی فلزی پیش بینی نماید، یک ضرورت می‌باشد. شبیه‌سازی همیشه ابزاری سودمند برای تحلیل پدیده‌های پیچیده بوده است. افزایش پیوسته قدرت پردازش رایانه‌ها و همچنین توسعه و بهبود روش‌های عددی، به شبیه‌سازی عددی اجازه داده است که پدیده‌های فیزیکی بیشتری را مدل کند. در فرآیند فوم‌سازی، هدف اصلی از شبیه‌سازی، به دست آوردن درک فیزیکی بهتری از فرآیند فوم‌سازی و ساختار حاصله است. چرا که درک جزئی‌تر فرآیند ممکن است در رفع کاستی‌های موجود مفید واقع شود [۸]. شبیه‌سازی مکانیزم فرآیند

نویسنده عهده‌دار مکاتبات: smhmirbagheri@aut.ac.ir