

5th

iMAT 2016



پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی مواد و متالورژی و دهمین کنفرانس مشترک انجمن مهندسی متالورژی ایران و انجمن علمی ریخته گری

INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATERIALS ENGINEERING AND METALLURGY

8, 9 Nov. 2016 Shiraz University

۱۸ و ۱۹ آبان ماه ۱۳۹۵ - دانشگاه شیراز



پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی مواد و متالورژی و دهمین کنفرانس مشترک انجمن مهندسی متالورژی و انجمن علمی ریخته گری ایران ۱۸ و ۱۹ آبان ماه ۱۳۹۵ دانشگاه شیراز

کواهی ارائه مقاله

نماینده شکر و قدردانی از ارائه مقاله با عنوان

بررسی مشخصات ریزساختاری و خواص مکانیکی آلیاژ منگنسن مویج شده

در پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی مواد و متالورژی و دهمین کنفرانس مشترک انجمن مهندسی متالورژی و انجمن علمی ریخته گری ایران این کواهی به

ابراهیم شجاعی، آریه عرفانیان، ثابت خانی، سید عبدالکریم سجادی، ابوالفضل بیاضانی

اعطای گردد. موفقیت روز افزون شما را در پیشرفت علم و فناوری از خداوند متعال خواستاریم.

دکتر سید محمد مجتبی زبرد
رئیس کمیته های مشترک انجمن

دکتر سید محمد تقی صابری
رئیس کمیته های مشترک انجمن

دکتر عباس ابراهیمی
دبیر علمی کنفرانس

5th International Conference on Materials Engineering & Metallurgy 8 & 9 Nov. 2016 - Shiraz University



فرآیند نورد نقش بسیار مهمی را در بین روش‌های تولید فلزات دارد. فلز تانتالوم به دلیل خواص منحصر به فردی چون دمای نقطه ذوب بسیار بالا (۳۰۱۷ درجه سانتی‌گراد)، مقاومت به خوردگی عالی و چکش‌خواری فوق‌العاده زیاد کاربردهای بسیار وسیعی را در صنایع مختلف همچون صنایع نظامی، هوافضا و پزشکی به خود اختصاص داده است. در این تحقیق پس از مشخصه‌یابی اولیه از قطعه تانتالوم ریخته‌گری شده و آنیل کردن آن به منظور رشد دانه‌ها، عملیات نورد سرد با کاهش سطح مقطع ۱۰ و ۹۰ درصدی انجام شد و تحت ارزیابی‌های مکانیکی و میکرو ساختاری قرار گرفت. مشاهده شد که به دلیل نرم بودن و خاصیت چکش‌خواری بسیار بالای تانتالوم، کار مکانیکی میکرو ساختار نمونه تانتالومی را به شدت تحت تأثیر قرارداد، به طوری که دانه‌های موجود در ساختار با افزایش شدت نورد و رسیدن به ۹۰ درصد کاهش سطح مقطع، جهت‌گیری کرده و در نهایت در جهت کار مکانیکی اعمال شده به شکل الیاف و باندهای تغییر فرم ظاهر شدند. **واژه‌های کلیدی:** تانتالوم، فرآیند نورد، خواص مکانیکی، میکرو ساختار، چکش‌خوار

بررسی مشخصات ریزساختاری و خواص مکانیکی آلیاژ تنگستن سوبیج شده

الهه شجاعی، آسیه عرفانیان ثابت خانی، سید عبدالکریم سجادی، ابوالفضل باباخانی گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

آلیاژهای تنگستن کاربرد گسترده‌ای در ساخت ابزار برش و صنایع حساس از جمله پدافند نظامی، گلوله، زره‌ها و ... دارند. خواص مکانیکی آلیاژ از جمله سختی و استحکام، در این موارد از اهمیت بالایی برخوردار است.

تأثیر شعاع انحنای داخلی قالب بر روی مشخصه‌های تغییر شکل و توزیع کرنش در نمونه در حین پرس در کانالهای زاویه دار با مقطع همسان

مهدی شبان‌غازانی، حجت‌ناجی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ایلخچی

پرس در کانال‌های زاویه‌دار متقاطع یکی از مهم‌ترین روش‌های اعمال تغییر شکل پلاستیک شدید می‌باشد که در فرآوری مواد فوق ریزدانه و نانو ساختار مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تحقیق حاضر تأثیر شعاع انحنای داخلی در محل تقاطع کانال‌ها بر روی مشخصه‌های سیلان فلز و نحوه توزیع کرنش در نمونه مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شعاع انحنای محل تقاطع کانال‌ها، ناحیه پر نشده از فلز در گوشه پایینی محل تقاطع و همچنین منطقه اعمال تغییر شکل کوچک‌تر شده و در نتیجه کرنش در نواحی پایینی نمونه افزایش پیدا می‌کند. همچنین نیروی لازم برای انجام فرآیند با افزایش شعاع انحنای داخلی نمونه افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: پرس در کانال‌های زاویه‌دار با مقاطع همسان، شعاع انحنای داخلی، شبیه‌سازی المان محدود

تأثیر فرآیند نورد سرد بر روی خواص مکانیکی و میکرو ساختاری فلز تانتالوم ریخته‌گری شده

حسین عبدالله زاده^۱، غلامحسین برهانی^۱، رضا وفايي^۲، محسن بزرگمهر^۲
۱- دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، شاهین‌شهر، اصفهان
۲- دانشکده فنی و مهندسی، بخش مهندسی مواد، دانشگاه شهید باهنر کرمان



در این پژوهش، وابستگی خواص مغناطیسی نظیر تلفات هسته و نفوذپذیری مغناطیسی به فرآیند نورد سطحی و شرایط آنیل در فولاد الکتریکی غیرجهت دار مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهند نورد سطحی و آنیل نهایی موجب تقویت بافت در ورق این فولاد و بهبود خواص مغناطیسی آن می‌گردد. کرنش برشی ایجاد شده از نورد سطحی، باعث تمرکز کرنش و رشد غیرطبیعی دانه‌ها و تشکیل بافت سطحی می‌شود و در نتیجه شدت صفحات {۱۱۰} و {۲۰۰} افزایش و شدت صفحات {۲۱۱} کاهش می‌یابد که باعث تقویت خاصیت نفوذپذیری مغناطیسی می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از آزمون VSM، در شرایط غلطکی صاف و مقدار نورد سطحی ۵٪ در اتمسفر کنترل شده ۸۵٪ نیتروژن و ۱۵٪ هیدروژن، و آنیل یک ساعته در دمای ۸۵۰°C، به ازای اعمال میدان مغناطیسی ثابت، میزان القای مغناطیسی برای حالت آنیل شده بالاتر از حالت نورد شده است. همچنین قابلیت همسو شدن حوزه‌های مغناطیس در حالت آنیل و اتمسفر کنترل شده وجود دارد و نمونه‌ها سریعتر به حالت اشباع مغناطیسی می‌رسند. بررسی کمی نتایج بیانگر تقویت بافت حاصل از تبلور مجدد در نمونه‌ها بوده و نیز نفوذپذیری مغناطیسی به میزان ۲۸٪ در راستای طولی نورد افزایش و تلفات هیستریزیس پس از آنیل در مقایسه با حالت نورد سطحی ۱۴٪ کاهش پیدا کرده است.

واژه‌های کلیدی: آنیل، بافت، تلفات هیستریزیس، فولاد الکتریکی غیرجهت دار، نورد سطحی

سخت‌شدگی و نرم‌شدگی مس در طی فرایند آهنگری چند محوره

هدف از انجام این پژوهش، بررسی و مقایسه ی تغییر ریز ساختار و خواص مکانیکی آلیاژ با ترکیب شیمیایی $89\%W-8Ni-2\%Fe$ پس از کار مکانیکی سویچ (swaging) روی نمونه است. نتایج حاصل از آزمون کشش نمونه‌ی اولیه استحکام تسلیم ۷۱۸ MPa، استحکام نهایی ۸۴۲ MPa و درصد ازدیاد طول ۱۹/۹۵٪ را گزارش نمود. با اعمال ۳۵٪ کار مکانیکی سویچ روی نمونه، مقادیر مذکور به ترتیب به ۱۳۸۶ MPa، ۱۴۲۰ MPa و ۹/۶۹٪ تغییر یافت. بررسی متالوگرافی نمونه در دو مقطع عرضی و طولی، کشیدگی دانه‌ها در جهت اعمال نیرو حین عملیات سویچ را به وضوح به نمایش گذاشته است. نتایج حاصل از آزمون سختی افزایش سختی از مرکز تا سطح نمونه را گزارش نمود. چگالی آلیاژ پس از کار مکانیکی به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) در سطح شکست، وقوع شکست نرم در زمینه‌ی آلیاژ و شکست کلیواژ در دانه‌های تنگستن را نمایش داد. نتایج حاصل از تمام بررسی‌ها، تأثیر قابل توجه عملیات مکانیکی سویچ بر بهبود خواص مکانیکی آلیاژ مورد بررسی را تأیید نمود.

واژه‌های کلیدی: آلیاژ تنگستن، swaging، خواص مکانیکی، کشش، سختی

بررسی اثر نورد سطحی و آنیل بر رفتار نفوذپذیری مغناطیسی فولاد الکتریکی غیر جهت‌دار

الینا اکبرزاده چینی‌فروش^۱، پیمان احمدیان^۲، عباس اکبرزاده چنگیز

۱- دانشگاه صنعتی سهند تبریز، دانشکده مهندسی مواد

۲- دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی و علم مواد



بررسی مشخصات ریزساختاری و خواص مکانیکی آلیاژ تنگستن سویچ شده

الهه شجاعی^۱، آسیه عرفانیان ثبات خانی^۲، سید عبدالکریم سجادی^۲، ابوالفضل باباخانی^۴

چکیده

آلیاژهای تنگستن کاربرد گسترده‌ای در ساخت ابزار برش و صنایع حساس از جمله پدافند نظامی، گلوله، زره‌ها و ... دارند. خواص مکانیکی آلیاژ از جمله سختی و استحکام، در این موارد از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی و مقایسه‌ی تغییر ریز ساختار و خواص مکانیکی آلیاژ با ترکیب شیمیایی Ni-۲/۵Fe-۸W-۸۹ پس از کار مکانیکی سویچ (swaging) روی نمونه است. نتایج حاصل از آزمون کشش نمونه‌ی اولیه استحکام تسلیم ۷۱۸ MPa، استحکام نهایی ۸۴۲ MPa و درصد ازدیاد طول ۱۹/۹۵٪ را گزارش نمود. با اعمال ۳۵٪ کار مکانیکی سویچ روی نمونه، مقادیر مذکور به ترتیب به ۱۳۸۶ MPa، ۱۴۲۰ MPa و ۹/۶۹٪ تغییر یافت. بررسی متالوگرافی نمونه در دو مقطع عرضی و طولی، کشیدگی دانه‌ها در جهت اعمال نیرو و حین عملیات سویچ را به وضوح به نمایش گذاشته است. نتایج حاصل از آزمون سختی افزایش سختی از مرکز تا سطح نمونه را گزارش نمود. چگالی آلیاژ پس از کار مکانیکی به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) در سطح شکست، وقوع شکست نرم در زمینه‌ی آلیاژ و شکست کلیواژ در دانه‌های تنگستن را نمایش داد. نتایج حاصل از تمام بررسی‌ها، تأثیر قابل توجه عملیات مکانیکی سویچ بر بهبود خواص مکانیکی آلیاژ مورد بررسی را تأیید نمود.

کلمات کلیدی: آلیاژ تنگستن، swaging، خواص مکانیکی، کشش، سختی.

۱- کارشناسی ارشد خوردگی و حفاظت از مواد، گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، elaheshojaee13@yahoo.com

۲- کارشناسی ارشد خوردگی و حفاظت از مواد، گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد، گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشیار، گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۱- مقدمه

تنگستن فلزی با خواص و کاربردهای ویژه، با میزان مصرف بیش از ۸۵۰۰ تن در سال پس از مولیبدن در رده‌ی دوم فلزات دیرگداز و به عنوان مهم‌ترین فلز دیرگداز در متالورژی پودر شناخته شده است. این عنصر



خاکستری رنگ با عدداتی ۷۴ و ساختار BCC، دارای خواص مهمی از جمله دمای ذوب بالا (3410°C)، پایداری در دمای بالا (استحکام، مقاومت به نرم شدن و فشار بخار پایین)، مدول الاستیسیته‌ی بالا (400 GPa)، رسانایی الکتریکی و حرارتی خوب و چگالی بالا ($19/2\text{ gr/cm}^3$) می‌باشد [۱]. آلیاژهای تنگستن معمولاً ترکیبی از W و عناصر دیگر همچون Ni، Fe، Cr، Cu، Mo و Co بوده که با تفجوشی در فاز مایع تولید می‌شوند. خواص مکانیکی این آلیاژها با توجه به کاربرد گسترده‌ی آنها در ساخت ابزار برش و ادوات نظامی همانند گلوله‌های توپ و نارنجک و مواد منفجره، از اهمیت بالایی برخوردار است. روش‌های متفاوتی با هدف استحکام بخشی و افزایش سختی این آلیاژها پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان اصلاح ترکیب شیمیایی و ریزساختار، کارمکانیکی و عملیات حرارتی را نام برد [۲]. تحقیقات صورت گرفته با رویکرد بررسی تأثیر کار مکانیکی بر خواص مکانیکی آلیاژهای تنگستن نشان داد که استحکام کششی آلیاژ W-۷Ni-۳Fe در حالت تفجوشی در محدوده‌ی ۸۰۰ تا ۹۴۰ MPa قرار گرفته که می‌توان این مقدار را با ۲۰٪ کاهش سطح مقطع حین عملیات سویچ، به ۱۲۵۰ MPa یا بیشتر افزایش داد [۳]. براساس مطالعات انجام شده، به دلیل افزایش چگالی نابعایی‌ها با ایجاد ۱۰٪ تغییر شکل حین عملیات سویچ، استحکام نهایی به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش و درصد ازدیاد طول کاهش یافته است [۲]. بررسی‌های صورت گرفته در رابطه با خواص مکانیکی آلیاژ W-۴/۲۳Re-Hf-C در حالت سویچ نشان داد که به جز درصد ازدیاد طول تمام خواص مکانیکی این آلیاژ افزایش یافته؛ به گونه‌ای که استحکام تسلیم به ۱۸۵۰ MPa و استحکام نهایی کششی به ۱۹۹۰ MPa رسیده است. در این حالت مقدار درصد ازدیاد طول، ۸٪ گزارش شد [۴].

دیگر مطالعات صورت گرفته با رویکردی مشابه، نشان داد که طی عملیات سویچ با ۱۵٪ کاهش سطح مقطع و انجام عملیات آنیل میان مرحله‌ای در دمای 500°C به مدت یک ساعت خواص کششی آلیاژهای تنگستن بهبود یافته است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری این شاخص‌ها به صورت استحکام نهایی کششی برابر با ۱۱۶۷ MPa و درصد ازدیاد طول برابر با ۱۸٪ منتشر شد [۵]. افزایش بیش‌تر کار مکانیکی و کاهش سطح مقطع حین عملیات سویچ، افزایش خواص مکانیکی هم‌چون استحکام و سختی و کاهش پلاستیسیته و انرژی فشاری نمونه را به دنبال خواهد داشت. افزایش سختی در حالت یاد شده در کل نمونه ظاهر شده که این افزایش در مقطع عرضی در سطح نمونه بیش‌تر از مرکز آن است [۴، ۲]. نتایج پژوهش گروه دیگری از محققان نشان داد که آلیاژ ۹۲/۵W-Ni-Fe-Co با ۹۵٪ تغییر شکل دارای استحکام کششی 1720 MPa و درصد ازدیاد طول ۱۶٪ می‌باشد. اندازه‌گیری خواص ریزساختاری در نمونه آلیاژهای تنگستن در حالت تفجوشی و سویچ نشان داد که عملیات سویچ عامل افزایش اندازه‌ی دانه‌ها در جهت طولی و کاهش جزیی اندازه‌ی آنها در جهت عرضی و افزایش مجاورت و نزدیکی دانه‌ها در هر دو جهت می‌باشد [۶]. لازم به ذکر است که در این آلیاژ، کار مکانیکی سویچ منجر به افزایش چگالی نمونه از ۹۸٪ به ۹۹٪ مقدار چگالی تئوری نمونه شده است [۷]. این درحالی است که در گزارشی دیگر، بر اثر اعمال مقادیر مختلف تغییر شکل (۱۰، ۲۰ و ۲۵٪) حین عملیات سویچ روی آلیاژی با همین ترکیب هیچ‌گونه تغییری در چگالی نمونه گزارش نشده است [۳].

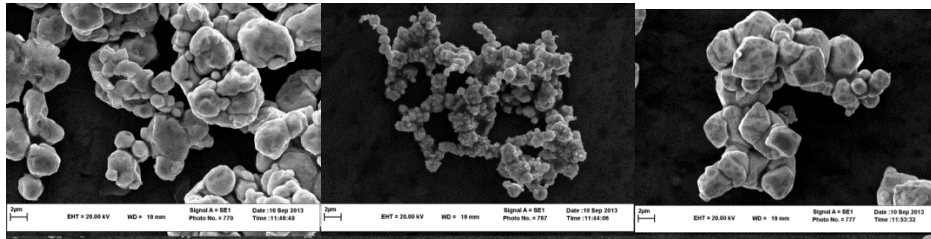


با افزایش تعداد دفعات عملیات سویچ به دلیل کار سخت شدن نمونه حین تغییر شکل‌های متعدد، درصد ازدیاد طول و کاهش سطح مقطع با کاهش نسبی رو به رو خواهد شد. به عبارت دیگر، افزایش در میزان تغییر شکل اعمالی حین عملیات سویچ منجر به افزایش در سختی نمونه و کاهش در نرخ سختی آن خواهد شد [۸]. مطالعات منتشر شده حاکی از آن است که درصد ازدیاد طول آلیاژهای تنگستن در حالت هم‌راستایی نیروی اعمالی در آزمون کشش با نیروی اعمالی حین عملیات سویچ بیش‌تر از حالت عمود بودن این دو نیرو بر یکدیگر خواهد بود [۹]. اعمال کار مکانیکی روی آلیاژی با ترکیب $90W-7Ni-3Fe$ منجر به افزایش چگالی و استحکام نهایی قطعه و کاهش تخلخل و انعطاف‌پذیری در آن شده است. در این بررسی انعطاف‌پذیری به مقدار $7/25\%$ کاهش و استحکام نهایی به مقدار $1105 MPa$ افزایش یافته اند. همچنین بر اثر انجام عملیات سویچ رفتار شکست از نوع شکست فصل مشترک به شکست کلیواژ تبدیل شده است [۶]. بهبود عملکرد کار مکانیکی سویچ روی خواص مکانیکی آلیاژ $91W-6Ni-3Co$ با افزایش استحکام نهایی و سختی نمونه قابل مشاهده است. مقادیر استحکام و سختی نمونه در حالت تف جوشی $817 MPa$ و $314 HV_{30}$ اندازه‌گیری شد که در مقادیر مختلف 10 ، 20 و 25% سویچ، استحکام نهایی به ترتیب به 1142 ، 1157 و $1284 MPa$ و سختی به 399 ، 436 و $479 HV_{30}$ افزایش یافته بود. در شرایط مذکور، شکل‌پذیری نمونه‌ها کاهش یافته و چگالی آن بدون تغییر ثابت باقی مانده است. به عبارت دیگر، چگالی آلیاژ پس از 10 ، 20 و 25% کاهش سطح مقطع حین عملیات سویچ مشابه چگالی آلیاژ در شرایط تف جوشی ($17/6 gr/cm^3$) گزارش شد. تصاویر میکروسکوپی از سطح نمونه در حالت تف‌جوشی و 20% عملیات سویچ نشان داد که فاصله‌ی بین دانه‌های تنگستن در حالت سویچ کاهش یافته و دانه‌ها در جهت اعمال نیرو اندکی دچار کشیدگی شده‌اند [۱۰].

۲- مواد و روش تحقیق

آلیاژ تنگستن مورد بررسی در این پژوهش با ترکیب شیمیایی $89/5W-8Ni-2/5Fe$ ، از مخلوط کردن 664 گرم پودر تنگستن با میانگین ابعاد $4-1$ ، $577/8$ گرم پودر نیکل به شکل خوشه‌هایی با میانگین ابعاد $20 \mu m$ و $180/6$ گرم پودر آهن با میانگین ابعاد $5 \mu m$ توسط مخلوط کن آزمایشگاهی با سرعت هم‌زن $100 rpm$ و مدت زمان 2 ساعت تولید شد. شکل ۱ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) پودرهای مذکور پیش از مخلوط شدن را نمایش می‌دهد.

مرحله‌ی عملیات تف‌جوشی آلیاژ پس از فشار ایزواستاتیک سرد نمونه‌ها در فشار $2000 bar$ ، در دمای $1480^\circ C$ به مدت دو ساعت در کوره اتمسفر هیدروژن صورت پذیرفت. شکل ۲ اطلاعات مربوط به سیکل عملیات تف‌جوشی آلیاژ را گزارش نموده است.

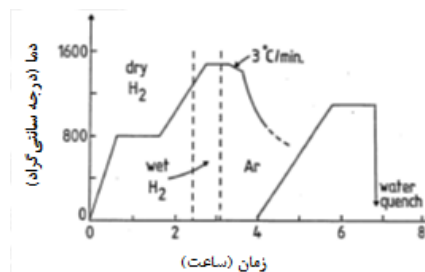


ج

ب

الف

شکل ۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) پودرهای مورد استفاده در ساخت آلیاژ. الف) پودر تنگستن، ب) پودر نیکل به شکل آگلومره‌های خوشه‌ای، ج) پودر آهن.



شکل ۲- سیکل عملیات تفجوشی آلیاژ مورد بررسی.

پس از اتمام مراحل آماده سازی نمونه، به منظور بررسی تأثیر کار مکانیکی سویچ بر خواص مکانیکی آلیاژ، تغییرشکلی به میزان ۳۵٪ کاهش سطح مقطع بر نمونه‌ها اعمال شد. در پایان تغییرات خواص آلیاژ مورد نظر توسط آزمون‌های زیر مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۱- محاسبه‌ی چگالی آلیاژ

با استفاده از رابطه‌ی (۱)، محاسبه‌ی چگالی آلیاژ و تغییرات آن در دو حالت تعریف شده مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، جرم نمونه به کمک ترازوی دیجیتال و حجم آن به روش غوطه‌وری ارشمیدس اندازه‌گیری شد. پیش از انجام روش غوطه‌وری، با آغشته کردن سطح نمونه به مقدار اندکی روغن از مسدود شدن حفرات سطحی اطمینان حاصل و سپس وزن نمونه در داخل و خارج از آب در حالت معلق اندازه‌گیری شد.

$$\rho = \frac{M \times \rho^*}{(M - M^*)} \quad (1)$$

در این رابطه ρ چگالی آلیاژ، M مقدار وزن آویخته در هوا، M^* وزن آویخته در داخل آب و ρ^* چگالی آب تعریف شده است.

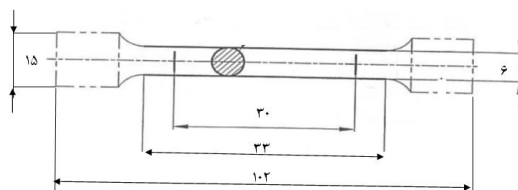


۲-۲- آزمون سختی سنجی

آزمون سختی سنجی توسط دستگاه سختی سنج (UV1) Universal Hardness Tester با بار اعمالی ۳۰ Kg در نقاط مختلف نمونه صورت پذیرفت. این آزمون تنها در نمونه‌ی کار مکانیکی سویچ، از مرکز تا سطح نمونه به صورت نقاط متوالی مورد بررسی قرار گرفت. در حالی که بررسی سختی در نمونه‌ی اولیه در سه نقطه‌ی تصادفی انجام شد. به منظور کاهش درصد خطا، سختی سنجی در تمام نمونه‌ها سه مرتبه تکرار و میانگین داده‌های حاصل محاسبه و ذکر شد.

۲-۳- آزمون کشش

نمونه‌های مورد بررسی در این آزمون با ابعادی مطابق شکل ۳ آماده سازی شد. ابعاد ذکر شده روی شکل بر حسب واحد میلی‌متر و براساس روابط موجود در استاندارد 1-10002-EN JUS محاسبه شده‌اند. آزمون کشش توسط دستگاه Santam ST50 با ظرفیت ۵ تن و با سرعت یک میلی‌متر بر ثانیه در دمای محیط انجام شد.



شکل ۳- ابعاد هندسی نمونه آزمون کشش.

۲-۴- بررسی میکروسکوپ نوری

ریزساختار نمونه پس از عملیات تفجوشی و تغییرات حاصل پس از کار مکانیکی سویچ توسط بررسی میکروسکوپ نوری مدنظر قرار گرفت. برای این هدف سطح نمونه‌ها توسط سنباده ۶۰ تا ۱۲۰۰ و دستگاه پولیش بهلر پولیش شده و سپس به کمک میکروسکوپ Olympus BX60M مورد بررسی قرار گرفتند.

۲-۵- بررسی سطح شکست (میکروسکوپ الکترونی روبشی)

با هدف تعیین نوع شکست، سطح شکست نمونه پس از آزمون کشش توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی LEO - Germany مدل VP ۱۴۵۰ مورد بررسی قرار گرفت.



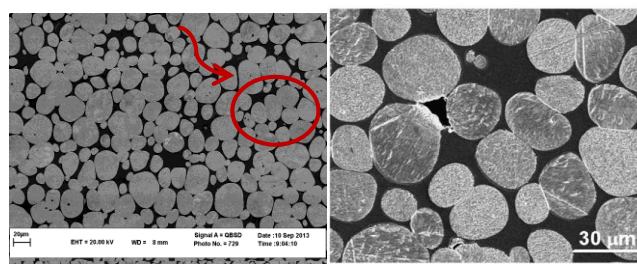
۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج محاسبه‌ی چگالی آلیاژ

نتایج حاصل از آزمون ارشمیدس و محاسبات چگالی نمونه در دو حالت پس از عملیات تف‌جوشی و پس از کار مکانیکی سویچ در جدول ۱ نمایش داده شده است. بر اساس اطلاعات گزارش شده، چگالی آلیاژ پس از اعمال کار مکانیکی سویچ به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. براساس مقالات و منابع موجود، قطعات تولید شده به روش متالورژی پودر و پس از عملیات تف‌جوشی دارای درصد قابل توجهی تخلخل می‌باشند [۷]. نیروی اعمالی حین کار مکانیکی سویچ منجر به انسداد تخلخل‌های آلیاژ و افزایش چگالی نمونه می‌شود. نتایج بررسی سطح نمونه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نیز نشان داد که تخلخل و انسداد آن پس از کار مکانیکی اتفاق افتاده است. شکل ۴ تصویر نمونه‌ی مورد نظر پس از کار مکانیکی سویچ در مقایسه با تصویر نمونه‌ی عملیات تف‌جوشی موجود در منابع را نمایش می‌دهد.

جدول ۱- متغیرهای اندازه‌گیری شده و دانسیته‌ی آلیاژ پس از عملیات تف‌جوشی و کار مکانیکی سویچ

توجه نمونه	جرم (gr)	حجم (cm ³)	دانسیته (gr/cm ³)
نمونه اولیه	۲۸۲۶	۱/۸۲	۱۵/۵۸
نمونه پس از عملیات کار مکانیکی سویچ	۲۸۲۶	۱/۲۳	۲۳/۰۶



ب

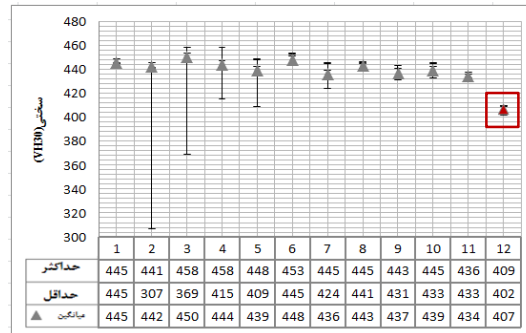
الف

شکل ۴- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی با هدف بررسی تأثیر کار مکانیکی سویچ بر درصد تخلخل نمونه. الف) نمونه پس از عملیات تف‌جوشی با تخلخل‌های بزرگ [۷]، ب) نمونه پس از کار مکانیکی سویچ بدون تخلخل.

۳-۲- نتایج آزمون سختی‌سنجی

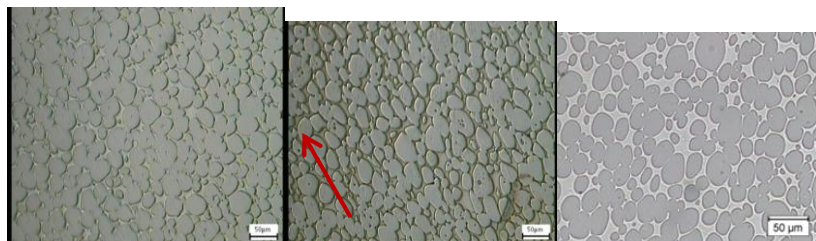
منحنی تغییرات سختی نمونه در یازده نقطه‌ی متفاوت از سطح تا مرکز آن پس از کار مکانیکی سویچ در شکل ۵ نمایش داده شده است. سختی نمونه‌ی اولیه برای مقایسه با مقادیر سختی در نمونه‌ی سویچ شده در

همین شکل با رنگ قرمز مشخص شده است. به دلیل تجمع بیشتر انرژی حاصل از تغییر شکل حین عملیات سویچ در سطح نمونه نسبت به مرکز آن، سختی از مرکز نمونه به سمت سطح در حال افزایش است.



شکل ۵- منحنی تغییرات سختی نمونه از سطح تا مرکز، پس از کار مکانیکی سویچ و سختی نمونه‌ی اولیه.

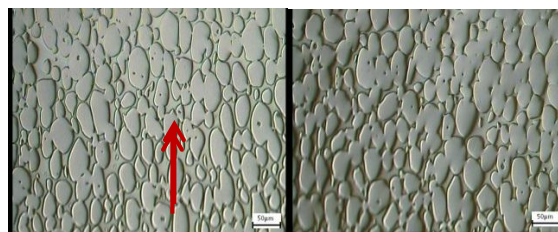
کشیدگی و افزایش مجاورت (تماس) ذرات تنگستن و افزایش چگالی نابجایی در نمونه‌ی کار مکانیکی سویچ منجر به افزایش سختی در مقایسه با نمونه‌ی اولیه شده است. بررسی‌های میکروسکوپ نوری در سطح و مرکز مقطع عرضی و طولی نمونه نشان داد که ذرات تنگستن به ویژه در سطح نمونه دچار کشیدگی در راستای اعمال کار مکانیکی شده‌اند و نزدیکی ذرات به یکدیگر افزایش یافته است. شکل ۶ تصویر نمونه‌ی اولیه و مقطع عرضی و طولی نمونه‌ی سویچ شده در سطح و مرکز آن را نمایش می‌دهد.



ج

ب

الف



و

د

شکل ۶- مقایسه شکل و کشیدگی ذرات تنگستن در نمونه‌ی اولیه و مقطع عرضی و طولی نمونه کار مکانیکی سویچ. الف) نمونه‌ی اولیه، ب) سطح مقطع عرضی پس از کار مکانیکی، ج) مرکز مقطع عرضی پس از کار مکانیکی، د) سطح مقطع طولی پس از کار مکانیکی، و) مرکز مقطع طولی پس از کار مکانیکی



۳-۳- نتایج آزمون کشش

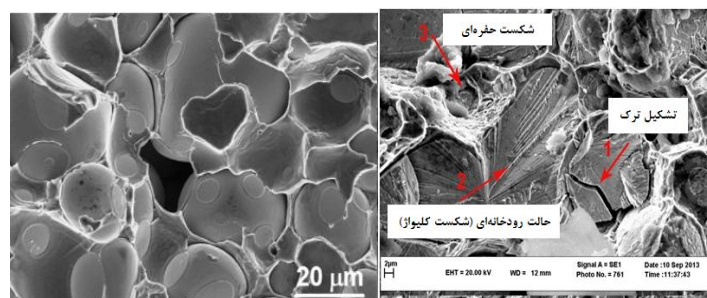
جدول ۲ شامل اطلاعات حاصل از آزمون کشش آلیاژ در حالت تفجوشی و پس از ۳۵٪ کار مکانیکی سویچ می‌باشد. با توجه به توضیحات بخش سختی سنجی، کار مکانیکی شرایط استحکام بخشی نمونه و افزایش قابل ملاحظه‌ای استحکام تسلیم و نهایی آلیاژ را فراهم نموده است. کارسخت شدن نمونه به دنبال افزایش استحکام و سختی منجر به کاهش انعطاف‌پذیری و درصد ازدیاد طول در آلیاژ شده است.

جدول ۲- خواص مکانیکی نمونه‌ها پس از عملیات تفجوشی و کار مکانیکی سویچ.

نمونه	اولیه	۳۵٪ کار مکانیکی
استحکام تسلیم (MPa)	۷۱۸	۱۳۸۶
استحکام نهایی (MPa)	۸۴۲	۱۴۲۰
درصد ازدیاد طول	٪۱۹/۹۵	٪۹/۶۹

۳-۴- بررسی سطح شکست

شکل ۷ بررسی میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) سطح شکست آلیاژ پس از آزمون کشش در دو حالت مذکور را نمایش می‌دهد. در نمونه‌های فقط تفجوشی شده به دلیل وجود درصد قابل ملاحظه‌ای تخلخل، جدایش ناخالصی‌ها و تجمع ترجیحی آن‌ها در مرز مشترک ذرات تنگستن و زمینه و نیز نفوذ هیدروژن در این مناطق، استحکام اتصال فصل مشترک ذرات تنگستن و زمینه ضعیف و شکست ترد نمونه اتفاق افتاده است [۵]. با اعمال کار مکانیکی سویچ، تخلخل‌های موجود مسدود و پیرکرنشی حاصل از تغییر شکل زمینه منجر به بهبود استحکام اتصال فصل مشترک و در نتیجه تغییر نوع شکست به شکست کلیواژ در دانه‌های تنگستن و شکست نرم در زمینه و تشکیل ترک‌هایی در ذرات تنگستن شده است.



ب

الف

شکل ۷- بررسی میکروسکوپ الکترونی روبشی سطح شکست. (الف) پس از عملیات تفجوشی [۷]، (ب) پس از ۳۵٪ کار مکانیکی سویچ

نتیجه گیری



- (۱) نیروی اعمالی حین عملیات سویچ منجر به انسداد تخلخل‌های نمونه و کاهش قابل ملاحظه‌ی درصد تخلخل و در نتیجه افزایش چگالی آلیاژ شده است.
- (۲) کار مکانیکی سویچ، کشیدگی و نزدیکی ذرات تنگستن و افزایش چگالی نابجایی را به دنبال داشته که این امر منجر به افزایش چشم‌گیر سختی و استحکام آلیاژ خواهد شد.
- (۳) نوع شکست نمونه به عملیات اعمالی پیشین وابسته است. با اعمال کار مکانیکی سویچ، نوع شکست از شکست ترد در فصل مشترک ذرات تنگستن و زمینه به شکست کلیواژ ذرات تنگستن و شکست نرم زمینه تغییر می‌نماید.
- (۴) کار مکانیکی سویچ بهبود خواص مکانیکی آلیاژ و استحکام بخشی نمونه را به دنبال خواهد داشت.

مراجع

- 1- H.J. Ryu, S.H. Hong, W.H. Baek, "Microstructure and mechanical properties of mechanically alloyed and solid-state sintered tungsten heavy alloys", Mater. Sci. Eng. A. 291 (2000) 91–96.
- 2- U.R. Kiran, A.S. Rao, M. Sankaranarayana, T.K. Nandy, "Swaging and heat treatment studies on sintered 90W–6Ni–2Fe–2Co tungsten heavy alloy", Int. J. Refract. Met. Hard Mater. 33 (2012) 113–121.
- 3- B. Katavić, M. Nikačević, Z. Odanović, "Effect of cold swaging and heat treatment on properties of the P/M 91W–6Ni–3Co heavy alloy", Sci Sinter. 40 (2008) 319–331.
- 4- W.D. Klopp, W.R. Witzke, "Mechanical properties of a tungsten-23.4 percent rhenium-0.27 percent hafnium-carbon alloy", J. Less Common Met. 24 (1971) 427–443.
- 5- J. Das, G.A. Rao, S.K. Pabi, "Microstructure and mechanical properties of tungsten heavy alloys", Mater. Sci. Eng. A. 527 (2010) 7841–7847.
- 6- N. Durlu, N.K. Çalışkan, Ş. Bor, "Effect of swaging on microstructure and tensile properties of W–Ni–Fe alloys", Int. J. Refract. Met. Hard Mater. 42 (2014) 126–131.
- 7- N.K. Çalışkan, N. Durlu, Ş. Bor, "Swaging of liquid phase sintered 90W–7Ni–3Fe tungsten heavy alloy", Int. J. Refract. Met. Hard Mater. 36 (2013) 260–264.
- 8- B. Katavić, Z. Odanović, M. Burzić, "Investigation of the rotary swaging and heat treatment on the behavior of W-and γ -phases in PM 92.5 W–5Ni–2.5 Fe–0.26 Co heavy alloy", Mater. Sci. Eng. A. 492 (2008) 337–345.
- 9- A. Sunwoo, S. Groves, D. Goto, H. Hopkins, "Effect of matrix alloy and cold swaging on micro-tensile properties of tungsten heavy alloys", Mater. Lett. 60 (2006) 321–325.
- 10- B. Katavić, M. Nikačević, "Properties of the cold swaged and strain aged PM 91W–6Ni–3Co heavy alloy", in: Second Int. Conf. Deform. Process. Struct. Mater. Belgrade, 2005: pp. 135–140.

5th

iMAT 2016



پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی مواد و متالورژی و دهمین کنفرانس مشترک انجمن مهندسیین متالورژی ایران و انجمن علمی ریخته‌گری

INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATERIALS ENGINEERING AND METALLURGY

8, 9 Nov. 2016 Shiraz University

۱۸ و ۱۹ آبان ماه ۱۳۹۵ - دانشگاه شیراز



Investigation of microstructure and mechanical properties of swaged Tungsten alloy

Elahe Shojaee*, Asieh Erfanian, Seyed Abdolkarim Sajjadi, Abolfazl Babakhani

*Corresponding Author Address: Department of Metallurgy and Materials Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Elaheshojaee13@yahoo.com

Abstract

Tungsten heavy alloys are being increasingly used in a variety of applications such as cutting tools, military defense, bullet, armor and etc. Mechanical properties such as hardness and strength of the alloy in these cases are very important. . The aim of this study is to examine the effect of swaging on the microstructure and mechanical properties of the 89.5W- 8Ni- 2.5Fe Tungsten heavy alloy. Tensile test results of as received alloy investigated 718 MPa yield strength, 842MPa ultimate tensile strength and 19.95% elongation. . The results showed that, by 35% swaging, the yield strength and ultimate tensile strength of the alloy rise up to 1386 MPa and 1420 MPa, respectively and the % elongation to failure decreased to 9.69%. Investigation of metallographic analysis in longitudinal and cross-section indicated that tungsten grains became slightly elongated in the swaging or longitudinal direction. Hardness measurements reported that the hardness increases with increasing distance from the center of sample. Scanning electron micrographs of the fracture surfaces of sample showed that, in the swaged sample cleavage of tungsten grains and ductile matrix failure, are the dominant fracture modes. This investigation has described that swaging improve the mechanical properties of tungsten heavy alloy.

Keywords: Tungsten alloy, swaging, mechanical properties, tension, hardness