

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



Green Density Effect on Liquid Phase Sintering of CZ 3000 Brass Prealloyed Powder

Presenter: Somayeh Ghasemi

S. Ghasemi*, M. Azadbeh, A. Hasani, A. Mohammadzadeh

Department of Materials Engineering, Sahand University of Technology, P.O. Box 51335-1996, Tabriz

S.ghasemi100@yahoo.com

Abstract

Increasing the compacting pressure is one of the most known methods for getting maximum densification in powder metallurgy products. In some cases increasing of the compacting pressure has a inverse effect on densification that there is a lack of information about this effect. The present study was aimed to evaluate green density effect on sintering mechanism of a CZ 3000 brass alloyed powder at the compacting pressures of 300 and 600 MPa. The obtained results showed that degree of densification in the compacted samples at 300 MPa has higher densification rather than of compacted samples at 600 MPa. The microstructural studies showed that the rate of fragmentation and rearrangement during sintering in the compacted samples at 300 MPa occurred faster than 600 MPa. In general it can be concluded that there is an inverse relation between green density and sintered density of brass alloys, hence it is important to consider the interaction between compacting pressure and sintering variables.

Keywords: Sintered brass, green density, fragmentation, rearrangement, and densification.

اثر چگالی خام بر تفجوشی فاز مایع پودر از پیش آلیاژ برنجی CZ 3000

ارائه دهنده مقاله: سمیه قاسمی^۱

سمیه قاسمی^{۲*}، مازیار آزادبه^۳، آرمان حسنی^۴، احد محمدزاده^۵

دانشگاه صنعتی سپند

S.ghasemi100@yahoo.com

چکیده

فشردن پودر برای حصول چگالی خام بیشینه یکی از روش‌های افزایش چگالش و بهبود خواص در متالورژی پودر می‌باشد. اما در مواردی فشار فشردن تاثیر معکوسی بر چگالش می‌گذارد که تا بحال منابع معدودی چنین رفتاری را گزارش کرده اند. در این پژوهش جهت بررسی تاثیر چگالی خام بر رفتار تفجوشی آلیاژ برنجی CZ 3000 نمونه‌هایی در دو فشار فشردن ۳۰۰ و ۶۰۰ مگاپاسکال ساخته و در شرایط دمایی و زمانی مختلف در فاز مایع تفجوشی شدند. بررسی نتایج حاصل از چگالش در دماهای مختلف مویید چگالش بیشتر نمونه‌های فشرده شده در فشار ۳۰۰ مگاپاسکال می‌باشد. همچنین تحولات ریزساختاری نشان دهنده وقوع خرد شدن و آرایش مجدد ذرات در زمان‌های کمتر تفجوشی در نمونه‌های ۳۰۰ مگاپاسکال می‌باشد. بعبارتی چگالش در نمونه‌های با چگالی خام کمتر سریعتر از نمونه‌های با چگالی خام بیشتر اتفاق افتاده است. بعلاوه گرادیان ریزساختاری نیز در نمونه‌های با چگالی خام کمتر سریعتر نمایان شده است. بطور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بین چگالی خام و چگالی تفجوشی حاصل از فاز مایع در آلیاژهای برنجی رابطه‌ای معکوس وجود دارد، و در فرآیند ساخت قطعات از این آلیاژ بایستی به اندرکنش بین فشار فشردن و پارامترهای تفجوشی دقت شود.

واژه‌های کلیدی: برنج تفجوشی شده، چگالی خام، خردایش، آرایش مجدد و چگالش.

^۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد

^۳ - دانشیار دانشکده مهندسی مواد

^۴ - کارشناس ارشد مهندسی مواد

^۵ - دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی مواد

مقدمه

تف جوشی فاز مایع سوپرسالیدوس روشی برای ساخت قطعات برنجی تهیه شده از پودرهای از پیش آلیاژی می باشد. خواص فیزیکی و مکانیکی این آلیاژها به شدت تحت تاثیر پارامترهای مختلف ساخت و تولید می باشد. مطالعات اخیر که بروی آلیاژهای برنجی تکفاز آلفا انجام شده است نشان داده اند که تغییرات متغیرهای تف جوشی تاثیرات بالقوه ای روی چگالش و به طبع آن خواص و ریزساختار دارند. طبق نتایج محمدزاده و همکاران (Mohammadzadeh et al. 2014b) که سازوکار تف جوشی فاز مایع سوپرسالیدوس^۶ (SLPS) را در مورد آلیاژ Cu-20Zn بررسی کردند مشاهده شده است که چگالش و تحولات ریزساختاری حساسیت بسیار بالایی به تغییرات دمای تف جوشی دارد، بطوریکه با تف جوشی در دماهای پایین تر به دلیل تشکیل کمتر فاز مایع چگالش بطور کامل انجام نمی شود و با تف جوشی در دماهای بالاتر به دلیل تشکیل بیش از حد فاز مایع پدیده درشت شدن دانه‌ها و حفرات باعث به تاخیر افتادن چگالش و عدم حصول خواص مطلوب می شود. بنابراین انتخاب دمای مناسب برای حصول چگالش بیشینه یکی از ملزومات فرآیند SLPS در آلیاژ Cu-20Zn می باشد. همچنین در مطالعه دیگری که توسط آزادبه و همکاران (Azadbeh et al. 2013) بر روی آلیاژهای Cu-20Zn و Cu-10Sn-10Pb انجام شده است بروز گرا دیان ریزساختاری در دماهای تف جوشی نسبتاً بالا که در اثر تشکیل فاز مایع اضافی و تاثیر نیروی جاذبه زمین، علت اصلی کاهش خواص و اجتناب از تف جوشی در دماهای بالاتر عنوان شده است. علاوه بر آلیاژ Cu-20Zn مطالعاتی نیز بر روی آلیاژ Cu-28Zn نیز انجام شده است. طبق نتایج (Mohammadzadeh et al. 2014a) و (Sabahi Namini et al. 2013) محدوده دمایی مناسب برای تف جوشی سوپرسالیدوس آلیاژهای برنجی حاوی ۲۸ درصد روی بازه ۸۶۰ - ۸۸۰ درجه سانتی گراد پیشنهاد شده که نتایج با استفاده از آنالیز حرارتی تفاضلی روبشی (DSC) تایید شده است.

با توجه به کارهایی که بر روی آلیاژ Cu-28Zn انجام شده است، بررسی نحوه تاثیر تغییرات چگالی خام که با تغییرات فشار فشردن ارتباط مستقیم دارد به نظر می رسد که دارای اهمیت زیادی باشد. به همین منظور در این بررسی نحوه

⁶ Supersolidus Liquid Phase Sintering (SLPS)

تأثیر تغییرات چگالی خام بر گرا دیان ریز ساختمانی، دمای تف جوشی سوپر سالییدوس و همچنین نحوه تغییر آرایش مجدد ذرات بررسی شده است.

مواد و روش تحقیق

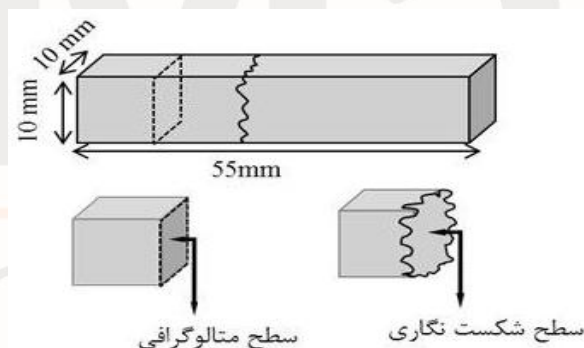
پودر از پیش آلیاژی با ترکیب Cu-28Zn تهیه شده به روش اتمیزاسیون آبی از شرکت متالورژی پودر تبریز تهیه شد (Mohammadzadeh et al. 2014a). سپس آزمون الک مطابق با استاندارد ASTM E11 انجام گردید و پودرهایی با حداکثر اندازه زیر ۱۸۰ میکرون جداسازی شده و از این پودر برای ساخت نمونه‌ها استفاده گردید. سپس ۷۵٪ درصد وزنی استئارات لیتیوم بعنوان روانساز به پودر برنج الک شده اضافه شده و در همزنی با سرعت ۶۵ دور بر دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه مخلوط گردید. مخلوط همگن حاصل برای ساخت کلیه نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. جهت ساخت نمونه‌ها از قالب فلزی سه تکه و دستگاه پرس هیدرولیکی تک محوره استفاده شد. نمونه‌ها با دو فشار فشردن ۳۰۰ و ۶۰۰ مگاپاسکالی ساخته شدند و نمونه‌هایی با ابعاد ۵۵×۱۰×۱۰ میلی‌متر مکعب بدست آمد. چگالی خام نمونه‌ها با اندازه‌گیری وزن و ابعاد نمونه‌های خام به روش هندسی بدست آمد. نمونه‌ها در کوره تیوبی مدل TFS/25-1250 که شامل سه منطقه دمایی و اتمسفر کنترل شده نیتروژن بود تف جوشی شدند. برای خروج روانساز از نمونه‌ها بوتله حاوی نمونه‌ها ابتدا در منطقه پیش تف جوشی کوره در دمای ۵۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. سپس با در نظر گرفتن محدوده دماهی تف جوشی طبق نتایج آنالیز حرارتی در محدوده ۸۶۰ - ۸۸۰ درجه سانتی‌گراد تف جوشی شدند. جهت بررسی نحوه تغییر آرایش مجدد ذرات نیز نمونه‌هایی در زمان‌های مختلف ۱۰، ۳۰ و ۶۰ دقیقه تحت تف جوشی قرار گرفتند. پس از اتمام فرآیند تف جوشی، نمونه‌ها به منطقه سرمایش کوره منتقل شدند و در این منطقه تا رسیدن به دمای محیط باقی ماندند. در کلیه مراحل گاز نیتروژن با دبی ۲ لیتر بر دقیقه در کوره جاری بوده تا از اکسید شدن نمونه‌ها جلوگیری شود. پس از خروج نمونه‌ها از کوره چگالی آنها با استفاده از روش ارشمیدس مطابق استاندارد DIN ISO 3369 محاسبه گردید.

پارامتر چگالش ψ نیز جهت بررسی مقایسه‌ای مطابق رابطه (۱) محاسبه شد:

$$\psi = \frac{\rho_{Sinter} - \rho_{Green}}{\rho_{Theory} - \rho_{Green}} \times 100 \quad (1)$$

در رابطه فوق ρ_{Sinter} چگالی تف‌جوشی، ρ_{Green} چگالی خام و ρ_{Theory} چگالی تئوری که هر سه بر حسب گرم بر سانتی - متر مکعب می باشند. چگالی تئوری برابر $8/29$ گرم بر سانتی متر مکعب برای انجام محاسبات در نظر گرفته شد (Mohammadzadeh et al. 2014a).

استحکام ضربه نمونه‌ها مطابق استاندارد ASTM En 23-01 با استفاده از دستگاه تست چارپی مدل ROEL AMSLER RKP 300 اندازه گیری شد. پس از آزمون ضربه نمونه‌ها بصورت موازی در جهت فشرده شدن برش داده شدند (شکل ۱). نمونه‌های متالوگرافی بعد از پولیش با محلول (۱۰ گرم $FeCl_3$ ، ۹۵ میلی لیتر اتانول) به مدت ۲۰-۴۰ ثانیه اچ شدند. بعلاوه بررسی‌های ریز ساختاری از قطعات اچ شده با میکروسکوپ نوری (OM) و سطح شکست نمونه‌های آزمون ضربه با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل ۲۳۰۰ CAM SCAN انجام شد.

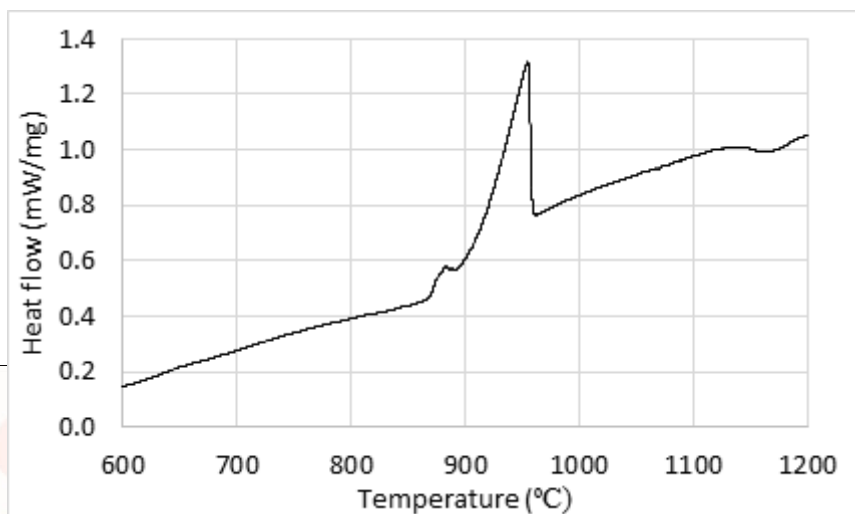


شکل (۱) شماتیکی از مراحل تهیه نمونه متالوگرافی و سطح شکست.

بحث و نتیجه گیری

از آنجا که تولید پودر پیش آلیاژی در فرآیند اتمیزاسیون آبی تحت شرایط تعادلی نمی باشد، بنابراین فاز مایع در طی فرآیند تف جوشی در دماهایی پایین تر از آنچه در نمودار تعادلی نشان می دهد، تشکیل می شود، بنابراین برای تعیین پنجره دمایی تف جوشی سوپر سالیدوس این آلیاژ آنالیز DSC انجام شد. شکل ۲ نشان می دهد که دمای سالیدوس پودر

تقریباً ۸۶۰ درجه سانتی گراد است. به همین دلیل سه دمای ۸۶۰، ۸۷۰ و ۸۸۰ برای بررسی تاثیر تغییرات چگالی خام انتخاب شدند.



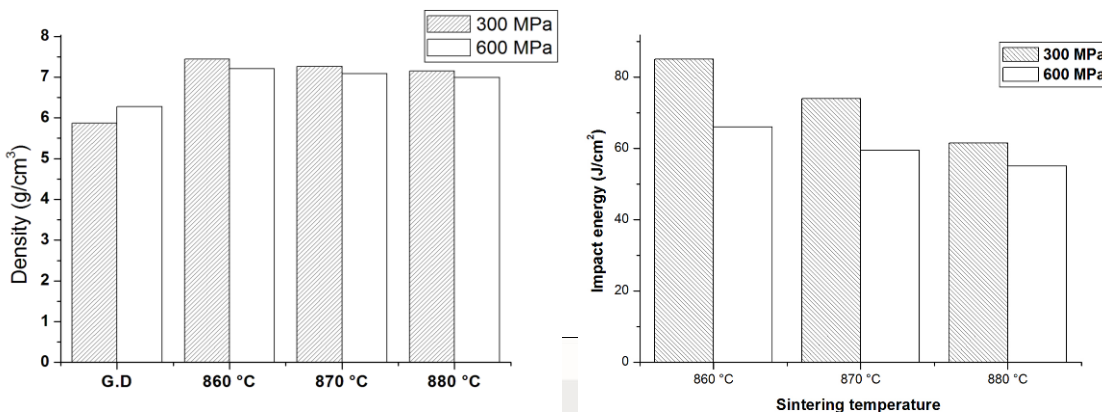
شکل (۲) منحنی آنالیز پودر DSC بونج مصرفی (اتمسفر N₂ و نرخ گرمایش ۱۰°C/min)

به منظور بررسی اثر چگالی خام روی خردایش- آرایش مجدد و به تبع آن چگالش، خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های تف جوشی شده در دماهای مختلف آنالیز شد و نتایج در جدول (۱) خلاصه شده‌اند و برای مقایسه بهتر به صورت گرافیکی در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول (۱) تاثیر فشار فشردن بر روی چگالش و انرژی ضربه (زمان تف جوشی ۲۰ دقیقه و اتمسفر نیتروژن)

انرژی ضربه (J/cm ²)	پارامتر چگالش (%)	چگالی تف جوشی (g/cm ³)	چگالی خام (g/cm ³)	فشار فشردن (MPa)	دمای تف جوشی (°C)
۸۵	۶۵	۷/۴۴	۵/۸۷	۳۰۰	۸۶۰
۶۶	۴۶	۷/۲۱	۶/۲۸	۶۰۰	۸۶۰
۷۴	۵۷	۷/۲۶	۵/۸۷	۳۰۰	۸۷۰
۵۹/۵	۴۰	۷/۰۸	۶/۲۸	۶۰۰	۸۷۰
۶۱/۵	۵۳	۷/۱۵	۵/۸۷	۳۰۰	۸۸۰
۵۵	۳۵	۶/۹۹	۶/۲۸	۶۰۰	۸۸۰

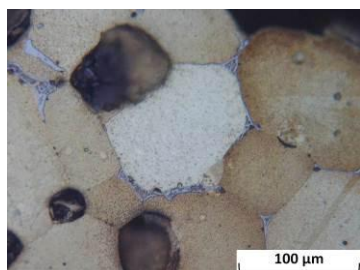
مطابق جدول ۱ به وضوح مشخص است که با افزایش فشار فشردن، چگالی خام نمونه ها افزایش می یابد، این در حالیست که چگالی تف جوشی، پارامتر چگالش و انرژی ضربه با افزایش فشار فشردن و دمای تف جوشی کاهش می یابند.



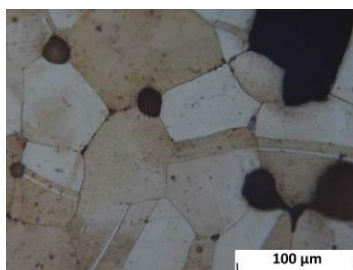
شکل (۳): تاثیر فشار فشردن بر روی چگالش و انرژی ضربه

همچنین با توجه به شکل ۳ مشاهده می شود که در فشار ۳۰۰ MPa چگالش بالاتری نسبت به فشار ۶۰۰ MPa اتفاق می افتد.

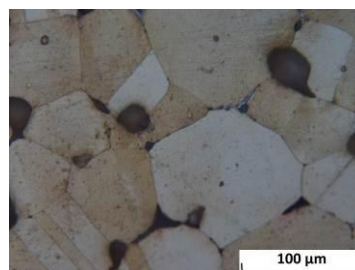
با ملاحظه بیشینه چگالش در دمای ۸۶۰ °C مکانیزم فرآیند SLPS در سه زمان مختلف تف جوشی ارزیابی می شود. در این موارد نمونه ها به صورت هم‌دما در دمای ۸۶۰ °C به مدت ۱۰، ۳۰، ۶۰ دقیقه تف جوشی شدند. برای فهم بهتر اثر فشار فشردن و جاذبه زمین بر خردشدن و آرایش مجدد ذرات و گرا دیان ریز ساختاری نتایج تصاویر نوری و SEM در شکل های ۴ تا ۶ آورده شده است.



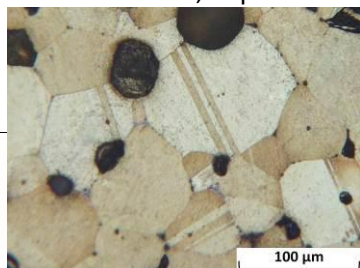
60 min, Top



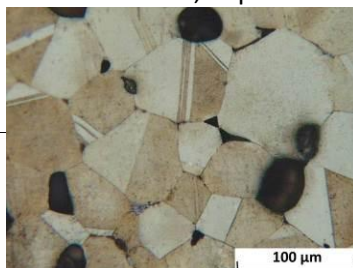
30 min, Top



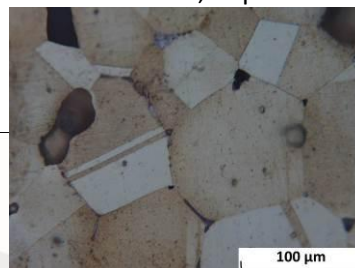
10 min, Top



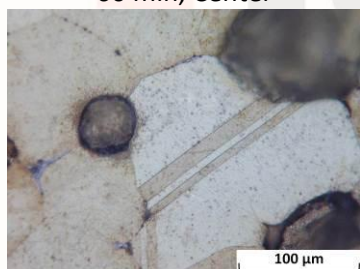
60 min, Center



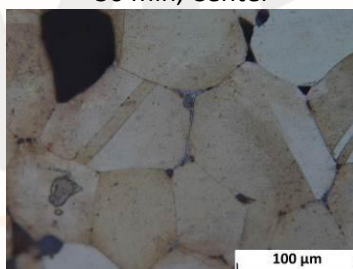
30 min, Center



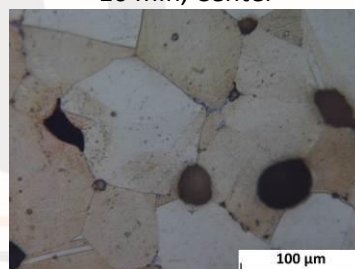
10 min, Center



60 min, Bottom



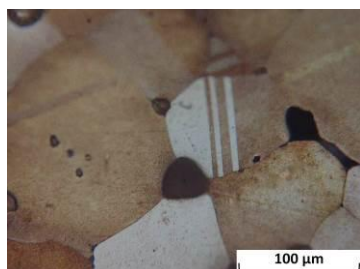
30 min, Bottom



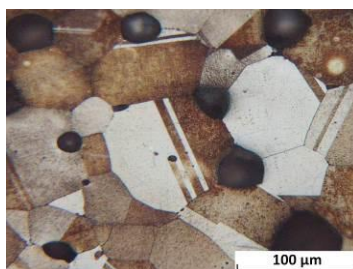
10 min, Bottom

شکل (۴): تاثیر زمان تف‌جوشی در فشار ۳۰۰ مگاپاسکال:

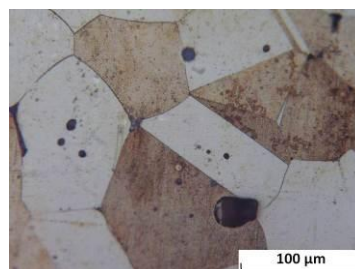
(۱) بر خرد شدن و آرایش مجدد ذرات، (۲) گرا دیان ریز ساختاری ناشی از جاذبه زمین.



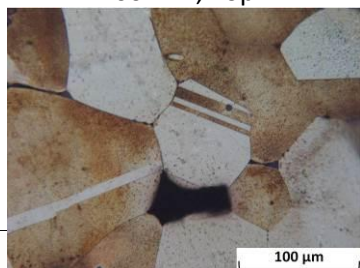
60 min, Top



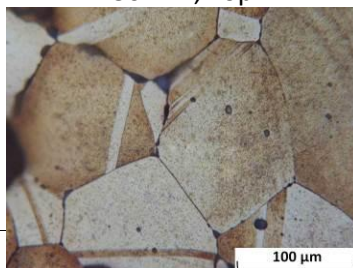
30 min, Top



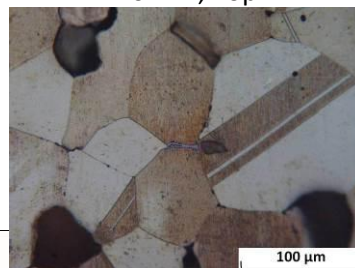
10 min, Top



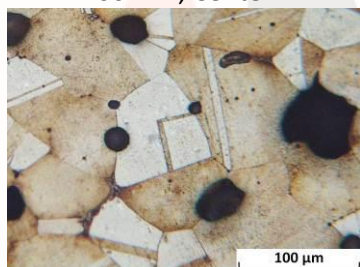
60 min, Center



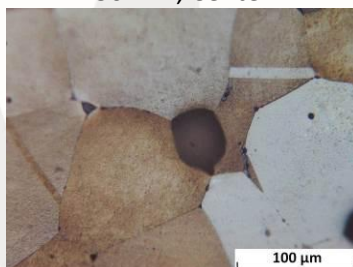
30 min, Center



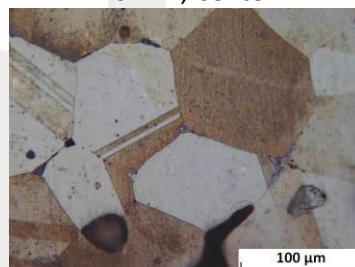
10 min, Center



60 min, Bottom



30 min, Bottom



10 min, Bottom

شکل (۵): تاثیر زمان تف جوشی در فشار ۶۰۰ مگاپاسکال:

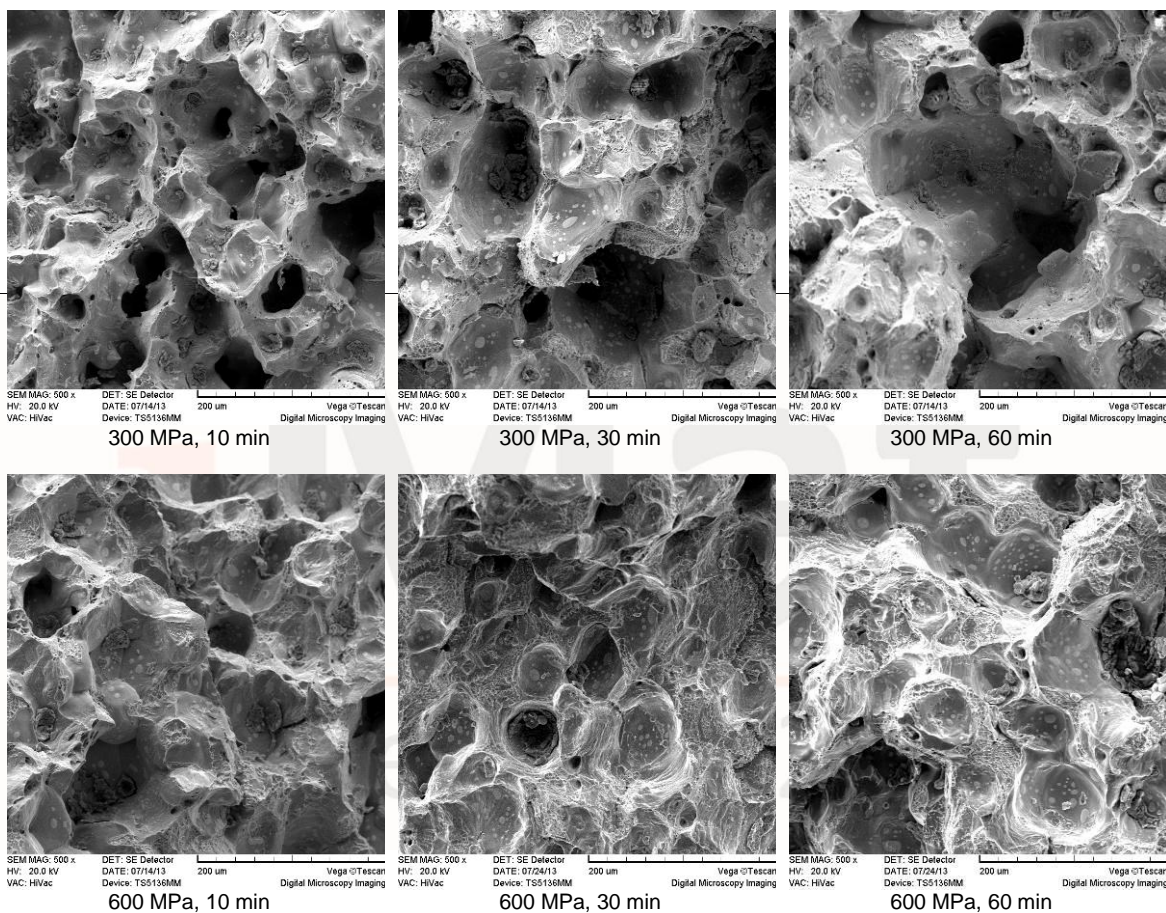
(۱) بر خرد شدن و آرایش مجدد ذرات، (۲) گرادیان ریزساختاری ناشی از جاذبه زمین.

شکل‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهد که با تف جوشی به مدت ۱۰ دقیقه در هر دو فشار، اندازه دانه تقریباً یکسان می‌باشد و حفرات در هر دو نمونه در کل ساختار بطور یکنواخت پخش شده‌اند که علت این امر به دلیل کم بودن فاز مایع اولیه تشکیل شده و در نتیجه غلبه نیروی موینگی بر نیروی جاذبه می‌باشد که باعث پخش یکنواخت مایع می‌شود. در حالیکه با افزایش زمان به مدت ۳۰ دقیقه خردشدن و آرایش مجدد ذرات در نمونه‌های فشار ۳۰۰ MPa مشاهده می‌شود. با افزایش زمان تا ۶۰ دقیقه درشت شدن دانه‌ها و حفرات برای نمونه‌های فشرده شده در فشار ۳۰۰ مگاپاسکال و خردشدن و آرایش مجدد ذرات برای نمونه‌های ۶۰۰ مگاپاسکال را می‌توان نتیجه گرفت. بنابراین مشاهده می‌شود که با کاهش فشار خردایش و آرایش مجدد ذرات سریعتر اتفاق می‌افتد که این امر دلیل خوبی برای حصول چگالش بیشینه در فشار کمتر می‌باشد.

همچنین از اشکال ۴ و ۵ می‌توان تاثیر جاذبه زمین بر فرآیند SLPS و اندرکنش آن با چگالی خام را بررسی کرد. در فشار پایین‌تر (شکل ۴) در زمان‌های ۱۰ و ۲۰ دقیقه با مقایسه سطوح متالوگرافی نمونه‌ها تغییرات محسوسی در گرادیان ریزساختاری قابل رویت نیست که این بیانگر مناسب بودن زمان‌های کمتر از ۳۰ دقیقه برای جلوگیری از گرادیان ریزساختاری است، ولی با افزایش زمان تا ۶۰ دقیقه تغییرات محسوسی در اندازه حفرات و دانه‌ها مشاهده می‌شود. به این ترتیب که اندازه دانه‌ها از بالا به پایین (در جهت جاذبه زمین) بزرگتر شده‌اند و فاز مایع بیشتری در قسمت‌های پایینی ته نشین شده است (مانند ته نشین شدن شن در آب)، که ته نشین شدن فاز مایع باعث ایجاد حفراتی با سایز نسبتاً بزرگ در قسمت‌های بالایی نمونه‌ها شده است. با افزایش فشار به ۶۰۰ مگاپاسکال (شکل ۵) تغییرات محسوسی در گرادیان ریزساختاری مشاهده نمی‌شود که علت می‌تواند بدلیل به تاخیر افتادن فرآیند SLPS و به تبع آن خردشدن و آرایش مجدد ذرات باشد. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که افزایش فشار فشردن می‌تواند تغییر مناسبی برای جلوگیری از گرادیان ریزساختاری باشد.

برای فهم بهتر، تصاویر SEM سطوح شکست در شکل ۶ آورده شده‌اند. نمونه‌هایی که در ۳۰۰ MPa فشرده شدند و در زمان‌های مختلف تف جوشی شدند، رفتار یکسانی با تصاویر نوری دارند. تشکیل فاز مایع در اطراف دانه‌ها و حذف حفره دلایل خوبی برای خردشدن و آرایش مجدد ذرات می‌باشند. به طور کلی چگالی خام کمتر منجر به آرایش مجدد بهتر ذرات می‌شود، در حالیکه در فشارهای بالاتر به علت تماس ذرات ناشی از فشردن (قفل شدن ذرات) تشکیل باندهای جامد در

طول تف‌جوشی با مشکل روبرو می‌شود، و بنابراین به عنوان مانعی در برابر آرایش مجدد ذرات عمل می‌کند. بطور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که افزایش فشار باعث به تاخیر افتادن فرآیند SLPS، خردشدن و آرایش مجدد ذرات و بروز گردادیان ریزساختاری در آلیاژ برنجی تکفاز آلفای CZ 3000 می‌شود.



شکل (۶): تصاویر سطوح شکست در فشارها و زمانهای مختلف.

نتیجه‌گیری

۱. دامنه دمایی مناسب برای تف‌جوشی آلیاژهای برنجی CZ 3000 مطابق نتایج DSC محدوده دمایی ۸۶۰-۸۸۰

درجه سانتی‌گراد نتیجه شد.

۲. خردشدن و آرایش مجدد سریع ذرات در فشارهای پایین، باعث افزایش تاثیر نیروی موئینگی شده و در نتیجه چگالش بالایی قابل حصول است.

۳. خردشدن و آرایش مجدد ذرات نقش مهمی را در چگالش حین SLPS آلیاژهای برنجی تکفاز آلفا دارد.

۴. در زمان‌های کم تفجوشی بدلیلی حضور تخلخل زیاد نیروی موئینگی عامل موثر بوده و موجب تسریع چگالش می‌شود ولی با پرشدن حفرات توسط مذاب و کاهش تخلخل، نیروی جاذبه غالب گشته و باعث کشیده شدن مذاب به قسمت‌های پایین نمونه‌ها و بروز گرا دیان ریز ساختاری شود.

مراجع

- Azadbeh, M., Danninger, H. & Gierl-Mayer, C., 2013. Particle rearrangement during liquid phase sintering of cu-20zn and cu-10sn-10pb prepared from prealloyed powder. *Powder Metallurgy*, 56 (5), 342-346.
- Mohammadzadeh, A., Azadbeh, M. & Namini, A.S., 2014a. Densification and volumetric change during supersolidus liquid phase sintering of prealloyed brass cu28zn powder: Modeling and optimization. *Science of Sintering*, 46, 23-35.
- Mohammadzadeh, A., Sabahi Namini, A. & Azadbeh, M., 2014b. Densification and microstructure characteristics of a prealloyed alpha brass powder processed by liquid phase sintering. *Iranian Journal of Materials Science & Engineering*, 11 (3), 67-74 Available from: http://ijmse.iust.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-3-193&slc_lang=en&sid=1.
- Sabahi Namini, A., Azadbeh, M. & Mohammadzadeh, A., 2013. Microstructure and densification behavior of liquid phase sintered cu-28zn prealloyed powder. *Science of Sintering*, 45, 351-362.