



## سمینار دفاع از رساله دکتری

با عنوان

# بررسی ریزساختار و خواص مکانیکی اتصال حالت جامد دوفلزی مس- فولاد کم آلیاژ AISI4140 به روش جوشکاری پلاسمای جرقه‌ای (SPW)

ارائه کننده: مهدی نادری سمیرمی

مکان: سالن سمینار دانشکده مهندسی مواد

زمان: ۴۰۳/۰۲/۲۵ ساعت ۹

اعضای کمیته داوری

استاد مشاور: دکتر احمد کرمان‌پور

استاد راهنما: دکتر محمد رضا طرقي نژاد

اساتید داور: دکتر قاسم دینی - دکتر فتح الله کریم زاده - دکتر مسعود عطاپور

### چکیده:

هدف اصلی از پژوهش حاضر ارزیابی ریزساختارها و خواص مکانیکی اتصالات حالت جامد مس- فولاد AISI4140 ایجاد شده به روش جوشکاری پلاسمای جرقه‌ای (SPW) بدون قالب و با قالب، بدون لایه میانی و با لایه میانی تحت متغیرهای مختلف دما، زمان و فشار است. جهت بررسی تأثیر قالب در اتصالات ایجاد شده، فرایند SPW در دمای ۶۵۰°C به مدت ۳۰min و فشار ۲۰MPa بدون قالب و با قالب انجام شد. به منظور ارزیابی تأثیر متغیرهای دما، فشار و زمان، اجرای فرایندها در دماهای ۶۵۰، ۷۰۰ و ۷۵۰°C، زمان‌های ۵، ۱۵، ۳۰ و ۶۰min و فشارهای ۲۰ و ۴۰MPa صورت گرفت. همچنین جهت بررسی لایه میانی، فرایند SPW در دمای ۷۰۰°C به مدت ۱۵min و فشار ۲۰MPa همراه با لایه میانی نیکل انجام شد. بررسی‌های ریزساختاری اتصالات ایجاد شده توسط میکروسکپ‌های نوری و الکترونی روبشی انجام شد. تهیه منحنی‌های تغییرات غلظت توزیع عناصر، آنالیز نقطه‌ای و نقشه‌های عنصری با استفاده از طیف‌سنجی پراکندگی انرژی (EDS) صورت گرفت. به منظور ارزیابی خواص مکانیکی اتصالات از آزمون‌های سختی‌سنجی و کشش استفاده شد. شناسایی فازهای سطح شکست اتصالات بعد از آزمون کشش با استفاده از آزمون پراش‌سنجی پرتو ایکس گریزینگ (GIXRD) انجام شد. همچنین بررسی‌های سطوح شکست اتصالات توسط میکروسکپ الکترونی روبشی گسیل میدانی صورت گرفت. نتایج نشان داد، در تمامی اتصالات مس- فولاد بدون لایه میانی، انحلال اجباری مس در فولاد و آهن در مس رخ داده و هیچ گونه ترکیب بین فلزی در فصل مشترک اتصال شناسایی نشده است. همچنین نفوذ اتم‌های مس در فولاد در حین فرایند SPW به صورت نفوذ تک بعدی و از طریق نواحی اتصال یافته صورت گرفته است. انجام فرایند SPW در دمای ۶۵۰°C در قالب فلزی، در اثر عدم تشکیل لایه اکسیدی و ناحیه مرده در فصل مشترک اتصال در مقایسه با فرایند بدون قالب، باعث کاهش نواحی اتصال نیافته و تشکیل میکرو حفره‌ها در فصل مشترک اتصال شده و در نتیجه استحکام اتصال از ۴۲ به ۹۰MPa افزایش یافته است. افزایش فشار اعمالی از ۲۰ به ۴۰MPa در دمای ۶۵۰°C تأثیر محسوسی در افزایش استحکام اتصال نداشته است. با افزایش دمای فرایند از ۶۵۰ به ۷۰۰°C به علت حذف نواحی اتصال نیافته و میکرو حفره‌ها و افزایش مسافت‌های نفوذ مس و آهن در فصل مشترک اتصال، استحکام اتصال تا حد قابل توجهی تا حدود ۱۷۹MPa افزایش یافته و شکست اتصال از ترد-نرم به نرم تبدیل شده است. از طرف دیگر، افزایش دمای فرایند تا ۷۵۰°C به علت تغییر ساختار فولاد از فریت و سمنتیت به فریت و آستنیت و کاهش ضریب نفوذ مس در فاز آستنیت فولاد، منجر به کاهش مسافت نفوذ مس در فولاد در نواحی قابل توجهی از اتصال شده و در نتیجه استحکام اتصال تا حدود ۱۵۷MPa کاهش یافته است. بررسی‌ها نشان داده، در دمای ۷۰۰°C با افزایش زمان فرایند از ۵ تا ۶۰min، مسافت نفوذ مس و آهن در فصل مشترک اتصال و استحکام اتصال از ۴۶ تا ۲۱۱MPa (نزدیک به استحکام نهایی مس خالص) افزایش یافته است. با بررسی‌های سطح شکست اتصالات ایجاد شده در زمان‌های مختلف مشخص شده که در اتصال ایجاد شده به مدت ۵min شکست ترد در ناحیه الاستیک رخ داده، با افزایش زمان فرایند تا ۱۵ و ۳۰min، با وجود افزایش نفوذ اتم‌های مس و آهن در فصل مشترک اتصال، به علت وجود نواحی با پیوند متالورژیکی ضعیف‌تر، قبل از رسیدن به استحکام اتصال در این نواحی به ترتیب جدایش ترد و نرم از فصل مشترک اتصال اتفاق افتاده است. در اتصال ایجاد شده به مدت ۶۰min، به علت نفوذ قابل توجه مس در فولاد و ایجاد پیوند متالورژیکی قوی در تمامی فصل مشترک اتصال، قبل از رسیدن به استحکام اتصال، جدایش در فصل مشترک اتفاق نیافته است و بعد از استحکام اتصال با ایجاد میکرو گلوبی‌ها در نواحی متعددی از فصل مشترک اتصال، شکست نرم رخ داده است. با انجام فرایند SPW با لایه میانی نیکل، نواحی نفوذی قابل توجهی در هر دو طرف لایه میانی تشکیل شده و باعث افزایش استحکام اتصال از ۱۳۰ تا ۱۶۶MPa شده است. استفاده از لایه میانی نیکل در اتصال مس- فولاد باعث تشکیل ترکیب بین فلزی ترد FeNi<sub>3</sub> در فصل مشترک لایه میانی- فولاد و منجر به افزایش پراکندگی استحکام اتصالات و جدایش ترد در حین آزمون کشش شده است.

**کلمات کلیدی:** جوشکاری پلاسمای جرقه‌ای، اتصال مس- فولاد، استحکام اتصال، نواحی اتصال نیافته، سطح شکست، میکرو گلوبی و لایه میانی.