Archive of SID

مقاله نامه هفتمین کنفرانس ملّی خلأ ایران
دانشگاه مازندران
۲۰و۲۱ آبان ۱۳۹۴

ساخت نانوساختارتابعی جهت‌دار تنگستن- مس به روش متالورژی پودر-استفاده در مواد مقاوم به پلاسمای داغ

پروین یورتچی[۱و۲]، نرگس نعمتی[۱]، سید محمود سادات کیایی[۱]

[۱]پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته‌ای- پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای -سازمان انرژی اتمی ایران-تهران-ایران

[۲]دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران- ایران

چکیده:

روش متالورژی پودر یک روش کم هزینه و مناسب برای ایجاد ساختار لایه‌ای جهت‌دار از ترکیب مس و تنگستن است هر چند ممکن است نارسایی‌هایی نیز داشته باشد. از مزایای مهم این روش، انجام فرآیند در دمای پایین و نیز دستیابی به ساختار با ترکیب دلخواه ازعناصر مس و تنگستن می باشد. لازم به ذکر است کامپوزیت تابعی جهت‌دار تنگستن-مس (W-Cu) یکی از گزینه‌های پیشنهادی برای استفاده در شرایط خلأ بالا و نیز پلاسمای داغ جریانات ناشی از گداخت هسته‌ای است. دلیل آن ضریب انتقال حرارت بالا و نیز مقاومت به شوک حراراتی در تماس با پلاسما می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از آلیاژسازی مکانیکی، پودر تنگستن و مس خالص با نسبت‌های وزنی مشخص (W, W-20wt.% Cu, W-40wt.%Cu, W-60wt.%Cu, W-80wt.%Cu, Cu) به کمک آلیاژسازی مکانیکی مخلوط شده و در نهایت با کمک پرس داغ تک جهته (در دمای ۱۲۰۰ ℃)، فشرده سازی و تف جوشی شده است. پس از آن نمونه‌های کامپوزیتی جهت‌دار ساخته شده به این روش مورد آزمون‌های مکانیکی و فیزیکی جهت تعیین خواص قرار گرفتند.

Synthesis of Functional Graded Composite Materials of Copper –Tungsten with Powder Metallurgy Technique -Applied in Hot Plasma Facing Components

Yourtchi, Parvin[1,2*]; Nemati, Narguess[1]; Sadat Kiai, Seyed Mahmood[1]

[1]*Plasma & Nuclear Fusion Research School, Nuclear science and Technology Research Institute, AEOI, Tehran- Iran*

[2] *Islamic Azad University of Tehran Center, Tehran- Iran*

Abstract

Powder metallurgy technique is an economical and suitable process for synthesis of a functionally graded composite of W-Cu elemental powders. Although the method may have few shortcomings it still offers valuable advantages such as possibility of low temperature process and achievement of deliberate composition of the W-Cu. It is well-known that W-Cu FGMs are proposed to be used in high vacuum and high temperature plasma flues caused by fusion nuclear reactions. The reason for resisting such harsh situation is considered to be the high thermal conductivity of the FGM and resistivity to thermal shock. In this research, we tried to use powder metallurgy technique to synthesis the FGM of W-Cu by compositions of : W, W-20wt.% Cu, W-40wt.%Cu, W-60wt.%Cu, W-80wt.%Cu, Cu. Then applying cold press and proceeding hot press at 1200 °C and under 450 MPa uniaxial press, the resulted composite specimens were then used for subsequent mechanical and physical test.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

به طور کلی اتصال تنگستن به مس به دلیل اختلاف زیاد ضریب انبساط حرارتی بسیار مشکل است. ضریب انبساط حرارتی مس چهار برابر تنگستن است. مدول الاستیسیته و تردی تنگستن بسیار بالاست. قطعات تنگستنی برای کار در شرایط تماس با پلاسما می‌بایست تخلخل پایین و میزان ناخالصی کمی داشته باشند. روش متالورژی پودر یک روش کم هزینه و مناسب برای ایجاد ساختار لایه‌ای جهت‌دار از ترکیب مس و تنگستن است هر چند ممکن است نارسایی‌هایی نیز داشته باشد. در این راستا جهت کاهش اثرات مخرب اختلاف دمای ذوب دو عنصر تنگستن و مس (2300 °C~) ، استفاده از روش متالورژی پودر (آلیاژ سازی و آسیاب مکانیکی) جهت ساخت نمونه‌های کامپوزیتی بسیار مورد توجه و مطالعه قرار گرفته است. لازم به ذکر است که در روش آلیاژ سازی مکانیکی، دمای فرآیند همان دمای محیط بوده و پروسه تف جوشی در ضمن پرس گرم و حین فشار با سیستم کوره القایی به دور قالب انجام می شود. شکل ۱، شماتیک کلی فرآیند پرس گرم را نشان می‌دهد[1,2] .

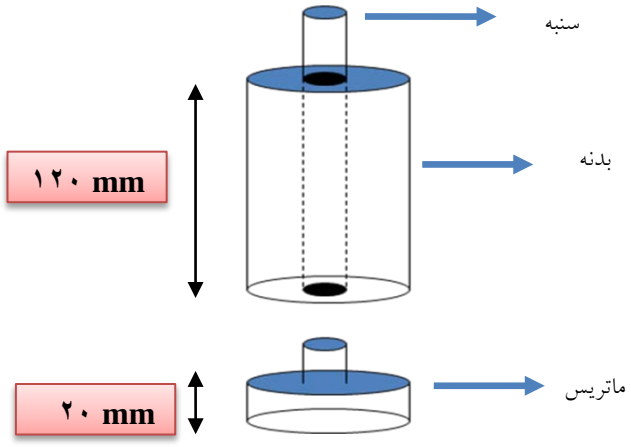
در این راستا محققین به کررات جهت اتصال تنگسن به مس و ساخت کامپوزیت هیبریدی تنگستن و مس مطالعات فراوانی انجام داده‌اند. از حیث دستیابی به خواص بهینه به خصوص در زمینه انتقال حرارت و مقاومت به تابش‌های نوترونی، کامپوزیت تابعی جهت دار (FGM) تنگستن و مس، گزینه بسیار مناسبی است. به دلیل مشکلات موجود در اتصال تنگستن به مس راه حل دیگری که وجود دارد این است که با تولید یک کامپوزیت از تنگستن و مس عملا از خواص هر دوی این فلزات برای طراحی مواد در تماس با پلاسما استفاده کنیم. کامپوزیت جهت‌دار تنگستن–مس ماده‌ای است که ترکیب شیمیایی و ساختار از یک طرف تا طرف دیگر کامپوزیت به تدریج تغییر می‌کند.

همان طور که گفته شد اتصال تنگستن به مس به دلیل اختلاف ضرایب انبساط حرارتی و خواص فیزیکی دیگر این دو عنصر دشوار است. ولی ساخت کامپوزیت FGM تنگستن–مس تنها به منظور حل این مشکل انجام نمی‌شود بلکه استفاده از خواص هر دو عنصر مانند دمای ذوب بالای تنگستن و ضریب انبساط حرارتی پایین آن و همچنین مزایای مس مانند هدایت حرارتی بالا و داکتیلیته خوب نیز مورد نظر می باشد. به همین دلیل این کامپوزیت ماده مناسبی برای استفاده به عنوان ماده در تماس با پلاسما در راکتور گداخت هسته ای می باشد. اما، اختلاف زیاد دمای ذوب این دو فلز (حدود ۲۳۰۰ درجه کلوین) نشان می‌دهد که محدوده دماهای تف جوشی این دو فلز بسیار متفاوت است. این موضوع سبب می شود تا ساخت FGM با مشکلاتی همراه باشد.

روش های مختلفی برای ساخت کامپوزیت جهت دار W/Cu مود آزمایش قرار گرفته است. از مهمترین روش‌های آن می توان به رخنه دهی (infiltration) اشاره کرد. در این روش یک اسکلت متخلخل تنگستنی با تخلخل گرادیانی ساخته میشود و مس به داخل آن رخنه دهی می شود. این روش مشکلاتی دارد که از آن جمله می‌توان به اعوجاج اسکلت تنگستنی اشاره کرد. پاشش پلاسمایی با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی (ICP) یک روش موثر برای ساخت کامپوزیت جهت دار تنگستن–مس با ضخامت کنترل شده است. برای ایجاد این نوع پوشش می‌بایست یک محلول aerosol و یا پودر ماده پوشش با استفاده از پلاسما روی سطح زیرلایه پاشیده شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. طرح واره و تصویر فرآیند پرس گرم و تف جوشی مخلوط پودری تنگستن و مس.

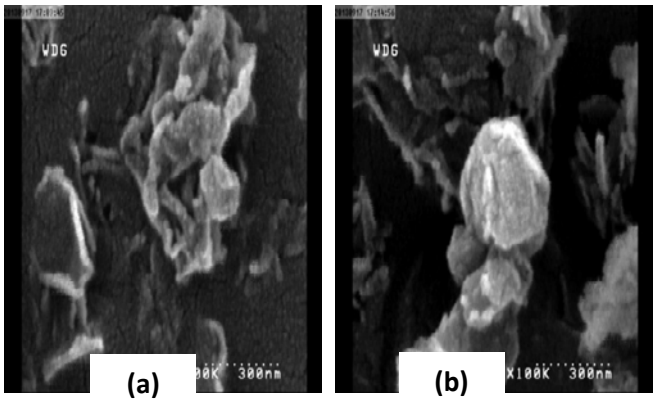
روش تحقیق و مواد:

پودرهای خالص عنصری مس و تنگستن با خلوص ۹۹/۹۹ و به میزان لازم خریداری شده و اندازه ذرات آنها (mesch) به ترتیب ۶۰ و ۲۵ میکرومتر می‌باشد. برای تهیه کامپوزیت جهت‌دار W-Cu ابتدا با توجه به منابع مطالعاتی ترکیب مورد نظر انتخاب شده و سپس با استفاده از دستگاه آسیاب سیاره‌ای (شکل (۲))، اختلاط ترکیبات مورد نظر صورت گرفته و برای فشرده سازی و تف جوشی مهیا شد.

شکل ۲. آسیاب سیاره‌ای مورد استفاده برای اختلاط پودرهای عنصری و آلیاژسازی مکانیکی.

نتایج و بحث:

در شکل ۳، تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی انتشار میدانی (FE-SEM) از مخلوط کامپوزیت پودری تنگسن مس که دو ساعت آسیاب مکانیکی شده را نشان می‌دهد. همانگونه که در تصویر مشخص است، ابعاد ذرات پودری به زیر 500 µm رسیده است. آسیاب مکانیکی استفاده شده از نوع سیاره‌ای دو کاپه بوده و با نسبت گلوله به پودر ۱۲:۱ و نیز سرعت گردش ۳۰۰ دور بر دقیقه آسیاب کاری انجام شده است.

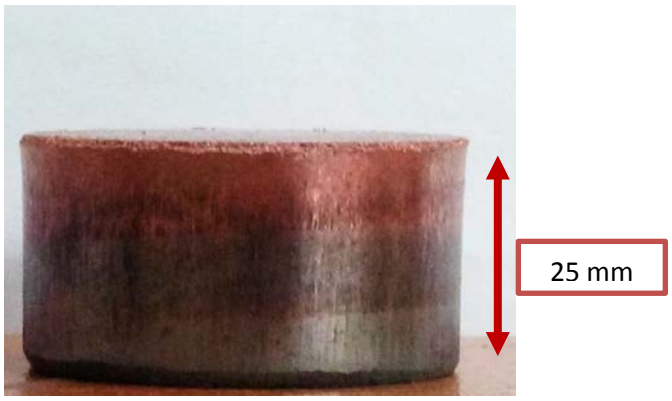


شکل ۳ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی انتشار میدانی (FE-SEM) از مخلوط کامپوزیت پودری تنگستن- مس که دو ساعت آسیاب مکانیکی شده را نشان می‌دهد. (a) مخلوط W-30 wt.% Cu و (b) مخلوط W-50 wt.% Cu.

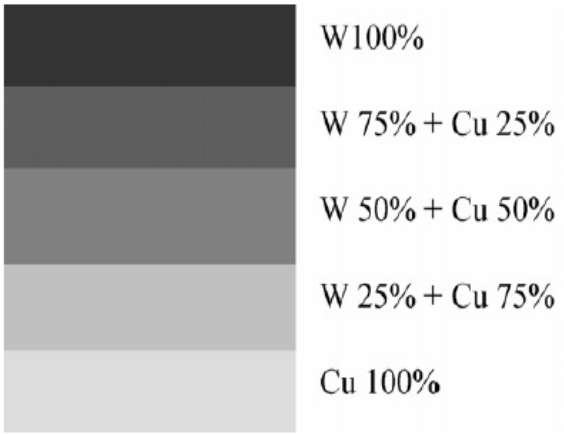
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۴ نشان دهنده قرص‌های بالک و فشرده سازی شده از مخلوط لایه‌ای تنگستن و مس است که پس از فرآیند پرس گرم و فشار در دمای 1200° C و نیز فشار 400 MPa بوده است.



(a)



(b)

شکل ۴. تنگسن- مس لایه ای (FGM). (a) تصویر حقیقی از نمونه سه لایه-ایی (b) تصویر نمادین از جزییات کامپوزیت بالک ۵ لایه.

به منظور دستیابی به خواص هر چه بهتر پرس و تف جوشی در فشار ها و دماهای مختلف از جمله 250 MPa –1100 °C و نیز 400 MPa – 1300 °C نیز انجام شد. تست های مرتبط با تابش نوترونی و نیز سختی سنجی هم انجام شده که در ادامه ارایه می-شود.

مرجع‌ها:

[1] Tang X, Zhang H, Du D, Qu D, Hu C, Xie R, et al. Fabrication of W-Cu functionally graded material by spark plasma sintering method. Int J Refract Met Hard Mater 2014;42:193–9. doi:10.1016/j.ijrmhm.2013.09.005.

[2] Liu B Bin, Xie JX, Qu XH. Fabrication of W-Cu functionally graded materials with high density by particle size adjustment and solid state hot press. Compos Sci Technol 2008;68:1539–47. doi:10.1016/j.compscitech.2007.10.023.

[3] G. Pintsuk a,*, S.E. Bru¨nings a, J.-E. Do¨ring a, J. Linke a, I. Smid b, L. Xue[c] (2003);" Development of W/Cu functionally graded materials"; Fusion Engineering and Design 66_/68 (2003) 237_/240

[4] E. Autissiera,b,∗, M. Richoua, F. Bernardb, M. Missirliana ;" Design optimization of plasma facing component with functional gradient material Cu/W interlayer" Fusion Engineering and Design. j.fusengdes.2013.04.042

[5] Shi-Bo Li a,*, Jian-Xin Xie b (2006); "Processing and microstructure of functionally graded W/Cu composites fabricated by multi-billet extrusion using mechanically alloyed powders" Composites Science and Technology 66 (2006) 2329–2336

[6] Jerzy J. Sobczak1), Ludmil Drenchev2)*; "Metallic Functionally Graded Materials: A Specific Class of Advanced Composites" Available online at SciVerse ScienceDirect J. Mater. Sci. Technol., 2013, 29(4), 297e316

www.SID.ir