دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی مواد

سمینار دفاع از رساله دکتری مهندسی مواد
تحت عنوان

مشخصه‌یابی و بهینه‌سازی خواص آلیاژ آنتروپی بالای $CoCrFeMo_{0.45}Ni$ سنتز شده به روش VAR

Characterization and optimization the properties of $CoCrFeMo_{0.45}Ni$ high-entropy alloy synthesized by VAR method

ارائه کننده: فاطمه یوسفان

زمان: یکشنبه، ۱۴۰۲/۱۱/۰۸ - ساعت ۹ مکان: سالن سمینار دانشکده مهندسی مواد

اساتید راهنما: دکتر علی اشرفی، دکتر سید محمود منیرواقفی
اساتید داور: دکتر حمیدرضا سلیمی جزی، دکتر سید مهران نحوی، دکتر بهروز موحدی

چکیده:

در سال‌های اخیر آلیاژهای آنتروپی بالا مسیر جدیدی برای توسعه مواد پیشرفته با خواص منحصربه‌فرد معرفی کرده‌اند به‌طوری‌که این آلیاژها در زمینه‌های طراحی و تولید آلیاژهای مناسب برای کاربردهای پزشکی و صنعتی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. باوجود گزینه‌های مختلف در انتخاب مواد اولیه، پیشرفت‌های فراوان در فنّاوری‌های ساخت و اصلاح سطح، ۵۰٪ عدم موفقیت استنت‌ها همچنان یک چالش بزرگ برای دانشمندان و پزشکان است. با توجه به اینکه بیماری‌های قلبی-عروقی عامل اصلی مرگ‌ومیر در کشورهای مختلف است، نیاز به استنت‌هایی با خواص بهتر برای جامعه علمی و پزشکی بسیار مهم است. در راستای دستیابی به آلیاژی با خواص ارتقاءیافته برای تولید استنت‌ها، ترکیب جدیدی از نوع آلیاژ آنتروپی بالای $CoCrFeMo_{0.45}Ni$ پیشنهاد شد. با توجه به پیشینه تحقیقاتی انتظار می‌رود این آلیاژ خواص مکانیکی مناسب (ترکیبی از استحکام و انعطاف‌پذیری)، رفتار مقاومت به خوردگی بالایی داشته باشد. به منظور تولید شمش‌های همگن، بدون تخلخل و با ساختار شیمیایی یکنواخت از روش VAR استفاده گردید. با توجه به نتایج آزمون DSC و پیش‌بینی ترمودینامیکی CALPHAD دمای ۱۲۰۰ °C به مدت ۱۲ ساعت برای انجام فرایند همگن‌سازی انتخاب گردید. درنهایت نمونه همگن‌شده با مقدار کار سرد ۲۰ تا ۷۰ درصد به‌صورت ورق‌های با ضخامت نهایی ۱۰۰ µm آماده شد. سیستم‌های آلیاژی حاصل با ترکیب کلی $CoCrFeMo_{0.45}Ni$ عمدتاً شامل فاز FCC و ترکیبات بین‌فلزی غنی از Mo بود. بررسی ریزساختاری، خواص مکانیکی و رفتار خوردگی این نمونه‌ها نشان داد که طی مراحل نورد سرد متوالی، با دستیابی به ریزدانگی بالاتر، چگالی بالایی از نابجایی و دوقلویی‌ها، استحکام بالایی در حدود ۸۰۰ تا ۱۴۰۰ MPa حاصل شد. در ادامه با انجام آنیل در سه دمای ۹۵۰، ۱۰۵۰ و ۱۱۵۰ °C بر روی نمونه‌ی ۶۰ درصد نورد سرد شده، انعطاف‌پذیری نمونه‌های نورد سرد شده تا ۵۵٪ افزایش یافت. این نمونه‌ها استحکام و انعطاف‌پذیری قابل‌مقایسه‌ای با آلیاژهای مورداستفاده در ساخت ایمپلنت‌های مشابه شامل فولاد زنگ نزن، نایتینول و آلیاژهای پایه CoCrMo نشان دادند. همچنین تمامی نمونه‌ها خواص مقاومت به خوردگی بالاتری نسبت به ورق 316L که به روش مشابه نورد شده، نشان دادند. در این میان خواص مقاومت به خوردگی نمونه ۶۰ درصد نورد سرد شده، با توجه به مشخصه‌های ریزساختاری بهبود قابل‌توجهی (تا حدود ۶۴ درصد) در میان سایر نمونه‌ها نشان داد. تشکیل فیلم روئین از ترکیبات اکسیدی Cr، Mo و هیدروکسیدهای Cr و Ni می‌تواند عاملی بر بهبود مقاومت به خوردگی این آلیاژ باشد. نتایج آزمون ICP پس از سه ماه غوطه‌وری، کاهش قابل‌توجهی در میزان رهایش یون‌های محلول نظیر نیکل (حداقل تا ۶۰ برابر) نسبت به نمونه‌ی ۳۱۶L نشان داد. بر اساس دستورالعمل‌های سازمان مواد غذایی و دارویی ایالات متحده آمریکا، نیکل به عنوان مانعی بر بهبود آسیب ناشی از گرفتگی، عامل تنگی مجدد رگ و ایجاد حساسیت است. از سوی دیگر نتایج آزمون CPP، حساسیت تمامی نمونه‌ها به خوردگی حفره‌ای را نشان داد. این رفتار را می‌توان با انحلال ترجیحی یون‌های آهن در الکترولیت به دلیل پایداری کم گونه‌های آهن در مقایسه با عناصر Co، Cr، Fe و Mo توضیح داد. نتایج آزمون کشت سلول HUVEC پس از ۱، ۳ و ۷ روز نشان داد که نمونه‌های آنیل شده عملکرد بسیار مناسب زیستی ارائه می‌دهند که با نمونه آلیاژ MP35 قابل‌مقایسه است. بررسی زنده‌مانی سلولی طی ۷ روز، نمونه‌های نورد سرد شده را در طبقه‌بندی (۰-۱) عدم سمّیت/حداقل مقدار سمّیت قرار داد. همچنین بر اساس نتایج آزمون همولیز، غیرهمولیتیک بودن تمامی نمونه‌ها را تأیید کرد که در این میان نمونه‌ی ۶۰ درصد نورد سرد شده حتی نسبت به نمونه‌ی MP35 رفتار خون سازگاری بهتری داشت. طبق تحقیقات انجام شده و مقایسه نتایج با مواد استنت تجاری نشان داد که آلیاژ آنتروپی بالای $CoCrFeMo_{0.45}Ni$ پتانسیل تبدیل‌شدن به ماده پایه در کاربردهای ایمپلنت استنت را دارد.