



بررسی تأثیر روش CMT^۱ بر درجه رقت روکش کاری استلایت ۶

محمد مشهدگر^۱، سید حسین الهی^{۲*}، مجید رجاee^۱، محمود ریاضی^۳، حسن حسینی^۳

۱- کارشناس آموزش، مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه صنعتی اراک، اراک

۲- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اراک، اراک

۳- کارشناس ارشد واحد مهندسی و تکنولوژی، شرکت تهران سופا، تهران

* elahi@arakut.ac.ir، ۳۸۱۸۱-۴۱۱۶۷

چکیده

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل

دریافت: ۶ خرداد ۱۳۹۸

پذیرش: ۳ مرداد ۱۳۹۸

ارائه در سایت: فروردین ۱۳۹۹

کلیدواژگان:

استلایت ۶

روکش کاری

روش CMT

درجه رقت

روش CMT یک فرایند جوش کاری جدید و با گرمای ورودی و درجه رقت پایین می‌باشد که استفاده از این روش را برای الکترودهایی که قیمت بالایی دارند و برای روکش کاری استفاده می‌شوند، توجیه پذیر می‌کند. در این پژوهش استلایت ۶ با استفاده از جوش کاری توپودری CMT به صورت ۱، ۲ و ۳ لایه بر روی فولاد ساده کربنی A516-Grade70 روکش کاری و سپس مورد بررسی قرار گرفت. انواع مشابه این فولاد با روکش‌های استلایت کاربردهای وسیعی در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی دارد به ویژه در جاهایی که به مقاومت به سایش و اکسیداسیون در دمای بالا نیاز هست. تغییرات آنالیز شیمیایی در لایه‌های مختلف اندازه گیری شد و تغییرات درجه رقت و درصد آهن با توجه به تعداد لایه‌ها و ضخامت پوشش نهایی بررسی شد. نمونه‌های مشابهی نیز با روش جوش کاری مرسوم برای مقایسه تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که عرض منطقه متأثر از حرارت ۲۸ درصد کاهش یافته است که نشان دهنده حرارت ورودی کمتر در این روش جوش کاری می‌باشد. درجه رقت و عمق نفوذ نیز با استفاده از این روش به ترتیب در حدود ۳۹ و ۴۱ درصد کاهش یافته است. با استفاده از این روش می‌توان با تعداد لایه و ضخامت نهایی کمتر و در نتیجه با مصرف الکتروده کمتر به ترکیب شیمیایی مد نظر دست یافت.

Investigating the effect of CMT (Cold Metal Transfer) process on dilution of the Stellite 6 overlay

Mohammad Mashhadgarme¹, Seyed Hossein Elahi^{1*}, Majid Rajaei¹, Mohmoud Riyazifar², Hassan Hosseini²

1- Department of mechanical engineering, Arak University of Technology.

2- Department of Engineering & Technology, THERAN SUFA J.V CO., Tehran, Iran

* P.O.B. 38181-41167, Arak, Iran, h.elahi@arakut.ac.ir

Article Information

Original Research Paper

Received 27 May 2019

Accepted 25 July 2019

Available March 2020

Keywords:

Stellite 6

Overlay

CMT process

Dilution

Abstract

CMT process is a new developed gas metal arc welding (GMAW) process which has low dilution and heat input. This method is useful for expensive electrodes which are used in surfacing. In this research 1, 2 and 3 layer of flux cored Stellite 6 is deposited on A516-Grade 70. Same type of this steel with hard faced Stellite 6 is widely used in oil, gas and petrochemical industries especially where there is a need for wear and oxidation resistance at high temperatures. Chemical composition of layers is explored and the changes in dilution and iron content versus layer number and final thickness of deposited weld are investigated. Similar samples were prepared with conventional GMAW process for comparison. The results showed that heat affected zone (HAZ) in CMT samples are thinner and reduces by 28% which means less heat input in this process. In CMT process Dilution and weld penetration are 39% and 41% respectively less than conventional welding process. By using this method, the desired chemical composition is achievable with less number of thinner layers and leads to reduction of welding electrode consummation.

۱- مقدمه

پتروشیمی مانند پره‌های توربین، قطعات پمپ‌ها، پلاک‌ها و نشیمنگاه شیرهای صنعتی استفاده شوند [۱، ۲]. از آنجایی که این آلیاژ شکل پذیری کمی دارد معمولاً از این آلیاژ برای روکش کاری قطعات صنعتی که به خواص سایشی و خوردگی در دمای بالا نیاز دارند استفاده می‌شود.

استلایت یکی از معروفترین سوپرآلیاژهای پایه کبالت است که با افزودن عناصری نظیر کروم، مولیبدن، نیکل، تنگستن و از طریق استحکام دهی محلول جامد و رسوب دهی کاربریدها استحکام می‌یابند. مقاومت عالی به خوردگی و سایش در دمای بالا باعث شده است این آلیاژ در صنایع مختلف به ویژه صنایع نفت، گاز و

¹ Cold Metal Transfer

Please cite this article using:

M. Mashhadgarme, S. H. Elahi, M. Rajaei, M. Riyazifar, H. Hosseini, Non-destructive measurement of internal defects using shear laser interferometry method, Iranian Journal of Manufacturing Engineering, Vol. 7, No. 1, pp. 53- 59, 2020 (in Persian)

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

خواهد بود، پس باید زمینه‌ای را فراهم نمود که به نحوی درجه رقت را کاهش داد و با تعداد لایه و مصرف الکتروود کمتر بتوان به ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی مناسب دست یافت.

کاهش نفوذ جوش از جمله روش‌هایی است که بتوان درجه رقت را کاهش داد، بنابراین استفاده از روش‌هایی که نفوذ کمتری دارند برای روکش کاری ارجحیت دارند. روش CMT یک روش‌های نوین جوش کاری می‌باشد که برای اولین بار به صورت تجاری در سال ۲۰۰۵ توسط شرکت فرونیوس^۱ ارائه شد. این روش با ایجاد تغییرات و افزودن تجهیزات به جوش کاری قوسی با گاز محافظ مرسوم، باعث کاهش نفوذ، گرمای ورودی و پاشش جرقه در این روش شده است. در این روش در لحظه اتصال کوتاه و زمانی که نوک الکتروود با پلی از مذاب به قطعه کار متصل شده است و جریان زیادی در حال عبور است، نوک الکتروود عقب کشیده می‌شود و مذاب از نوک الکتروود جدا می‌شود؛ به همین علت پاشش این روش مقدار زیادی کاهش یافته است و گرما ورودی این روش حتی از جوش کاری قوسی با الکتروود تنگستن کمتر می‌باشد در حالی که سرعتی در حدود ۵ برابر دارد [۱۱]. در این روش به راحتی می‌توان درجه رقت و نفوذ را کنترل کرد و از آن جایی که نرخ رسوب در حدود ۵/۵ تا ۶ کیلوگرم در ساعت می‌باشد، که قابل مقایسه با سایر روش‌های هست که برای روکش کاری استفاده می‌شود، این روش می‌تواند یک انتخاب مناسب برای روکش کاری باشد [۱۲]. از این روش تاکنون برای روکش کاری آلیاژهای پایه نیکل و آلومینیومی استفاده شده است. برای روکش کاری اینکونل ۶۲۵ بر روی ورق فولاد کربن-منگنز از این روش استفاده شده است؛ نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در روش CMT ماکزیمم مقدار آهن در روکش در حدود ۲/۵ درصد می‌باشد در حالی که در روش معمول و در شرایط جوش کاری مشابه درصد آهن در حدود ۱۳ تا ۱۴ درصد می‌باشد [۱۲]. برای تعمیر روکش‌های اینکونل ۷۱۸ و ایجاد روکش‌های بدون عیب و ترک این روش جوش کاری پیشنهاد شده است [۱۳]. آلیاژهای پایه نیکل می‌بایست با آهن کمتر از ۵ درصد روکش کاری شوند، با استفاده از این روش پوشش‌هایی با آهن ۲-۳ درصد که در عمل در روش‌های مرسوم با تعدا لایه بالا می‌توان دست یافت، تولید شده است [۱۴].

پیکین^۲ و همکاران با کنترل پارامترهای جوش کاری CMT و کاهش درجه رقت، احتمال ایجاد ترک‌های گرم در روکش کاری آلیاژ آلومینیوم ۲۳۱۹ بر روی آلومینیوم ۲۰۲۴ را کاهش داده

یکی از مشکلات استفاده از آلیاژ بالا بودن قیمت استلایت می‌باشد که باعث شده است استفاده از آن با وجود خواص مناسب و منحصر به فرد، از دیدگاه اقتصادی مشکلاتی را به همراه داشته باشد. به همین دلیل پژوهش‌هایی انجام شده است تا با کمترین مقدار آلیاژ استلایت بتوان روکشی با خواص مورد نظر ایجاد کرد. روش‌های متعددی برای ایجاد روکش کاری استفاده شده است که مهمترین آنها روش‌های جوش کاری و پاششی می‌باشد که هر یک مزایا و معایبی دارند. یکی از روش‌های جوش کاری برای روکش کاری استلایت استفاده می‌شود روش جوش کاری توپودری می‌باشد این روش از فرایندهای مرسوم در صنعت جوش کاری است و هزینه اولیه تجهیزات در مقایسه با فرایندهای لیزر و پاششی ناچیز می‌باشد. این فرایند با نرخ رسوب بالا می‌تواند به صورت پیوسته سطح وسیعی را روکش کاری کند و قابلیت مکانیزه شدن بالایی دارد. از آنجا که بسیاری از آلیاژهای سخت کاری سطحی مانند استلایت فرم‌پذیری کمی دارند، امکان تهیه آنها به شکل مفتول با طول زیاد و هم چنین به صورت قرقه وجود ندارد؛ در الکتروودهای توپودری این امکان وجود دارد که با استفاده از غلاف فلزی توخالی و منعطف و تعبیه عناصر آلیاژی و روانکار به صورت پودر در داخل غلاف الکتروودهای سخت کاری با طول زیاد و انعطاف پذیر تهیه کرد [۳]. این روش به علت چگالی جریان بالا نسبت به روش جوش کاری الکتروود دستی نفوذ نسبتاً بیشتری دارد که باعث می‌شود درجه رقت در این روش بالا باشد. درجه رقت بالا و نفوذ آهن در پوشش استلایت باعث می‌شود که سختی نهایی کاهش یابد و استحاله مارتنزیتی که بر روی خواص مکانیکی تأثیر گذار است را تحت تأثیر قرار دهد [۴]. جوش کاری چند لایه معمولاً جهت به حداقل رساندن درجه رقت پیشنهاد می‌شود. استفاده از لایه میانی و یا بافر مانند فولادهای زنگ نزن و استلایت ۲۱ [۵]- [۱۰] باعث نفوذ عناصر لایه بافر به روکش نهایی می‌شود و خواص مکانیکی و خوردگی را تحت تأثیر قرار دهد، این تأثیرات می‌تواند هنگام سرویس و بعد از گذشت زمان خود را نشان دهد. تا کنون تأثیر اعمال لایه میانی و نقش آن بر بهبود کیفیت پوشش از نظر ایجاد پروفیل سختی مناسب، ایجاد رقت مناسب پژوهش کاملی گزارش نشده است.

برای کاهش درجه رقت می‌توان از تعداد لایه‌های بیشتری استفاده کرد زیرا هرچقدر تعداد لایه‌های پوشش بیشتر باشد درجه رقت کاهش می‌یابد و آلیاژ روکش کاری شده به ترکیب شیمیایی الکتروود نزدیک تر می‌باشد؛ ولی این روش به دلیل مصرف بیش از حد الکتروود مصرفی از لحاظ هزینه به صرفه

¹ Fronius International GmbH

² Pickin

اند [۱۵]. با روش CMT امکان ایجاد روکش‌های آلومینیومی بدون حفره و با درجه رقت کم امکان پذیر است؛ راجیو^۱ و همکاران توانسته اند با این روش آلیاژ آلومینیوم Al-Si-Mn را بر روی آلومینیوم خالص تجاری را بدون عیب روکش کاری کنند [۱۶].

در این پژوهش از جوش کاری CMT برای روکش کاری استلایت ۶ بر فولاد ساده کربنی استفاده شده است تا تأثیر این روش بر روی درجه رقت، ترکیب شیمیایی و ساختار نهایی بررسی شود. روکش‌های یک تا ۳ لایه از آلیاژ استلایت ۶ ایجاد شد تا درجه رقت در هر لایه مشخص شود. با جوش کاری توپودری مرسوم نیز نمونه‌های برای مقایسه تهیه شد.

برای بررسی تعداد لایه بر درجه رقت نمونه‌های ۱، ۲ و ۳ لایه ایجاد شد. برای بررسی تأثیر روش جوش کاری نیز نمونه‌هایی مشابه با همان پارامترهای جوش کاری ولی بدون استفاده از روش CMT روکش کاری شد. بعد از تهیه نمونه‌ها سطح آن‌ها بوسیله سمباده صاف شد تا محل مناسب برای انجام آنالیز اسپکترومتری نشری آماده شود. از سطح مقطع قطعات نمونه‌های برای متالوگرافی آماده شد و بعد از سمباده زنی و پولیش کردن توسط الکترو شیمی در محلول اسید اگزالیک ۲ درصد، ولتاژ ۶ و زمان ۴۰ تا ۶۰ ثانیه اچ شدند.

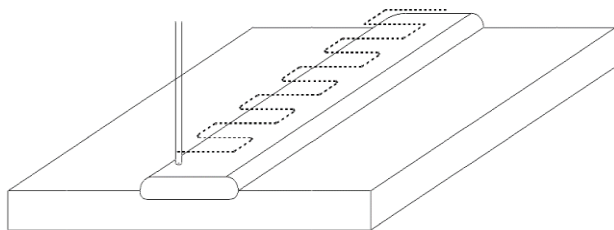


Fig. 1 Schematic of welding process

شکل ۱ نمای حرکتی تورچ جوش کاری

جدول ۱ ترکیب شیمیایی فولاد ساده کربنی A516 grade 70

Table 1 Chemical composition of A516 grade 70

C	Si	Mn	P	S
۰/۲۰۴	۰/۳۵۱	۱/۱۷	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۳

جدول ۲ ترکیب شیمیایی استلایت ۶

Table 2 Chemical composition of Stellite 6

Fe	CO	Cr	Si	W	Mn
۳/۵	balance	۳۰	۱/۴	۴/۲	۰/۸

۳- نتایج و بحث

جدول ۳ ارتفاع جوش و درصد آهن روکش‌های ایجاد شده به هر دو روش جوش کاری را نشان می‌دهد. در این جدول ارتفاع

در این پژوهش از جوش کاری CMT برای روکش کاری استلایت ۶ بر فولاد ساده کربنی استفاده شده است تا تأثیر این روش بر روی درجه رقت، ترکیب شیمیایی و ساختار نهایی بررسی شود. روکش‌های یک تا ۳ لایه از آلیاژ استلایت ۶ ایجاد شد تا درجه رقت در هر لایه مشخص شود. با جوش کاری توپودری مرسوم نیز نمونه‌های برای مقایسه تهیه شد.

۲- مواد و روش تحقیق

در این تحقیق از فولاد ساده کربنی A516 grade70 به عنوان ماده زیر لایه استفاده شده است. ترکیب شیمیایی این فولاد در جدول ۱ ذکر شده است. فولاد A216 WCB و فولاد A105، فولادهای بسیار مهمی در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی به ویژه در تولید شیرهای صنعتی هستند؛ این دو نوع فولاد ترکیب شیمیایی یکسان ولی روش تولید متفاوتی دارند. اولی به روش ریخته‌گری و دومی به روش فورج تولید می‌شوند؛ استفاده از روکش استلایت بر روی این فولادها برای ساخت نشیمنگاه شیرهای صنعتی، امری معمول می‌باشد. از آنجاکه تولید نمونه‌های از این فولادها با ابعاد مورد نظر مشکل می‌باشد، بر اساس استاندارد ASME B16.34 ورق فولادی مشابه این دو نوع فولاد، A516 grade 70، انتخاب شد؛ این فولاد ترکیب شیمیایی مشابه فولادهای فوق را دارد ولی به روش نورد تولید می‌شود. بر اساس استاندارد ASME Boiler & Pressure Vessel Section IX این سه فولاد از نظر جوش‌پذیری شرایط متالورژیکی و مکانیکی تقریباً یکسانی دارند؛ یعنی بر اساس استاندارد مذکور این فولادها عدد P و شماره گروه یکسانی دارند [۱۷]:

P Number: 1, Group Number 2

برای ایجاد پوشش بر روی زیر لایه نمونه‌هایی از آن به ابعاد ۴۰×۲۰×۱ سانتی‌متر تهیه شده است. که این نمونه‌ها قبل از فرآیند روکش کاری تمیزکاری و توسط استون برای زدودن چربی‌ها و گرد غبار شست و شو داده شده‌اند.

جوش کاری توسط دستگاه جوش کاری Fronius مدل TPS 5000 با امکان جوش کاری با روش CMT انجام شده است. الکتروود مصرفی از نوع توپودری با قطر ۱/۶ میلی‌متر و تولید

¹ Rajeev

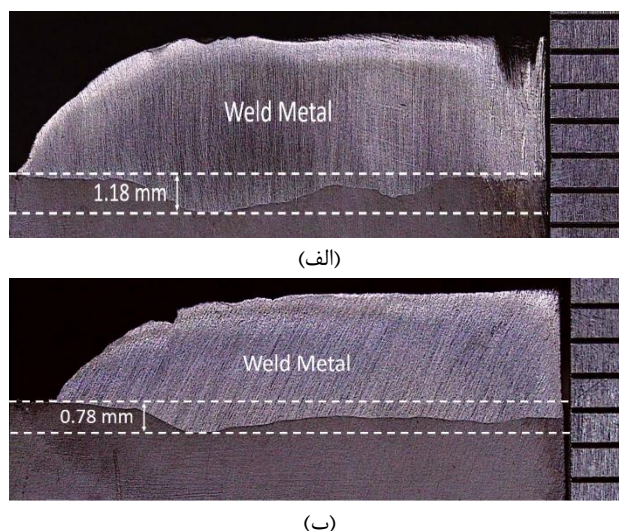


Fig. 2 Weld penetration in a: conventional process b: CMT process

شکل ۲ نفوذ جوش در الف) روش مرسوم ب) روش CMT

کاهش ضخامت روکش باعث مصرف کمتر الکتروود می‌شود و از نظر اقتصادی هزینه تولید را به شدت کاهش می‌دهد. با مقایسه لایه اول و دوم و استفاده از رابطه درجه رقت، می‌توان نتیجه گرفت که درجه رقت در روش جوش کاری مرسوم در حدود ۲۷/۵۰ می‌باشد در حالی که درجه رقت برای جوش کاری CMT در حدود ۱۶/۵۳ است.

شکل ۳ مناطق مختلف جوش در نمونه‌های یک لایه و به هر دو روش جوش کاری، نمونه‌های P1 و C1، را نشان می‌دهد در این نمونه‌ها عمق منطقه متأثر از حرارت^۱ در روش جوش کاری مرسوم ۶/۲۰ میلی‌متر و در روش CMT ۴/۳۶ میلی‌متر می‌باشد. عرض کمتر منطقه متأثر از حرارت در روش جوش کاری CMT نشان دهنده گرمای ورودی کمتر این روش نسبت به روش جوش کاری مرسوم می‌باشد. در حقیقت در روش CMT در لحظه ای که قطره مذاب فضای مابین نوک الکتروود و قطعه کار را پر کرده است و اتصال کوتاه ایجاد شده است، میزان جریان و انرژی مصرفی در بیشینه مقدار خود است و گرمای ورودی زیادی به قطعه وارد می‌شود. در این لحظه با عقب کشیدن الکتروود، قطره از نوک الکتروود جدا شده و اتصال را قطع می‌کند. با این کار هم از ایجاد شرایط آمپر زیاد و نفوذ بیش از حد جلوگیری می‌شود و هم از گرمای ورودی می‌کاهد؛ این دو عامل هر یک به تنهایی بر درجه رقت تأثیرگذار هستند و با کاهش این دو عامل درجه رقت کاهش می‌یابد [۲۰].

جوش از خط ذوب اندازه‌گیری شده است نه از سطح قطعه. همان‌طور که در جدول نشان داده شده است در هر دو روش جوش کاری با افزایش تعداد لایه‌ها درجه رقت و در نتیجه درصد آهن در روکش کاهش یافته است که در جوش کاری روکش کاری طبیعی می‌باشد. زیرا لایه اول که برای لایه دوم به مانند فلز پایه می‌باشد آهن کمتری دارد و در نتیجه در هنگام جوش کاری لایه دوم آهن کمتری از لایه اول وارد جوش خواهد شد، همین رویه برای لایه‌های بعدی نیز صادق است.

با مقایسه دو روش جوش کاری به راحتی می‌توان دریافت که روش CMT درجه رقت کمتری دارد یعنی در هنگام جوش کاری آهن کمتری وارد جوش شده و با دو لایه می‌توان به راحتی به درصد آهن مورد نظر که در حدود ۴ درصد می‌باشد رسید. در لایه سوم درصد آهن در دو روش بسیار به هم نزدیک می‌باشد که نشان دهنده آن است که در این حالت جوش به ترکیب شیمیایی الکتروود نزدیک می‌باشد.

شکل ۲ مقدار نفوذ جوش در فلز پایه برای دو روش مختلف جوش کاری در حالت یک لایه را نشان می‌دهد. در روش جوش کاری مرسوم، عمق نفوذ نسبت به سطح قطعه در بیشترین حالت ۱/۱۸ میلی‌متر و به صورت میانگین در حدود ۰/۵۴ می‌باشد در حالی که نفوذ جوش در روش CMT در بیشترین حالت ۰/۷۸ و به صورت میانگین در حدود ۰/۳۲ میلی‌متر می‌باشد. عمق نفوذ کمتر در روش CMT نشان دهنده درجه رقت کمتر می‌باشد؛ ارتفاع جوش از سطح فلز پایه نیز در روش جوش کاری CMT کمتر از روش مرسوم می‌باشد. از آنجایی که درجه رقت در روکش کاری به نفوذ جوش و ضخامت روکش ارتباط دارد [۱۸، ۱۹]، روش CMT توانسته است با کاهش ۴۱ درصدی نفوذ جوش درجه رقت را کم کند و کاهش ضخامت روکش را جبران کند.

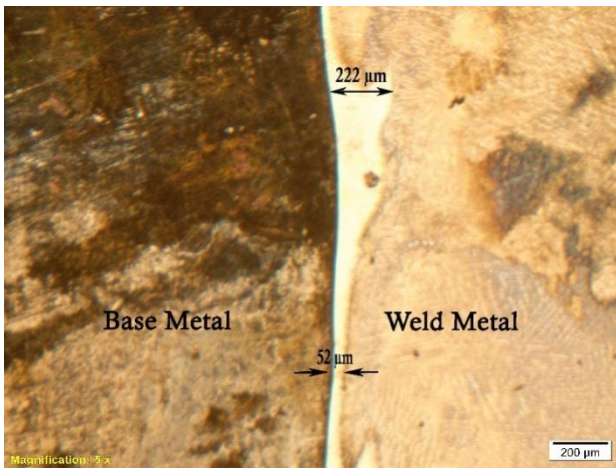
جدول ۳ مشخصات نمونه‌های جوش کاری شده

Table 3 Welding data of samples

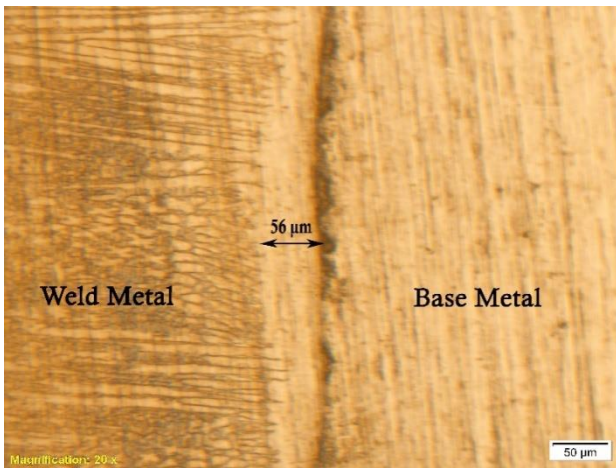
شماره نمونه	روش جوش کاری	تعداد لایه	ارتفاع کلی جوش (mm)	درصد آهن
P1	روش جوش کاری مرسوم	۱	۴/۱۶	۱۳/۵۷
P2	روش جوش کاری مرسوم	۲	۶/۰۶	۶/۲۷
P3	روش جوش کاری مرسوم	۳	۱۱/۷۳	۳/۶۳
C1	روش CMT	۱	۳/۶۰	۸/۷۶
C2	روش CMT	۲	۶/۴۴	۴/۳۷
C3	روش CMT	۳	۹/۹۲	۳/۵۸

^۱ Heat Affected Zone (HAZ)

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در روش CMT حرارات ورودی کمتر می‌باشد.



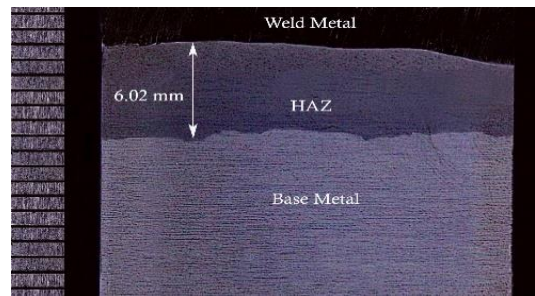
(الف)



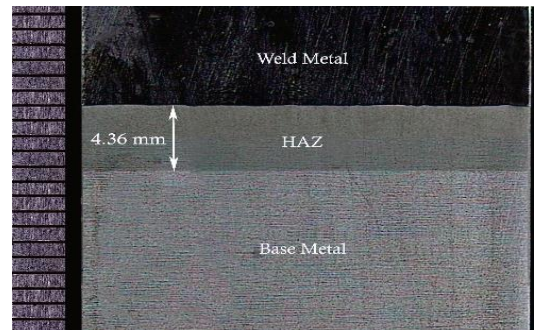
(ب)

Fig. 4 Undiluted zone in in a: conventional process b: CMT process
شکل ۴ منطقه مخلوط نشده در (الف) روش مرسوم (ب) روش CMT

شکل ۵ ساختار میکروسکوپی استلایت را برای هر دو روش نشان می‌دهد. به طور کلی ساختار استلایت شامل دندریتهای اولیه محلول جامد غنی از کبالت (γ -Co) با ساختار FCC می‌باشد که در فضای بین دندریتهای ساختار یوتکتیکی محلول جامد کبالت و کاربیدها می‌باشد [۵، ۲۵، ۲۶]. ترکیبات بین فلزی (کبالت، کرم و تنگستن) با کربن واکنش می‌دهند و کاربیدهای لازم برای افزایش سختی، مقاومت به سایش در دمای بالا را تشکیل می‌دهند. در دندریتهای محلول جامد کبالت، مقداری آهن و کرم نیز وجود دارد و مقدار این دندریتهای با افزایش آهن افزایش می‌یابد [۲۷]. انجماد صفحه‌ای، سلولی و دندریتهای در ساختار دیده می‌شود که به ترتیب از خط ذوب شروع شده و تا سطح قطعه ادامه دارد به گونه‌ای بیشتر سطح



(الف)



(ب)

Fig. 3 HAZ thickness in a: conventional process b: CMT process

شکل ۳ عرض منطقه متأثر از حرارت جوش در (الف) روش مرسوم (ب) روش CMT

به طور کلی در ساختارهای روکش کاری سه منطقه بعد از خط ذوب^۱ وجود دارد، منطقه منطقه مخلوط نشده^۲ یا منطقه رقت^۳، منطقه انتقالی و در آخر منطقه با ساختار ریز دانه [۲۱]. شکل ۴ ساختار میکروسکوپی جوش، خط ذوب و منطقه HAZ را برای دو روش جوش کاری نشان می‌دهد. در محدوده فلز جوش منطقه ای نواری شکل وجود دارد که از خط ذوب شروع می‌شود و منطقه مخلوط نشده نامیده می‌شود. در این منطقه فلز پایه در هنگام جوش کاری ذوب و منجمد شده است ولی به صورت مکانیکی با فلز پر کننده مخلوط نشده است، در حقیقت این منطقه ترکیبی نزدیک به فلز پایه دارد. این منطقه با ساختار صفحه‌های با دانه‌های فلز پایه در ارتباط است و دانه‌های جدید معمولاً از دانه‌های ذوب نشده تشکیل می‌شوند [۲۲]. عرض این منطقه با گرمای ورودی متناسب می‌باشد و با افزایش گرمای ورودی افزایش می‌یابد [۱۸، ۲۳، ۲۴]. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود اندازه این منطقه در دو روش کاملاً متفاوت می‌باشد، در جوش کاری مرسوم به علت نوسان زیاد آمپر عرض این منطقه غیر یکنواخت می‌باشد و ضخامت این منطقه از ۵۲ تا ۲۲۲ میکرومتر تغییر می‌کند ولی در روش جوش کاری CMT ابعاد این منطقه در حدود ۵۶ میکرومتر تقریباً ثابت می‌باشد،

¹ Fusion Line

² Unmixed Zone or UMZ

³ Dilution

جوش را ساختار دندریتی دربر می‌گیرد [۲۸].

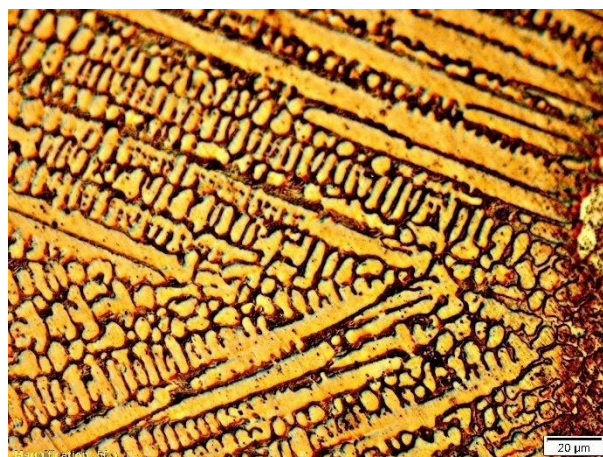
ضخیم‌تر از روش CMT بوده‌اند ولی درصد آهن در این نمونه‌ها بیشتر بود که نشان دهنده درجه رقت بالاتر نسبت به روش CMT می‌باشد. جریان کمتر جوش کاری به ویژه در لحظه اتصال کوتاه و در نتیجه گرمای ورودی کمتر در روش CMT باعث شده است که مقدار آهن کمتری از فلز پایه وارد منطقه جوش شود. در حقیقت روش CMT این امکان را بوجود می‌آورد که با مصرف کمتر الکتروود و همچنین ایجاد روکش‌های نازک‌تر بتوان به درجه رقت و ترکیب شیمیایی مناسب دست یافت.

۵- تشکر و قدردانی

بدینوسیله از حمایت‌های مالی و تجهیزاتی شرکت تولید شیرهای نفتی تهران سوفا در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

۶- مراجع

- [1] J. Chen, X. Li, T. Bell, H. Dong, Improving the wear properties of Stellite 21 alloy by plasma surface alloying with carbon and nitrogen, *Wear*, Vol. 264, No. 3-4, pp. 157-165, 2008.
- [2] U. Malayoglu, A. Neville, H. Lovelock, Assessing the kinetics and mechanisms of corrosion of cast and HIPed Stellite 6 in aqueous saline environments, *Corrosion science*, Vol. 47, No. 8, pp 1911-1931, 2005.
- [3] L. Gourd, *Principles of welding technology*, pp. 120-170, Edward Arnold London, 1986.
- [4] A. Asphahani, N. Sridhar, P. Cook, J. Kolts, S. Matthews, P. Andersen, *Corrosion of cobalt-base alloys*, *ASM Handbook*, pp 658-668, 1987.
- [5] T. Lolla, J. Siefert, S. Babu, D. Gandy, Delamination failures of Stellite hardfacing in power plants: a microstructural characterisation study, *Science and Technology of Welding and Joining*, Vol. 19, No. 6, pp. 476-86, 2014.
- [6] V. B. Kiran, M. Krishna, J. Natraj, S. Kumar, Development and characterization of an electrode deposition procedure for crack-free hardfacing of low carbon steel, *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 4, No. 1, 18, 2012.
- [7] S. Nowotny, J. Spatzier, F. Kubisch, S. Scharek, J. Ortner, E. Beyer, Repair of erosion defects in gun barrels by direct laser deposition, *Journal of thermal spray technology*, Vol. 21, No.6, pp. 1173-1183, 2012.
- [8] B. Brussk, A. Schrey, J. Barnikel, D. Weltersbach, H. Starwald. Steam Turbine Valve Hard-Facings: Experience and Latest Developments. *ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and Exposition*, American Society of Mechanical Engineers, 2014.



(الف)



(ب)

Fig. 5 Micro structure of a: conventional process b: CMT process

شکل ۵ ساختار میکروسکوپی در الف) روش مرسوم ب) روش CMT

همان‌طور که در شکل ۵ ساختار میکروسکوپی حاصل از دو روش جوش کاری نشان می‌دهد، دندریته‌ها در روش CMT کوچکتر از روش مرسوم می‌باشد که نشان دهنده گرمای ورودی کمتر این روش می‌باشد، زیرا با کاهش گرمای ورودی سرعت سرد شدن افزایش می‌یابد، در نتیجه ساختار ریزتری بوجود می‌آید [۲۹-۳۳].

۴- نتیجه‌گیری

استلایت ۶ در فرایند روکش کاری با روش CMT به صورت یک، دو و سه لایه بر روی ورقه‌هایی از فولاد ساده کربنی بدون ترک اعمال شد. برای مقایسه با روش جوش کاری مرسوم نیز لایه‌های مشابه از استلایت ۶ بر روی سطح ورق فولاد ساده کربنی ایجاد شد. با اینکه روکش‌های ایجاد شده به روش جوش کاری مرسوم

- [22] Z. Zhu, C. Ouyang, Y. Qiao, X. Zhou, Wear Characteristic of Stellite 6 Alloy Hardfacing Layer by Plasma Arc Surfacing Processes, *Scanning* 2017, 2017.
- [23] M. A. Rahman, N. A. Raheem, M. El Koussy, Effect of heat input on the microstructure and properties of dissimilar weld joint between Incoloy 28 and superaustenitic stainless steel, *Acta Metallurgica Sinica (English Letters)*, Vol. 27, No. 2, pp. 259-266, 2014.
- [24] M. Nouri, A. Abdollah-zadeh, F. Malek, Effect of welding parameters on dilution and weld bead geometry in cladding, *Journal of materials science & technology*, Vol. 23, No. 6, 817, 2007.
- [25] H. Deng, H. Shi, S. Tsuruoka, Influence of coating thickness and temperature on mechanical properties of steel deposited with Co-based alloy hardfacing coating, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 204, No. 23, pp. 3927-3934, 2010.
- [26] R. Singh, D. Kumar, S. K. Mishra, S. Tiwari, Laser cladding of Stellite 6 on stainless steel to enhance solid particle erosion and cavitation resistance, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 251, pp. 87-97, 2014.
- [27] R. Paes, A. Scheid, Effect of deposition current on microstructure and properties of CoCrWC alloy PTA coatings, *Soldagem & Inspeção*, Vol. 19, No. 3, pp. 247-254, 2014.
- [28] A. Hidouci, J. Pelletier, F. Ducoin, D. Dezert, R. El Guerjouma, Microstructural and mechanical characteristics of laser coatings, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 123, No. 1, pp. 17-23, 2000.
- [29] R. A. Jeshvaghani, M. Shamanian, M. Jaberzadeh, Enhancement of wear resistance of ductile iron surface alloyed by stellite 6, *Materials & Design*, Vol. 32, No.4, pp.2028-33, 2011.
- [30] A. Gholipour, M. Shamanian, F. Ashrafzadeh, Microstructure and wear behavior of stellite 6 cladding on 17-4 PH stainless steel, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 509, No. 14, pp.4905-4909, 2011.
- [31] F. Luo, A. Cockburn, R. Lupoi, M. Sparkes, W. O'Neill, Performance comparison of Stellite 6® deposited on steel using supersonic laser deposition and laser cladding, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 212, pp. 119-127, 2012.
- [32] Y. Birol, High temperature sliding wear behaviour of Inconel 617 and Stellite 6 alloys, *Wear*, Vol 269, No. 9-10, pp. 664-71, 2010.
- [33] G. Chakraborty, N. Kumar, C. Das, S. Albert, A. Bhaduri, S. Dash, Study on microstructure and wear properties of different nickel base hardfacing alloys deposited on austenitic stainless steel, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 244, pp. 180-188, 2014.
- [9] M. M. Ferozhkhan, M. Duraiselvam, R. Ravibharath, Plasma Transferred Arc Welding of Stellite 6 Alloy on Stainless Steel for Wear Resistance, *Procedia Technology*, Vol. 25, pp. 1305-1311, 2016.
- [10] K. Sunny, Implementation of stainless steel buffer layer for reducing crack propagation on regulating valve disc, *International Journal of Engineering Research and Technology*, Vol. 4, No 4, pp. 414-417, 2015.
- [11] S. Selvi, A. Vishvakshnan, E. Rajasekar, Cold metal transfer (CMT) technology-An overview, *Defence technology*, Vol. 14, No. 1, pp. 28-44, 2018.
- [12] G. Lorenzin, G. Rutili, The innovative use of low heat input in welding: experiences on cladding and brazing using the CMT process, *Welding International*, Vol. 23, No. 8, pp. 622-32, 2009.
- [13] O. Ola, F. Doern, A study of cold metal transfer clads in nickel-base INCONEL 718 superalloy, *Materials & Design*, Vol. 57, pp. 51-59, 2014.
- [14] M. Rozmus-Górnikowska, M. Blicharski, J. Kusiński, Microstructure and microsegregation of an Inconel 625 weld overlay produced on steel pipes by the cold metal transfer technique, *Archives of Metallurgy and Materials*, Vol. 59, No.3, pp. 1081-1084, 2014.
- [15] C. G. Pickin, S. W. Williams, M. Lunt M, Characterisation of the cold metal transfer (CMT) process and its application for low dilution cladding, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 211, No.3, pp.496-502, 2011.
- [16] G. Rajeev, M. Kamaraj, S. Bakshi, Al-Si-Mn Alloy coating on aluminum substrate using cold metal transfer (CMT) welding technique, *JOM*, Vol. 66, No. 6, pp. 1061-1067, 2014.
- [17] ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section IX, 2015.
- [18] V. Kumar, C. Lee, G. Verhaeghe, S. Raghunathan, CRA Weld Overlay-Influence of welding process and parameters on dilution and corrosion resistance, *Stainless Steel World America*, Houston, 2010.
- [19] A. Semencescu, C. Babis, O. R. Chivu, M. A. Gligor, The Effect of the Dilution Multiple Layers, in the Case of Cladding by Welding, *Revista de Chimie*, Vol. 67, 1555, 2016.
- [20] S. Atamert, H. Bhadeshia, Comparison of the microstructures and abrasive wear properties of stellite hardfacing alloys deposited by arc welding and laser cladding, *Metallurgical Transactions A*, Vol. 20, No. 6, pp.1037-1054, 1989.
- [21] G. Xu, M. Kutsuna, Z. Liu, L. Sun, Characteristic behaviours of clad layer by a multi-layer laser cladding with powder mixture of Stellite-6 and tungsten carbide, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 201, No. 6, pp. 3385-3392, 2006.