

Effect of Pulse Current on Mechanical, Metallurgical and Corrosion Properties of AA 5083 Aluminum Alloy Pulse TIG Welded Joints

Vahid Nazarpoor*, Abdoreza. Soltanipoor, Khosrow Farmanesh

Maleke-Ashtar University of Technology

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 30 May 2010 Accepted 10 Jun. 2010 *Keywords:*

Pulsed TIG Welding Aluminum Alloy Pulse Current Tensile Strength Hardness Microstructure

Aluminum alloys are largely used because of their inherent good properties. Nowadays, 5xxx series alloys are developed and one of their new categories is Al-4.5Mg. High strength in this alloy is due to work hardening. It has ultimate tensile strength of 330 MPa. The most important challenge during fusion welding of this alloy is HAZ softening. The aim of the present investigation is to study the effect of pulse current on mechanical and metallurgical properties of AA5083 aluminum alloy welds through pulsed tungsten inert gas (TIG) welding process. Microstructures of all the welds were studied and correlated with the mechanical properties. It was seemed that pulse current, has an optimum amount to reach the highest strength. All the welded specimens were failed within the weld region. Pulsed welds showed fine grain structure due to thermal disturbances and decrease in heat input. In general, hardness is lower in HAZ region compared to the weld metal and base metal regions, irrespective of welding technique, which is characterized by the coarse dendrite grains and lack of the strengthener phase. Hardness was higher compared to the continuous welds and this could be due to refinement of grain structure. The best peak current should be selected between 220 & 240 A.

Corresponding author: Vahid Nazarpoor, vnazarpoor@gmail.com



تأثیر تغییر جریان در جوشکاری تیگ پالسی بر خواص مکانیکی و متالورژیکی آلیاژ آلومینیوم ۵۰۸۳

وحيد نظرپور*، عبدالرضا سلطانی پور، خسرو فرمنش

کیدہ

دانشگاه صنعتی مالک اشتر، دانشکده مهندسی مواد

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:۱۳۸۹/۱/۱۰	امروزه به دلیل خواص ویژه آلومینیوم، آلیاژهای آن دارای کاربرد وسیعی شدهاند. آلیاژهای
تاریخ پذیرش:۱۳۸۹/۳/۲۰	سری ۵۰۰۰ نیز از این قائده مستثنی نبوده و یکی از آلیاژهای جدید این گروه -Al
الشظران سما با م	4.5Mg است. این آلیاژ در اثر کارسختی به استحکام بالایی در حد MPa میرسد.
واركان كليدى:	مشکل این آلیاژ در حین جوشکاری ذوبی، کاهش تنش تسلیم و استحکام نهایی کششی
جوشكارى TIG پالسى آيايە آيا	در اثر تبلورمجدد و رشد دانه در منطقه متأثر از حرارت (پدیده نرم شدن منطقه متأثر از
الياز الومينيوم حديان بالسد	حرارت) است. در این پژوهش تأثیر تغییر شدت جریان جوشکاری با فرآیند تیگ پالسی
بریان پایسی استحکام کششی	بر روی خواص مکانیکی و متالورژیکی این آلیاژ مطالعه شده است. ریز ساختار کلیه
سختى	جوشها بررسی شد و مشخص شد با کاهش شدت جریان استحکام کششی مواد
ريزساختار	افزایش مییابد. تمام نمونههای جوشی از منطقه جوش شکستند. منطقه جوش نمونهها
	به دلیل کاهش گرمای ورودی در این جوشکاری ساختار ریزی را نشان دادند. سختی
	در منطقه تحت تاثیر حرارت ناشی از ساختار درشت دانه، پایین ترین مقدار را داشت.
	همچنین با افزایش شدت جریان، سختی مناطق مختلف کاهش یافت. بهترین شدت
	جریان بین ۲۲۰ و ۲۴۰ آمپر انتخاب شد
	Y

معهده دار مکاتبات: وحید نظرپور، vnazarpoor@gmail.com

۱– مقدمه

خواص منحصر بفرد آلومینیوم امروزه این فلز را به یکی از پرکاربردترین فلزات صنعتی در دنیا تبدیل کرده است. آلیاژهای کار شده آلومینیوم به طور کلی به دو دسته قابل عملیات حرارتی و غیر قابل عملیات حرارتی، آلیاژهای میشوند. در بین آلیاژهای غیرقابل عملیات حرارتی، آلیاژهای سری ۵۰۰۰ بواسطه وجود منیزیم از استحکام بالایی برخوردار هستند [1]. همچنین این آلیاژها دارای مجموعهای برخوردار هستند [1]. همچنین این آلیاژها دارای مجموعهای برخوردار مستند [1]. همچنین این آلیاژها دارای مجموعهای برخوردار هستند [۲]. آلیاژ ۵۰۸۳ دارای و جوش پذیری جزء آلیاژهای با جوش پذیری بالا محسوب می شود که در بخش عمدهای از تجهیزات و قطعات شناورهای دریایی بکار می رود [۳].

با استفاده از جریان متناوب AC بالانس می توان به گونهای رفتار جریان را برقرار نمود که علاوه بر داشتن قوس پایدار، سلامت حوضچه جوش از جنبه آخالهای تنگستنی کنترل شود. با توجه به قابلیت تمرکز حرارتی فرآیند جوشکاری TIG، به منظور کاهش اعوجاج و افزایش خواص مکانیکی و متالورژیکی از این فرآیند استفاده می شود. همچنین این فرآیند قابلیت ارائه بازدهی قوس به صورت پالسی را دارا می باشد که این امر می تواند علاوه بر مزیتهای فوق الذکر نسبت به سایر فرآیندها، موجب ریزدانگی ساختار فلز جوش و کاهش پهنای منطقه HAZ شود [۴].

طبق نظر Needham [۵] در روش قوس پالسی جریان، جوشکاری بسرعت از یک مقدار بالائی (Peak) به مقدار پائینی زمینه (Background) تغییر میکند که این کار سبب ایجاد بخیههایی بصورت نقطه جوشهای روی هم قرار گرفته میشود. ذوب در طول مدت زمان جریان بالایی و انجماد در طول زمان جریان زمینه رخ میدهد. جریان بالایی رسوب

نشریه علم مواد، سال دوم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹

مناسب و شکل دانه جوشکاری را کنترل میکند. با توجه به اینکه در این تکنیک گرمای ورودی به فلز پایه کاهش مییابد منطقه ذوب دانه ریزتر بوده وکیفیت جوش بالاتر است. انرژی گرمایی مورد نیاز برای ذوب کردن فلز پایه در شدت جریان ماکزیمم در طی مدت زمان کوتاه به فلز پایه اعمال میشود و بدین ترتیب حرارت در زمان بعدی بداخل فلز پایه هدایت میشود که این امر منجر به منطقه تحت تأثیر حرارت باریکتری میشود [۶].

پارامترهای اصلی جوشکاری تیگ پالسی عبارتند از: جریان پیک (Ip)، جریان زمینه (IB)، مدت زمان جریان پیک (tp و مدت زمان جریان زمینه (tB) [۷]. سایر متغیرها از روی این پارامترها قابل تعریف و تعمیم هستند.

بسیاری از محققین با استفاده از پارامترهای جوشکاری متفاوت توانستهاند به نتايج مشابهی برسند. اولين هدف، استفاده از مزایای جریان پالسی برای بالا بردن کیفیت جوش است. بطور معمول جریان پالسی ۱/۵ تا ۲ برابر جریان حالت پایدار برای کار مشابه تنظیم می شود. جربان زمینه چیزی در حدود ۳۰ الی۵۰٪ بزرگی جریان پالسی است. زمان تناوب برای جریان زمینه و پالس دارای اهمیتی برابر با مقدار این جریانهاست؛ بطوریکه مقدار جریانها اندازه و عمق نفوذ نقطه جوشها را کنترل میکند و زمان جریانها سرعت انجماد مهره ذوب شده را معین میکند. اگر محل جوش خیلی بزرگ شود. زمان پالس کاهش داده میشود و اگر نفوذ خیلی زیاد باشد اندازه جریان پالس کاهش داده می شود. فرکانس پالس و سرعت جوشکاری به میزان روی هم قرارگرفتگی مورد نیاز در نقطه جوشها بستگی دارد، ولی معمولاً بین ۰/۲ تا ۲۰ HZ انتخاب می شود [۸]. نمونهای از جریان پالسی مستطیلی در شکل ۱ نشان داده شده است [۹]. یکی از مهمترین پارامترها جریان متوسط با رابطه

اساس نتايج آزمونهاي غيرمخرب پارامترهاي نهايي

جوشکاری TIG پالسی تعیین شد. در نهایت تاثیر تغییر

شدت جریان بر خواص مکانیکی و متالورژیکی جوشکاری

در این پژوهش ورقهای مورد استفاده جهت عملیات جوشکاری از جنس آلومینیوم ۵۰۸۳ از نوع H۱۱۶ میباشد که دارای استحکام تسلیم برابر با ۲۶۰ MPa، استحکام

کششی برابر با MPa ودرصد ازدیاد طول برابر با ۱۴٪

می باشد. ترکیب شیمیایی آلیاژ در جدول ۱ نشان داده شده

ورق ۵۰۸۳ در ابعاد mm ۵۰۰×۵۰۰ در جهت نورد با

استفاده از گیوتین برش داده شد و سیس آماده سازی ورقها

جهت انجام عملیات جوشکاری بر اساس استاندارد

جوشکاری امریکا به صورت جناقی یک طرفه، با زاویه پخ

۶۰ درجه و یاشنه ریشه برابر با ۱/۶ mm و فاصله ریشه

برابر با ۱/۶ mm انجام گردید [۱]. سپس توسط پارچه

تنظیف و الکل سطح ورقها، دستگاه جوشکاری و فکها

تمیز شد. قبل از جوشکاری، ورقها در محلول ۴۰ گرم

۱ + NaOH ليترآب مقطر به مدت ۵۰ ثانيه اکسيد زدائی

تیگ پالسی روی ورق الومینیوم ۵۰۸۳ بررسی گردید.

۲- مواد و روش تحقیق

Start) است که به آن جریان شروع ($I_m = \frac{I_p \cdot t_p + I_B \cdot t_B}{t_p + t_B}$ $I_p = 1$ است که به آن جریان شروع (current) (current) نیز می گویند و دارای مقدار کمتری نسبت به $F = \frac{1}{t_p + t_B}$ برای میباشد [۱۰]. F = (1) از رابطه $F = \frac{1}{t_p + t_B}$ برای محاسبه فرکانس استفاده نموده است.





پژوهش Kumar و همکاران [۱۲] در مورد تأثیر پارامترهای جوشکاری TIG پالسی بر روی خواص کششی آلیاژ آلومینیوم ۸۹ ۶۰۶۱ بود. این محققین به این نتیجه رسیدند که هر کدام از پارامترها دارای محدوده خاصی است که تجاوز از آن منجر به افت خواص می شود.

بنابراین انجام این تحقیق بر اساس ادامه روند بررسی پارامترهای جوشکاری TIG پالسی صورت پذیرفت. در این تحقیق ابتدا پارامترهای شدت جریان، فرکانس، سرعت جوشکاری و سرعت تزریق سیم تغییر داده شدند و سپس بر

شىد.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی آلیاژ آلومینیوم ۵۰۸۳ و سیم پرکننده ۵۱۸۳ مورد استفاده [۱]

Element	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Al
5083AA	0.116	0.452	0.0268	0.722	4.38	0.0935	0.005	0.25	0.0194	93.6
5183 Filler Wire	0.2	0.35	0.15	0.5	4.01	0.1	0.05	0.25	0.1	93.1

از دو الکترود غیر مصرفی تنگستنی خالص و تنگستنی حاوی اکسید زیرکونیوم با قطرهای ۲/۴ و ۳/۳ میلیمتر و همچنین ماده مصرفی مورد استفاده از جنس ۵۱۸۳ با قطر ۱/۱ میلیمتر با ترکیب شیمیایی مندرج در جدول ۱ استفاده گردید. آماده سازی نوک الکترود طبق استاندارد جوشکاری امریکا [۱] بصورت باریک شدن انتهایی انجام شد. قطعات قبل از جوشکاری تا ℃ ۱۰۰ پیشگرم شدند. برای جلوگیری از اعوجاج، زیر ورقها فیکسچر قرار گرفت و به منظور عدم انتقال حرارت در زیر و روی ورقها از پتوهای نسوز و پشتبند سرامیکی استفاده گردید. مشعل در مسیر جوشکاری در زاویه ۹۵ درجه قرار گرفت [۱۳].

عملیات جوشکاری توسط دستگاه جوشکاری TIG اتوماتیک FPA2003 ساخت شرکت فرانیوس کشور اتریش با استفاده از موج متناوب متعادل AC در شرکت هواپیما سازی هسا انجام گردید. جوشکاری در دو پاس بدون سیم جوش و با سیم جوش انجام شد. جریان شروع برابر با ۱۹۰۸، ولتاژ جوشکاری برابر با ۲۷ ۱۰، سرعت تزریق سیم جوش در پاس دوم برابر با ۱۴۷ سرعت تزریق سیت جوشکاری برابر با ۱۹۰۸ در نظر گرفته شد. همچنین فرکانس برابر با ۲۰۵ ادر نظر گرفته شد. شدت جریان

در این تحقیق ابتدا پارامترهای شدت جریان، سرعت جوشکاری، فرکانس و سرعت تزریق سیم پرکننده تغییر داده شدند و با توجه به اطلاعات مقالات مروری بقیه پارامترها از جمله زمان شدت جریان بالایی، زمان شدت جریان پایینی و شدت جریان شروع در شرایط یکسان انجام شد. سپس به منظور مشخص نمودن سلامت جوش از دو جنبه آخالهای تنگستنی و نفوذ پاس جوش، بازرسیهای غیر مخرب چشمی جهت بررسی بعد گرده و ریشه جوش،

مایعات نافذ جهت بررسی ترکهای سطحی و نفوذ جوش و همچنین فلورسکوپی جهت بررسی عیوب درونی جوش بویژه آخالهای تنگستنی انجام گردید.

به منظور بررسی و مطالعه اثر جریان بر ماکروساختار و رقت، قطعات جوشکاری شده از مقطع عرضی بصورتی که دارای کلیه مناطق جوش از جمله فلز جوش (WM)، منطقه تحت تأثیر حرارت و فلز پایه (BM) باشد، برش داده شدند و پس از انجام عملیات ماشین کاری کلیه قطعات با کاغذ سمبادههای ۲۰۰ الی ۱۰۰۰ پولیش شدند. سپس سطوح پولیش شده با نمد پولیش همراه با محلول Al₂O₃ پولیش شدند. نمونههای پولیش شده در دو مرحله با استفاده از شدند. نمونههای پولیش شده و ریزساختار مناطق مختلف اتصالات جوشی توسط میکروسکوپ نوری مورد ارزیابی قرار گرفت:

-۱۵ ml HF-۱۵ ml HNO₃-۴۵ ml HCl –۱ ۲۵ ml H₂O به منظور مشخص نمودن گرده جوش، پاس ریشه جوش و نوارهای منطقه جوش.

۲۵ ml H₂O-۱۵ ml HF-۱۵ ml HNO₃-۴۵ ml HCl -۲ جهت نمایان شدن خط ذوب^۱، منطقه تحت تأثیر حرارت و فلز پایه به منظور بدست آوردن میزان درصد رقت در جریانهای متفاوت .

سپس پارامترهای بهینه انتخاب گردید و فقط شدت جریان تغییر کرد و بعد از تکرار آزمایشات بالا روی جوشهای نهایی، آزمون ماکرو سختی (VHN) انجام گرفت به طوری که بار ۵ Kg در خط وسط سطح مقطع و در فاصله ۲/۵ میلیمتری از سطح جوش اعمال شد تا پروفیل سختی بدست آید. در واقع روی کلیه نقاط فلز پایه و جوش اندازه گیری سختی صورت پذیرفت.

شکل ۳ شمایی از نمونه آزمون خمش و نحوه برش آن از جوش و ابعاد میباشد که بر اساس استاندارد 50121 Part 1 <u>DIN</u> آماده شدند (ابعاد بر حسب میلیمتر میباشد). این آزمون خمش ساده میباشد که به کمک آن زاویهای که نمونهها شکسته شده و همچنین میزان نیروی اعمالی و جابجایی پانچ تا جایی که نمونهها منجر به شکست شوند، ثبت می شود. آزمون کشش به کمک دستگاه کشش Universal انجام شد. شکل ۲ یک نمونه آزمون کشش و نحوه برش نمونههای کشش از جوش را نشان میدهد (ابعاد نمونهها بر حسب mm بر روی آن مشخص شده است). کلیه نمونههای آزمون کشش بر حسب استاندارد 2 DIN 50120 Part آماده شدند. نمونهها بوسیله سنگ مغناطیسی سنگ زنی شده و در حدود ۲/۰ میلیمتر از رو و زیر جوشها برداشته شد.



۳– نتایج و بحث

با بررسی پایداری قوس و پروفیل مقطع طولی جوش، محدوده پارامترهای فرکانس، سرعت جوشکاری، سرعت تزریق سیم، طبق جدول ۲ تعیین گردید. همچنین محدوده جریان مناسب بین A ۲۶۰–۲۰۰ انتخاب گردید و الکترود مناسب با قطر ۲/۳ میلیمتر انتخاب شد. چون در جریانهای کمتر از A ۲۰۰ عدم پایداری قوس، عدم نفوذ یا ذوب

ناقص مشاهده شد و در جریانهای بیشتر از A ۲۶۰ آخال تنگستنی ناشی از داغ شدن الکترود و یا undercut دیده شد. شدت جریان بالایی برابر با مقادیر ۲۶۰–۲۲۰ –۲۲۰ - ۲۰۰ آمپر و شدت جریان زمینه برابر با مقادیر ۱۳۰–۲۰۰۰–۱۰۰ آمپر تغییر کرد. نتایج بازرسی چشمی و فلورسکوپی نشان داد نمونههای با این محدوده جریان دارای نفوذ یکنواختی بودند و عدم نقاط تمرکز تنش وجود

Table 2. Final parameters								
Weld Code	Current, A	Ferequency, Hz	Welding speed, cm/min	Filler feed speed, cm/min				
V1	260	2	9	120				
V2	240	2	9	120				
V3	220	2	9	120				
V4	200	2	9	120				

جدول ۲ – يارامتر هاي نهايي

حاصل از تغییر شدت جریان بر پروفیل جوش	، ۳ – نتایج	جدول
---------------------------------------	--------------------	------

Table 3. Effect of peak current on weld profile								
Weld Code	Weld reinforcement (h/w)	Weld root (h/w)	Number of bands	Dilution %*	Weld quality			
V1	0.16	0.13	4	45	А			
V2	0.13	0.10	4	42	A			
V3	0.11	0.07	4	39	А			
V4	0.08	-	4	26	С			

(A) Good (B) Acceptable (C) Low (D) Lack of penetration

* *روش محاسبه درصد رقت برابر ۱۰۰ * <mark>B</mark> است که B = ذوب دو فلز پایه و FM = گرده و ریشه جوش میباشند.

داشت که شکل سطح مقطع آنها در شکل ۴ نشان داده شده 🔪 بعد گرده و ریشه جوش با استفاده از کمبریج گیج و کولیس اندازهگیری شد که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است. نفوذ جوش با استفاده از آزمایش مایعات نافذ بررسی گردید که نتایج آن به صورت کیفی در جدول ۳ نشان داده شده است. شکل ۴ تصویری از شکل جوش نهایی را نشان مى دھد.

شکل ۵ سطح مقطع جوشها را بعد از ماکرواچ نشان میدهد که نتایج حاصل از این آزمون تایید کننده نتایج سایر آزمونهای غیر مخرب میباشد. با توجه شکل ۵a پهنای منطقه HAZ نمونهها با افزایش شدت جریان زیاد شده است. پهنای منطقه HAZ این جوشکاری در حد ۱ تا ۲ میلیمتر می باشد. این منطقه با افزایش شدت جریان تحت تاثیر حرارت بیشتری قرار گرفته و پهنای آن افزایش مییابد. در شکل ۵b نوارهای جوش نمونهها مشخص میباشد و مشاهده می شود که در شدت جریان های متفاوت تعداد

است. اما در نمونههای با جریان A ۲۰۰ نفوذ ناقص داشت که این به دلیل کاهش جریان می باشد. همچنین یهنای منطقه HAZ نمونهها با كاهش شدت جريان كم شده است.

نتايج حاصل از أزمايشات فلورسكوپي وجود أخالهاي تنگستن در اتصالات جوشی که با الکترود غیر مصرفی تنگستنی خالص انجام شده است را نشان میدهد و در اتصالات جوشی با الکترود غیر مصرفی تنگستنی حاوی ۲٪ اکسید زیرکونیوم عدم آخالهای تنگستنی در کلیه محدودههای شدت جریان استفاده شده مشاهده میگردد که این مسئله می تواند به واسطهٔ قابلیت بالای انتشار الکترونها، مقاومت کمتر و نهایتا داغ نشدن این گونه الکترودهای تنگستنی باشد. همچنین عدم وجود مک، آخال و ناخالصی مشاهده شد.



۳–۱ – اثر تغییر شدت جریان بر میزان درصد رقت جدول ۳ نشان میدهد که با کاهش جریان درصد رقت کاهش مییابد. چون با کاهش جریان با نفوذ کمتری روبرو هستیم، بنابراین میزان درصد رقت کاهش مییابد. درجه رقت عبارت است از نسبت فلز ذوب شده از قطعه کار به کل فلز جوش (فلز ذوب شده قطعه کار + فلز رسوب داده شده از الکترود).

۳–۲– اثر تغییر شدت جریان بر پروفیل جوش
با توجه به جدول ۳ با کاهش جریان بعد گرده و ریشه
جوش کاهش می بابد. چون با کاهش جریان با نفوذ کمتری
روبرو هستیم. بنابراین با توجه نتایج جدول ۳، کلیه نمونهها
غیر از نمونههای ۲۰۰ آمپر از لحاظ کیفیت جوش بر اساس
آزموهای غیر مخرب مورد قبول واقع شد.

۳–۳– شدت جریان و ریز ساختار

نتایج نشان میدهد که شدت جریان در اندازه دانه فلز جوش مؤثر است و تأثیر آن بر ریزساختار در شکل ۶ نشان داده شده است. با افزایش جریان پیک، اندازه دانههای مناطق جوش و HAZ افزایش می یابد.

همچنین اندازه دانههای AI در فلز جوش (WM) نسبت به فلز پایه (BM) و منطقه تحت تأثیر حرارت و مرز ذوب (FL) ریزتر هستند. شکل ۷ رشد دندریتها و درشتدانگی منطقه HAZ را بین فلز پایه و فلز جوش نشان میدهد. در زمان شدت جریان بالایی (جریان پیک) حرارت ورودی بیشتری به قطعه اعمال میشود. زمانیکه سطح جریان به حد.پایینی خود (جریان زمینه) میرسد، زمان سرد شدن قطعه طولانی تر شده و دانهها اجازه رشد می یابند. از طرفی با

نشریه علم مواد، سال دوم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹

افزایش حرارت ورودی بر واحد طول جوش، وسعت HAZ افزایش مییابد. به این ترتیب افت استحکام را داریم. گرمای ناشی از پاسهای اولیه باعث بهبود شیب حرارتی در حین انجماد پاسهای ثانویه شده و از این طریق ضمن جلوگیری از ساختار ستونی نامطلوب (دندریتهای کشیده و دراز) به جای آن ساختار هم محور ریز ایجاد میکند. بنابراین کاهش شدت جریان و کاهش گرمای ورودی باعث میشود که دانهها در حین انجماد کمتر اجازه رشد پیدا کنند سمت ریز شدن دندریتها رود. اما در منطقه تحت تاثیر حرارت بدلیل افزایش درجه حرارت و افزایش گرادیان حرارتی دندریتها زمان بیشتری را برای رشد داشته و در نهایت منجر به رشد دانهها در این منطقه در حین انجماد میشوند.

۳–۴– نتایج آزمون کشش

در حین آزمون کشش، همه نمونههای جوشی از منطقه جوش شکستند. در کلیه نمونهها شکست به صورت مورب و با زاویهای در حدود ۴۵ درجه رخ داد. بنابراین استحکام کششی نهایی نشان داده شده در جدول ۴، استحکام کشش نهایی فلز جوش به نظر میرسد.

در این جوشکاری هرگاه سایر پارامترهای جوشکاری از جمله سرعت جوشکاری و ولتاژ برای همه نمونهها ثابت باشد، با کاهش شدت جریان، گرمای ورودی به قطعه کاهش مییابد. پس با افزایش شدت جریان و در نتیجه افزایش گرمای ورودی، افزایش منطقه تحت تاثیر حرارت را خواهیم داشت. جوشهای پالسی به دلیل کاهش گرمای ورودی دارای ریزساختار ریزتری نسبت به غیرپالسی میباشند. بنابراین ازدیاد شدت جریان باعث کاهش استحکام کششی و استحکام تسلیم نمونهها میشود. 62



Fig. 6. Optical micrographs showing the effect of peak current on microstructure





_____ نشریه علم مواد، سال دوم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹

63

Fractur End	e path Start	Fracture position	Reduction area%	Elongation %	Yield stress (0.2%) Mpa	Ultimate stress Mpa	Current A
2 mm from weld center	Weld center	HAZ	6.4	6.53	191	224.12	V1=260
2 mm from weld center	Weld center	HAZ	8.8	7.9	208	250.04	V2=240
2 mm from weld center	Weld center	HAZ	15.8	8.88	232	271.63	V3=220
2 mm from weld center	Weld center	HAZ	24.17	13	251	286.37	V4 =200
-	-	-	-	14.7	285	330.14	BM

جدول ۴- تغيير خواص کششی با تغيير درصد شدت جريان Table 4. Effect of peak current on Tension properties

۳– ۵– نتایج آزمون خمش

در این آزمون نیرو از طرف سطح جوش اعمال شده است. در شکل ۸ منحنی های نیرو - جابجایی فلز پایه و اتصالات جوشی در شرایط اعمال نیرو از طرف سطح جوش مقایسه شده است.

با توجه به شکل ۸ مشاهده میشود که همه منحنیها از نظر . برابر بوده و برابر با فلز پایه میباشد. جابجایی مشابه به فلز یایه میباشد. همچنین میتوان نتیجه گرفت که قابلیت بارگیری تمام اتصالات جوشی در جابجاییهای مختلف نسبت به فلز پایه کمتراست و اتصالات جوشى به ترتيب ريزدانگى بيشتر، قابليت تحمل بار بیشتری را دارند. بنابراین نمونه V4 دارای تحمل بار بیشتری به دلیل ریزدانگی و استحکام بیشتر بوده و نمونه V1 كمترين تحمل را دارد. اين افزايش قابليت بارگيري در جابجایی تقریبا ۲۷ میلیمری در نمونهها به وجود میآید.

> با توجه به جدول ۵ که زاویه خمش فلز پایه و اتصالات جوشی در حداکثر زاویه خمش مقایسه شده است، زاویه خمش در فلز پایه ۱۳۳ درجه بوده است و در کلیه جوش ها، بین ۱۳۱ تا ۱۳۵ درجه بوده که میانگین آن تقریبا همان ۱۳۳

درجه برابر فلز پایه می باشند. بنابراین تغییر محسوسی در زاویه خمش نمونهها دیده نشد.

همچنین با توجه به جدول ۵ که میزان جابجایی در آزمون خمش فلز پایه و جوشها تا حداکثر جابجایی ۴۰ میلیمتری مقایسه شده است، میزان جابجایی در کلیه نمونهها تقریباً

با توجه به این روند نتایج حاصل از آزمون خمش و کشش مشابه بوده، به طوری که ازدیاد طول در آزمون کشش و نتایج حاصل از آزمون خمش می تواند به عنوان معیاری برای شکل پذیری این نوع جوشکاری مورد استفاده قرار گیرد. همچنین هیچ گونه ترکی در نمونهها بعد از آزمون خمش مشاهده نشد.

۳–۶– نتایج آزمون سختی سنج در شکل ۹ نتایج حاصل از سختی جوشهای نهایی با يكديگر مقايسه شده است. همانطور كه مشاهده مى شود، سختی مناطق HAZ از همه مناطق کمتر است. همچنین با افزایش شدت جریان سختی کلیه مناطق کاهش یافته است.



جدول ۵- نتایج ازمون خمش بر روی نمونه های جوشکاری شده با شدت جریانهای مختلف

Current A	Bending face	Angle (°)	Maximum displacement (mm)	Maximum force (N)	Minimum displacement (mm)
V1-260	Face	131	26.10	1772	39.59
v 1-200	Root	133	24.56	1846	39.58
V2-240	Face	131	26.14	1997	39.58
v 2-240	Root	135	27.30	2334	39.59
V3-220	Face	132	25.90	2319	39.58
v 3-220	Root	134	27.17	2354	39.29
V4=200	Face	133	27.98	2392	39.58
	Root	132	28.43	2718	39.58
Base	-	133	24.59	3602	35.99

 Table 4. Effect of peak current on Bending properties

بی مربوط به استحکام نیست، ریز ساختار ریز مربوط به ناحیه جوش دلیلی بر بیشتر بودن سختی این منطقه است. همچنین با توجه به نتایج حاصل از آزمون سختی مشخص می شود که شکست متمایل به سمت منطقه HAZ که دارای پایین ترین سختی است، می باشد.

سختی پایین مناطق HAZ بواسطه وجود دندریتهای درشت و کمبود استحکام در این منطقه میباشد. منطقه HAZ در نزدیکی منطقه جوش دارای سختی نسبی بیشتری است اما همچنان از فلز پایه کمتر است که بدلیل تبلور مجدد در این منطقه میباشد. از آنجایی که سختی

نشریه علم مواد، سال دوم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹

65





مراجع

به طوری که شکست در منطقهای رخ داده که دارای پایینترین منطقه سختی است. ۴) خواص خمشی نمونهها نشاندهنده خواص شکل پذیری بالایی بودند و هیچ گونه ترکی در نمونهها بعد از خمش مشاهده نشد. اتصالات جوشی به ترتیب ریزدانگی بیشتر، قابلیت تحمل بار بیشتری را داشتند. ۵) در نتیجه مطابقت بین خواص مکانیکی و پروفیل جوش، بین ۲۴۰ و ۲۲۰ آمپر بهترین شدت جریان برای جوشکاری تیگ پالسی ورق آلومینیوم ۵۰۸۳ با ضخامت میلیمتر میباشد. ۱- Fusion Line

[1] Richard D. Campbell, "Welding, Brazing and Soldering", ASM Handbook, Vol.6, Gas Tungsten Arc Welding, The ASM Handbook Committee, ASM International, 10th edition, 1997, 190-195. ۴– نتیجه گیری

 با افزایش جریان پیک، اندازه دانههای مناطق جوش و منطقه تحت تاثیر حرارت افزایش مییابد. همچنین اندازه دانههای آلومینیوم در فلز جوش نسبت به مناطق دیگر ریزتر هستند. ازدیاد شدت جریان باعث کاهش استحکام کششی و تسلیم نمونهها شد. پهنای منطقه تحت تاثیر حرارت نمونهها با افزایش شدت جریان زیاد شده است. همچنین افزایش شدت جریان باعث افزایش نفوذ میشود.

۲) با افزایش شدت جریان، سختی مناطق مختلف نمونهها کاهش یافته اما سختی منطقه تحت تاثیر حرارت همه نمونهها از بقیه مناطق بدلیل تبلور مجدد و رشد دانه در آن، کمتراست. بیشترین میزان سختی در مرکز جوش رخ داد.

۳) در آزمون کشش، شکست در کلیه نمونهها در منطقه جوش و متمایل به منطقه تحت تاثیر حرارت اتفاق افتاد

Engineering and Performance, Vol. 43, 2008, 345-356.

[9] Cary H.B., "Modern Arc Welding Technology", Oxford & IBH Publishing Co, London, 1998.

[10] Manti R., Dwivedi D.K., Agarwal A., "Microstructure and hardness of Al-Mg-Si weldments produced by pulse GTA welding". Int. Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 36, 2008, 263-269.

[11] Tseng K.H., "The Effect of pulsed GTA Welding on The Residual Stress of Stainless Steel Weldment", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 123, 2002, 346.

[12] Zhou C., Yang X., Luan G., "Investigation of microstructures and fatigue properties of pulse TIG welded Al–Mg alloy", Materials Chemistry and Physics, Vol. 98, 2006, 285–290.

[13] Gourd, L..M, "Principles of Welding Technology", Prentice-Hall, New York, 1995.

[14] Praveen P., Yarlagadda P.K.D.V., "Meeting Challenges in Welding of Aluminum Alloys through Pulse Gas Metal Arc Welding", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 164, 2005, 1106. [2] Kumar A., Sundarrajan S., "Optimization of Pulsed TIG Welding Process Parameters on Mechanical Properties of AA 5456Aluminum Alloy Weldments", Journal of Materials and Science, Vol. 43, 2008, 8-16.

[3]Skatesas.j.nikoaou."Microstructural changes accompanying repair welding in 5xxx aluminium alloys and their effect on the mechanical properties", Materials and Design, Vol. 27, 2006, 968-975.

[4] Rager D.D., "Welding Handbook", American Welding Society Inc, USA, 1997.

[5] Needham J. C., "Pulsed Current Tungsten Arc Welding – an introduction to the process", Pulsed TIG-Welding Seminar, UK, 1998, 1-6.

[6] Kumar T.S., Balasubramanian V., Sanavullah M. Y., "Influences of Pulsed Current Tungsten Inert Gas Welding Parameters on the Tensile Properties of AA6061 Aluminum Alloy", Materials and Design, Vol. 44, 2006, 8.

[7] Palani P.K., Murugan N., "Selection of parameters of pulsed current gas metal arc welding". Journal of Materials Processing Technology, Vol. 172, 2006, 1-10.

[8] Manti R., Wivedi D.KD, "Pulse TIG Welding of Two Al-Mg-Si Alloys", Journal of Materials