



پژوهش‌نامه ریخته‌گری

مقاله پژوهشی:

تأثیر فرایند پرس داغ بر ریزساختار و سختی آلیاژ آلومینیم ریختگی A390

حسین حسن‌پور^۱، روح‌اله جماعتی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد، دانشکده مهندسی مواد و صنایع، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی مواد و صنایع، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.

* نویسنده مکاتبه کننده: تلفن: ۰۱۱-۳۵۵۰۱۸۰۷، Email: jamaati@nit.ac.ir

چکیده:

دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۷

در این پژوهش، اثر فرایند پرس داغ روی ریزساختار و سختی آلیاژ ریختگی آلومینیم-سیلیسیم A390 مورد بررسی قرار گرفت. نتایج با استفاده از میکروسکوپ نوری و سختی‌سنجی تهیه شد. ریزساختار نمونه ریختگی شامل سیلیسیم‌های اولیه بسیار درشت، سیلیسیم‌های یوتکتیک سوزنی شکل، ترکیبات بین‌فلزی و دندریت‌های بزرگ فاز آلفا بود. با افزایش مقدار کرنش در فرایند پرس داغ، سیلیسیم‌های اولیه و یوتکتیک به همراه ترکیبات بین‌فلزی شکسته و ریزتر شدند و توزیع آن‌ها در زمینه فاز آلفا یکنواخت‌تر گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که ریزساختار آلیاژ ریختگی از نظر اصلاح ذرات سیلیسیم اولیه، سیلیسیم یوتکتیک و ترکیبات بین‌فلزی، همچنین توزیع یکنواخت این ذرات و حذف تخلخل بهبود یافته است. اندازه سیلیسیم اولیه به طور چشم‌گیری از بیش از ۱۰۰ میکرومتر (برای نمونه ریختگی) به کمتر از ۵ میکرومتر (پس از پاس هفتم) کاهش یافته است. با افزایش کرنش تا پاس چهارم مقدار سختی آلیاژ از ۸۷ به ۶۵ HB کاهش یافت. با افزایش بیش‌تر کرنش از پاس چهارم تا پاس هفتم (نهایی) مقدار سختی به ۸۱ HB افزایش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی:

آلیاژ آلومینیم A390، پرس داغ، ریزساختار، سختی.

ارجاع به این مقاله:

حسین حسن‌پور، روح‌اله جماعتی، تأثیر فرایند پرس داغ بر ریزساختار و سختی آلیاژ آلومینیم ریختگی A390، پژوهش‌نامه ریخته‌گری، پاییز ۱۴۰۱، جلد ۶، شماره ۲، صفحات ۱۳۳-۱۴۱.

شناسه دیجیتال: (DOI): 10.22034/FRJ.2023.379626.1171

۱- مقدمه

هستند و به سختی دچار تغییر شکل می‌شوند. علاوه بر آن، ترکیبات بین‌فلزی متعدد با مورفولوژی‌های متفاوت در ریزساختار این آلیاژها وجود دارد. این نقایص در ریزساختار، به طور قابل توجهی خواص مکانیکی آلیاژهای آلومینیم را تضعیف می‌کند. به طور معمول، آلیاژ آلومینیوم A390، نماینده مهمی از آلیاژهای آلومینیم-سیلیسیم هایپر یوتکتیک است که از دهه ۱۹۷۰ برای ریخته‌گری بلوک سیلندر استفاده شده است. کارهای زیادی به منظور اصلاح ریزساختار و بهبود خواص مکانیکی این آلیاژ توسط محققان مختلف انجام شده است. خواص مکانیکی را می‌توان با شکستن سیلیسیم اولیه درشت به ذرات کوچک و حذف تخلخل‌ها با استفاده از فرایندهای مختلف بهبود داد. با این حال، هنوز هم تولید یک محصول شامل سیلیسیم اولیه ریز با

آلیاژهای آلومینیم-سیلیسیم هایپر یوتکتیک به دلیل خواص مکانیکی و فیزیکی خاص خود، منافع تجاری دارند. هدایت حرارتی بالا، ضریب انبساط حرارتی کم، مقاومت در برابر سایش بالا، چگالی کم و سختی بالا خواصی است که کاربرد این آلیاژها را در موتورهای سنگین و برخی اجزاء هواپیما در صنعت هوا فضا، خودرو و دفاعی تشویق می‌کند. با این وجود، تخلخل، انعطاف‌پذیری ضعیف، زمان انجماد طولانی و پس از آن سایش قالب، جدایش ذرات سیلیسیم اولیه، رفتار انقباضی نامطلوب و ساختار یوتکتیک درشت، به عنوان معایب اصلی آلیاژهای هایپر یوتکتیک آلومینیم-سیلیسیم در هنگام استفاده از روش‌های ریخته‌گری متداول شناخته می‌شود. این آلیاژها شامل فازهای سیلیسیم یوتکتیک سوزنی شکل و سیلیسیم اولیه درشت

ندارند و به همین علت بهتر است از روش‌های متداول تغییر شکل پلاستیک مانند نورد، پرس و اکستروژن که قابلیت تولید انبوه را دارند استفاده شود. تاکنون هیچ پژوهش منتشر شده‌ای در زمینه استفاده از فرایند پرس داغ برای تغییر ریزساختار آلیاژ A390 وجود ندارد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثر پرس داغ بر ریزساختار و سختی آلیاژ A390 است.

۲- مواد و روش آزمایش

در این کار، شمش آلیاژ آلومینیم A390 توسط یک کوره مجدداً ذوب شده و با دمای حدود ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد در یک قالب استوانه‌ای فلزی پیش‌گرم شده با دمای حدود ۴۰۰ درجه، ریخته‌گری شده است. در جدول (۱)، ترکیب شیمیایی این آلیاژ آورده شده است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی آلیاژ آلومینیم A390.

Si	Cu	Zn	Fe	Mg	Mn	Al
۱۷/۴۰	۴/۶۰	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۴۴	۰/۳۵	باقی‌مانده

نمونه ریخته‌گری شده، پس از خنک شدن در دمای محیط، از قالب خارج شد و از قسمت پایینی و جایی که تخلخل کم‌تری داشته باشد، برش خورده است. نمونه‌هایی با ابعاد حدوداً ۲۰ در ۲۰ میلی‌متر و با ضخامت ۱۵/۶ میلی‌متر آماده شدند. این نمونه‌ها از دمای محیط تا دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد پیش‌گرم و ۱۰ دقیقه در همین دما نگه داشته شدند و سپس فرایند پرس با نیروی ۲۵ تن با نرخ کرنش 0.05 s^{-1} روی آن انجام شد. فرایند پرس با استفاده از دستگاه سنتام STM-250 انجام شد. این فرایند تا ۷ پاس روی آلیاژ انجام شد و مقدار کرنش اعمال شده در هر مرحله حدود ۱۲/۵ درصد بوده است. هفت پاس در هفت مرحله انجام شد و در هر مرحله، نمونه پیش‌گرم شد. در انتهای پاس هفتم، ضخامت نمونه به ۱/۹ میلی‌متر رسید. در ادامه ریزساختار نمونه‌های هر مرحله توسط میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفت. متالوگرافی نمونه‌ها با روش استاندارد انجام شد و سطوح مقطع نرمال و عرضی نمونه‌ها بعد از سنباده‌زنی و پولیش کاری توسط میکروسکوپ نوری Dewinter در دو بزرگ‌نمایی ۱۰۰ و ۴۰۰ برابر بررسی شد. برای مشاهده ترکیبات بین‌فلزی، سطوح نمونه‌ها با محلول کالر، اچ شدند. در نهایت، سختی برینل سطح نرمال و نیز مقطع عرضی تمامی نمونه‌ها توسط دستگاه سختی‌سنج مدل کوپا با نیروی ۱۰ کیلوگرم اندازه‌گیری شد. برای هر سطح، ۹ بار آزمون انجام شد و میانگین مقادیر گزارش گردید.

توزیع یکنواخت در زمینه در کنار ساختار یوتکتیک اصلاح شده، بسیار دشوار است [۱-۵].

روش‌های مختلفی برای رفع این نواقص و ناهمگنی در ریزساختار معرفی شده‌اند که می‌توان به روش‌های ریخته‌گری نیمه جامد [۱، ۶-۸]، ریخته‌گری روی سطح شیب‌دار [۶، ۷]، ریخته‌گری با همزن [۹] و نیز ریخته‌گری با فشار بالا [۱۰] اشاره کرد که منجر به اصلاح نسبی ریزساختار می‌شوند. همچنین از روش‌های تغییر شکل پلاستیک شدید بعد از ریخته‌گری معمولی نظیر فرایند اصطکاکی اغتشاشی [۴، ۱۱] و پرس در کانال‌های هم‌مقطع زاویه‌دار در دمای بالا [۱۲] نیز استفاده شده است. رنجبرپور و همکاران [۶]، تاثیر دمای ذوب‌ریزی در فرایند ریخته‌گری روی سطح شیب‌دار و همچنین تاثیر دمای گرمایش مجدد بر ریزساختار و خواص سایشی آلیاژ آلومینیم A390 را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققان نشان داد که بهترین دمای ذوب‌ریزی و گرمایش مجدد به ترتیب ۵۹۰ و ۵۴۵ درجه سانتی‌گراد است که منجر به تولید آلیاژی با ریزساختار ریزتر و یکنواخت‌تر شده که مقدار سختی آن برابر با HB ۱۳۰ است [۶]. دماوندی و همکاران [۹]، اثر دمای بارریزی، ارتعاش مکانیکی قالب، دمای قالب و گرمایش مجدد بر ریزساختار و خواص مکانیکی آلیاژ A390 را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نمونه ریخته‌گری شده در دمای بارریزی ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد، دمای قالب ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد و فرکانس ارتعاش ۶۰ Hz از بالاترین مقدار سختی و استحکام کششی برخوردار است. همچنین با بررسی ریزساختاری مشخص شد که گرمایش مجدد موجب افزایش کرویت و کاهش اندازه سیلیسیم یوتکتیک شد اما تاثیر قابل توجهی بر اندازه سیلیسیم‌های اولیه نداشته است [۹]. دماوندی و همکاران [۱۲]، اثر فرایند پرس در کانال‌های هم‌مقطع زاویه‌دار بر ریزساختار و خواص کششی آلیاژ آلومینیم A390 را بررسی کردند. نتایج حاصل از آزمون مکانیکی نشان داد که استحکام کشش نهایی از ۱۴۲ به ۲۷۵ مگاپاسکال افزایش یافته است و ازدیاد طول نسبت به نمونه ریخته‌گری شده به طور چشمگیری بهبود یافته است. با بررسی ریزساختاری معلوم شد که این افزایش استحکام و ازدیاد طول به دلیل توزیع یکنواخت ذرات، کاهش اندازه ذرات و از بین رفتن تخلخل‌ها مخصوصاً در اطراف ذرات سیلیسیم اولیه بوده است. همچنین نوع شکست از حالت ترد به نرم تغییر پیدا کرده است [۱۲].

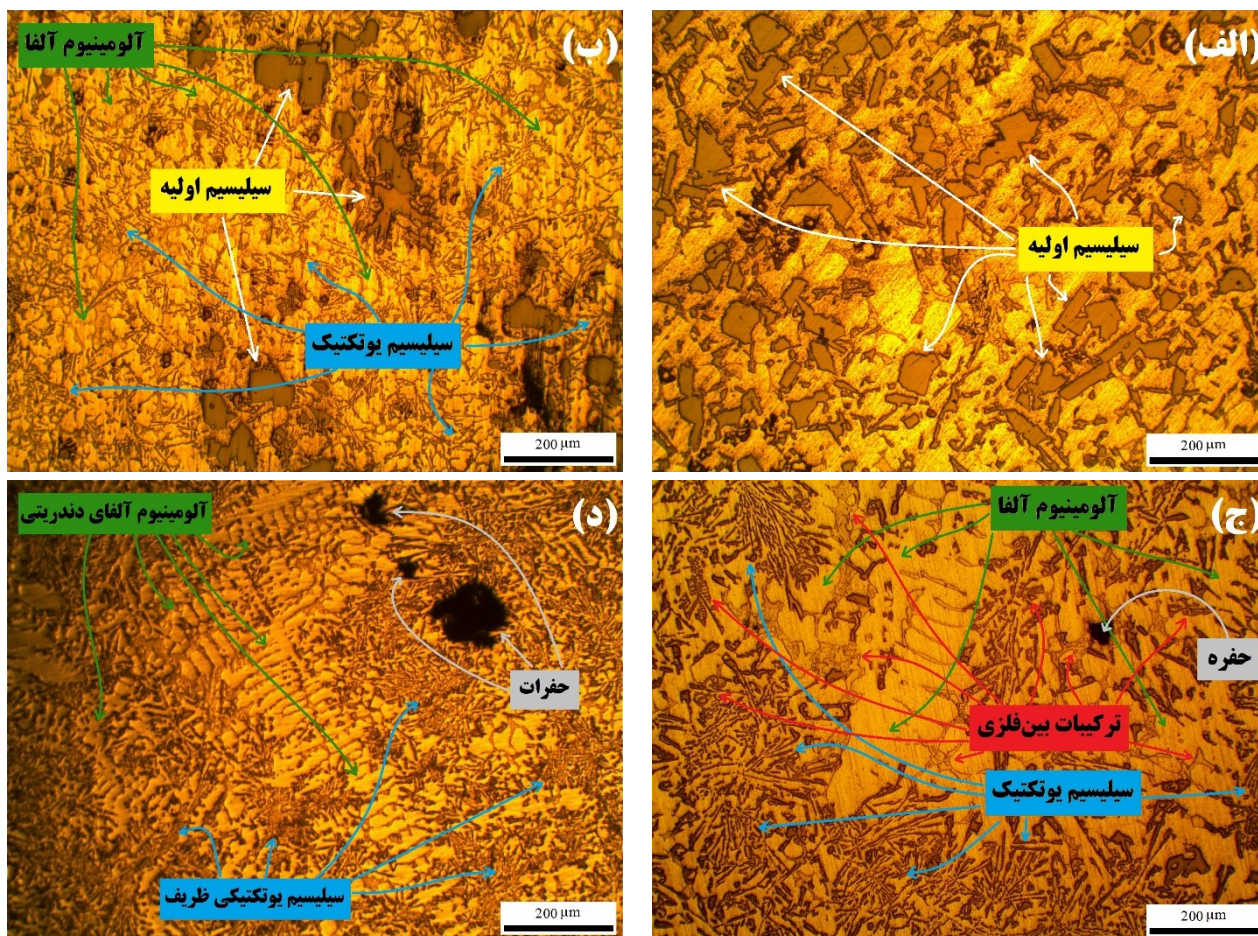
براساس پژوهش‌هایی که تا به حال روی آلیاژ A390 انجام شده است، استفاده از روش‌های مختلف تغییر شکل پلاستیک شدید روی ریزساختار و خواص مکانیکی اثر بسیار بهتری داشته است. اما به هر صورت، این روش‌ها اغلب قابلیت تولید انبوه مواد را

۳- نتایج و بحث

حرکت کنیم از میزان سیلیسیم اولیه کاسته شده و به سیلیسیم یوتکتیک افزوده می‌شود و ساختار گسترده زمینه آلومینیم آلفا به ساختار دندریتی تغییر می‌کند. علاوه بر این، برخی حفرات و تخلخل‌هایی که در شکل (۱) مشکی‌رنگ می‌باشند نیز در ساختار آلومینیم ریختگی دیده می‌شود.

ریزساختارهای سطوح نرمال و عرضی نمونه‌های فرایند شده در پاس‌های مختلف در بزرگنمایی ۱۰۰ برابر به ترتیب در شکل‌های (۳) و (۴) نشان داده شده است. با بررسی ریزساختارهای نمونه‌های فرایند شده، مشاهده می‌شود که با افزایش تعداد پاس (کرنش)، ذرات سیلیسیم اولیه و یوتکتیک شکسته شده و اندازه آن‌ها کوچک‌تر می‌شود. فازهای شکننده مانند ذرات سیلیسیم (اولیه و یوتکتیک) و ترکیبات بین‌فلزی به دلیل تنش‌های وارده، در فرایند پرس دچار ترک خوردگی می‌شوند. این ریزترک‌ها می‌توانند در ساختار فازهای شکننده انتشار یافته و در نهایت آن‌ها را به ذرات کوچک‌تر تکه تکه کنند.

در شکل (۱)، تصاویر مناطق مختلف نمونه ریخته‌گری شده در بزرگنمایی ۱۰۰ برابر آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، در لبه‌های قطعه‌ی ریخته‌گری شده آلیاژ آلومینیم A390 که در تماس با قالب فلزی بوده است (شکل ۱-الف)، سیلیسیم‌های اولیه بسیار درشت و چندضلعی شکل تشکیل شده‌اند و در مرکز نمونه‌ی ریخته‌گری شده (شکل ۱-د)، سیلیسیم‌های یوتکتیک مرجانی شکل [۷] کشیده شده با نوک‌های تیز یا تخت به همراه زمینه آلومینیم آلفا دندریتی و نیز گسترده قابل مشاهده است [۳، ۵-۷، ۹]. همچنین ترکیبات بین‌فلزی با ساختار پیوسته، نامنظم، ستاره‌ای و نیز استخوان دنده‌ای شکل نیز در این آلیاژ دیده می‌شود [۶، ۹-۱۱]. معمولاً ترکیباتی نظیر Al_2Cu ، $Al_5Mg_8Cu_2Si_6$ ، $Al_5(Fe,Mn)_3Si_2$ و Al_3FeSi در آلیاژ آلومینیم A390 دیده می‌شود [۱۲-۱۶]. در شکل (۲)، تصاویر ترکیبات بین‌فلزی بعد از اچ کردن، قابل مشاهده است. هرچه از دیواره به مرکز نمونه ریخته‌گری شده



شکل ۱- تصاویر مناطق مختلف نمونه ریخته‌گری آلیاژ A390 از کناره به سمت مرکز در بزرگنمایی ۱۰۰ برابر. از (الف) لبه نمونه تا (د) مرکز نمونه.

نسبت طول به عرض بزرگ تر سیلیسیم یوتکتیک و ترکیبات بین فلزی، این ذرات در مقایسه با سیلیسیم اولیه به ترک خوردگی حساس تر هستند. این نتایج در توافق با کارهای مشابه قبلی انجام شده است [۱۷-۱۹].

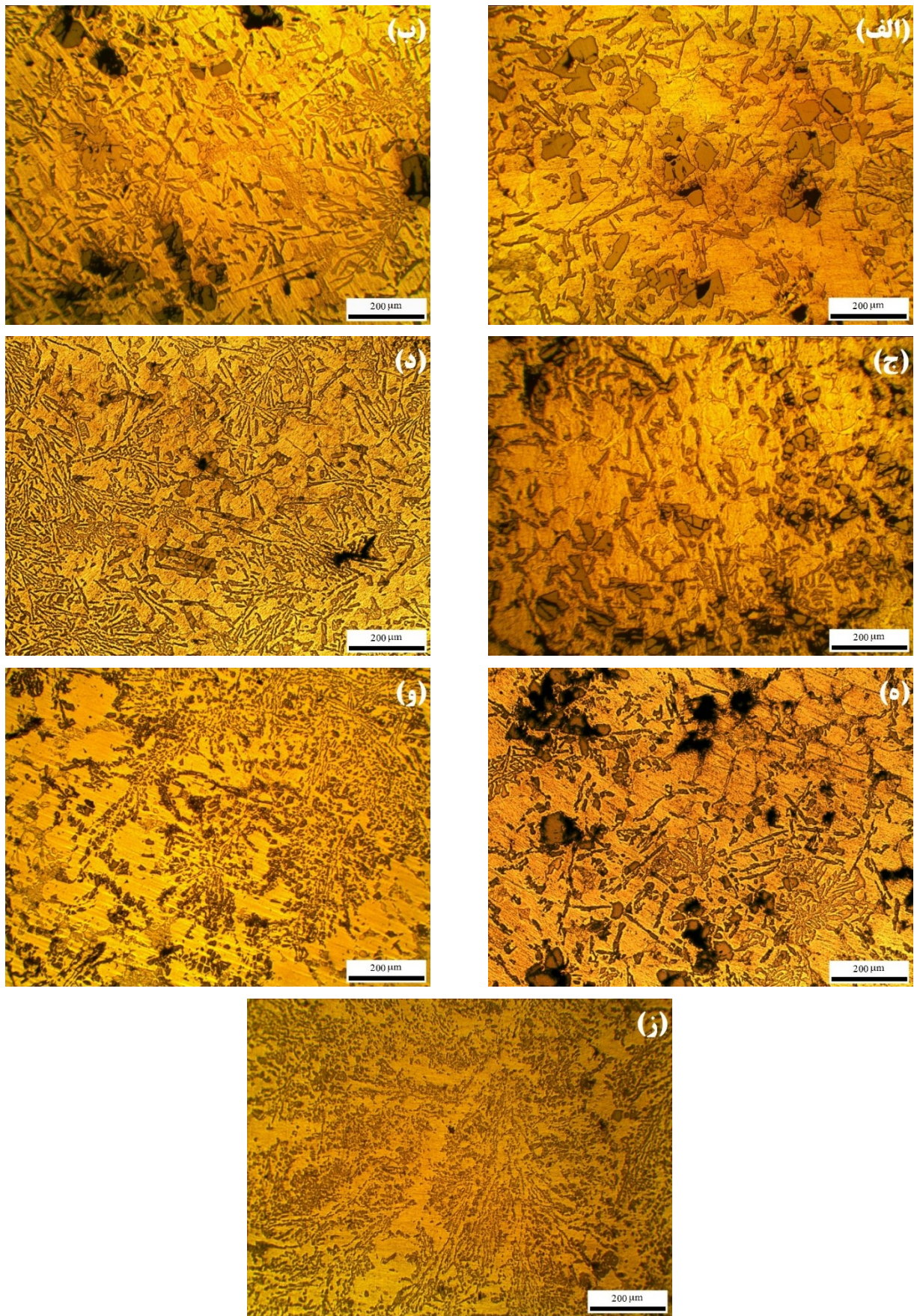
با توجه به شکل های (۳) و (۴)، واضح است که با افزایش تعداد پاس، اندازه ذرات سیلیسیم به طور چشمگیری کاهش می یابد. در ریزساختار ریختگی، ذرات بسیاری با اندازه بزرگ تر از ۱۰۰ میکرومتر مشاهده شد (شکل ۱) که با اعمال فرایند در پاس های نهایی، اندازه این ذرات به کمتر از ۵ میکرومتر رسیده است. همچنین علاوه بر کاهش اندازه ذرات در این آلیاژ، کاهش چشمگیری در اختلاف اندازه ذرات ایجاد می شود. به عبارتی، علاوه بر کاهش اندازه ذرات، توزیع اندازه ذرات نیز یکنواخت تر می شود. با توجه به شکل های (۳) و (۴)، هر چه تعداد پاس ها افزایش می یابد، توزیع ذرات سیلیسیم و ترکیبات بین فلزی چه در سطح نرمال و چه در مقطع عرضی یکنواخت تر می شود. با توجه به انجام فرایند در دمای بالا، شکل پذیری زمینه زیاد می شود و در نتیجه می توان تغییر شکل پلاستیک شدیدی را به آن تحمیل کرد. این موضوع منجر به جابجا شدن ذرات تکه تکه شده می شود و در نتیجه توزیع ذرات نیز با افزایش کرنش بهبود می یابد. بنابراین تغییرات در اندازه و توزیع ذرات سیلیسیم (اولیه و یوتکتیک) و ترکیبات بین فلزی و همچنین کم شدن فاصله ذرات موجود در ریزساختار از یکدیگر به دلیل اعمال فرایند پرس در دمای بالا منجر به ایجاد یک ریزساختار نسبتاً یکنواخت در سطح و ساختاری با توزیع بسیار یکنواخت در مقطع عرضی در پاس های ششم و هفتم شده است.

همچنان که قبلاً نیز اشاره شد، تخلخل یکی از مهم ترین عللی است که منجر به افت خواص مکانیکی آلیاژهای ریختگی می شود. با مشاهده شکل های (۳) و (۴) می توان به این نتیجه رسید که با افزایش مقدار کرنش، مقدار تخلخل کاهش می یابد به طوری که در نمونه پاس هفتم، تخلخل کاملاً حذف شده است. استفاده از عملیات حرارتی به صورت مجزا نمی تواند تخلخل های ریخته گری را در آلیاژهای آلومینیم-سیلیسیم از بین ببرد و این تخلخل ها زمانی که در معرض کوچک ترین تغییر شکل سردی (مثلاً در هنگام آزمون کشش در دمای محیط) قرار می گیرند، به ترک تبدیل می شوند. نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان می دهد که اعمال پرس داغ یک راهبرد موثر جهت حذف تخلخل در آلیاژ ریختگی A390 است.

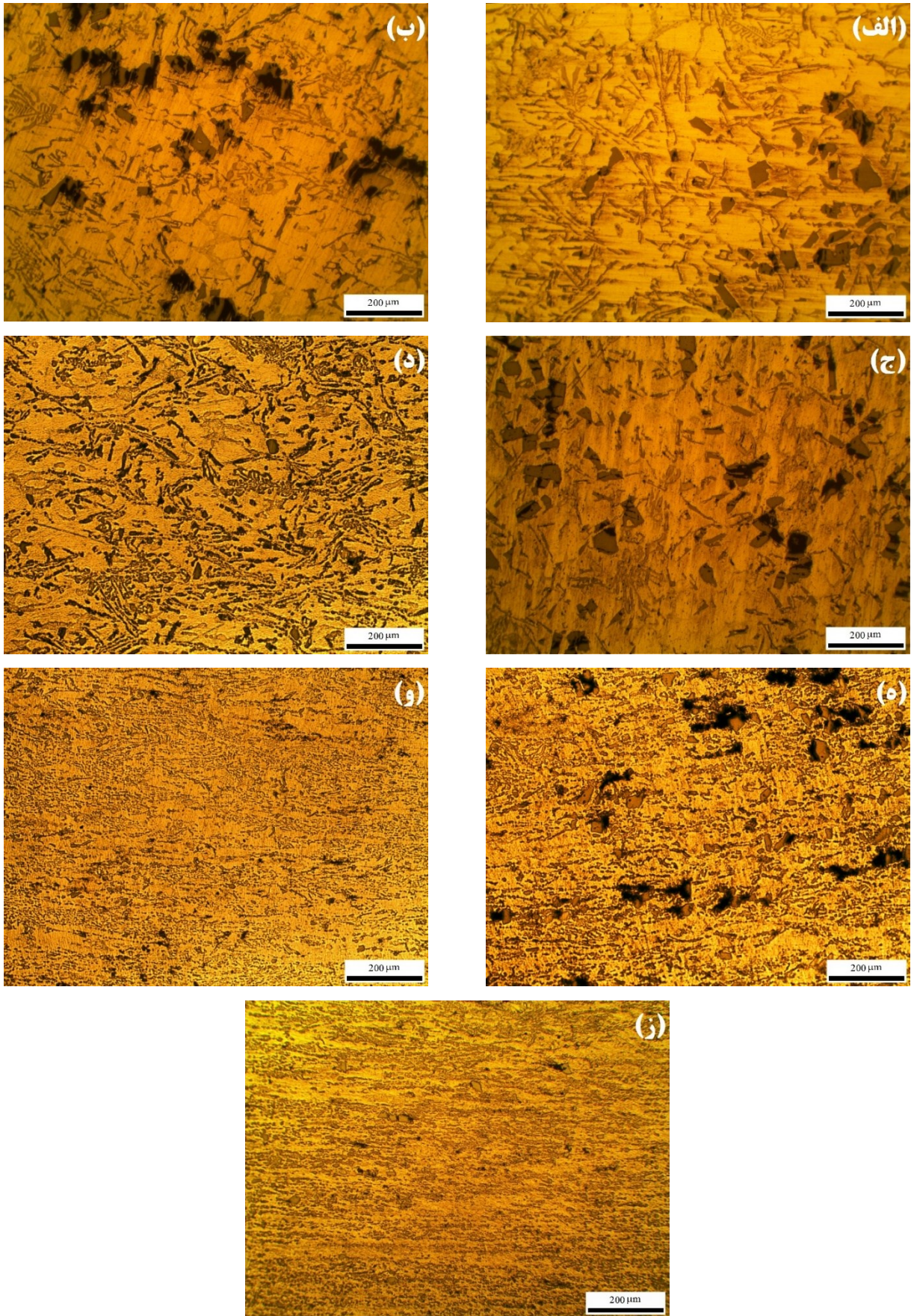


شکل ۲- تصاویر ترکیبات بین فلزی آلیاژ A390 ریختگی بعد از اچ کاری در بزرگنمایی ۱۰۰ برابر.

این نتیجه اساساً به دلیل شکل پذیری محدود یا عدم شکل پذیری ذرات سیلیسیم و ترکیبات بین فلزی است. شکل (۵)، تصویر یک تیغه سیلیسیم خرد شده را بعد از انجام ۲ پاس پرس داغ در بزرگنمایی ۴۰۰ برابر نشان می دهد. با توجه به این تصویر، نسبت طول به عرض ذرات عاملی تعیین کننده در شکسته شدن ذرات است. هر قدر این نسبت بزرگ تر باشد، آن ذره زودتر و در تعداد پاس های کمتری دچار ترک خوردن و شکست می شود. به دلیل



شکل ۳- ریزساختار سطح نرمال نمونه‌های پاس ۱ تا ۷ به ترتیب از (الف) تا (ز) در بزرگ‌نمایی ۱۰۰ برابر.



شکل ۴- ریزساختار مقطع عرضی نمونه‌های پاس ۱ تا ۷ به ترتیب از (الف) تا (ز) در بزرگنمایی ۱۰۰ برابر.

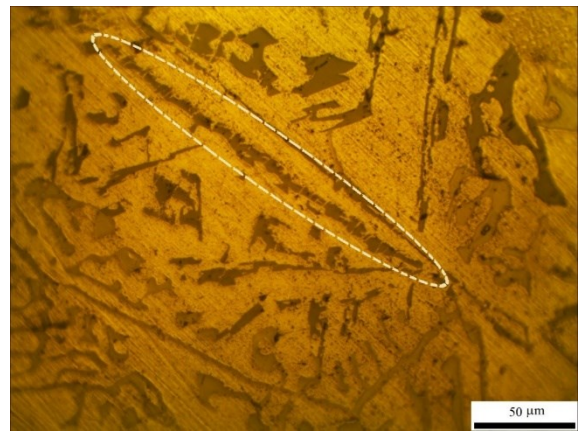
می‌تواند به کاهش اندازه سیلیسیم اولیه مربوط باشد. این نتیجه توسط محققان دیگری نیز به دست آمده است [۱۴، ۲۰]. از طرف دیگر افزایش سختی آلیاژ در پاس‌های نهایی به حذف تخلخل و افزایش شدید فصل مشترک‌های ذره/زمینه می‌تواند مرتبط باشد. وجود تخلخل، ذرات سیلیسیم اولیه درشت، سیلیسیم یوتکتیک سوزنی و ترکیبات بین‌فلزی در کنار غیریکنواختی توزیع ذرات در زمینه آلومینیم، موجب افت خواص مکانیکی و ریزساختاری این آلیاژ می‌شود. با توجه به سهولت در انجام فرایند پرس داغ و تغییرات چشمگیر در توزیع، اندازه و یکنواختی ذرات در پاس‌های بالا، همچنین با ثابت ماندن تقریبی مقدار سختی نمونه پاس هفتم نسبت به نمونه‌ی ریخته‌گری شده، و نیز از بین رفتن تخلخل‌های موجود در ریزساختار، می‌توان گفت که این فرایند، روش مناسبی برای بهبود خواص مکانیکی آلیاژ آلومینیم-سیلیسیم هایپر یوتکتیک A390 است.

نتیجه‌گیری

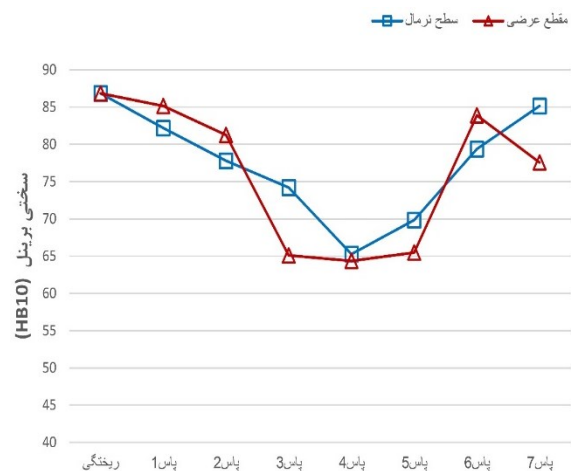
- ۱- با افزایش کرنش در نمونه‌ها، ذرات سیلیسیم اولیه و یوتکتیک، و ترکیبات بین‌فلزی شکسته شده و ریزتر می‌شوند. اندازه ذرات به طور چشم‌گیری از بالاتر از ۱۰۰ میکرومتر به کمتر از ۵ میکرومتر کاهش یافت.
- ۲- با افزایش کرنش، تخلخل‌ها حذف شدند و توزیع ذرات در زمینه یکنواخت‌تر شد. نمونه پاس هفتم دارای بهترین شرایط از نظر تخلخل و توزیع ذرات بود.
- ۳- با افزایش تعداد پاس فرایند تا پاس چهارم از مقدار سختی کاسته شد اما با افزایش بیشتر پاس‌ها تا پاس هفتم (آخرین پاس)، سختی افزایش یافت.

مراجع

- [1] Lashkari O., Ajersch F., Charette A., Chen X.-G., Microstructure and rheological behavior of hypereutectic semi-solid Al-Si alloy under low shear rates compression test, Materials Science and Engineering: A, 2008, 492(1) 377-382.
- [2] Cha G., Li J., Xiong S., Han Z., Fracture behaviors of A390 aluminum cylinder liner alloys under static loading, Journal of alloys and compounds, 2013, 550(2) 370-379.
- [3] Wang C., Yu F., Zhao D., Zhao X., Zuo L., Hot deformation and processing maps of DC cast Al-15% Si alloy, Materials Science and Engineering: A 2013, 577(3) 73-80.
- [4] Saini N., Dwivedi D., Jain P., Singh H., Surface modification of cast Al-17% Si alloys using friction stir processing, Procedia Engineering, 2015, 100(4) 1522-1531.
- [5] Zhao J.-W., Wu S.-S., Microstructure and mechanical properties of rheo-diecasted A390 alloy, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2010, 20(5) s754-s757.
- [6] Ranjbarpour H., Nourouzi S., Hosseiniipour S.J., Effect of pouring temperature and partial remelting on



شکل ۵- خرد شدن تیغه‌ی سیلیسیم بعد از انجام ۲ پاس پرس داغ در بزرگ‌نمایی ۴۰۰ برابری.



شکل ۶- تغییرات سختی برینل برای سطح نرمال و مقطع عرضی در نمونه‌های مختلف.

نتایج آزمون سختی برینل برای نمونه‌های مختلف در دو سطح نرمال و عرضی در شکل (۶) آورده شده است. سختی نمونه‌ی ریخته‌گری در هر دو سطح نرمال و عرضی برابر با ۸۷ برینل است. با اعمال فرایند پرس داغ، ابتدا سختی کاهش و سپس افزایش می‌یابد. همان‌طور که در منحنی‌های شکل (۶) مشاهده می‌شود، مقدار سختی سطح نرمال با افزایش تعداد پاس فرایند از ۱ به ۴ پاس، از ۸۵ به ۶۵ برینل کاهش می‌یابد و در ادامه با افزایش بیشتر تعداد پاس‌ها، سختی افزایش می‌یابد و به ۷۹ برینل می‌رسد. این روند افزایشی در پاس هفتم برای سطح بالایی نمونه ادامه دارد و به ۸۵ برینل می‌رسد. برای مقطع عرضی همین روند با اختلاف کمی رخ داده است. با توجه به شکل (۶)، نمونه پاس چهارم دارای کمترین میزان میانگین سختی هم در مقایسه با دیگر سطوح نرمال و هم نسبت به مقاطع عرضی دیگر بوده است. از طرف دیگر، کمترین اختلاف سختی سطح نرمال و مقطع عرضی نیز متعلق به نمونه پاس چهارم است. میانگین سختی نمونه پاس چهارم در هر دو سطح تقریباً با یکدیگر برابر بوده و حدود ۶۵ برینل است. کاهش سختی آلیاژ در پاس‌های اولیه

- ECAP, *Journal of Alloys and Compounds*, 2021, 858(14) 157651.
- [14] Dey S., Perry T., Alpas A., Micromechanisms of low load wear in an Al-18.5% Si alloy, *Wear*, 2009, 267(16) 515-524.
- [15] Elmadagli M., Alpas A., Sliding wear of an Al-18.5 wt.% Si alloy tested in an argon atmosphere and against DLC coated counterfaces, *Wear*, 2006, 261(17) 823-834.
- [16] Elmadagli M., Alpas A., Progression of wear in the mild wear regime of an Al-18.5% Si (A390) alloy, *Wear*, 2006, 261(18) 367-381.
- [17] Shabestari S.G., Ghanbari M., Effect of plastic deformation and semisolid forming on iron-manganese rich intermetallics in Al-8Si-3Cu-4Fe-2Mn alloy, *Journal of Alloys and Compounds*, 2010, 508(2) 315-319.
- [18] Soleymanpour M., Aval H.J., Jamaati R., Achieving high strength and superior ductility in Al-Si alloy by cold rolling and friction stir processing, *Journal of Alloys and Compounds*, 2022, 896, 163102.
- [19] Soleymanpour M., Aval H.J., Jamaati R., Manufacturing of high-toughness Al-Si alloy by rolling and friction stir processing: Effect of traverse speed, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2022, 37, 19-36.
- [20] Damavandi E., Nourouzi S., Rabiee S.M., Jamaati R., Szpunar J.A., Effect of Route BC Equal-Channel Angular Pressing on the Microstructure, Microtexture, and Homogeneity of Al-18%Si-4.5%Cu Alloy, *Journal of Materials Engineering and Performance*, 2021, 30(2) 1577-1601.
- microstructure and wear properties of A390 alloy in slope cooling casting, *Founding Research Journal*, 2017, 1(6) 37-46.
- [7] Birol Y., Cooling slope casting and thixoforming of hypereutectic A390 alloy, *Journal of Materials Processing Technology*, 2008, 207(7) 200-203.
- [8] Kapranos P., Kirkwood D., Atkinson H., Rheinlander J., Bentzen J., Toft P., Debel C., Laslaz G., Maenner L., Blais S., Thixoforming of an automotive part in A390 hypereutectic Al-Si alloy, *Journal of Materials Processing Technology*, 2003, 135(8) 271-277.
- [9] Damavandi E., Nourouzi S., Rabiee S.M., The effect of pouring temperature, mechanical vibration and partial remelting on microstructure and mechanical properties of Al-A390 alloy, *Founding Research Journal*, 2018, 2(1) 39-53.
- [10] Yu W.B., Yuan Z.-H., Guo Z.-P., Xiong S.-M., Characterization of A390 aluminum alloy produced at different slow shot speeds using vacuum assisted high pressure die casting, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2017, 27(10) 2529-2538.
- [11] Mahmoud T., Surface modification of A390 hypereutectic Al-Si cast alloys using friction stir processing, *Surface and Coatings Technology*, 2013, 228(11) 209-220.
- [12] Damavandi E., Nourouzi S., Rabiee S.M., Jamaati R., Effect of ECAP on microstructure and tensile properties of A390 aluminum alloy, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2019, 29(12) 931-940.
- [13] Damavandi E., Nourouzi S., Rabiee S.M., Jamaati R., Szpunar J.A., EBSD study of the microstructure and texture evolution in an Al-Si-Cu alloy processed by route A



IRANIAN FOUNDRYMEN'S
SOCIETY

Founding Research Journal

Research Paper:

Effect of Hot Pressing on the Microstructure and Hardness of A390 Cast Aluminum Alloy

Hossein Hassanpour¹, Roohollah Jamaati^{2*}

1. M.Sc. Student, in Materials Engineering, Faculty of Materials and Industrial Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Mazandaran, Iran
2. Associate Professor, Faculty of Materials and Industrial Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Mazandaran, Iran.

* Corresponding author, jamaati@nit.ac.ir

Paper history:

Received: 04 January 2023
Accepted: 27 April 2023

Keywords:

A390 aluminum alloy,
Hot-pressing,
Microstructure,
Hardness.

Abstract:

In this research, the effect of the hot-pressing process on the microstructure and hardness of A390 cast aluminum-silicon alloy was investigated. The results were prepared using an optical microscope and hardness tester. The microstructure of the casting sample included very coarse primary silicones, acicular eutectic silicones, intermetallic compounds, and large alpha-phase dendrites. By increasing the amount of strain in the hot-pressing process, primary and eutectic silicones as well as intermetallic compounds were broken and finer, and their distribution in the alpha matrix became more uniform. The obtained results showed that the microstructure of the casting alloy has been improved in terms of the modification of primary silicon particles, eutectic silicon, and intermetallic compounds, as well as the uniform distribution of these particles and the removal of porosity. The initial silicon size is dramatically reduced from over 100 μm (for the cast sample) to less than 5 μm (after the seventh pass). By increasing the strain up to the fourth pass, the hardness of the alloy decreased from 87 to 65 HB. With the further increase of the strain from the fourth pass to the seventh (final) pass, the hardness value increased to 81 HB.

Please cite this article using:

Hossein Hassanpour, Roohollah Jamaati, Effect of Hot Pressing on the Microstructure and Hardness of A390 Cast Aluminum Alloy, in Persian, Founding Research Journal, 2022, 6(2) 133-141.

DOI: 10.22034/FRJ.2023.379626.1171

Journal homepage: www.foundingjournal.ir