Archive of SID

بررسی شکل‌پذیری لوح‌های ترکیبی (TWB) فولادی جوشکاری شده توسط لیزر در شکل‌دهی کشیدنی

محمد ریاحی[۱]، حسین بیسادی[۲]، احمد امینی[۳]

چکیده

استفاده از TWB در صنعت خودروسازی، به دلیل داشتن مزایایی مثل کاهش در وزن، مصرف سوخت و هزینه خودرو رو به افزایش است. هدف اصلی از این پژوهش بررسی اثر ناحیه جوش، تفاوت در پوشش سطحی و نسبت ضخامت بر قابلیت شکل‌پذیری TWB تشکیل شده از ورق‌های فولادی از جنس SPCC، IF و AISI 304 می‌باشد. نشان داده شده است که ناحیه باریک جوش لیزری تاثیر ناچیزی بر قابلیت شکل‌پذیری TWB[1] دارد. نتایج تست LDH[2] بر روی TWB نشان می‌دهد که با افزایش نسبت ضخامت ورق‌های تشکیل دهنده آن، شکل‌پذیری کاهش می‌یابد. همچنین در تست LDH بر روی TWB تشکیل شده از ورق‌های با پوشش سطحی متفاوت، به دلیل تغییر در شرایط اصطکاک سطحی ترک در ورق بدون پوشش ایجاد می‌شود.

کلمات کلیدی: جوشکاری لیزری، ورق‌های فولادی، شکل‌پذیری.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر صنایع خودروسازی توجه زیادی به کاهش وزن و مصرف سوخت خودرو داشته‌اند. یکی از روش‌های کاهش وزن استفاده از TWB می‌باشد. TWB تشکیل شده است از دو ورق و یا بیشتر که جنس، ضخامت و پوشش سطحی آنها می‌تواند مشابه و یا متفاوت باشد و قبل از فرایند شکل‌دهی به هم متصل می‌شوند [۱]. از مزایای TWB می‌توان به کاهش مصرف مواد و وزن محصول، بهبود استحکام و کاهش هزینه اشاره کرد [۲]. یکی از روش‌های اتصال TWB جوشکاری لیزری می‌باشد که از ویژگی‌های این روش می‌توان به حرارت ورودی کم، باریک بودن ناحیه جوش، سرعت بالا و کیفیت بالای جوش اشاره کرد [۴،۳]. با وجود مزایای گفته شده TWB یکی از معایب آن کاهش زیاد در شکل‌پذیری آن است که از علل آن می‌توان به توزیع غیر یکنواخت کرنش به دلیل تغییر در جنس و ضخامت ورق‌های تشکیل دهنده TWB اشاره کرد.

بسیاری از تحقیقات جدید اثر خواص ناحیه جوش را بر شکل‌پذیری TWB بررسی کرده‌اند [۱۳،۶،۵]. در بعضی دیگر از تحقیقات اثر پارامترهای جوشکاری لیزری بر شکل‌پذیری TWB بررسی شده است [۸،۷].

۱- دانشیار، دانشکده مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- استادیار، دانشکده مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد ساخت و تولید، دانشگاه علم و صنعت ایران

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین مطالعاتی نیز بر روی تغییر در نیروی ورق‌گیر برای کنترل جریان مواد صورت گرفته است [۹]. در این پژوهش اثر ناحیه جوش، تغییر در ضخامت و پوشش سطحی بر قابلیت شکل‌پذیری ورق‌های فولادی SPCC، IF و AISI 304 که توسط لیزر جوش شده‌اند بررسی می‌شود.

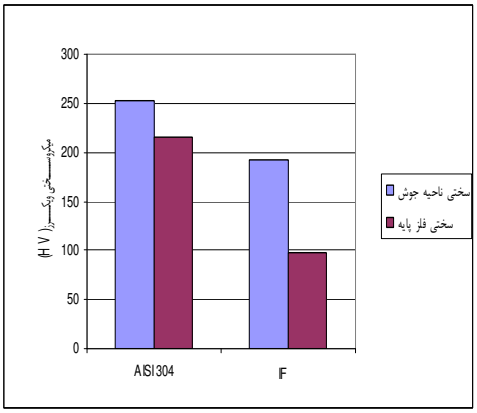
۲- ترکیب شیمیایی مواد و تست شکل‌پذیری

TWB تشکیل شده از سه نوع ورق فولادی [۱۰] SPCC، [۱۱] IF و [۱۲] AISI 304 مورد مطالعه قرار می‌گیرد. ترکیب شیمیایی این فولادها در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱): ترکیب شیمیایی مواد

جنس	C wt%	Si wt%	Mn wt%	S wt%	P wt%	Ni wt%	Ti wt%	Cr wt%	N wt%
IF	۰,۰۰۸	۰,۰۰۶	۰,۰۸۸	۰,۰۱۱	۰,۰۰۴	-	۰,۰۵۶	–	–
SPCC	۰,۱۲	۰,۰۴۵	۰,۵	–	۰,۰۴	–	–	–	–
AISI 304	۰,۰۴۵	۰,۵۱	۱,۱	۰,۰۰۲	۰,۰۲۵	۸,۱۱	-	۱۸,۲	۰,۰۲۳

تست استاندارد LDH که از یک قالب با ابعاد استاندارد و یک سنبه سر کروی با قطر ۴ اینچ تشکیل شده است برای بررسی شکل‌پذیری TWB جوشکاری شده توسط لیزر به کار می‌رود. بدینصورت که ورق توسط ورق‌گیر با نیروی بالا محکم نگه داشته شده است و سنبه سر کروی بر روی ورق به سمت پایین حرکت می‌کند و حرکت تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که ترک در ورق نمایان شود. ارتفاع گنبد ایجاد شده بر روی TWB به عنوان شاخص شکل‌پذیری به کار می‌رود.



شکل (۱): مقایسه سختی در ناحیه جوش و فلز پایه برای دو نوع فولاد IF و AISI 304

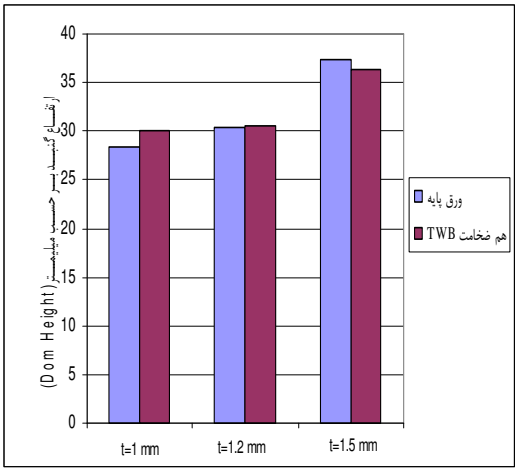
۳- اثر ناحیه جوش

در بسیاری از تحقیقات جدید که بر روی تاثیر ناحیه جوش بر شکل‌پذیری TWB تمرکز کرده‌اند [۶] مشخص شده است که در TWB فولادی جوشکاری شده توسط لیزر، ناحیه جوش دارای استحکام کششی و سختی بیشتری نسبت به ورق‌های پایه آن است و دلیل آن سرعت بالای سرد شدن ناحیه جوش در جوشکاری لیزری می‌باشد. میانگین میکروسختی در ناحیه جوش و فلز پایه برای دو نوع فولاد IF و AISI 304 در شکل (۱) نشان داده شده است.

همین سختی بالا در ناحیه جوش سبب می‌شود تا در تست کشش TWB فولادی با جهت کرنش اصلی عمود بر خط جوش، ترک دور از ناحیه جوش ایجاد شود. همچنین ارتفاع گنبد در تست LDH که شاخص شکل‌پذیری است برای TWB تشکیل شده از ورق‌های هم‌ضخامت و با جنس AISI 304 در شکل (۲) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود ارتفاع گنبد ورق‌های هم‌ضخامت جوش شده با ورق‌های پایه آن تفاوتی ندارد، پس ناحیه جوش را نمی‌توان یک عامل اصلی در قابلیت شکل‌پذیری TWB به حساب آورد و دلیل آن کم بودن پهنای ناحیه جوش لیزری (حدوداً ۱ میلیمتر) می‌باشد..

www.SID.ir

Archive of SID

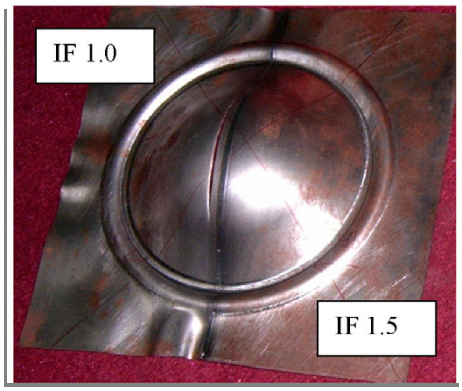


شکل (۲): مقایسه ارتفاع گنبد برای TWB هم ضخامت از جنس AISI 304 و ورق پایه آن

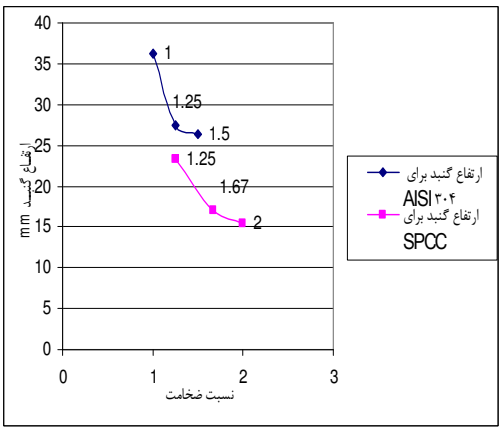
۴- اثر نسبت ضخامت

فریدمن نشان داده است که در تست کشش TWB با جهت کرنش اصلی عمود بر خط جوش، با افزایش ۱٪ نسبت ضخامت دو ورق، کرنش پلاستیک در ورق کلفت به نصف کاهش پیدا کرده است [۱۴]. علت این امر این است که به دلیل بزرگتر بودن سطح مقطع ورق کلفت، تنش و در نتیجه کرنش عمود بر خط جوش ایجاد شده بر روی ورق کلفت کمتر است و دیرتر وارد منطقه پلاستیک می‌شود ولی در ورق نازک به دلیل سطح مقطع کوچکتر، تنش بیشتر شده و سریعتر وارد منطقه پلاستیک می‌شود و ترک بر روی آن ایجاد می‌شود. با انجام تست LDH بر روی TWB تشکیل شده از ورق‌های فولادی با جنس یکسان و ضخامت متفاوت ترک بر روی ورق نازک و دور از ناحیه جوش ایجاد می‌شود (شکل ۳). همچنین به دلیل اینکه ورق کلفت کمتر در کرنش پلاستیک شرکت می‌کند خط جوش به سمت ورق کلفت حرکت می‌کند.

همانطور که در شکل (۴) برای TWB تشکیل شده از دو جنس AISI 304 و SPCC نشان داده شده است با افزایش نسبت ضخامت دو ورق، ارتفاع گنبد ایجاد شده کم شده و در نتیجه شکل‌پذیری آن کاهش یافته است.



شکل (۳): TWB تشکیل شده از ورق های فولادی IF با ترکیب ضخامت ۱-۱,۵ میلیمتر



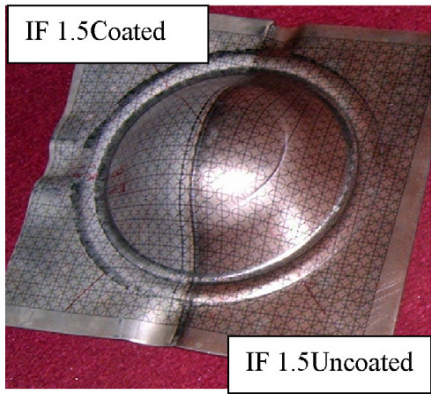
شکل (۴): ارتفاع گنبد ایجاد شده در تست LDH بر روی TWB از دو جنس AISI 304 و SPCC با نسبت ضخامت مختلف

۵- اثر تفاوت در پوشش سطحی

نتایج تست LDH بر روی TWB تشکیل شده از ورق‌های فولادی IF هم‌ضخامت ولی با پوشش سطحی متفاوت (گالوانیزه و بدون پوشش) نشان می‌دهد که ترک بر روی ورق بدون پوشش ایجاد می‌شود (شکل ۵) و علت آن تغییر در شرایط اصطکاک سطحی ورق‌هاست. پوشش روی که بر روی ورق گالوانیزه قرار دارد باعث کاهش ضریب اصطکاک سطح آن شده و در تست LDH، اصطکاک بین این ورق و سنبه کاهش یافته و توزیع کرنش یکنواخت‌تر و بیشتر بصورت دو محوره می‌شود. در ورق بدون پوشش، اصطکاک بالاتر بین سنبه و ورق باعث ایجاد توزیع کرنش غیریکنواخت و تک‌محوره شده و ترک بر روی آن زودتر اتفاق می‌افتد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۵): TWB تشکیل شده از ورق های فولادی IF با ضخامت ۱,۵ میلیمتر و پوشش سطحی متفاوت

۶- نتیجه گیری

در تست کشش TWB فولادی با کرنش اصلی عمود بر خط جوش، ترک دور از ناحیه جوش ایجاد می‌شود و دلیل آن سختی بالای ناحیه جوش لیزری به علت سرعت بالای سرد شدن آن می‌باشد.

۱- ناحیه جوش اثر ناچیزی بر قابلیت شکل پذیری TWB فولادی دارد و علت آن کم بودن پهنای ناحیه جوش لیزری می‌باشد.

۲- قابلیت شکل‌پذیری TWB با افزایش نسبت ضخامت ورق‌های تشکیل دهنده آن کاهش می‌یابد و در تست LDH ترک بر روی ورق نازک ایجاد می‌شود.

۳- با انجام تست LDH بر روی TWB تشکیل شده از ورق‌های فولادی IF هم‌ضخامت ولی با پوشش سطحی متفاوت ترک در ورق بدون پوشش ایجاد می‌شود و دلیل آن بیشتر بودن ضریب اصطکاک سطح آن می‌باشد.

پی‌نوشت:

1- Tailor Welded Blank
2- Limiting Dome Height

مراجع

1- Tusek, J., "Welding of tailored blanks of different materials", Journal of materials processing technology, 119, pp. 180-184, 2001.
2- Auto/Steel Partnership, Tailor Welded Blank Design and Manufacturing Manual, Technical Report, 1995.
3- Dawes, C., Laser Welding, A Practical Guide, Abington Publishing, Cambridge, UK, 1992.
4- Duley, W.W., laser welding, John Wiley & Sons. Inc, 1999.
5- Baptista, A.J., Rodrigues, D.M., and Menezes, L.F., "Influence of the weld on the mechanical behavior of tailor welded blanks", Mater. Sci. 514, pp. 1493–1500, 2006.
6- Abdullah, K., Wild, P.M., Jeswiet, J.J., and Ghasempoor, A., "Tensile testing for weld deformation properties in similar gage tailor welded blanks using the rule textures", J. Mater. Process. Technol. 112, pp. 91–97, 2001.
7- Jian, X., Laser welding of sheet metals, PhD thesis, UMI Company, Ann Arbor, Michigan, 1998.
8- Saunders, F.I., and Wagoner,R.H., "Forming of tailor-welded blanks", Metallurgical and Materials Trans. A, V.27A, pp. 2605-2616, 1996.
9- Mustafa, A., Ahmetoglu, D., Brouwers, L., Shulkin, L., Taupin, G., Kinzel, L., and Altan, T., "Deep drawing of round cups from tailor-welded blanks", J. Mater. Process. Technol., 53, pp. 684–694, 1995.
10- Chan, S.M., Chan, L.C., and Lee, T.C., "Tailor-welded blanks of different thickness ratios effects on forming limit diagrams", Journal of Materials Processing Technology, 132, pp. 95–101, 2003.
11- Panda, S.K., Ravi Kumar, D., Kumar, H., Nath, A.K., "Characterization of tensile properties of tailor welded IF steel sheets and their formability in stretch forming", Journal of Materials Processing Technology, 183, pp.321–332, 2007.
12- Cheng, C.H., Chan, L.C., and Chow, C.L., "Weldment properties evaluation and formability study of tailor-welded blanks of different thickness combinations and welding orientations", J Mater Sci, 42, pp. 5982–5990, 2007.
13- Gaied, S., Roelandt, J.m., Pinard, F., Schmit, F., and Balabane, M.,"Experimental and numerical assessment of Tailor-Welded Blanks formability", journal of materials processing technology, 209, pp. 387–395, 2009.
14- Friedman, P.A., and Kridli, G.T., "Microstructural and Mechanical Investigation of Aluminum Tailor-Welded Blanks", ASM International JMEPEG, 9, pp. 541-551, 2000.

www.SID.ir