

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



Production and Characterization of Aluminum foam by gas injection method

Abstract

Composite aluminum-SiC foam was manufactured by injection of air and addition of reinforcement particles into the liquid aluminum. Microstructure and mechanical properties of the Al/SiC foams were investigated by scanning electron microscopy and compression tests. Results showed that both the cell size and the wall thickness augmented with increasing of the SiC reinforcement particles; while SiC particles resulted in the reduction of the plateau border length. With more SiC particles, plateau stress became larger; but maximum plateau strain became smaller. The stress-strain curves exhibited serrations in the plateau region due to addition of the SiC particles.

Keywords: Aluminum foam, Gas injection method, Structure, mechanical properties.

تولید و بررسی خواص فوم آلومینیومی به روش تزریق مستقیم گاز در مذاب

چکیده

در این پژوهش با استفاده از روش فوم سازی مستقیم مذاب با تزریق گاز، فوم کامپوزیتی زمینه آلومینیومی با ذرات تقویت کننده کاربید سیلیسیم تولید گردید. جهت تولید فوم، از درصد های حجمی متفاوت ذرات کاربید سیلیسیم (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰) انتخاب گردید، که در نهایت تأثیر این پارامتر بر میزان فوم شوندگی و خواص مکانیکی فوم آلومینیوم تولید شده بررسی شد. نتایج حاصل حاکی از آن است، که جهت تشکیل فومی با پایداری قابل قبول، یک حداقل غلظت بحرانی از ذرات کاربید سیلیسیم مورد نیاز است، که افزایش غلظت ذرات کاربید سیلیسیم در مقادیر بالاتر از آن سبب افزایش پایداری فوم گردید. منحنی تنش-کرنش فشاری فوم‌های آلومینیوم رفتاری دندانه‌ای از خود نشان داد. بعلاوه نتایج آزمون فشار نشان داد که افزایش در مقادیر کاربید سیلیسیم سبب افزایش استحکام فشاری و انرژی جذب شده در فوم های تولیدی می‌گردد

کلمات کلیدی: آلومینیوم، فوم آلومینیومی، روش تزریق گاز، بررسی ساختاری، خواص مکانیکی.

مقدمه

فوم های فلزی خانواده‌ای از مواد نوین به شمار می‌روند، که در سال های اخیر مورد توجه ویژه ای قرار گرفته اند. این مواد دارای ویژگیهای منحصر به فردی هستند که از جمله آن می توان به داشتن نسبت استحکام به وزن بالا، خواص حرارتی و الکتریکی خاص و قابلیت های ویژه در جذب صوت و انرژی اشاره کرد. تولید قطعات فومی به روش های مختلفی امکان پذیر است. این روش ها شامل روش های ذوبی و غیر ذوبی بوده و در این میان، تولید فوم به روش تزریق گاز در مذاب جایگاه مطلوبی نسبت به سایر روش ها دارد. از ویژگی های این روش می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- بالاترین حجم تولید و صرفه اقتصادی در میان دیگر روش های فوم سازی
- امکان تولید فوم به شکل صفحه و قطعه در ابعاد بزرگ
- امکان تولید فوم با دانسیته های زیر ۰/۱ گرم بر سانتیمتر معکب
- خواص مکانیکی مطلوب به دلیل استفاده از ذرات تقویت کننده سرامیکی

تولید فوم آلومینیوم به روش تزریق گاز برای اولین بار با پشتیبانی شرکت سایمت^۱ در سال ۱۹۹۸ توسط پروفیسور تاگری و همکاران [WANG, TOGURI, 1999] در دانشگاه تورنتو انجام شد. در این پژوهش از یک مدل آبی دمای محیط و یک سیستم آلومینیوم دمای بالا جهت بررسی اثر ذرات جامد بر روی پایداری فوم انجام گرفت. در سپتامبر ۲۰۰۱ پروژه ای با عنوان "پایداری فوم" با پشتیبانی شرکت LKR اتریش توسط دکتر بابچن و همکاران [Babcsán, 2003] در موسسه هان-مینتر^۲ در جهت تولید صنعتی این محصول انجام گردید، که به بررسی عوامل موثر بر پایداری فوم آلومینیوم همچون ترکیب مذاب، نوع ذرات سرامیکی و دمای فوم سازی پرداختند. همچنین در سال ۲۰۰۳ پروفیسور دکینگ و همکاران [Deqing, Ziyuan, 2003] در دانشگاه دالین پروژه ای با عنوان اثر ذرات سرامیکی بر اندازه سلول و ضخامت دیواره فوم آلومینیوم انجام دادند. هدف از انجام تحقیق حاضر تولید فوم کامپوزیتی سلول بسته Al/SiCp و مطالعه ساختاری و خواص فشاری آن می باشد.

مواد و روش تحقیق

تولید شمش کامپوزیتی

آلیاژ آلومینیوم ریختگی A356 مطابق با جدول ۱ به عنوان فلز پایه انتخاب گردید. ذرات کاربید سیلیسیم با اندازه متوسط ۱۰ میکرومتر محصول شرکت کاربوردوم آلمان به عنوان عامل فعال سطحی استفاده گردید. حرارت دهی ذرات SiC به مدت یک ساعت در دمای ۹۵۰ درجه سانتیگراد و سپس به مدت ۲ ساعت در دمای ۶۵۰ درجه سانتیگراد به منظور حذف آلودگی ها و گازهای جذب شده سطحی و در نتیجه بهبود ترشوندگی ذرات SiC توسط مذاب آلومینیوم انجام گردید.

1 - Cymat Company , Toronto , Canada

2 - Hahn-Meitner Institute, Berlin, Germany

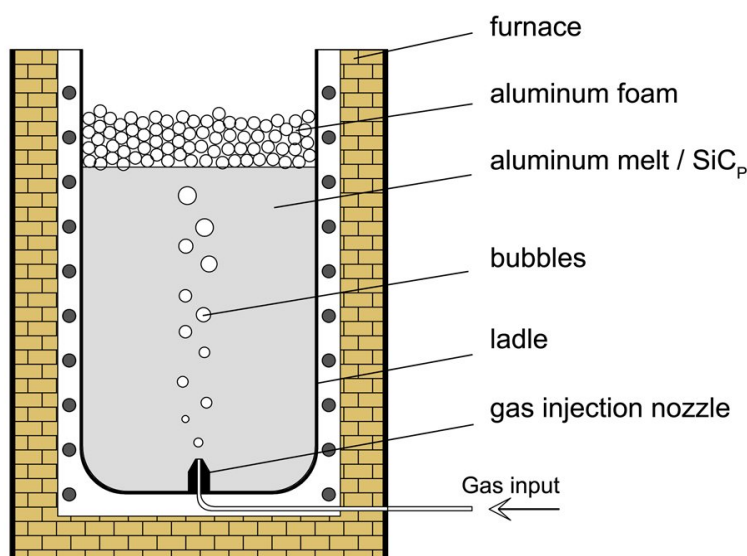
جهت افزودن کاربرد سیلیسیم به آلومینیوم مذاب از تکنیک ریخته-گری گردایی استفاده گردید.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی آلیاژ A356

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Pb	Zn	Ti	Ni	نوع عنصر
باقیمانده	8.5-9.5	0.2	0.2	0.03	0.45-0.65	0.03	0.03	0.03	0.03	درصد وزنی

تولید فوم آلومینیوم

شمش‌های کامپوزیتی Al/SiCp تهیه شده در مرحله قبل را در دمای ۷۵۰ °C ذوب گردیده و مذاب کامپوزیتی مجدداً توسط همزن با سرعت ۱۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه همزده می‌شود تا قبل از اینکه عمل تزریق گاز به درون مذاب صورت گیرد ذرات کاربرد سیلیسیم کاملاً پخش و مذابی یکنواخت گردد. سپس عمل فوم سازی مطابق شکل ۱ با تزریق گاز به درون مذاب تحت فشار ۰/۲ Mpa و دبی ۲ L/min به مدت ۳۰ ثانیه انجام گردید.



شکل ۱- طرح شماتیک دستگاه تولید فوم آلومینیومی با تزریق مستقیم گاز در مذاب

دانسیتته و درصد تخلخل

برای بدست آوردن مقدار دانسیته فوم ها، بلوک های مکعبی شکل از نمونه های تهیه گردید و دانسیته نمونه ها با استفاده از نسبت وزن به حجم آنها به دست آمد. همچنین به منظور تعیین درصد تخلخل فوم های تولید شده از رابطه (۱) استفاده گردید:

$$P = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right) \times 100\% \quad (1)$$

در رابطه فوق P ، درصد تخلخل فوم کامپوزیتی ρ_s !! ρ به ترتیب چگالی فوم کامپوزیتی و چگالی ماده موجود در دیواره ها و نسبت ρ/ρ_s که چگالی نسبی فوم کامپوزیتی نامیده می شود مشخص کننده نسبت چگالی محصول فومی به چگالی ماده موجود در دیواره ها می باشد. فوم های کامپوزیتی تولید شده و مقادیر چگالی نسبی و درصد تخلخل آنها در جدول ۲ آمده است!!

جدول ۲- فوم های کامپوزیتی تولید شده و مقادیر چگالی نسبی درصد تخلخل آن ها.

Property	Sample			
	AS5	AS10	AS15	AS20
SiC particles (Vol. %)	5	10	15	20
Density (g/cm ³)	0.1	0.16	0.25	0.32
Porosity (%)	96.0	94.0	90.0	88.0

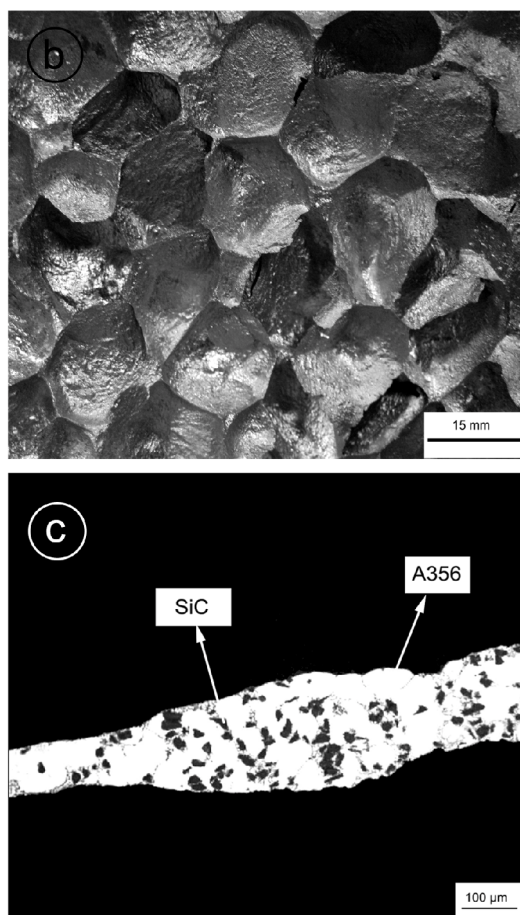
خواص مکانیکی

آزمایش های مکانیکی انجام شده در این تحقیق شامل آزمایش فشار تک محور بر روی نمونه های فوم کامپوزیتی Al/SiCp بود که با هدف مقایسه خواص مکانیکی محصولات با یکدیگر صورت گرفت. نمونه های فشاری مورد استفاده برای آزمون فشار تک محور به شکل مکعب به ابعاد 50mm×50mm×40mm و مطابق با استاندارد DIN50134 بودند. این نمونه ها از فوم های تولید شده با کسر حجمی متفاوت ذرات SiC تهیه شدند و به منظور مقایسه خواص مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایش فشار تک محوری توسط دستگاه تست Zwick Z250 یونیورسال و در دمای اتاق صورت گرفت. سرعت حرکت فک ها در این آزمایش ۱ mm/min انتخاب شد.

نتایج و بحث

بررسی ریزساختاری

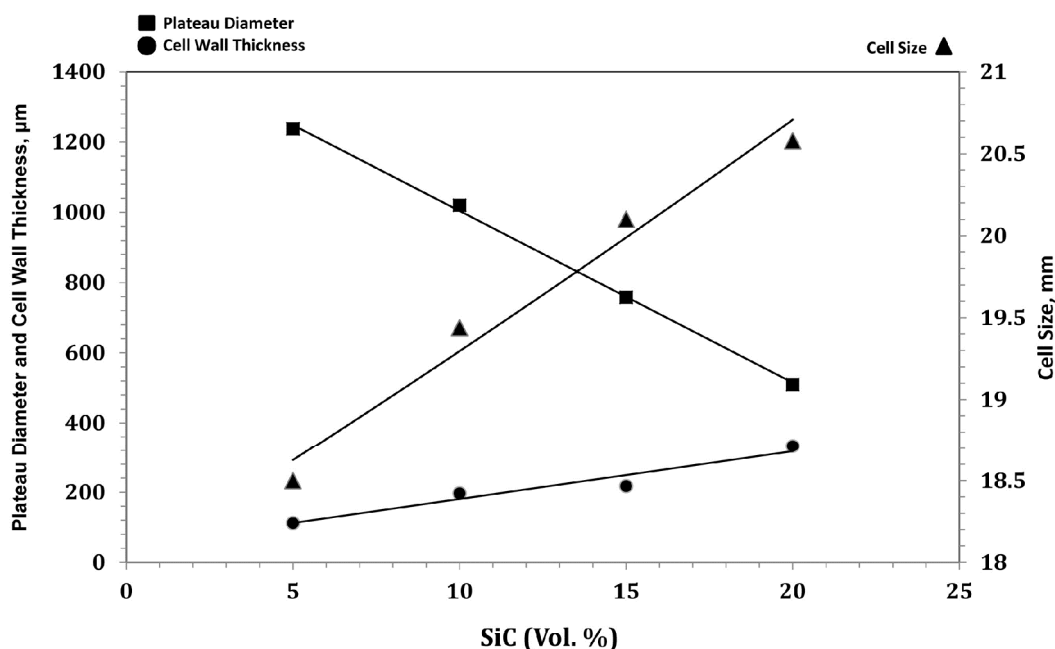
ریزساختار نوری و الکترونی عبوری نمونه فومی تولید شده با چگالی نسبی ۰/۲۵ در شکل ۲ دیده می شود. مشاهده ریزساختار نوری نمونه فوم تولیدی گویای ساختار یکنواخت سلول ها در محصول بوده و تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نیز توزیع یکنواخت ذرات SiC در دیواره سلول ها را نشان می دهد.



شکل ۲- ساختار سلول های فوم آلومینیومی تولید

نتایج حاصل حاکی از آن است، که جهت تشکیل فوم با پایداری قابل قبول، یک حداقل غلظت بحرانی از ذرات کاربید سیلیسیم مورد نیاز است، که افزایش غلظت ذرات کاربید سیلیسیم در مقادیر بالاتر از آن سبب افزایش پایداری فوم می گردد. همچنین افزایش بیش از

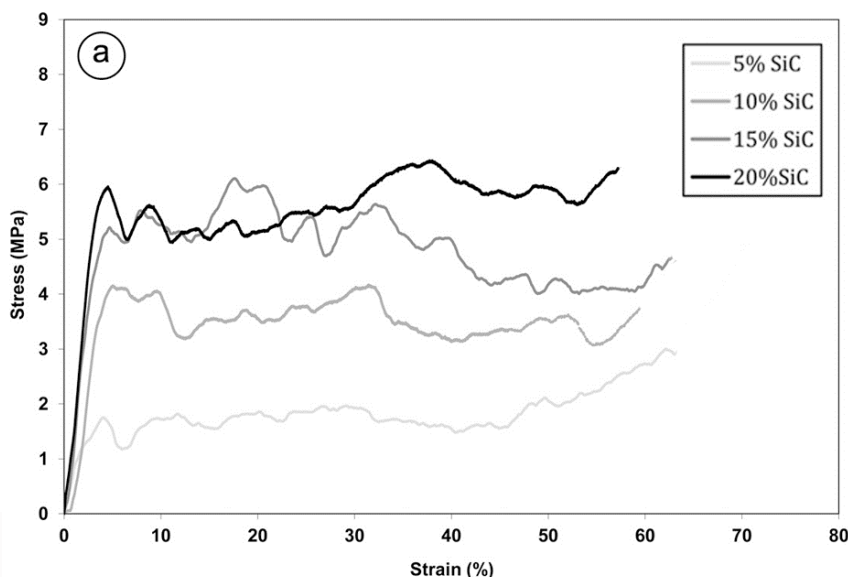
حد کاربید سیلیسیم نقشی در افزایش پایداری فوم ندارد و سبب افزایش بیش از حد ویسکوزیته شده که باعث می شود در فشارهای معمول دمش گاز قابلیت فوم شوندگی نخواهیم داشت. بنابراین یک مقدار بحرانی و درصد مشخص از ذرات کاربید سیلیسیم برای فوم شوندگی مورد نیاز است [Banhart, 2006]. با افزایش درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم در مذاب مطابق شکل ۳ اندازه سلول ها افزایش می یابد [Deqing, Weiwei, Ziyuan, 2006]. علت این پدیده را می توان ناشی از افزایش حضور ذرات کاربید سیلیسیم در دیواره سلول که باعث اصلاح انحناى سلول در مرز مذاب - گاز می شود.



شکل ۳- بررسی اثر درصد حجمی کاربید سیلیسیم بر اندازه سلول و اندازه ضخامت دیوار سلول

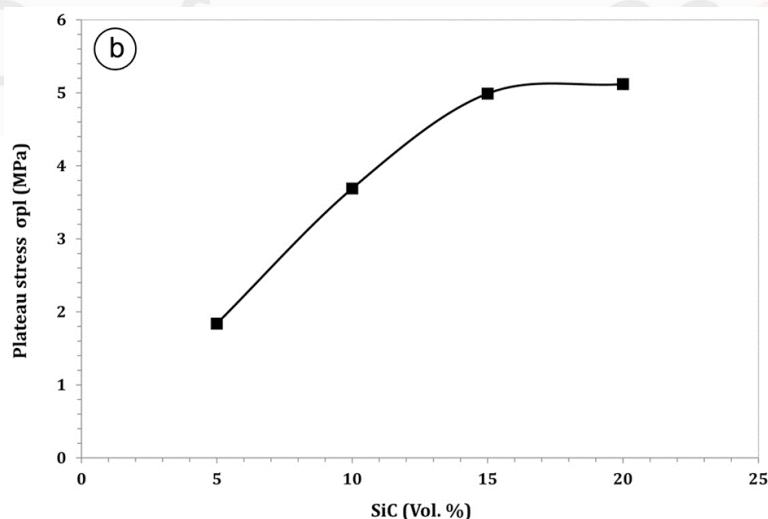
خواص مکانیکی

منحنی تنش-کرنش فشاری فوم آلومینیوم در شکل ۴ مشاهده می شود. نتایج تست فشار نشان داد که منحنی تنش-کرنش فشاری فوم های آلومینیوم رفتار دندانه ای از خود نشان می دهد که این پدید در مواد سلولی طبیعی می باشد و این رفتار قابلیت جذب انرژی مواد سلولی را نشان می دهد [Deqing, Weiwei, Xiangjun, Ziyuan, 2005].



شکل ۴- منحنی تنش- کرنش فشاری فوم‌های کامپوزیتی تولیدی باکسر حجمی متفاوت ذرات

ذرات کاربید سیلیسیم افزوده شده به عنوان یک عامل پایدار کننده فوم، همچنین سبب تأثیر مثبت بر خواص فشاری فوم نیز می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد مطابق با شکل ۵ که با افزایش درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم سبب افزایش استحکام تسلیم مسطح فوم‌های آلومینیوم تولید شده می‌گردد. ذرات کاربید سیلیسیم موجود در دیواره سلول‌ها، نیروی فشاری را تا حدی تحمل می‌کنند و باعث افزایش استحکام می‌شوند تا اینکه نیروی وارده فراتر از حد تحمل فوم شود و باعث شکست از فصل مشترک یا از درون ذرات کاربید سیلیسیم می‌شود [Deqing et al, 2005].



شکل ۵. اثر درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم بر تنش مسطح فوم آلومینیوم

نتیجه گیری

نتایج حاصل حاکی از آن بود، که جهت تشکیل فوم با پایداری قابل قبول، یک حداقل غلظت بحرانی از ذرات کاربید سیلیسیم مورد نیاز است. مشابه با نتایج شبیه سازی، بالاتر از این غلظت بحرانی، پایداری فوم با افزایش درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم افزایش می‌یابد. همچنین افزایش بیش از حد کاربید سیلیسیم نقشی در افزایش پایداری فوم ندارد و باعث افزایش بیش از حد ویسکوزیته شده که در فشار معمول دمش گاز قابلیت فوم شوندگی نخواهد داشت. بنابراین یک مقدار بحرانی و درصد مشخص از ذرات کاربید سیلیسیم برای فوم شوندگی مورد نیاز است. همچنین افزایش درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم سبب افزایش استحکام فشاری مسطح و میزان انرژی جذب شده توسط فوم می‌گردد.

مراجع

- John Banhart . Metal Foams: Production and Stability, Advanced Engineering Materials. (2006), 8, No. 9
N.Babcsán , D.Leitmeier and P.Degischer .Foamability of Partial Reinforced Aluminum
Melt.werkstofftech.34,22-29(2003)
- S. W. IP, Y. WANG and J. M. TOGURI. Aluminum Foam Stabilization by Solid Particles. Canadian Metallurgical Quarterly, Vol. 27,(1999)
- Wang Deqing , Shi Ziyuan .Effect of ceramic particles on cell size and wall thickness of aluminum foam.
Materials Science and Engineering A361 (2003) 45-49
- WANG DEQING, XUE WEIWEI, MENG XIANGJUN, SHI ZIYUAN, Cell structure and compressive behavior of an
aluminum foam. Materials Science 40 (2005) 3475 - 3480
- Wang Deqing, Xue Weiwei, Shi Ziyuan .Cell size prediction of a closed aluminum foam.Materials Science and
Engineering A 431 (2006) 298-305