بسم الله الرحمن الرحیم

خبرنامه

مرداد ماه 1402 ، **شماره**28

همکار این شماره : ابوالفضل صفرزاده
مهدی شفیعی آفارانی
محمود شریفی تبار

ساخت ساخت قطعات آلیاژ اینکونل 625 به روش ساخت افزایشی قوسی با الکترود فلزی...- بخش نهایی 2

IWNT
انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ایران

اصفهان- خیابان شمس آبادی- ساختمان شمس-
طبقه 4- واحد 413
تلفن:03132240325
info@iwnt.com
www.iwnt.com

جوشکاری :

علم و هنر اتصال مواد

Welding:
The Art and Science of Material Joining

ساخت ساخت قطعات آلیاژ اینکونل 625 به روش ساخت افزایشی قوسی با الکترود فلزی و گاز محافظ (GMA-WAAM) - بخش نهایی

ابوالفضل صفرزاده - مهدی شفیعی آفارانی - محمود شریفی تبار
دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده شهید نیکبخت، گروه مهندسی مواد و متالورژی

بررسی خواص مکانیکی

جدول (4) خواص کششی مربوط به دیواره اینکونل 625 تولید شده به روش **GMA- WAAM** و آلیاژهای مشابه ساخته شده به دیگر روش‌های **WAAM** و همچنین یک نمونه ریختگی را نشان می‌دهد. هردو تنش تسلیم و تنش کششی نمونه جوشکاری شده در جهت جوشکاری **(TD)** (راستای محور **X**) نسبت به راستای تولید **BD** (راستای محور **Z**) بیشتر است؛ درحالی که الانگیشن آن‌ها قریبا مشابه یکدیگر بود. به‌علاوه استحکام کششی و الانگیشن آلیاژ در جهت تولید **(BD)**، نزدیک به خواص آلیاژ ریختگی بود؛ که به احتمال زیاد به‌دلیل ساختار دانه ریز به‌دست آمده به‌خاطر نرخ سرد شدن بالای این روش در مقایسه با روش ریخته‌گری است.

خواص مکانیکی قطعات اینکونل 625 تولید شده در این پروژه با قطعات آلیاژ یکسان تولید شده با دیگر روش‌های **WAAM** مانند **GTAW**، **GMAW -CMT** و **PAW** قابل مقایسه است. در حالی که مقدار الانگیشن در نمونه ساخته شده با فرایند **LPBF** به نسبت اینکونل 625 تولید شده در این پژوهش، به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر بود. خواص مکانیکی قطعات عمدتا به ریزساختار سطح شکست آن‌ها وابسته است. در فرایندهای جوشکاری قوسی، سرعت سرد شدن تقریبا مشابه است و در نتیجه ریزساختار خواص مکانیکی مشابهی حاصل می‌گردد. در صورتی که سرعت سرد شدن در روش **LPBF** خیلی بالاست و این اتفاق نه‌تنها مقادیر جداسازی حین انجماد را کاهش می‌دهد، بلکه منجر به تشکیل دندریت‌های خیلی ریز شده است. در نتیجه استحکام کششی آلیاژ تولید شده به روش **LPBF** نسبت به آلیاژ تولید شده با فرایندهای جوشکاری قوسی، به‌مقدار قابل ملاحظه‌ای بیشتر بود. با این وجود تشکیل منافذ، شکل‌پذیری آلیاژ تولید شده توسط روش **LPBF** را کاهش می‌دهد.

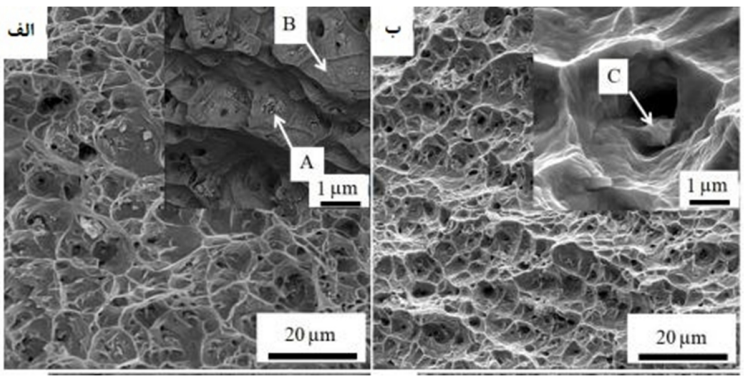
-بررسی سطح شکست

سطح شکست نمونه‌های تست کشش توسط **FESEM** ، جهت پیدا کردن مکانیزم شکست مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر **FESEM** با بزرگنمایی‌های مختلف که از سطح شکست نمونه‌های مختلف در جهت جوشکاری (محور **X**) و راستای تولید (محور **Z**) تهیه شده است، در شکل(7) نشان داده شده اند. علی‌رغم وجود برخی دیمپل‌های بزرگ، تقریبا توزیع یکنواختی از دیمپل‌های ریز وجود دارد که نوع شکست نرم را برای هر دو نمونه در راستای جوشکاری و جهت تولید تایید می‌کند؛ که به‌ترتیب در شکل (7-الف و 7-ب) نشان داده شده است. برای نمونه‌های آزمایش شده در جهت تولید ، دیمپل‌هایی در راستای خطوط موازی شکل گرفته‌اند. تصاویر ریزساختار با بزرگنمایی بیشتر توسط روش تصویربرداری الکترون برگشتی **(BSE)** تهیه شده‌اند، که در شکل 7.الف ارائه شده است. این تصویر نشان می‌دهد که دیمپل‌ها از برخی ذرات ثانویه (نقطه **A**) که نسبت به زمینه (نقطه **B**) کنتراست رنگی روشن‌تری دارد، نسات گرفته‌اند.ترکیب شیمیایی ذرات و زمینه که با آنالیز نیمه کمی **EDS** به‌دست آمده است، در جدول(5) ارائه شده‌اند.

ذرات با غلظت بالای کربن و عناصر تشکیل دهنده کاربید مانند **Ti** و **Nb** را می‌توان به‌عنوان فاز کاربید **MC** تخمین زد، درحالی که زمینه یک محلول جامد پایه نیکل است که غلظت بالایی از **Cr** دارد. پیش از این نشان داده شد که دندریت‌ها عمدتا در راستای محور **Z** رشد می‌کنند. برای نمونه‌ای در راستای محور **X** بارگذاری شده، تنش کششی عمود به جهت رشد دندریت‌ها اعمال شده است. در نتیجه، دیمپل‌ها از ذرات ثانویه‌ای که در راستای محور دندریت‌ها وجود داشته‌اند، آغاز شده‌اند.

1-1- بررسی سختی

همانطور که بیان شد، آزمون سختی در دو جهت **X** و **Z** صورت گرفت. میانگین اعداد به‌دست آمده از این آزمون،سختی را در راستای جوشکاری 230 ویکرز و در راستای تولید 260 ویکرز نشان داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده میزان سختی در دو راستای تولید و راستای جوشکاری میزان سختی نزدیک به هم بوده است. این مقادیر نزدیک به سختی قطعات تولیدی مشابه با دیگر روش‌های ساخت است و دیگر محققان نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافته‌اند. فوجیشیما و همکارانش در تحقیقاتی مقدار سختی دیواره تولیدی از جنس اینکونل 625 رسوب داده شده به روش **DED** 1 را در ارتفاعات و فواصل مختلف مورد بررسی قرار دادند، نتایج حاصل از این تحقیق اینگونه ارائه شد که مقدار سختی در پاس‌های پایین و نزدیک زیرلایه نزدیک به 10 درصد کمتر از مقدار سختی در پاس‌های بالایی است؛ که دلیل آن‌را سریع سرد شدن پاس‌های اول بیان کرده‌اند.



شکل 5، تصاویر **FESEM** مربوط به سطح شکست نمونه‌های آزمون کشش

الف) سطح شکست نمونه در آزمون کشش راستای **Z**، ب) سطح شکست نمونه در آزمون کشش راستای **X**

جدول 5، ترکیبات شیمیایی بدست آمده با آنالیز **EDS** مربوط به نقاط مشخص شده در شکل 5

Analyzed point	Chemical composition (wt.%)						
	C	Cr	Fe	Ni	Nb	Mo	Ti
A	21.0	4.0	---	11.8	62.7	---	0.5
B	---	22.5	---	64.5	4.2	8.6	0.2
C	30.5	10.3	0.3	25.9	31.6	16.1	1.4

https://jwsti.iut.ac.ir/
نشریه علوم و فناوری جوشکاری ایران