کنگره سراسری فناوری های نوین ایران

اولین کنگره سراسری فناوری های نوین ایران

تاریخ: ۱۳۹۳/۱۱/۲۳
شماره: ۱۰۸۶

گواهی ارائه مقاله

بدینوسیله گواهی می گردد ، اصل مقاله با عنوان:

تولید فوم تیتانیم با استفاده از عامل فوم ساز هیدرید تیتانیم به روش متالورژی پودر

کد مقاله: **SENA101708502**

ارائه شده توسط: **انسیه عدالتی خدابنده، سید عبدالکریم سجادی، ابوالفضل باباخانی**

مورد پذیرش کامل و تأیید هیات داوران و کمیته علمی جهت ارائه در اولین کنگره سراسری فناوری های نوین ایران قرارگرفته و بصورت شفاهی ارائه گردیده است. امید است نتایج این کنگره در بهبود هرچه بیشتر عملکرد ایشان در راستای افزایش بهره وری و تحقق توسعه پایدار در کشور مؤثر واقع شده و در ارتقاء علمی ایشان مد نظر قرار گیرد.

مهندس فرزانه براتی
دبیر کنگره و معاون پژوهش، تحقیقات و فناوری
مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار

دکتر مهدی رهایی
دبیر علمی و رئیس کمیته داوران
اولین کنگره سراسری فناوری های نوین ایران

تولید فوم تیتانیم با استفاده از عامل فوم ساز هیدرید تیتانیم به روش متالورژی پودر

انسیه عدالتی خدابنده ، سید عبدالکریم سجادی ، ابوالفضل باباخانی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مواد دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه مهندسی مواد دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه مهندسی مواد دانشگاه فردوسی مشهد

En_edalati@yahoo.com

چکیده

در این پژوهش فوم تیتانیم با استفاده از روش متالورژی پودر تولید شد. برای تولید این فوم از پودرهای تیتانیم و هیدرید تیتانیم استفاده شد. از دو نوع مخلوط پودری با درصد وزنی ۵ و ۱۰ درصد TiH2 برای ساخت نمونه های استوانه ای توسط پرس سرد تک محوره استفاده شد. سپس نمونه ها در دو مرحله و در دماهای ۴۰۰ و ۱۰۵۰ درجه سانتیگراد فوم سازی شدند. ویژگی های فوم های تولیدی با استفاده از میکروسکوپ های نوری و SEM ودستگاه پراش پرتو X (XRD) و نرم افزار پردازش تصویر MIP بررسی شد.

کلمات کلیدی: تیتانیم ، هیدرید تیتانیم ، متالورژی پودر

۱.مقدمه

فوم ها و مواد متخلخل که ساختار سلولی دارند خواص فیزیکی و مکانیکی بسیار جالبی دارند، مثل نرم پایی همراه با وزن مخصوص پایین یا نفوذپذیری بالای گاز همراه با رسانایی حرارتی خوب.به همین دلیل طبیعت اغلب از مواد با ساختار سلولی در اهداف عملی و ساختاری استفاده می‌کند.(مثل چوب و استخوان)[2].

از میان مواد سلولی ساخت انسان، فوم های پلیمری مهمترین و پرکاربردترین فوم ها در تکنولوژی هستند. اما اکنون فوم های فلزی و یا آلیاژی نیز می‌توانند تولید شوند که کاربردهای جدید و جالبی دارند.جامدات سلولی و خواص آن ها به صورت جزیی توسط گیبس و اشبی توضیح داده شده اند. مروری بر فلزات سلولی در سال ۱۹۸۳ منتشر شد. از آن موقع تاکنون پیشرفت های زیادی مربوط به تولید و خواص و کاربردهای فوم های فلزی انجام شده است[4,2].

۲.تئوری و پیشینه تحقیق

فوم های تیتانیم به دلیل دانسیته پایین و مقاومت شیمیایی زیاد و خواص مکانیکی برجسته ای که دارند در خیلی از کاربردها به کار می‌روند. اولین استفاده از فوم های تیتانیم در کاربردهای ساختاری است، مثل زیردریایی و فضانوردها به دلیل مقاومت به خوردگی بالا ، استحکام فشاری و نرم پایی خوب. کاربرد دیگر این فوم ها در کاشت های مصنوعی جایگزین استخوان است، به دلیل قابلیت سازگاری خوب تیتانیم با بدن و خواص مکانیکی خوب تیتانیم[6,3,1].

تیتانیم فلز سبکی است که خواص مکانیکی بسیار خوبی از خود نشان می‌دهد. اما به دلیل نقطه ذوب خیلی بالا فرایند فوم سازی درحالت مذاب خیلی سخت است. مشکل دیگر تیتانیم میل ترکیبی زیاد تیتانیم با گازهای اتمسفر مثل اکسیژن و نیتروژن است که در دمای بالاتر از$^{\circ}C$ ۴۰۰ در تیتانیم جامد و مایع سریع حل می‌شوند و باعث کاهش داکتیلیته می‌شوند. همچنین تیتانیم مذاب با خیلی از قالب های فلزی واکنش می‌دهد و این هم فوم سازی در حالت مذاب را مشکل می‌کند. از طرفی ریخته گری نمونه های بالک تیتانیم نیاز به خلا زیاد و تجهیزات مقاوم در دمای بالا دارد[2].

روش متالورژی پودر می‌تواند نمونه های بالک تیتانیم را در دماهای خیلی پایین تر و با واکنش پذیری کمتر تولید کند. امروزه اکثرا تولید فوم های تیتانیم با استفاده از روش متالورژی پودر انجام می‌شود و از روش ذوبی صرفنظر شده است. از طرفی از لحاظ اقتصادی هم به صرفه تر است[2].

روش های مختلفی برای تولید فوم تیتانیم استفاده شده است که مهمترین روش ها در زیر آورده شده است[2].

۳-۱. روش های برپایه تف جوشی کردن فوم

۱. تف جوشی کردن پودرهای یک شکل

۲. تف جوشی کردن پودر با دمیدن یک عامل گازی

۳. تف جوشی کردن پودرها با استفاده از عامل فضاساز

۴. تف جوشی کردن پودرهای رسوب داده شده بر روی داربست های موقت

در این روش از یک داربست پلیمری که بوسیله مخلوطی از پودر تیتانیم و بایندر پوشش داده شده است استفاده می‌شود. بعد از برداشتن داربست و بایندر و تف جوشی بعدی پودرها یک ساختار متخلخل با سلول های باز ایجاد می‌شود. این روش بوسیله کاپ انجام شده است.

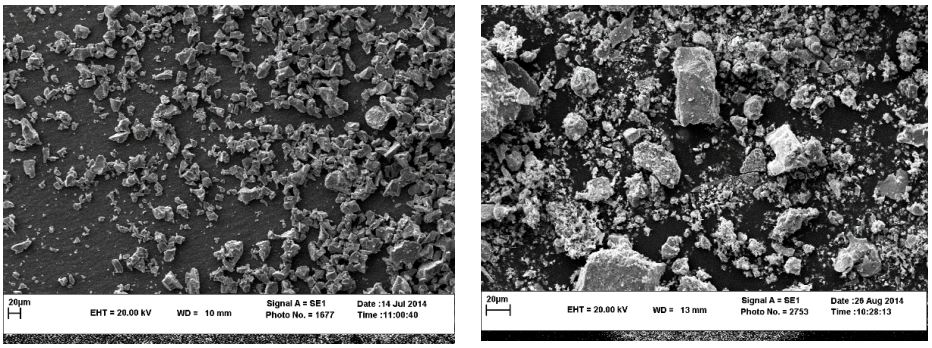
۳-۲. روش های بر پایه انبساط حفرات فشرده

۱. روش انبساط خزشی

۲. روش انبساط سوپرپلاستیک

۳.روش انجام آزمایش

در این روش از پودر تیتانیم با خلوص ۹۹/۹۹ درصد به عنوان پودر زمینه و پودر هیدرید تیتانیوم با خلوص بالای ۹۸ درصد به عنوان عامل فضاساز استفاده شد. میانگین اندازه پودر تیتانیم ۵۰ میکرون و میانگین اندازه پودر هیدرید تیتانیم ۴۰ میکرون بود. تصاویر SEM پودرهای اولیه را در شکل ۱ مشاهده می‌کنید.



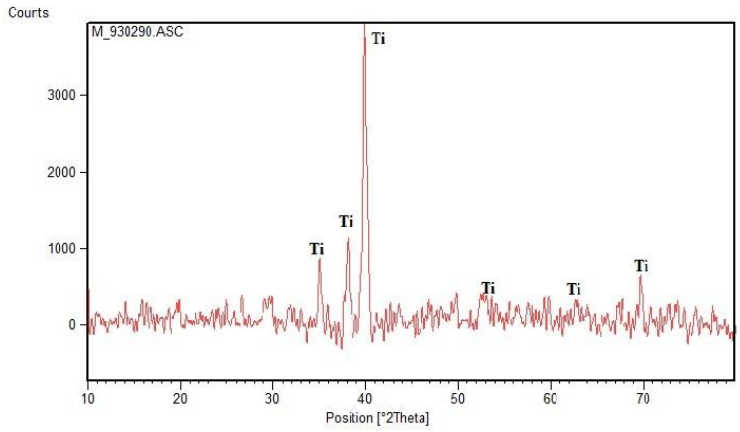
ب الف

شکل ۱. تصاویر SEM پودرهای الف)تیتانیم و ب) هیدرید تیتانیم مورد استفاده در پژوهش حاضر

در ابتدا پودرهای اولیه با ترکیب ۵ و ۱۰ درصد وزنی TiH2 با یکدیگر مخلوط شدند و سپس پودرهای مخلوط شده توسط دستگاه پرس هیدرولیک با فشار۲۰۰ مگاپاسکال در قالب فولادی با محفظه استوانه ای با قطر۱۰ میلی متر متراکم شدند. در مرحله سوم تولید فوم، پودرهای مخلوط شده پس از پرس شدن، با توجه به دمای تجزیه عامل فوم ساز و نقطه ذوب پودرهای فلزی زمینه، در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۶۰ دقیقه پیش گرم شدند. و درمرحله آخر، فوم سازی در دماهای متفاوت ۸۵۰، ۹۰۰، ۹۵۰و ۱۰۵۰ درجه سانتیگراد در کوره تحت گاز آرگون و به مدت ۱۲۰ دقیقه انجام شد و ویژگی های نمونه ها با استفاده از میکروسکوپ های نوری و SEM و دستگاه پراش پرتو X (XRD) و نرم افزار آنالیز تصویر MIP با یکدیگر مقایسه شد.

۴.نتایج و بحث

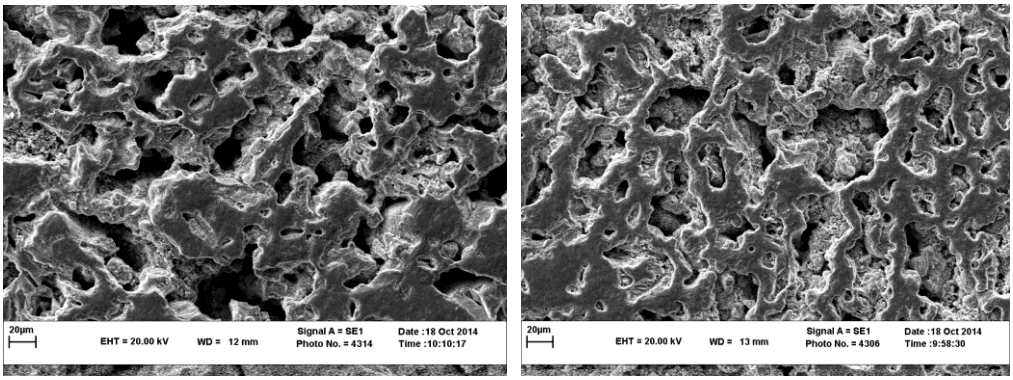
شکل زیر الگوی XRD فوم تولیدی در دمای ۹۵۰ درجه سانتیگراد را نشان می‌دهد..



شکل ۲. الگوی پراش پرتو X فوم تولیدی در دمای ۹۵۰ درجه سانتیگراد.

همان طور که از الگوی XRD مشخص است بعد از مرحله فوم سازی تنها تیتانیم در نمونه باقی مانده است و عامل فوم ساز در نمونه مشاهده نمی شود. از آنجا که محدوده تجزیه دمایی TiH2 بین ۴۳۰ تا ۶۳۵ درجه سانتیگراد است [5]، TiH2 در طی مرحله فوم سازی به طور کامل تجزیه شده است و گاز هیدروژن از نمونه خارج شده است و تنها تیتانیم در نمونه باقی مانده است.

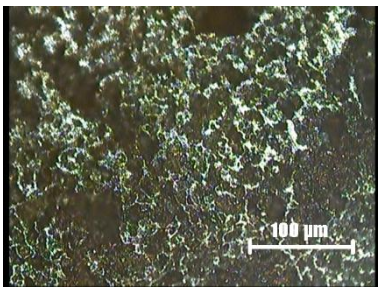
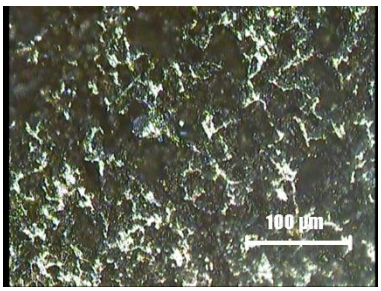
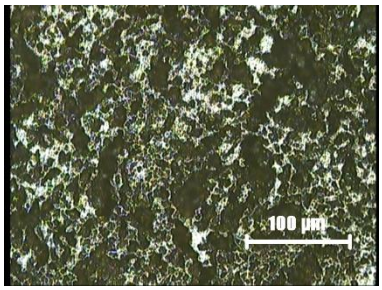
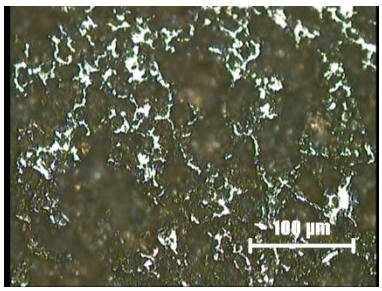
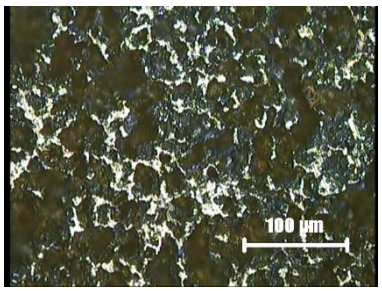
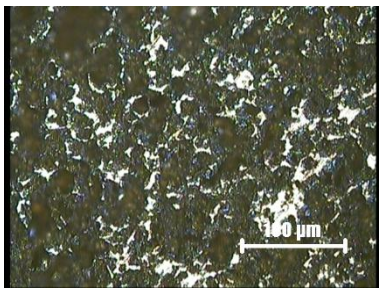
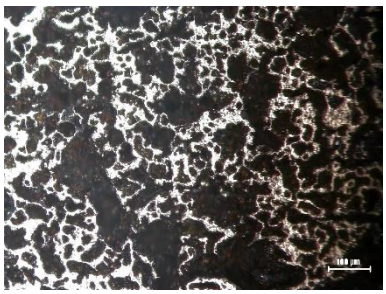
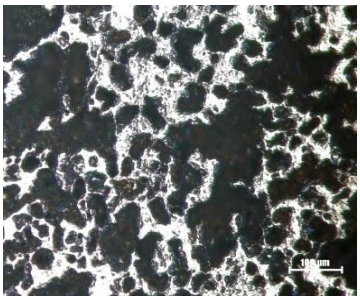
شکل ۳ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی دو نمونه فوم تیتانیمی تولید شده در دمای ۱۰۵۰°C و با درصدهای تخلخل مختلف را نشان می‌دهد. همان طور که در تصاویر مشاهده می‌شود شکل گیری و توزیع حفرات در سطوح نمونه ها کاملا همگن بوده و میانگین اندازه حفرات بین ۲۰ تا ۲۰۰ میکرون می‌باشد.



ب **الف**

شکل ۳. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه های فوم تیتانیومی با درصد تخلخل الف) ۶۹.۲۰ ب) ۷۲

در ادامه چندین تصویر میکروسکوپ نوری از فوم سازی در دماهای مختلف آورده شده است.

%TiH2 / دما	۵٪	۱۰٪
۸۵۰ °C		
۹۰۰ °C		
۹۵۰ °C		
۱۰۵۰ °C		

شکل ٤. تصاویر میکروسکوپ نوری فوم های تولیدی در دما و درصدهای وزنی مختلف TiH2

همان طور که از شکل ۴ مشخص است با افزایش درصد وزنی TiH2 در یک دمای ثابت اندازه حفرات بزرگتر و تعداد حفرات نیز بیشتر شده است که این به دلیل این است که با افزایش درصد وزنی TiH2 گاز بیشتری تولید شده است و درحین تجزیه و حذف عامل فوم ساز حفره بیشتری به جای مانده است.

همچنین با افزایش دما در یک درصد وزنی ثابت عامل فوم ساز، نیز به دلیل تجزیه و حذف بیشتر عامل فوم ساز حفرات به جای مانده بیشتری در سطح نمونه مشاهده می شود. از طرفی پیوستگی بین حفرات نیز بیشتر شده است که این می تواند به دلیل تجزیه و حذف بیشتر گاز باشد.

. اثر دما و درصد وزنی عامل فوم ساز

با استفاده از نرم افزار پردازش تصویر MIP درصد فاز متخلخل در سه نقطه مختلف از نمونه محاسبه و میانگین این اعداد به عنوان درصد سطحی تخلخل گزارش شد. جدول زیر درصد سطحی تخلخل فوم های تولیدی را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱. ویژگی فوم های تولیدی در دماهای مختلف

دما (درجه سانتیگراد)	درصد وزنی TiH2	درصد سطحی تخلخل
۸۵۰	٪۵	٪۶۲.۰۹
۸۵۰	٪۱۰	٪۶۶.۲۱
۹۰۰	٪۵	٪۶۶.۱۰
۹۰۰	٪۱۰	٪۶۷.۷۰
۹۵۰	٪۵	٪۶۸.۹۵
۹۵۰	٪۱۰	٪۶۹.۷۲
۱۰۵۰	٪۵	٪۶۹.۲۰
۱۰۵۰	٪۱۰	٪۷۲

مشاهده می‌شود که در نمونه های به دست آمده با افزایش درصد وزنی عامل فوم ساز در هر دمای ثابت و فشار متراکم سازی ثابت، میانگین تخلخل نمونه ها افزایش یافته است. دلیل این امر تولید گاز بیشتر و نیز حفرات به جا مانده بیشتر در اثر تجزیه و یا حذف درصد بیشتری عامل فوم ساز می‌باشد. همپنین با افزایش درصد وزنی عامل فوم ساز پیوستگی حفرات نیز بیشتر مشاهده می‌شود که می‌تواند مرتبط با گاز محبوس شده بیشتر در بین ذرات باشد.

همچنین در نمونه ها با ۵ و ۱۰ درصد وزنی عامل فوم ساز با افزایش دمای فوم سازی درصد سطحی تخلخل نمونه ها افزایش می‌یابد که این امر مرتبط با تجزیه و حذف عامل فوم ساز و امکان شکل گیری حفرات بیشتر است.

۵. نتیجه گیری

در این پژوهش فوم تیتانیم با استفاده از روش متالورژی پودر و با کمک عامل فوم ساز TiH2 در درصدهای وزنی مختلف ، و دماهای مختلف فوم سازی تولید شد. و نتیجه الگوی XRD نشان داد که بعد از فوم سازی تنها فاز باقی مانده در نمونه تیتانیم است زیرا در حین فوم سازی عامل فوم ساز تجزیه می شود. نتایج نشان داد که دو پارامتر مهم بر روی فوم سازی اثرگذار بودند: دما و درصد وزنی عامل فوم ساز

۱)با مشاهده تصاویر میکروسکوپ نوری و با استفاده از نرم افزار پردازش تصویر MIP مشخص شد که با افزایش درصد وزنی عامل فوم ساز، میانگین درصد تخلخل نمونه ها افزایش یافته است که این به دلیل تولید گاز بیشتر و حفرات به جای مانده بیشتر در اثر حذف و تجزیه عامل فوم ساز است.

۲)همچین با افزایش دمای فوم سازی نیز به دلیل تجزیه بیشتر عامل فوم ساز درصد سطحی تخلخل افزایش یافته است و به طور کلی درصد تخلخل از ۶۲ درصد تا ۷۲ درصد افزایش یافت. از طرفی مشاهده می شود که هر چقدر دما افزایش می یابد پیوستگی حفرات نیز بیشتر می شود که این پیوستگی بیشتر حفرات منجر به بهبود خواص فوم خواهد شد. بنابراین فوم سازی در دماهای بالاتر توصیه می شود.

۵.پیشنهادات

در ادامه و در راستای این پروژه چند پیشنهاد برای پژوهش های آینده می شود:

۱)تولید فوم آلیاژ Ti-6Al-4V با استفاده از عامل فضاساز پلیمری و با استفاده از روش متالورژی پودر.

۲)تولید فوم نانو کامپوزیت Ti/Tic با استفاده از عامل فضاساز و روش متالورژی پودر

۶. مراجع

۱. David. C. Dunand, "Processing of Titianium Foams", Advanced Engineering Marerials

۲. J. Banhart, "Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams ", Progress in Materials Science, 46, 559–632, 2001.

۳. M.V. Oliveira , A.C. Moreira, C.R. Appoloni, R.T. Lopes, L.C. Pereira, C.A.A. Cairo," Porosity Study of Sintered Titanium Foams".

۴. R. Goodall, "Porous metals: foams and sponges", The University of Sheffield, UK

۵. Y.W. Gu a, M.S. Yong a, B.Y. Tay a, C.S. Lim b. "Synthesis and bioactivity of porous Ti alloy prepared by foaming with TiH2", Materials Science and Engineering C 29, 1515–1520, 2009.

۶. Ziya Esen, Elif Tarhan, S¸ akir. "Characterization of loose powder sintered porous titanium and Ti6Al4V alloy", Turkish J. Eng. Env.Sci.33, 207 – 219.2009.