



بررسی تأثیر نیرو در حین ارتعاشات زیر رزونانس بر خواص مکانیکی و ریز ساختار فولاد ساده کربنی جوش کاری شده تحت فرایند GMAW

ایرج غفاریان¹، عادل مقصودپور^{2*}، علیرضایزدی پور³

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک و هوافضا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

2- استادیار، مهندسی مکانیک و هوافضا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

3- کارشناس ارشد، مهندسی جوش، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران

* تهران، صندوق پستی 14515/775، a.maghsoodpour@srbiau.ac.ir

کلیدواژگان

چکیده

جوش کاری

ارتعاش

فرکانس طبیعی

فرکانس زیر رزونانس

خواص مکانیکی

ریزساختار

هدف این مقاله بررسی تأثیر نیرو در حین ارتعاشات زیر رزونانس بر خواص مکانیکی و ریز ساختار فولاد ساده کربنی جوش کاری شده تحت فرایند GMAW می باشد. برای انجام آزمایش، ورق های فولادی ساده کربنی مطابق با دستورالعمل جوش کاری WPS به یکدیگر جوش داده شده اند. 3 عدد از نمونه ها تحت عملیات ارتعاشی با نیروهای مختلف و یک نمونه به عنوان نمونه شاهد (بدون ارتعاش) در نظر گرفته شده است. آزمایش های سختی سنجی، کشش، ضربه و بررسی ریزساختار روی تمامی نمونه ها مطابق با استانداردهای رایج انجام گرفته است. نتایج آزمایش ها، افزایش استحکام تسلیم را در نمونه های مرتعش شده نشان داده است. استحکام تسلیم در نمونه بدون ارتعاش 319 مگاپاسکال و در نمونه های مرتعش شده 381، 363، 421 مگاپاسکال شده است. نتایج آزمایش ها مقاومت به ضربه نمونه ها حاکی از افزایش مقاومت به ضربه نمونه های مرتعش شده می باشد. مقاومت به ضربه در نمونه بدون ارتعاش 5/5 ژول و در نمونه های مرتعش شده 16/5، 18، 10 ژول شده است. نتایج سختی سنجی بدست آمده از آزمایش ویکرز نمونه ها، کاهش سختی نمونه های مرتعش شده را نشان می دهد. نمونه بدون ارتعاش در ناحیه متأثر از حرارت 189 ویکرز و در نمونه های مرتعش شده 141، 152، 120 ویکرز می باشد و همچنین مقادیر سختی در ناحیه جوش نمونه بدون ارتعاش 244 ویکرز و در نمونه های مرتعش شده 178، 193، 103 ویکرز می باشد. نتایج بررسی های ریزساختاری، تغییرات چشمگیری را نشان نمی دهد.

Study the effect of the force during the sub resonant vibrations on mechanical properties and microstructure of low carbon steel GMAW weldment

Iraj Ghaffarian¹, Adel Maghsodpour^{1*}, Alireza Yazdipour²

1-Department of Mechanical and Area Space Engineering, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Department of Material Engineering, Malek Ashtar University, Tehran, Iran

* P.O.B. 14515/775 Tehran, Iran, a.maghsoodpour@srbiau.ac.ir

Keywords

Welding
Vibration
Natural frequency
Sub resonance frequency
Microstructure
Mechanical properties

Abstract

This article studies the impact force during the sub resonant vibrations on mechanical properties and microstructure of carbon steel welded by GMAW process. For testing, sheets of carbon steel welded together in accordance with welding procedure Specification.3 samples under various forces and vibration functions as a control sample (no vibration) is considered. Tests for hardness, tensile, impact and the microstructure of all samples is conducted in accordance with current standards. The results, increasing the yield strength of the samples has shown resonant. The yield strength of 319 MPa and the samples in the sample without a resonant vibration, 381, 363, 421 MPa. Impact resistance test results of the samples showed increased impact resistance is resonant examples. Impact strength of 5.5 joules without vibration and resonant samples 16.5, 18, 10 is Jules. Vickers hardness test results obtained from the samples, reducing the hardness of the resonant shows. Sample without vibration in the heat effected zone 189 Vickers and examples of resonant 141, 152, 120 Vickers is also hardness values in the weld samples without vibration of 244 Vickers and examples of resonant 178, 193, 103 Vickers is. The results of microstructural investigations, did not show significant changes.

1- مقدمه

سرمایش آنها پس از هر عملیات ساخت و تولید دیگر می باشد. از آنجا که خواص متالورژیکی و مکانیکی فلزات با حرارت دستخوش تغییر می گردد، ممکن است متناسب با شرایط حاکم، رفتاری با

یکی از عوامل مهمی که در تغییر خواص مکانیکی مواد (خصوصاً فولادها و چدن ها)، اثرگذار است، میزان حرارت و سرعت

Please cite this article using:

I. Ghaffarian, A. Maghsodpour, A. Yazdipour, Study the effect of the force during the sub resonant vibrations on mechanical properties and microstructure of low carbon steel GMAW weldment, *Iranian Journal of Manufacturing Engineering*, Vol. 4, No. 1, pp. 10-14, 2017 (in Persian)

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:



Fig. 1 The Sampel Weldment

شکل 1 نمونه جوش کاری شده

2-1- نحوه انجام عملیات ارتعاشی

برای انجام عملیات ارتعاشی ابتدا باید فرکانس طبیعی نمونه را بدست آورد. از طریق آنالیز مودال فرکانس طبیعی 25 هرتز بدست آمد. شکل 2 نحوه انجام آنالیز مودال را نشان می‌دهد. برای اجرای ارتعاشات از شیکر مودال موجود در آزمایشگاه آنالیز مودال استفاده شد. این نوع شیکر نیروی اعمالی خود را به روش الکترومغناطیس تأمین می‌کند که البته دارای محدودیت‌های نیرویی نیز می‌باشد. ماکزیمم نیروی خروجی توصیه شده برای این شیکر 500 نیوتن است. نحوه آماده‌سازی تست‌های ارتعاشات به شرح ذیل می‌باشد:

نمونه توسط سوراخ‌های تعبیه شده، به تکیه‌گاه مناسب کلمپ می‌شود. شفت شیکر به سوراخ دیگری که از قبل در انتهای دیگر نمونه تعبیه شده، متصل می‌شود. همان‌طور که در شکل 3 نشان داده شده، شفت رزوه‌دار شیکر به کمک دو مهره به نمونه متصل شده است.

با توجه به نتایج حاصل از تست مودال، ارتعاشات زیر رزونانس در فرکانس 15 هرتز انجام می‌شود. در ارتعاشات زیر رزونانس، پارامتر مقدار نیرو به عنوان متغیر بررسی شونده انتخاب شده است. نیروهای 100-200-300 نیوتن به مدت 660 ثانیه در سه نمونه جداگانه اعمال می‌شوند. جدول 1 شرایط تست‌های ارتعاشی برای چهار نمونه مورد آزمایش را نشان می‌دهد.



Fig. 2 The Analysis Modal

شکل 2 نحوه انجام آنالیز مودال

ویژگی‌های جدید ارائه دهند [۲۰،۱]. محدودیت‌های متالورژیکی، ناشی از اثر حرارت بر ساختار مواد می‌باشد. با توجه به نمودارهای فازی مواد، گاهی اوقات درجه حرارت‌هایی که ناحیه متأثر از حرارت تجربه میکند، در محدوده‌ای واقع می‌شود که ساختار ماده دگرگون شده و تغییر فاز اتفاق می‌افتد [3]. در مورد اثر ارتعاش پس از جوش بر خواص مکانیکی و ریزساختار تحقیقات اندکی صورت گرفته است. محققان در دهه‌های اخیر فقط در زمینه کاهش تنش پسماند با استفاده از ارتعاشات با متغیرهای فرکانس، دامنه، بار اعمالی و زمان بر روی آلیاژهای مختلف چه در حین جوش کاری یا پس از جوش کاری بررسی کرده‌اند و تنها چند محقق تأثیر ارتعاش بر ریزساختار و خواص مکانیکی را مورد ارزیابی قرار داده‌اند و همچنین این موضوع مورد توجه صنعت دفاعی کشور قرار گرفته است. پروهاچکا، شانکر، مونس، وانگ، جیووانی، مهرآبادی، شوکی و عزیزمرادی [4-11] از جمله محققانی هستند که در مورد تأثیر ارتعاش بر ریزساختار و خواص مکانیکی نمونه‌های جوش کاری شده تحقیقاتی انجام داده‌اند. نتایج این بررسی‌ها حاکی از کاهش سختی، افزایش استحکام کششی و مقاومت به ضربه و بررسی‌های انجام گرفته در مورد ریزساختار نمونه‌ها در برخی مقالات ریزدانه‌نگی و در برخی مقالات مطابق انتظارات قبلی هیچ اختلافی بین ریزساختار نمونه‌های مرتعش شده پس از جوش کاری و نمونه‌های شاهد نبوده است. در این مقاله پس از جوش کاری نمونه‌ها، عملیات ارتعاشی با فرکانس زیر رزونانس و نیروهای مختلف و زمان ثابت انجام شد و در پایان خواص مکانیکی و ریزساختار نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

2- روش انجام آزمایش

برای انجام آزمایشات از 4 نمونه استفاده شده است. هر نمونه شامل دو قطعه به ابعاد $3 \times 80 \times 50$ و $3 \times 80 \times 270$ میلی‌متر بوده که در کنار هم قرار گرفته و با جوش لب به لب به ابعاد نهایی $3 \times 80 \times 320$ میلی‌متر رسیده است. جوش کاری نمونه‌ها با گاز محافظ دی اکسید کربن¹ با استفاده از دستگاه جوش مجهز به سیستم تغذیه اتوماتیک و یک ارابه جوش کاری به منظور ثبت و کنترل سرعت حرکت جوش انجام شده است. جوش کاری نمونه‌ها توسط مفتول جوش ER 70S با قطر $1/2$ میلی‌متر مطابق با استاندارد AWS A5.18، سرعت تغذیه $4/5$ متر بر دقیقه و سرعت جوش کاری $34/2$ سانتی متر بر دقیقه انجام شده است. شکل 1 نمونه جوش کاری شده را نشان می‌دهد.

¹ Metal Active Gas

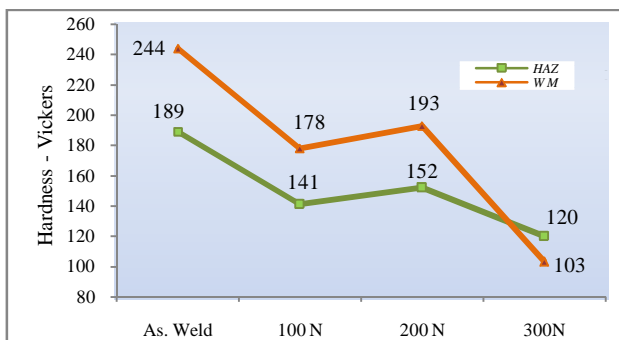


Fig. 4 Under the resonant frequency of vibration hardly changes compared with samples without vibration

شکل 4 روند تغییرات سختی در اثر اعمال ارتعاش تحت فرکانس زیر رزونانس در مقایسه با نمونه بدون ارتعاش

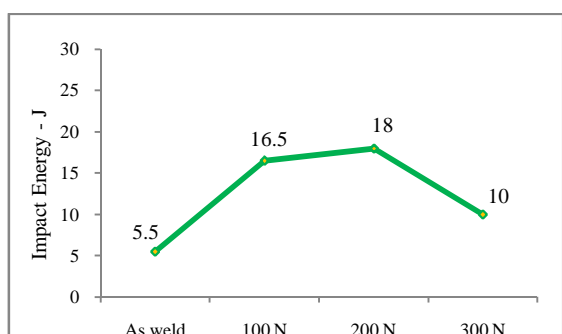


Fig. 5 Impact resistance changes in the resonance frequency caused by vibration in comparison with no vibration

شکل 5 تغییرات مقاومت به ضربه در اثر اعمال ارتعاش تحت فرکانس زیر رزونانس در مقایسه با نمونه بدون ارتعاش

نتایج آزمایش ضربه نشان می‌دهد که عملیات ارتعاشی مقاومت به ضربه نمونه‌ها را افزایش داده اند.

3-3- آزمایش کشش

یکی از مشکلات اصلی که در عملیات حرارتی ایجاد می شود کاهش تنش تسلیم است. نتایج استحکام کششی نمونه‌های مختلف در شکل 6 نشان داده شده است. دقت نتایج آزمایش کشش در نمونه‌های فولاد ساده کربنی این حقیقت را آشکار می‌کند که هیچ کاهش تنش تسلیمی در طی عملیات ارتعاشی اتفاق نمی‌افتد.

4-3- متالوگرافی

بررسی ریزساختار در منطقه جوش، در هر یک از نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ نوری انجام گرفته است. شکل 7 ریزساختار قسمت فوقانی جوش نمونه‌های مرتعش شده تحت فرکانس زیر رزونانس با بزرگنمایی 50 X و نمونه بدون ارتعاش را نشان می‌دهد.



Fig. 3 Operation Vibration

شکل 3 نحوه انجام عملیات ارتعاشی

جدول 1 شرایط تست‌های ارتعاشی برای چهار نمونه مورد آزمایش

Table 1 Vibration test conditions for the four samples tested

نام نمونه	نوع ارتعاش	شرایط ارتعاش
S1	زیر رزونانس	f=15Hz, F=100N, T= 660s
S2	زیر رزونانس	f=15Hz, F=200N, T= 660s
S3	زیر رزونانس	f=15Hz, F=300N, T= 660s
S6	بدون ارتعاش	نمونه شاهد

3- انجام آزمایشات

3-1- آزمایش سختی سنجی

سختی سنجی ویکرز در هر سه ناحیه (جوش، متاثر از حرارت، فلز پایه) انجام شده است. شکل 4 نتایج سختی سنجی نمونه‌های مرتعش شده با فرکانس زیر رزونانس با سه نیروی 100-200 و 300 نیوتن و نمونه بدون ارتعاش (نمونه شاهد) را نشان می‌دهد.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود با اعمال ارتعاش سختی مناطق جوش، متاثر از حرارت نسبت به نمونه بدون ارتعاش کاهش یافته است.

3-2- آزمایش ضربه

هر چه مقادیر استحکام و انعطاف‌پذیری فولاد بالاتر باشد مقاومت به ضربه در فولاد افزایش می‌یابد که این خصوصیت مکانیکی در دماهای بسیار پایین قابل ملاحظه و مورد اهمیت است. در این پژوهش نشان داده می‌شود که یکی از اثرات مهم ارتعاش بر فولاد افزایش مقاومت فولاد به ضربه در دمای پایین می‌باشد. برای دستیابی به نتایج دقیق، آزمایش ضربه بر روی نمونه‌های مرتعش شده و نمونه بدون ارتعاش انجام گرفته است. برای تهیه نمونه ضربه منطقه جوش داده شده برش داده شده و آزمایش ضربه در دمای محیط انجام شده است. نتایج آزمایش ضربه در شکل 5 آمده است.

مرتعش شده صحت انجام عملیات ارتعاشی را تأیید می‌کند. نمونه بدون ارتعاش در ناحیه متأثر از حرارت 189 ویکرز و در نمونه‌های مرتعش شده 141، 152، 120 ویکرز می‌باشد و همچنین مقادیر سختی در ناحیه جوش نمونه بدون ارتعاش 244 ویکرز و در نمونه‌های مرتعش شده 178، 193، 103 ویکرز می‌باشد.

نتایج آزمایش ضربه افزایش مقاومت به ضربه نمونه‌های مرتعش شده نشان می‌دهد. مقاومت به ضربه در نمونه بدون ارتعاش 5/5 ژول و در نمونه‌های مرتعش شده 16/5، 18، 10 ژول شده است.

نتایج آزمایش کشش نشان می‌دهد که عملیات ارتعاشی نه تنها باعث کاهش استحکام تسلیم نشده بلکه باعث بهبود در استحکام تسلیم نیز شده است. استحکام تسلیم در نمونه بدون ارتعاش 319 مگاپاسکال و در نمونه‌های مرتعش شده 381، 363، 421 مگاپاسکال شده است.

تصاویر بدست آمده از بررسی ریزساختارها هیچ تغییری را در نمونه‌های مرتعش شده نسبت به نمونه بدون ارتعاش نشان نمی‌دهد.

5- تقدیر و تشکر

از زحمات و همکاری دانشگاه مالک اشتر و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات صمیمانه کمال تشکر و قدردانی را دارم.

6- مراجع

- [1] M. Rasoli, M.A. Rasoli, T. Lavine, Comparison of residual stress reduction methods and improve the weld quality marine structures, *Twelfth Marine Industries Conference*, Zybaknar, Iran, 19-21 October 2010, pp. 1-12. (in Persian)
- [2] N. Hajizadeh Nayari, *Examines the implications of using the vibratory stress in various structures*, 2003. www.pogc.ir/Portals/0/maghalat/891026.5.pdf.
- [3] Bryant H. Blood, Process of Seasoning Steel Articles, *Patented date*, Apr.5.1921, US1373589.
- [4] J. Prohaszka, B. Hidasi and L. Varga, Vibration Induced Internal Stress Relief, *Institute for Technology and Materials Science Technical University Budapest*, May.28.1974.
- [5] S.Shankar, Vibratory stress relief of mild steel weldments, *Materials Science*, January, 1982.
- [6] A.S.M.Y. Munsif, A J Waddell and C A Walker, The effect of vibratory stress on the welding microstructure and residual stress distribution, *Department of Mechanical Engineering, University*

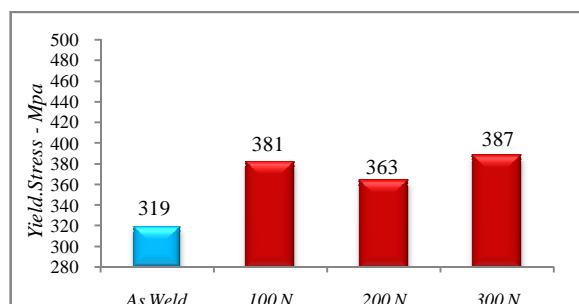


Fig. 6 Under the resonance frequency of the resonant yield samples with samples without vibration

شکل 6 تنش تسلیم نمونه‌های مرتعش شده تحت فرکانس زیر رزونانس با نمونه بدون ارتعاش

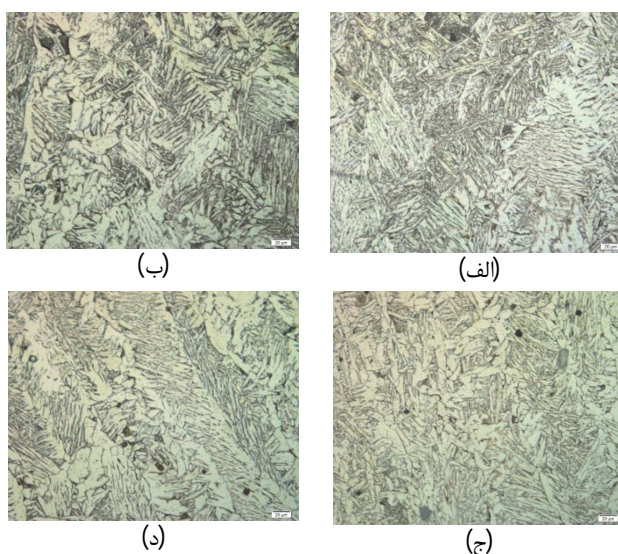


Fig.7 Weld microstructure upper part of the resonant frequency of the resonant under 50 X magnification, A) a force of 100 N (sample S1), B) a force of 200 N (sample S2), C) a force of 300 Nm (sample S3), D) without vibration sample (sample S6)

شکل 7 ریز ساختار قسمت فوقانی جوش نمونه‌های مرتعش شده تحت فرکانس زیر رزونانس با بزرگنمایی 50 X. الف) نیرو 100 نیوتن (نمونه S1)، ب) نیرو 200 نیوتن (نمونه S2)، ج) نیرو 300 نیوتن (نمونه S3)، د) نمونه بدون ارتعاش (نمونه S6)

همان‌گونه که مشاهده می‌شود تفاوت قابل ملاحظه‌ای در ریزساختار منطقه جوش نمونه‌های مرتعش شده و مرتعش نشده به چشم نمی‌خورد. ریزساختار همه نمونه‌ها متشکل از فریت (سفید رنگ) و پرلیت (تیره رنگ) می‌باشد. رشد ستونی در اطراف منطقه جوش کاملاً واضح است که با پیشروی به سمت مرکز جوش، رشد از حالت ستونی به رشد دندریتی تبدیل شده است. بنابراین نتیجه مشاهدات این تحقیق عدم تغییرات ریزساختاری ناشی از اعمال ارتعاش را نشان می‌دهد.

4- نتیجه‌گیری

کاهش سختی سنجی و مقایسه مقادیر بدست آمده از نمونه‌های

- Journal of Solid Mechanics* Vol. 4, No. 2 (2012) pp. 170-176.
- [10] LI Shuqi, FANG Hongyuan, LIU Xuesong and CUI Wei, Relationship between the microstructure of the welded steel plates and the efficiency of vibration stress relief, *Advanced Materials Research* Vols 941-944 (2014) pp 2062-2065.
- [11] M. Azizmoradi, S. Jafari Mehrabadi, A. Nabizadeh, Stress relief and improve the mechanical properties with vibration in to the welding steel to stainless steel, *Second International Conference on Acoustics and Vibration*, Tehran, Iran, December 26-27, 2011. (فارسی)
- of Strathclyde, Glasgow, Scotland, UK, 2001.
- [7] R.K. Wang, M.C. Sun, Y.H. Sun , The vibratory stress relief of a marine shafting of 35# bar steel, *Materials Letters* 58 (2004) 299– 303.
- [8] Giovanni S. Crisi, Danila Pedrogan Mendonça, Stress Relife of Welds by Heat Treatment and Vibration: Comparion Between the two Methods, *VSR Technology Group*, 2006.
- [9] S. Jafari Mehrabadi, M. Azizmoradi, M.M. Emami, Stress Relief and Material Properties Improvement Through Vibration VS. Common Thermal Method,