فصلنامه علمی پژوهشی

مهندسی مکانیک جامدات

http://jsme.iaukhsh.ac.ir

فصلنامه علمی پژوهشی
مهندسی مکانیک جامدات

بررسی پارامترهای حاکم و بهینه‌سازی سختی مذاب در حال انجماد آلیاژ آلومینیوم A380 تولید شده به روش ارتعاش مکانیکی

سعید احترامیان حقیقی[۱]، امین کلاه‌دوز[۲*]، مجید کریمیان[۳]

* نویسنده مسئول: Aminkolahdooz@iaukhsh.ac.ir

چکیده

استفاده از آلیاژهای آلومینیم در صنایع مختلف به ویژه اتومبیل‌سازی برای داشتن سازه‌ای با وزن کمتر رو به افزایش است. استفاده از فرآیند شکل‌دهی نیمه جامد که علاوه بر تغییر در ریزساختار که باعث بهبود مشخصات مکانیکی می‌شود، می‌تواند باعث کاهش حجم مصرفی ماده تولیدی شده و در نهایت به بهبود نهایی وزن سازه منجر شود. در این مقاله بهینه‌سازی پارامترهای حاکم در یکی از روش‌های شکل-دهی نیمه‌جامد به نام ارتعاش مکانیکی پرداخته می‌شود. آلیاژ مورد بررسی در این تحقیق آلیاژ آلومینیم با گرید A380 می‌باشد. پارامترهای مورد بررسی شامل مقدار و زمان اعمال تنش برشی و دمای ریخته‌گری است و هدف به دست آمدن بیشترین سختی برای نمونه‌های تولیدی است. در این راستا نمونه‌هایی از مذاب‌های آلومینیم A380 تحت فرکانس‌های ارتعاش متفاوت و دماهای ریخته‌گری متفاوت و زمان-های ارتعاش قرار گرفت و سپس در نهایت با استفاده از بهینه‌سازی به کمک الگوریتم ژنتیک، بهترین نتیجه بدست آمد. بهترین سختی در نمونه‌های تولیدی حدود ۸۰ برینل به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که دمای مذاب بیشترین تاثیر را بر روی سختی دارد و با افزایش فرکانس زمان آن باعث می‌شود دانه‌ها به سمت کروی شدن بروند و سختی قطعه افزایش یابد.

واژه‌های کلیدی

ریخته‌گری نیمه‌جامد، بهینه‌سازی، آلیاژ A380، ویبراتور مکانیکی، سختی برینل

تاریخ ارسال:	۹۴/۱۱/۱۴
تاریخ بازنگری:	۹۵/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش:	۹۵/۰۴/۰۵

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، اصفهان، ایران.

۲- استادیار، عضو باشگاه پژوهشگران جوان/دانشکده مهندسی مکانیک ، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، اصفهان، ایران.

۳- استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، اصفهان، ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of
Solid Mechanics
in Engineering

Journal of

Solid Mechanics in Engineering

http://jsme.iaukhsh.ac.ir

The Parameters Investigation and Hardness Optimization of A380 Aluminum Alloy produced by Mechanical Vibrator

Saeed Ehteramian Haghighi[1], Amin Kolahdooz[2,*], Majid Karimian[3]

* Corresponding Author: Aminkolahdooz@iauksh.ac.ir

Abstract:

The use of aluminum alloys in various industries, especially the automotive industries, to have less structural weight, is on the rise. The use of semi-solid forming process in addition to changes in the microstructure which improves the mechanical properties can reduce the volume of production and ultimately lead to the improvement of the structural weight. In this paper, optimization of the governing parameters is investigated in one method of the semisolid forming named the mechanical vibration. A380 grade aluminum alloy is cast in our study. The initial parameters that investigated here are the pouring temperature, frequency and holding vibration time. The output result is investigated on the hardness. As the result showed the hardness value of 80 is the best result. Also results showed that the temperature of the melt is the important parameter in this method. Also the hardness will be increased when the frequency and holding vibration time increases.

Key words:

Semi Solid Casting.
Optimization.
A380 Aluminum Alloy.
Mechanical Vibrator.
Hardness.

Archive of SID

1- MSc Student, Department of Mechanic engineering, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr/Isfahan, Iran.
2- Assistant Professor, young researchers and elite club, Department of Mechanical engineering, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr/Isfahan, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr/Isfahan, Iran.

www.SID.ir

۱- مقدمه

فرآیندهای نیمه جامد، از جمله روش‌های نوین تولید مواد هستند که دارای عمری در حدود ۳۰ سال می‌باشند. یکی از مهمترین مسائل در این فرآیند به وجود آمدن ساختار غیر دندریتی در مخلوط نیمه جامد است. بطور کلی نیمه جامدها به آلیاژهایی گفته می‌شود که دمای آن‌ها در محدوده‌ی بین خطوط لیکوییدوس و سالیدوس باشد. فرآیند نیمه جامد یکی از فرآیندهای تهیه‌ی فلزات و آلیاژهاست که در چند سال اخیر توسعه سریعی داشته است. به عنوان یک تعریف ساده ماده نیمه جامد مخلوطی از فاز جامد و مایع بوده و فرآیند نیمه جامد تشکیل یک مخلوط از ذرات کروی فاز جامد معلق در فاز مایع است[۱].

انجماد دندریتی معمول‌ترین نوع انجماد در قطعات ریختگی است. در این فرآیند از روی هر یک از جوانه‌های موجود در مذاب، یک شاخه ستونی جوانه زده و در جهات جلو و پهنا رشد می‌نماید و سپس بازوهای ثانویه‌ای از آن منشعب می‌شوند. این پدیده ادامه می‌یابد تا نهایتا بازوها به هم پیوسته و یک شبکه کریستالی موسوم به دانه به وجود آید. در شرایط ایده آل که عمل مذاب رسانی بطور کامل انجام می‌شود، دانه حاصله کاملا یکنواخت خواهد بود. اما تحت شرایط کارگاهی، اغلب انجماد دندریتی منجر به عدم مذاب رسانی کامل و به تبع آن ایجاد عیوب انقباضی در بین بازوهای دندریتی می‌شود [۲].

در حالت نیمه جامد با مذاب نیمه جامد سر و کار داریم که در آن ذرات ریز کروی با یک کسر حجمی مناسب دارای پراکندگی یکنواختی در ماتریس مذاب است. بر اثر اعمال تنش برشی، ساختار ذرات جامد موجود در زمینه مذاب از حالت شاخه ای به حالت کروی تبدیل می‌شوند. آلیاژهایی که دارای برد انجمادی مناسب، قابلیت تولید به روش نیمه-جامد را دارند. از مهمترین این آلیاژها می توان به آلیاژهای آلومینیوم A356، A357 ،AlSi9Cu3 و سری آلیاژهای Al-Si اشاره نمود. عنصر تعیین کننده در این آلیاژها سیلیسیم است [۳ تا ۷].

با توجه به مشکلات موجود در این نوع ریخته‌گری تحقیقاتی از سال ۱۹۷۰ در این زمینه انجام شده است. کِلینر و همکارانش [۸] به بررسی ریزساختار و خواص مکانیکی در ریخته گری تحت فشار و ریخته گری نیمه‌جامد آلیاژهای Mg-Al پرداختند. آن‌ها به مقایسه‌ی خواص مکانیکی و تحلیل و بررسی ریزساختار و پخش ذرات دندریتی در فاز mg-α در دو روش مذکور پرداختند. آن‌ها در ادامه به این نتیجه رسیدند که ذرات موجود در فاز β در روش ریخته گری تحت فشار قابلیت چکش‌خواری بهتری نسبت به ریخته گری نیمه جامد دارند، هم چنین عملیات حرارتی در بازه‌ی معقول در بهبود تافنس شکست و چکش‌خواری نقش به سزایی ایفا می‌کند. بدین ترتیب که درصد ازدیاد طول، استحکام نهایی و استحکام تسلیم برای آلیاژ AZ91 به روش ریخته گری تحت فشار به ترتیب ۴/۵ درصد و ۱۸۳، ۱۰۴ مگاپاسکال و برای ریخته‌گری نیمه جامد به روش رئوکستینگ به ترتیب ارقام ۳/۴ درصد و ۱۷۱، ۱۰۵ مگاپاسکال حاصل شد.

نوروزی و همکاران [۹] بهبود خواص آلیاژ آلومینیم را در فرآیند بارریزی روی سطح شیبدار بررسی کردند. آنان در مقاله خود به بررسی اثر دمای بارریزی و دمای قالب پرداخته‌اند. آن محققان اعلام داشتند که دمای بارریزی تاثیر زیادی در اندازه دانه‌های فاز اولیه خواهد داشت در صورتیکه دمای قالب باعث بهبود میزان کرویت دانه‌های بوجود آمده می‌شود.

حسینی و همکاران[۱۰] نیز به بررسی عواملی همچون دمای بارریزی، زاویه و طول سطح شیبدار روی اندازه دانه و کرویت آلیاژ آلومینیم پرداختند.

کنگ و همکارانش [۱۱] به بررسی تاثیر سرعت تزریق بر روی خواص مکانیکی و تفکیک مایع برای ناحیه شاخه‌ی ساخته شده با فرآیند ریخته گری نیمه جامد پرداختند. آن‌ها برای جلوگیری از میکروتخلخل‌ها، لایه‌های اکسیدی، تفکیک مایع، افزایش میزان ناخالصی‌ها به شبیه‌سازی فرآیند

Archive of SID

www.SID.ir

ریخته‌گری نیمه جامد برای نمونه‌ی آلیاژ A356 پرداخته و بر اساس تغییر سرعت تزریق و رسیدن به مقدار بهینه‌ی آن وهمچنین شرایط دمایی مختلف به تحلیل و بررسی خواص مکانیکی قطعه مذکور پرداخته و نتایج قابل قبولی را استخراج کردند. آن‌ها ۶ مدل بر حسب میزان پر شدن قالب از ۶۰٪ تا ۱۰۰٪ را مورد بررسی قرار دادند. در حالتی که ۸۰٪ ظرفیت قالب پر شده بود درصد کسر جامد را در نقاط مختلف روی نمونه‌ی مذکور مورد تحلیل قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین مقدار کسر جامد با دارا بودن ۷۲ درصد کسر جامد مربوط به منطقه‌ی ۱۳ از نمونه‌ی آلیاژ A356می‌باشد. هم چنین درصد ازدیاد طول برای مدل ۱۰۰٪ قالب پر شده با داشتن ۱۰ درصد بیشترین مقدار و۹۰٪ قالب پر شده با داشتن ۵ درصد کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. در نهایت پس از آزمایشات مختلف، بیشترین میزان سختی حدود ۹۵ ویکرز برای مدل ۶٪ قالب پر شده و کمترین میزان سختی حدود ۸۸ ویکرز برای مدل ۹۰٪ قالب پر شده بدست آوردند.

کلاه‌دوز و همکاران [۱۲] به بررسی تاثیر درجه حرارت در ریخته‌گری نیمه‌جامد آلیاژ A۳۵۶ سطح شیب‌دار با سیستم خنک کننده پرداختند ایشان در این تحقیق تاثیر درجه حرارت شامل دمای ریخته‌گری، دمای مذاب و دمای سطح شیب‌دار را بر ریزساختار بررسی نمودند. نتایج ایشان نشان می‌دهد که ساختار شاخه‌ای فاز اولیه در ریخته‌گری با سطح شیب‌دار به ساختار غیرشاخه‌ای تبدیل گشته است. در این تحقیق مخلوط نیمه‌جامد در دماهای ۶۰۰، ۶۱۵، ۶۲۵، ۶۵۰ و ۶۸۰ درجه سانتی‌گراد بر روی سطح شیب‌دار با طول ۵۰۰ میلیمتر و زاویه ۵۰ درجه در دو حالت با سیستم خنک کننده و بدون خنک کننده بارریزی گردید. مخلوط نیمه‌جامد در انتهای سطح شیبدار به قالب با دماهای ۲۵، ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد ریخته شد. مشخص گردید دمای بارریزی و دمای سطح شیب‌دار بر قطر و مورفولوژی فاز الفا آلومینیوم تاثیر می‌گذارد و سبب کاهش ۲۲ درصدی قطر ذرات و افزایش ۸٫۵ درصدی فاکتور شکل در ضعیف‌ترین حالت می‌گردد. بهترین نتیجه در دمای بارریزی ۶۲۵ درجه سانتی‌گراد و دمای قالب ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از سیستم خنک کاری حاصل گردید که قطر ذرات ۸۸ میکرون و فاکتور شکل ۰٫۶۸ می باشد. ایشان در ادامه کار خود به بررسی عوامل مختلف و اتمسفر محافظ برروی خواص آلیاژ آلومینیوم در فرایند بارریزی به روش سطح شیب‌دار خنک کننده پرداختند. مشخص شد که تاثیر همزمان طول سطح شیب‌دار و نرخ باریزی بر قطر میانگین دانه و سختی از دیگر عوامل بیشتر است. مزایای استفاده از اتمسفر محافظ تاثیر روی اندازه دانه ندارد اما به دلیل کاهش میزان ناخالصی و تخلخل در ریزساختار، باعث افزایش شکل پذیری و استحکام آلیاژ به ترتیب به میزان ۱۷٫۸ درصد و ۲۸٫۱ درصد شده است [۱۳ و ۱۴].

شبستری و همکارانش [۱۵] مقاله‌ای تحت عنوان "تاثیر تغییر شکل نیمه جامد روی ریزساختار و خواص مکانیکی آلیاژ Al-Si" ارائه کردند. آن‌ها آزمایش تغییر شکل نیمه جامد را برای آلیاژ Al-Si و آلیاژ Fe-Mn-Si انجام دادند که پس از تست کشش آلیاژ Al-Si در بُعد ازدیاد طول و استحکام نهایی به ترتیب مقادیر ۱/۸۶ درصد و ۱۸۷/۹ مگاپاسکال داشته که نسبت به آلیاژ دوم بالاتر بود، اما از نظر تنش تسلیم نمونه‌ی دوم عملکرد بهتری نسبت به آلیاژ Al-Si داشت. آن‌ها با بررسی و تحلیل خواص مکانیکی به این نتیجه دست یافتند که شکل‌دهی نیمه جامد برای به حداقل رساندن ناخالصی‌ها و فضاهای بین ذره‌ای و بهبود تنش نهایی، تسلیم و ازدیاد طول بسیار موثر است.

نوروزی و همکاران [۱۶] با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی به بهینه‌سازی پارامترهای فرآیند ریخته‌گری نیمه‌جامد در روش سطح شیب‌دار خنک‌کننده پرداختند. آلیاژ مورد استفاده ایشان آلومینیوم A356 بود. ایشان دمای بارریزی، طول سطح شیب‌دار و زاویه سطح شیب‌دار را به عنوان پارامترهای ورودی در نظر گرفته و تابع هدف را بیشترین مقدار سختی انتخاب نمودند.

در این مقاله به بهینه‌سازی سختی قطعات ریخته‌گری شده پرداخته می‌شود. بدین منظور پارامترهای زمان، دما و

Archive of SID

www.SID.ir

فرکانس ارتعاش مورد بررسی قرار گرفته و سپس با استفاده از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی سختی برینل قطعات اقدام می‌شود.

۲- نحوه انجام آزمایش‌ها

با توجه به اینکه هدف بهینه‌سازی می‌باشد، می‌بایست پارامترهای زیادی مورد بررسی قرارگیرد تا بهینه‌سازی بصورت دقیق انجام شود. پارامترها بصورت جدول (۱) تعریف می‌شوند.

جدول (۱) پارامترهای تعریف شده

پارامترها / سطوح	دمای ذوب (سانتی‌گراد)	ارتعاش (هرتز)	زمان ارتعاش (ثانیه)
۱	۵۹۵	۱۵	۵
۲	۶۰۰	۳۰	۱۰
۳	۶۰۵	۴۵	۱۵
۴	۶۱۰	۵۰	۲۰
۵	۶۱۵	۶۰	۳۰

جهت ذوب دقیق شمش‌های آلومینیوم از کوره مقاومتی با قدرت ۴۵۰۰ وات استفاده شده است که با استفاده از ترموکوپل و کنترلر آن دما ذوب بصورت دقیق کنترل شده است. در شکل(۲) کنترلر و مذاب نشان داده شده است.

(الف) (ب)

شکل (۱) کوره الکتریکی استفاده شده (الف) کنترلر (ب) بوته و مذاب

همچنین جهت اندازه‌گیری میزان ارتعاش از دستگاه ویبراتور مکانیکی به همراه فرکانس سنج استفاده شده است تا بتوان فرکانس دقیق را در هر آزمایش مشخص نمود. در شکل(۳) نمونه‌ای از ویبراتور مکانیکی نشان داده شده است.

شکل (۲) ویبراتور مکانیکی به همراه ارتعاش سنج

جهت انجام آزمایش لازم است از قالبی جهت ریختگی استفاده شود. این بدین منظور است که پس از اینکه شمش‌ها در کوره ذوب‌ریزی قرار گرفته شده و حرارت داده می‌شوند، به حالت نیمه جامد رسیده و در نهایت مذاب نیمه جامد درون قالب ریخته شده تا محفظه داخل آن را کامل پر کند. بدیهی است که هندسه درون قالب، هندسه قطعه تولید شده از روش ریخته‌گری نیمه جامد می‌باشد.

جهت تهیه عکس‌های متالوگرافی از میکروسکوپ نوری استفاده شده است. همچنین مساحت و محیط دانه‌های موجود در تصاویر متالوگرافی با استفاده از نرم افزار Imag J 1.50F به دست آمده است.

برای محاسبه اندازه کرویت و مقدار ذرات جامد فاز اولیه استفاده از روابط (۱) و (۲) استفاده شده است.

$$SF = 1/\sum_{N=1}^{n}(P^2/4\pi A)/N \qquad (۱)$$

$$D_{av} = \frac{\sum_1^N 2\sqrt{\frac{4A}{P}}}{N} \qquad (۲)$$

در روابط مذکور هر آنچه فاکتور شکل به عدد یک نزدیک باشد بیانگر کروی تر شدن دانه ها می باشد که (A) بیانگر مساحت و (P) محیط ذرات جامد سطح مقطع است.

۳-نتایج و بحث

پس از انجام آزمایش‌ها قطعات تولید شده مطابق شکل(۶) جمع‌آوری می‌شوند.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل (۳) قطعات تولید شده

سپس به کمک دستگاه برش قسمت میانی محصول نهایی برش زده شده و برای آزمون‌های سختی و متالوگرافی آماده می‌شوند. پس از اینکه ۱۲۵ نمونه بدست آمده از آزمایش-های ریخته‌گری نیمه جامد تحت تست سختی برینل قرار گرفته شدند، مقادیر عددی سختی حاصله جدول‌بندی شده تا اثر سه پارامتر ورودی مهم فرآیند یعنی دمای ریخته‌گری نیمه جامد، زمان ارتعاش و فرکانس ارتعاش بر میزان سختی نمونه‌ها مشخص شده که به دنبال آن با بهینه کردن پارامترهای ورودی مذکور ایده‌ال‌ترین مقدار سختی به عنوان پارامتر خروجی مهم فرآیند ریخته‌گری نیمه جامد بدست آید. در جدول (۲) مقدار سختی نمونه‌های بدست آمده نشان داده شده است.

با توجه به جدول مشاهده می‌شود که در دمای c ۶۱۰ و تحت تاثیر افزایش زمان ارتعاش از ۵ ثانیه به ۳۰ ثانیه در تمامی فرکانس های ۱۵ الی ۶۰ هرتز شاهد افزایش میزان سختی خواهیم بود که این امر بیانگر تغییر ساختار به سمت کروی شدن و ریزتر شدن ساختار آلومینیم A380 می باشد. همچنین با متالوگرافی قطعات نیز مشاهده می‌شود که ساختار به سمت کروی شدن پیش رفته است که در شکل(۷) نمونه‌ای از متالوگرافی دمای ۶۱۰ درجه سانتی-گراد و فرکانس ۶۰ هرتز در مدت ۳۰ ثانیه نشان داده شده است.

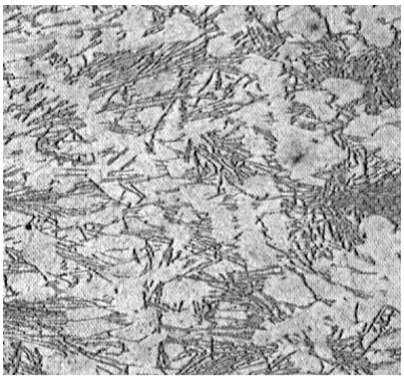
جهت بهینه‌سازی مقدار سختی نمونه از الگوریتم ژنتیک استفاده شد. در واقع قدم اول جهت بهینه‌سازی سختی نمونه، بدست آوردن الگوریتم و یا تابع مقادیر ورودی فرآیند بود که با تکیه بر آن اثر طیف عظیمی از پارامترهای ورودی فرآیند شامل دمای شکل‌دهی، زمان ارتعاش و فرکانس ارتعاش را بر بهبود سختی بدست آمد. به عنوان مثال میزان فرکانس ارتعاش برای تمامی آزمایش‌ها مقدار ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۵۰ و ۶۰ هرتز در نظر گرفته شده است. حال اگر بررسی اثر پارامتر فرکانس ارتعاش بر بهبود سختی نمونه (به غیر از حالات مذکور) مد نظر بود، (به عنوان مثال فرکانس ارتعاش ۲۰ هرتز)، تعریف و بدست آوردن تابع و یا الگوریتمی که مقادیر پارامترهای ورودی فرآیند به آن وابسته است لازم می‌باشد.

جدول (۲) نتایج بدست آمده از آزمایش‌های سختی

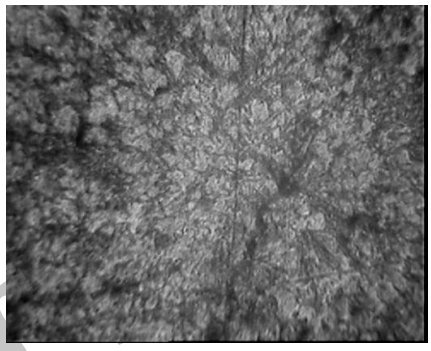
دما (^oC)	زمان ارتعاش (s)	فرکانس ۱۵Hz	۳۰Hz	۴۵Hz	۵۰Hz	۶۰Hz
۵۹۵	۵	۵۸/۵	۵۹	۵۹/۴	۶۴	۶۹/۵
	۱۰	۵۹	۵۹/۵	۶۱	۶۴/۶	۷۱
	۱۵	۵۹/۱	۶۰/۳	۶۱/۴	۶۵	۷۱/۳
	۲۰	۵۹/۲	۶۱	۶۲/۶	۶۵/۳	۷۱/۵
	۳۰	۵۹/۲	۶۱/۲	۶۲/۸	۶۶	۷۱/۶
۶۰۰	۵	۶۱/۳	۶۱/۷	۶۳	۶۴/۲	۷۰
	۱۰	۶۱/۴	۶۲/۵	۶۳/۵	۶۴/۸	۷۰/۴
	۱۵	۶۱/۵	۶۲/۸	۶۴/۱	۶۵/۷	۷۱
	۲۰	۶۱/۹	۶۳/۳	۶۵	۶۸	۷۱/۵
	۳۰	۶۲	۶۳/۴	۶۵/۳	۶۹	۷۲
۶۰۵	۵	۶۰	۶۱/۸	۶۳/۲	۶۴/۵	۷۲/۳
	۱۰	۶۰/۵	۶۲/۷	۶۳/۷	۶۵/۶	۷۳/۵
	۱۵	۶۰/۸	۶۳	۶۴/۹	۶۸	۷۵
	۲۰	۶۱	۶۳/۵	۶۶	۶۹	۷۵/۵
	۳۰	۶۲/۴	۶۴	۶۶/۲	۶۹/۸	۷۶/۵
۶۱۰	۵	۶۳	۶۴/۵	۶۸/۵	۷۱/۳	۷۷
	۱۰	۶۳/۵	۶۵	۶۹/۲	۷۳	۷۸
	۱۵	۶۳/۸	۶۶/۴	۷۰	۷۴	۷۹/۳
	۲۰	۶۴	۶۷	۷۱	۷۵/۵	۷۹/۶
	۳۰	۶۴/۷	۶۷/۳	۷۲	۷۶/۲	۸۰
۶۱۵	۵	۶۲/۷	۶۴/۳	۶۸/۳	۷۱/۵	۷۶/۷
	۱۰	۶۳/۱	۶۴/۸	۶۹	۷۲/۸	۷۷/۵
	۱۵	۶۳/۷	۶۶/۲	۶۹/۷	۷۳/۷	۷۹
	۲۰	۶۳/۹	۶۶/۵	۷۰/۵	۷۵/۱	۷۹/۱
	۳۰	۶۴/۴	۶۷/۲	۷۱/۱	۷۵/۲	۷۹/۸

Archive of SID

www.SID.ir



(الف)



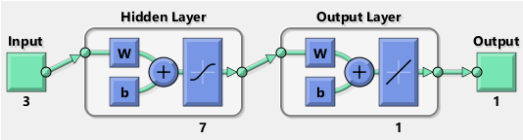
(ب)

شکل (۴) نمونه متالوگرافی شده در دمای ۶۱۰ درجه سانتی گراد و فرکانس ۶۰ هرتز (الف) مدت زمان ۵ ثانیه (ب) مدت زمان ۳۰ ثانیه

همچنین دمای شکل‌دهی نیمه جامد از ۵۹۵ درجه سلسیوس تا ۶۱۵ درجه سلسیوس با ۵ واحد اختلاف در نظر گرفته شده است. به مانند حالات قبل به منظور بررسی اثر این فاکتور بر بهبود سختی آلیاژ لازم است دو پارامتر باقیمانده یعنی فرکانس ارتعاش و مدت زمان ارتعاش ثابت در نظر گرفته شده تا اثر تغییر دمای شکل‌دهی نیمه جامد بر بهبود سختی مشخص شود. حال اگر بررسی اثر مقدار دمای ۶۱۳ درجه سلسیوس (دمایی به غیر از دماهای در نظر گرفته شده) مهم باشد لازم است تابعی که تمامی پارامترهای ورودی فرآیند وابسته به آن است بدست آورده شود.

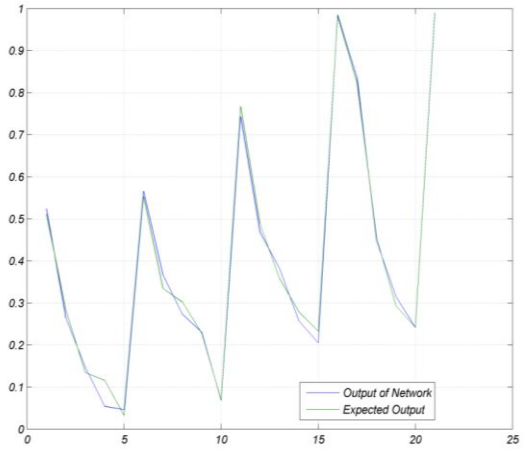
در نهایت پارامترهای ورودی که برای بررسی زمان ارتعاش در نظر گرفته شد ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ ثانیه می‌باشد، حال اگه بررسی اثر زمان ارتعاش ۱۷ ثانیه (زمانی غیر از زمان ارتعاش تعریف شده) بر بهبود سختی مد نظر باشد، بدست آوردن تابعی که پارامترهای ورودی فرآیند با آن مشخص شود، لازم است.

پس از بدست آوردن تابع پارامترهای ورودی، آنگاه به کمک روش الگوریتم ژنتیک اقدام به بدست آوردن ماکزیمم مقدار تابع می‌کنیم. ماکزیمم مقدار سختی نمونه با بهبود کیفیت سختی رابطه مستقیمی دارد بدین صورت که بیشترین مقدار سختی یعنی ایده‌آل‌ترین مقدار سختی حاصل شده از تمامی آزمایشات. پس با بدست آوردن ماکزیمم مقدار تابع گذرنده از پارامترهای ورودی فرآیند، بهترین مقدار سختی نمونه از تمامی آزمایش‌ها حاصل می‌شود.



شکل (۵) بهترین شبکه بدست آمده حاصل از هفت نرون

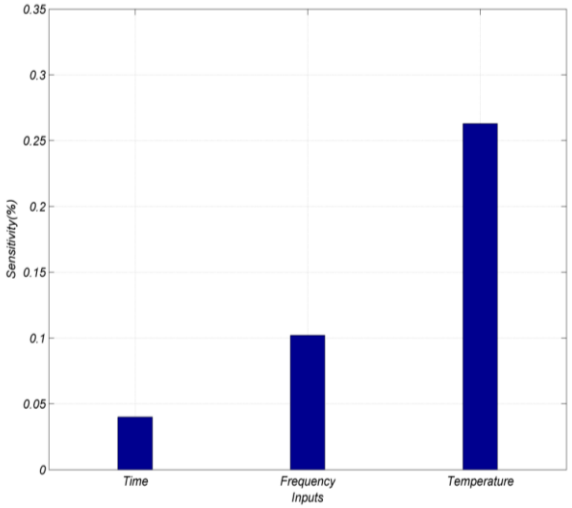
همانطور که در شکل(۸) نشان داده شده است، شبکه‌ای با هفت نرون بهترین عملکرد را داشته است. خروجی این شبکه برای داده‌های تست با خروجی مورد انتظار در شکل(۹) مقایسه شده است.



شکل (۶) مقایسه خروجی شبکه با خروجی مورد انتظار به ازای داده‌های آزمایش

خروجی شبکه با خروجی مورد انتظار تفاوت اندکی دارد و به خوبی آن را دنبال کرده است وآنالیز حساسیت شبکه طراحی شده نیز در شکل(۱۰) نشان داده شده است. برای آنالیز حساسیت هر کدام از ورودی‌ها در حالی که مابقی پارامترها ثابت هستند به اندازه ۱۰٪ تغییر کرده و درصد تغییرات خروجی ثبت شده است.

www.SID.ir



شکل (۷) حساسیت پارامترهای ورودی فرآیند بر بهبود سختی

همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین حساسیت متعلق به ورودی دما می‌باشد. این بدان معناست که پارامتر ورودی دمای فرآیند نیمه جامد پس از تاثیر دو پارامتر ورودی باقیمانده، در بهبود سختی آلیاژ بیشترین تاثیر را دارد.

پس از انجام آزمایش‌ها و بهینه‌سازی‌های انجام شده مشاهده می‌شود که بیشترین حساسیت متعلق به ورودی دما می‌باشد. این بدان معناست که پارامتر ورودی دمای فرآیند نیمه جامد از دو پارامتر ورودی باقیمانده، در بهبود سختی آلیاژ بیشترین تاثیر را دارد به زبان ساده‌تر با کنترل دقیق بر میزان دمای شکل‌دهی تعریف شده برای فرآیند نیمه جامد(دمای ۶۱۰ c)، می‌توان مقدار سختی نمونه بدست آمده از آزمایشات را تحت بهترین فرکانس(۶۰ هرتز) کنترل و به بهینه‌ترین حالت از آن در مدت زمان ارتعاش ۳۰ ثانیه که سختی ۸۰ برینل است جهت آلیاژ آلومینیوم A380 دست یافت.

٤-نتیجه‌گیری

- دمای فرآیند بیشترین تاثیر را بر روی سختی دارد و باید این پارامتر ورودی کاملا کنترل شود.
- با بالا بردن میزان زمان ارتعاش دانه‌های مذاب بیشتر به سمت کروی شدن می‌روند و این امر باعث افزایش سختی می‌شود.
- طبق نتایج بدست آمده بهترین ارتعاش ۶۰ هرتز بیان می‌شود که در این ارتعاش دانه‌ها کروی شده و به سختی ۸۰ برینل می‌توان دست یافت
- بهترین دما ۶۱۰ درجه سانتی گراد می‌باشد و افزایش دما در محدوده نیمه جامد از درجه اهیمت بیشتری نسبت به پارامترهای زمان و شدت ارتعاش می باشند.

مراجع

[1] Jayesh B.P., Liu Y.Q., Guosheng Sh., Zhongyun F., Rheo-Processing of an Alloy Specifically Designed for Semi-Solid Metal Processing Based on The Al-Mg-Si System, *Materials Science and Engineering A*, Vol. 476, 2008, pp. 341-349.

[2] Davies G.J., Solification & Casting, Wily, the university of Michigan, ISBN 0470198710, 978047019871, 1973.

[3] Kolahdooz A., Nourouzi S., Bakhshi M., and Hosseinipour S.J., Experimental study and FEM simulation of the effect of significant parameters in the thixoforging of the gearbox cap, *Solid Mechanics Journal, Islamic Azad University, Khomeinishahr Branch*, Vol. 5, No. 1, 2012, pp. 47-56, In Persian.

[4] Khosravi H., Eslami-Farsani R., Askari-Paykani M., Modeling and optimization of cooling slope process parameters for semi-solid casting of A356 Al alloy, Transaction of Nonferrous Metal Society of China, Vol. 24, 2014, pp. 961−968.

[5] Nourouzi S., Kolahdooz A., Botkan M., Behavior of A356 Alloy in semi-solid state produced by mechanical stirring, *Advanced Materials Research*, Vol. 402, 2012, pp. 331-336.

[6] Kazemi A., Nourouzi S., Kolahdooz A., Gorji A., Experimental Investigation of Thixoforging Process on Microstructure and Mechanical Properties of the Centrifugal Pump Flange, *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 29, No. 7, 2015, pp. 2957-2965.

[7] Kolahdooz A., Nourouzi S., Bakhshi M., and Hosseinipour S.J., Experimental investigation of thixoforging parameters effects on the microstructure and mechanical properties of the helical gearbox cap, *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 28, No. 10, 2014, pp. 4257-4265.

[8] Kleiner S., Beffort O., Wahlen A., Uggowitzer P.J., Microstructure and mechanical properties of squeeze cast and semi-solid cast Mg–Al alloys, *Journal of Light Metals*, Vol. 2, 2002, pp. 277–280.

Archive of SID

www.SID.ir

[9] Nourouzi S., Ghavamodini S.M., Baseri H., Kolahdooz A., Botkan M., Microstructure evolution of A356 aluminum alloy produced by cooling slope method, *Advanced Materials Research*, Vol. 402, 2012, PP. 272-276.

[10] Hosseini S.S., Nourouzi S., Hosseinipour S.J., Kolahdooz A., "Effect of slope plate variable and pouring temperature on semi-solid microstructure of A356 aluminum alloy, *steel metal research, special issue of metal forming*, 2012, pp. 779-782.

[11] Kang C.G., Bae J.W., Kim B.M., The grain size control of A356 aluminum alloy by horizontal electromagnetic stirring for rheology forging, *Journal of Materials Processing Technology*, *Vol.* 187-188, 2007, pp. 344-348.

[12] Kolahdooz A., Nourouzi S., Bakhshi M. and Hosseinipour S.J., Experimental investigation of the effect of temperature in semisolid casting using cooling slope method, *Process of International Mechanical Engineering; Part E, Journal of Process Mechanical Engineering*, Vol. 230, No. 4, 2016, pp. 316-325.

[13] Kolahdooz A., Nourouzi S., Bakhshi M., and Hosseinipour S.J., Investigation of the controlled atmosphere of semisolid metal processing of A356 aluminium alloy, *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 28, No. 10, 2014, pp. 4267-4274.

[14] Kolahdooz A., Nourouzi S., Bakhshi M., and Hosseinipour S.J., Study of various factors and the protective atmosphere on aluminum alloy properties in casting process with cooling slope method, *Aerospace Mechanics Journal*, *Imam Hossein University*, Vol. 11, No. 2, 2015, pp. 29-41, In Persian.

[15] Shabestari S.G., Parshizfard E., Effect of semi-solid forming on the microstructure and mechanical properties of the iron containing Al–Si alloys, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 509, 2011, pp. 7973–7978.

[16] Nourouzi S., Baseri H., Kolahdooz A., Ghavamodini S.M., Optimization of Semi-Solid Metal Processing of A356 Aluminum Alloy, *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 27, No. 12, 2013, pp. 3869-3874.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir