



دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب
دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد «M.Sc.»
مهندسی مواد متالورژی - شناسایی و انتخاب مواد مهندسی

عنوان :

مطالعه اتصال دهی آلومینیوم به فولاد توسط فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای

استاد راهنما :

نگارش :

فهرست مطالب

۱	چکیده
۲	مقدمه
۴	فصل اول : فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای
۹	فصل دوم : پارامترهای مؤثر در جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای
۹	۱-۲- تأثیر مقاومت الکتریکی
۱۱	۲-۲- تأثیر شدت جریان جوشکاری
۱۴	۳-۲- تأثیر مدت زمان جوشکاری
۱۸	۴-۲- تأثیر نیروی الکتروود جوشکاری
۲۰	۵-۲- تأثیر الکتروود جوشکاری
۲۰	۱-۵-۲- تأثیر نوع و اندازه الکتروود
۲۴	۲-۵-۲- تأثیر سرد کردن الکتروود
۲۵	۶-۲- تأثیر شرایط سطحی
۲۵	۷-۲- تأثیر ترکیب شیمیایی فلز
۲۶	۸-۲- تأثیر پراکندگی حرارت
۲۸	۹-۲- تأثیر تعادل حرارتی
۳۰	۱۰-۲- تأثیر طراحی اتصال
۳۶	فصل سوم : مکانیزم تشکیل دگمه جوش در فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای
۳۸	۱-۳- مزایا و معایب جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای
۳۹	فصل چهارم : فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای غیر همجنس Al/St، کاربردها و مشکلات آن
۳۹	۱-۴- فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای غیر همجنس Al/St
۴۰	۲-۴- کاربرد های جوشکاری نقطه‌ای غیر همجنس Al/St
۴۱	۳-۴- مشکلات فرآیند جوشکاری نقطه‌ای غیر همجنس Al/St
۴۴	فصل پنجم : نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۴۴	نتیجه‌گیری
۴۵	پیشنهادها
۴۳	منابع و مراجع
۴۸	چکیده انگلیسی

فهرست شکل‌ها

فصل اول: فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای

- شکل ۱-۱: نمایی شماتیک از فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای [۷] ۵
شکل ۲-۱: شماتیکی از دستگاه جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای و مقاومت‌های الکتریکی [۱] ۶

فصل دوم: پارامترهای مؤثر در جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای

- شکل ۱-۲: نمودارهای مقاومت الکتریکی و درجه حرارت در قسمت‌های مختلف اجزاء جوشکاری نقطه‌ای [۲] ۹
شکل ۲-۲: تاثیر میزان جریان بر قطر دگمه جوش [۲و۱] ۱۱
شکل ۳-۲: اثر شدت جریان جوشکاری بر استحکام برشی اتصال جوشکاری نقطه‌ای [۲] ۱۲
شکل ۴-۲: جریانهای انحرافی در جوش نقطه‌ای دو طرفه [۱۰و۲] ۱۳
شکل ۵-۲: استحکام برشی اتصال جوشکاری نقطه‌ای بصورت تابعی از زمان جوشکاری [۲] ۱۵
شکل ۶-۲: سیکل جوشکاری تک پالس برای جوشکاری نقطه‌ای و زائده ای [۲] ۱۷
شکل ۷-۲: تاثیر نیروی الکتروود بر مقاومت الکتریکی تماسی [۲و۱] ۱۸
شکل ۸-۲: شکل‌های دماغه الکتروودهای جوشکاری نقطه‌ای طبق استاندارد RWMA [۲و۱] ۲۲
شکل ۹-۲: پخش حرارت به فلز پایه و الکتروودها در طول جوشکاری مقاومتی [۷] ۲۶
شکل ۱۰-۲: روشهای افزایش تعادل حرارتی در جوشکاری نقطه‌ای آلیاژهایی با هدایت الکتریکی متفاوت [۲] ۲۹
شکل ۱۱-۲: اثر فاصله لبه و روی هم افتادن نامناسب [۲] ۳۱
شکل ۱۲-۲: تطبیق نامناسب ورق در جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای و جوش حاصل از آن [۲و۲] ۳۲
شکل ۱۳-۲: اثرات سطحی جوشکاری نقطه‌ای ممکن است دور تعقر جوش بوجود آید [۲و۱] ۳۳
شکل ۱۴-۲: استفاده از تکنیک جوشکاری غیرمستقیم برای حداقل کردن اثرات سطحی یک طرف کار [۲] ۳۴
شکل ۱۵-۲: اثر اندازه دگمه جوش و ضخامت ورق بر روی استحکام برشی کششی، شکست یا پارگی در فلز پایه اتفاق افتاده است [۲و۱]. ۳۵

فصل سوم: مکانیزم تشکیل دگمه جوش در فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای

- شکل ۱-۳: (الف) شماتیکی از مکانیزم تشکیل دگمه جوش و (ب) نمایش مناطق مختلف حرارتی در حوزه دگمه جوش مقاومتی [۲و۱] ۳۷

فصل چهارم: فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای غیر همجنس AI/St، کاربردها و مشکلات آن

- شکل ۱-۴: شماتیکی از فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای غیر همجنس AI/St با تکنیک سه لایه و نمایش مقاومت‌های موجود در این پروسه [۷] ۴۰

چکیده

در این رساله اتصال غیر همجنس فولاد کم کربن (St37) و آلومینیوم خالص تجاری (A1050) به روش جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای و تأثیر پارامترهای جوشکاری (شدت جریان و مدت زمان) بر ریز-ساختار و استحکام برشی اتصال مورد بررسی قرار گرفت. در این رساله برای حصول خواص مکانیکی مطلوب در ناحیه اتصال از تکنیک جوشکاری نقطه‌ای سه لایه (لایه سوم به عنوان ورق پوشاننده یا Cover Plate) استفاده شد. لازم به ذکر است که تمام تلاش‌ها برای رسیدن به اتصال قابل قبول توسط تکنیک جوشکاری دو لایه بی‌نتیجه ماند. مطالعات میکروسکوپی ناحیه اتصال توسط میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی روبشی (SEM) حاکی از تشکیل نواحی و اجزای مختلف در ناحیه اتصال بود. همچنین مطالعات آنالیز شیمیایی EDS تشکیل ترکیبات بین‌فلزی Fe_2Al_5 و $FeAl_2$ در منطقه مرزی بین لایه‌ای موسوم به لایه واکنشی نفوذی (Reaction Layer) را نشان داد. آزمون میکروسختی نشان داد که این لایه دارای سختی بیشتر (در حدود 380HV) نسبت به فلزات پایه (حداکثر سختی در ورق پایه فولادی 212HV و حداکثر سختی در ورق پایه آلومینیومی 45HV) می‌باشد. با افزایش ضخامت این لایه واکنشی نفوذی استحکام برشی اتصال غیرهمجنس نیز افزایش می‌یابد. بررسی‌های انجام شده حاکی از بزرگ شدن قطر دگمه جوش و همچنین ضخامت لایه واکنشی نفوذی با افزایش شدت جریان (با افزایش شدت جریان از 8KA تا 13KA) و مدت زمان جوشکاری (با افزایش مدت زمان تا 1sec) می‌باشد. به طور مشابه با افزایش پارامترهای جوشکاری مذکور تا حد بهینه، استحکام برشی اتصال نیز افزایش می‌یابد به طوری که در شدت جریان جوشکاری ۱۳ کیلو آمپر و مدت زمان جوشکاری ۱ ثانیه، استحکام برشی اتصال ($F_{UTS\ Weld}$ joint=4349N) از استحکام کششی دو فلز پایه ($F_{UTS\ Steel}=2342N$ و $F_{UTS\ Al}=1921N$) بیشتر بود.

واژه های کلیدی :

جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای ، تکنیک سه لایه جوشکاری ، دگمه جوش ، شدت جریان جوشکاری ، استحکام برشی ، ورق پوشاننده (Cover Plate) ، لایه واکنشی نفوذی (Reaction Layer) .

مقدمه

فولاد و آلومینیوم دو آلیاژ صنعتی متداول و مورد کاربرد در سطح دنیا می‌باشند که به علت خصوصیات مهندسی مطلوب و قیمت نسبتاً مناسب در بسیاری از صنایع کاربرد دارند. فولاد دارای خواص مکانیکی مطلوب و آلومینیوم دارای وزن سبک و مقاومت به خوردگی مناسب می‌باشد. کاربرد این دو فلز در کنارهم موجب افزایش بهره‌وری از محصول تولیدی می‌شود چون ویژگی‌های هر دو را دارا می‌باشد. در دنیا و همچنین ایران از اتصال دهی مستقیم این دو فلز در صنایع خودروسازی، کشتی‌سازی، هواپیما سازی و لوازم خانگی کمتر استفاده شده است بنابراین در این سمینار برای رسیدن به اتصالی مناسب که دارای خواص مکانیکی مطلوب نیز باشد تلاش شده است. یکی از بهترین روش‌های اتصال دهی دائمی دو ورق فولاد و آلومینیوم، روش جوشکاری مقاومتی نقطه ای می‌باشد چون این دو فلز دارای ویژگی‌های حرارتی و فیزیکی متفاوت از جمله نقطه ذوب و ضریب انتقال حرارتی مختلف می‌باشند و این اختلاف‌ها زیاد می‌باشد. پیونددهی این دو آلیاژ دارای مشکلات فراوانی است که با بررسی‌های انجام شده روش جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای با تکنیک سه لایه بهترین فرآیند برای این نوع اتصال غیرهمجنس می‌باشد. جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای فرآیندی متداول و نسبتاً کم هزینه در صنعت می‌باشد که می‌توان با انجام این نوع اتصال در شرایط ایده آل و مناسب به خواص مکانیکی مطلوب رسید. این نوع فرآیند پیچیدگی زیادی ندارد و اتصال حاصله به صورت دائمی می‌باشد و حتی برای تعمیر قطعات فرسوده نیز می‌توان از این روش پیونددهی با کمترین هزینه ممکن، استفاده نمود. البته مشکلاتی نیز وجود دارد که از جمله می‌توان به اختلاف ضریب انتقال حرارت آلومینیوم و فولاد اشاره نمود که این فرآیند را از حالت جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای دو فلز همجنس پیچیده‌تر می‌سازد. حال به منظور استفاده از این نوع اتصال دهی در صنایع خودروسازی، حمل و نقل هوایی و همچنین لوازم خانگی برای کاهش وزن قطعات تولیدی و کاهش آلودگی محیط زیست همچنین کاهش مشکلات خوردگی این سمینار به بررسی پارامترهای مؤثر در این نوع فرآیند برای رسیدن به اتصالی با ویژگی‌های مطلوب مکانیکی می‌پردازد. امید است با متداول شدن این فرآیند در

صنایع فوق در ایران و دیگر کشورها از مشکلات آلودگی محیط زیست کاسته شده و عمر قطعات صنعتی از جمله لوازم خانگی به علت مشکلات خوردگی افزایش یابد. اتصال قابل اطمینان برای پیونددهی دو فلز غیر همجنس فولاد و آلومینیوم به روش جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای با تکنیک سه لایه در این تحقیق مورد تجزیه و تحلیل واقع شد. در این راستا، تأثیر پارمترهای مؤثر بر این نوع اتصال از قبیل شدت جریان و مدت زمان جوشکاری بر استحکام کششی اتصال مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. همچنین مطالعات دقیقی در مورد تغییرات ریزساختاری در آلیاژ پایه و حوزه دگمه جوش انجام پذیرفت. سپس مکانیزم تشکیل اجزای مختلف در ناحیه اتصال غیرهمجنس و ارتباط بین ریزساختار و خواص مکانیکی نمونه های اتصال داده شده تعیین گردید. براساس نتایج حاصله، آزمایش ها به هدف کلی این سمینار یعنی بررسی شرایط بهینه برای اتصال مطمئن دو فلز غیرهمجنس فولاد و آلومینیوم با خواص مکانیکی مناسب سوق داده شد. سمینار حاضر در شش فصل گردآوری و تدوین گردیده است و می توان آن را به عنوان یک شروع و مقدمه‌ای برای بومی نمودن و کاربرد صنعتی این روش اتصال دهی در صنایع داخلی کشور به حساب آورد.