رویه کاری فولاد زنگنزن مارتنزیتی با استلایت ۶ و ارزیابی ریزساختار و تاثیر حضور لایه میانی فولادزنگنزنآستنیتی

مارال احمدپور سامانی، مرتضی شمعانیان و احمد ساعتچی

دانشکده مهندسی مواد ، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیدہ

در این مقاله به بررسی ساختار میکروسکوپی، فازشناسی و پروفیل سختی روکش حاصل از سیم جوش پایه کبالت از نوع استلایت ۶ بر سطح فولاد زنگنزن مارتنزیتی ۴۱۰ بدون لایه میانی و در حضور لایه میانی فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۰۹پرداخته شده است. روکشکاری به روش جوشکاری قوسی تنگستن-گاز (GTAW) انجام شد. نمونهها مؤسط آزمونهای متالوگرافی نوری ، الکترونی، پراش پرتو ایکس، طیف سنجی انرژی (EDS) و سختی سنجی مورد بررسی قرار گرفتند. یافتههای پژوهشی نشان داد که در سطح نمونهها ساختار متشکل از کاربیدها در محلول جامد غنی از کبالت با ساختار دندریتی است. رشد دندریتها در پوشش بصورت اپی تکسیال می باشد. کربن از استلایت مذاب در طول مرزدانههای آستنیت به فولاد زنگنزن آستنیتی نفوذ کرده و در فصل مشترک لایه میانی و پوشش ذرات کاربیدی تشکیل یافته است. رقت آهن در روکش باعث مقومت به سایش و خوردگی می شود، در اثر اعمال لایه میانی رقت آهن در پوشش کاهش یافته است و سختی افزایش می یابد.

كلمات كليدى: استلايت، ريز ساختار، فولاد زنگنزن مارتنزيتى، جوشكارى قوسى تنگستن - گاز (GTAW)، لايه ميانى، رقت

Hardfacing of stellite 6 on martensitic stainless steel and evaluation of microstructure and effect of austenitic stainless steel interlayer

M. Ahmadpour, M. Shamanian and A. Saatchi

Department of Materials Engineering, Isfahan University of Technology

Abstract

In this paper microstructure, phase formation and Vickers hardness profile of the hardfaced layer, Co-based alloys (Stellite-6) filler metal on 410 martensitic stainless steel specimens with 309austenitic stainless steel interlayer were investigated. Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) cladding was carried out for deposition. The specimens were investigated by an X-ray diffractometer, energy dispersion spectroscopy (EDS), scanning electron microscopy (SEM) and hardness test. According to the analyzed results, the microstructure of the clad layer consists of eutectic structure, and undissolved carbides dispersed in the matrix of the Co-based alloy with dendritic structure. The dendrites have epitaxial growth. Diffusion of carbon from the liquid Stellite to the austenitic stainless steel took place along grain boundaries resulting in the formation of chromium carbide "arms" that penetrated along the austenite grain boundaries in the interfacial region. The dilution of the clad layer by Fe from the substrate decreases hardness, wear and corrosion resistance. The interlayer resulted in a decrease in the dilution of Fe and increase in hardness.

Keywords: Stellite 6, Microstructure, Martensitic stainless steel, Gas tungsten arc welding, Interlayer, Dilution

E-mail of corresponding author: shamanian @cc.iut.ac.ir

مقدمه

۵۰

حفظ استحکام بالا ، مقاومت به خوردگی در دمای بالا و سختي مناسب از جمله خواص مهمي است که به منظور عمر و کارکرد بیشتر قطعات صنعتی در شرایط سرویس از اهمیت ویژه ای برخوردار است . بدیهی است شرایط سطحی قطعات نقش مهمی در جلوگیری یا به تعویق انداختن آسیب های ناشی از عوامل مخرب دارد [۱]. حفظ استحکام در دمای بالا، به منظور مقاومت در برابر سایش از اهمیت ویژهای برخوردار است. در دمای بالا آلیاژهای پایه آهنی با ساختار مارتنزیتی، سختی خود را از دست میدهند. بنابراین بر روی فولادهای زنگ نزن برای کاهش سایش ، ضربه ، پوس ته شدن و کویتاسیون رویه سختی انجام می شود. رویه سختی به روش های مختلف جوشکاری قوسی، جوشکاری لیزر و روش اسپری انجام مي شود [۲]. سوير الياژهاي يايه كبالت كه يكي از معروفترين آنها استلایت است، با مقاومت عالی به خوردگی و سایش در دمای بالا مواد بسیار مهمی در صنا یع هستند. استلایت به طور گسترده به عنوان مواد رویه سختی در تجهیزات موجود در شرایط محیطی سخت مثل پره های توربین، بیرینگها، هرزگرد ماشین تراش، پوشش های ضد سایش، قطعات پمپها، پلاگها و نشيمنگاه شيرها در صنايع نفت و گاز همچنین بطور معمول به عنوان ماده آ ببد در گیت ولوهای صنایع هسته ای و هوا فضا استفاده وسیعی دارند [۳-8]. بسیاری از خصوصیات این آلیاژها بخاطر طبیعت كريستالو گرافي كبالت است. استحكام محلول جامد بخاطر حضور کروم، تنگستن و مولیبدن و تشکیل کاربیدهای فلزي است. استلايت با درصد كروم بالاتر داراي خواص مغناطیسی بهتر، مقاومت به خوردگی و توانایی کار در دماهای بالاتر است. کبالت در دمای معمولی دارای ساختار کریستالو گرافی هگزاگونال (hcp) ودر دماهای بالاتر به fcc استحاله می یابد(بالاتر از ۴۰۰درجه). بخاطر طبیعت

آهسته استحاله ساختار شبکه غنی از کبالت در دمای محیط fcc است که این موضوع اشاره به شبه پایدار بودن این آلیاژها دارد. بخاطر کم بودن انرژی نقص در چیده شدن شبکه و دمای استحاله، تغییر فرم در دمای پایین می تواند استحاله را القا کند . سختی بالای این آلیاژها بدلیل تشکیل ترکیبات بین فلزی و کاربیدهای غنی از کروم M₇C₃ ویا ناز کبالت (فلز M فلز) ، در شبکه محلول جامد غنی از کبالت $M_{23}C_6$ است. همچنین دارای مقاومت به کویتاسیون، سایش چسبان و خراشان است که بستگی به ضریب حجمی و سایز و مورفولوژی این ذرات سخت دارد [۶و۷]. رقت آهن در آلیاژ استلایت باعث افزایش چقرمگی، کاهش سختی و مقاومت به خوردگی در محیط های بسیار خورنده می شود،زیرا مقدار کروم را ۲۵-۲۰٪ کاهش می دهد (ولی باز هم بسیار بهتر از بیشتر فولادهای زنگ نزن است). همچنین باعث کاهش مقاومت به سایش، بخاطر افزایش انرژی نقص در چیده شدن شبکه کبالت و کاهش در محتوی کربن که تاثیر بر مقاومت به سایش و سختی دارد، می شود.با افزایش رقت آهن و نیکل مقدار فازهای کاربیدی ترد کاهش می یابدکه باعث کاهش تردی می شود[۸]. یک عمل استاندارد جهت به حداقل رساندن درجه رقت، جوشکاری لایه های واسط و یا چند لایه از آلیاژ رویه سختی است [۹]. محققان دریافتند که کاهش دمای پیشگرم و جریان جوشکاری باعث کاهش رقت آهن در روکش استلایت می شود، اما در زمینه تأثیر اعمال لایه میانی بر بهبود كيفيت روكش استلايت از نظر ايجاد پروفيل سختي و رقت مناسب تحقیقاتی گزارش نشده است.

روش تحقیق مواد و روش جوشکاری

سیم جوش استفاده شده استلایت ۶(Deloro) باقطر ۳ میلیمتر و فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۰۹ با قطر ۲/۴ میلیمتر است. زیرلایه با اندازه ۳۰۳ ۲۰ ۲۰ ۱۰ از جنس فولاد زنگ نزن ۴۱۰ ، که مشابه پلاگ شیرهایی که در صنایع

¹ stellite

Archive of SID

۵١

احمدپور سامانی و همکاران، رویهکاری فولاد زنگنزن مارتنزیتی با استلایت۶، علوم ومهرسی سطح ۸(۱۳۸۸)

ایکس^۴ بررسی شدند. نمونههای جوشکاری شده مقطع زده شدو سمباده زنی و پولیش نهایی انجام شد. نفتی استفاده می شود، بود. ترکیب شیمیایی سیم جوش و فلز زیر لای در جدول ۱ آمده است.

	С	Mn	Cr	Si	W	Al	Cu	Fe	Co	Ni	Mo	V	Other
استلايت۶	1.2		29	<2.0	4			<3.0	bal		<1.0		<1.0
فولادزنگنزن۴۱۰	0.15	0.78	12.34	0.24	< 0.005	0.01	0.36	85.76	0.05	0.31	0.13	0.03	
فولادزنگنزن۳۰۹	0.08	1.8	23.5	0.8						13.5			

جدول۱. ترکیب شیمیایی فولاد زنگ نزن ۴۱۰، سیم جوش استلایت و فولاد زنگ نزن ۳۰۹

جهت اچ کردن نمونه ها از محلول کلرور فریک الکل با ترکیب اتانول PF2O₃ 5gr 2*CC* HCl ، 95CC و Fe₂O₃ استفاده شد و نمونه به مدت ۲۰ ثانیه در این محلول قرار گرفت. تغییرات ساختار در طول و عرض نمونه به وسیله میکروسکوپ نوری بررسی شد . آزمایش سختی سنجی ویکرز بر روی مقطع عرضی نمونه های پولیش شده از سطح پوشش به سمت زیر لایه با نیروی ۳۰ کیلوگرم انجام شد. همچنین آزمایش ریز سختی سنجی ویکرز با نیروی انجام شد. برای آماده سازی نمونه، ابتدا نمونه های فولاد زنگ نزن مارتنزیتی تا دمای C^o ۳۱۶ پیشگرم شده ASME sec), (ASME sec میله گچ حرارتی این دما مشخص شد و سپس توسط روش جوشکاری قوسی تنگستن - گاز¹ روکش از نوع استلایت ۶ در ۱، ۲ و ۳ پاس بر روی تعدادی از نمونه ها اعمال شد. همچنین در تعدادی از نمونه ها ابتدا بر روی فولاد زنگ نزن مارتنزیتی ۱ پاس فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۰۹ با روش جوشکاری قوسی تنگستن - گاز جوشکاری شد و بلافاصله یک لایه استلایت ۶ به همین



شکل ۱.شماتیک رویه سختی الف-۱پاس ب-۲پاس ج-۳پاس د-با لایه میانی

نتايج و بحث

روش بر روی آن اعمال شد . جوشکاری با جریان ۸۵ آمپر انجام و نمونه ها در ماسه سر د شدند. در شکل ۱ شماتیک رویه سختی نشان داده شده است.

بررسی ریزساختاری و سختیسنجی ریزساختار نمونه ها به وسیله میکروسکوپ نوریNIKON، میکروسکوپ الکترونی روبشی^۲PHILIPS ، طیف سنج انرژی^۳ و پراش اشعه

¹GTAW ² SEM ³ EDS

ارزیابی ریزساختار با توجه به تصاویر متالوگرافی و آزمایش طیف سنج انرژی ریزساختار دندریتی و شامل فاز زمینه کبالت γ غنی از کروم و یوتکتیک غنی از کاربید کروم می باشد. شکل۲ تصویر میکروسکوپ الکترونی ساختار بین دندریتی لایهای در مرکز پوشش را نشان می دهد. در شکل۳ دندریتها در فصل مشترک پاس ها نشان داده شده است که نشان دهنده

ضخیم شدن دندریت ها در فصل مشترک پاس ها است این بخاطر دوباره ذوب شدن دندریت ها، قرار گرفتن در دمای

غلظتی کربن، که مقدار آن در استلایت مذاب زیاد ودر ۳۰۹ کم است، در طول مرزدانههای آستنیت به زیرلایه



شکل۲. تصویر میکروسکوپ الکترونی ریزساختار استلایت۶ در مرکز پوشش



شکل۳. تصویر میکروسکوپ نوری در بین فصلمشترک پاس ۱و۲ در نمونه ۲پاس

نفوذ کرده است . نتیجه این رسوب گذاری کلهش مقاومت به خوردگی فولاد زنگ نزن است زیرا کروم مناطق مجاور مرزدانههای آستنیت را خالی میکند. مرحله اول انجماد این آلیاژ در عبور از خط لیکوییدوس شامل انجماد محلول جامد کبالت است که با توجه به شامل انجمادی حاکم بر آن می تواند سلولی یا دندریتی شرایط انجمادی حاکم بر آن می تواند سلولی یا دندریتی باشد. به دلیل کشیدگی حوضچه جوش، اختلاف بین باشد. به دلیل کشیدگی حوضچه جوش، اختلاف بین حداکثر دمای حوضچه (max) و دمای مرز حوضچه باشد. این گرادیان دمایی در جهت عمود بر مرز حوضچه در نابراین گرادیان دمایی در جهت عمود بر مرز حوضچه در خواهد بود. خواهد بود. بنابراین به دلیل آن که $G_{cL} > G_{cL} > G_{cL} > S_{cL} > C_{cL} > S_{cL} > C_{cL} > C_{cL$ بالا در زمان بیشتر و کاهش سرعت سرد شدن است . در سطح پوشش دندریت ها ظریفتر هستند زیرا گرادیان دمایی کاهش پیدا کرده و سریعتر سرد شدهاند. در شکل ۴ الف ترکیب شیمیایی فاز زمینه (مناطق روشن) مربوط به شکل ۲ مشاهده می شود، که نشان دهنده حضور کروم و آهن در زمینه می باشد. با توجه به اینکه از سیستم میکروآنالیز نمی توان جهت تعیین دقیق عناصر سبک نظیر کربن استفاده کرد، نتایج بدون احتساب درصد کربن است و فقط درصد کربن جهت مقایسه استفاده می شود. شکل ۴ب ترکیب شیمیایی فاز تیره را نشان می دهد که شامل کاربیدهای کروم می باشد. شکل ۴ ترکیب شیمیایی در فصل مشترک است که نشان دهنده حضور کروم و آهن است. کربن در این ناحیه ناچیز است که بخاطر گرادیان ٥٣

احمدپور سامانی و همکاران، رویهکاری فولاد زنگنزن مارتنزیتی با استلایت۶، علوم ومهریسی سطح ۸(۱۳۸۸)



Element	Series	unn. C	norm. C	Atom. C	
		[wt%]	[wt%]	[at%]	
Carbon	K series	0.98	0.98	4.52	
Chromium	K series	21.64	21.65	23.05	
Manganese	K series	0.46	0.46	0.47	
Iron	K series	30.37	30.39	30.11	
Cobalt	K series	41.42	41.44	38.91	
Nickel	K series	2.22	2.22	2.09	
Tungsten	M series	2.85	2.85	0.86	

Element	Series	unn. C [wt%]	norm. C [wt%]	Atom. C [at%]
 Carbon	K series	5.39	5.43	20.91
Chromium	K series	57.89	58.32	51.87
Manganese	K series	1.43	1.44	1.21
Iron	K series	14.87	14.98	12.41
Cobalt	K series	15.25	15.36	12.05
Nickel	K series	0.77	0.78	0.61
Tungsten	L series	3.67	3.69	0.93
				00 3 %

Element	Series	unn. C [wt%]	norm. C [wt%]	Atom. C [at%]	
Chromium	K corios	21 82	21 03		
Manganaga	K series	21.02	21.05	25.55	
Manganese	K series	0.64	0.62	0.65	
Iron	K series	35.63	34.35	35.47	
Cobalt	K series	39.03	37.62	36.82	
Nickel	K series	2.35	2.27	2.23	
Molybdenum	L series	0.77	0.74	0.44	
Tungsten	M series	3.50	3.37	1.06	
				102 7 %	

ج

شکل۴. نتایج EDS (الف)فاز روشن، زمینه (ب)فاز تیره، کاربیدهای کروم (ج)مرز مشترک استلایت۶ با فولاد زنگنزن ۴۱۰

تغییر می یابد[۱۰].شکل۵ تصویر میکروسکوپ الکترونی تغییرات در مراحل انجماد را نشان می دهد. با انجماد محلول جامد کبالت، ترکیب شیمیایی مذاب واقع در فضای بین دندریت ها از کربن و کروم غنی تر شده و به ترکیب یوتکتیک نزدیک می شود. در مراحل پایانی انجماد و با نزدیک شدن به خط سالیدوس، محلول جامد یوتکتیک و کاربید یوتکتیک ۲۲۵(Cr,Co) بطور همزمان منجمد می شوند[۱۱].

نرخ انجماد در خط ذوب،
$$R_{CL}$$
 نرخ انجماد در خط ذوب، R_{FL} نرخ انجماد در خط مرکزی جوش)است، می توان نوشت:

$$\left(\frac{G}{R}\right)_{CL} < \left(\frac{G}{R}\right)_{FL} > (1)$$

با توجه به معادله ۱ از خط ذوب به سمت خط مرکزی جوش، نسبت $G/_R$ کاهش می تلید. بنابراین می توان پیشبینی کرد که در سر تا سر منطقه ذوب حالت انجماد از صفحهای به سلولی، دندریتی ستونی ، و دندریتی هم محور

www.SID.ir



شکل۶. تصویر میکروسکوپنوری زیرلایه ۴۱۰ وپوشش۳۰۹

شكل۵. تصوير ميكروسكوپ الكټوني استلايت



شكل٧. تصوير ميكروسكوپ الكتروني نمونههاي الف-٣پاس ب-٢پاس

زیرا وقتی که پاس های بیشتوی جوشکاری می شود ، گرادیان دمایی و سرعت انجماد کاهش می یابد. شباهت ساختار کریستالی و ترکیب شیمیایی باعث بوجود آمدن رشد اپی تکسیال می شود[۱۰]. در شکل ۸ در مرز ذوب لایه میانی ۳۰۹ با استلایت رشد اپی تکسیال مشاهده می شود، زیرا ساختار کریستالی لایه میانی و پوش ش مشابه می شود، زیرا ساختار کریستالی لایه میانی و پوش ش مشابه (fcc) است که نشان دهنده چسبندگی خوب زیر لایه با روکش می باشد. همچنین رشد اپی تکسیال دندریت ها در محکم کردن پیوند بین لایه ها شرکت می کند. جهت بررسی رقت از سطح پوشش تا مرز ذوب میکروآنالیز خطی ^۲ توسط طیف سنج انرژی انجام شد . با توجه به نمودارهای شکل ۹ مشاهده می شود با اعمال لایه میانی فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۰۹ رقت آهن حتی از نمونه با ۳ پاس استلایت کمتر است . در این نمونه در نزدیکی شکل۶ بخشی از منطقه متاثر از حرارت ^۱، در مجاور مرز ذوب را نشان می دهد. در این ناحیه زمینه کلی ساختار در دمای بالا آستنیت می باشد ولی ممکن است مقداری فریت نیز در مرز دانه های آستنیت وجود داشته باشد . در اثر سرد کردن تا دمای اتاق، آستنیت به مارىتریت تبدیل خواهد شد و مقداری از فریت در ریز ساختار باقی خواهد ماند [17]. در ساختار زیر لایه مارتنزیت تمپر شده به همراه فریتهای δ مشاهده شد . رقیق سازی فلز پرکننده فولاد زنگنزن آستنیتی با فلز پایه مارتنزیتی اغلب منجر به ریز ساختار دو فازی آستنیت+فریت می شود، که بسیار نرم تر از فلز پایه است[1۲]. شکل ۷ تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه های با ۲و۳ پاس استلایت را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود در نمونه ۳ پاس ساختار ضخیم تر و ناپیوسته است ۵۵



شکل۸. تصویر میکروسکوپ الکترونی رشد اپی تکسیال در مرز استلایت ولایه



شکل ۹.نمودار EDS (الف) نمونه ۳پاس- (ب) نمونه با لایه میانی

خط ذوب غلظت کروم بالاتر است و با فاصله گرفتن از خط ذوب کاهش یافته است زیرا غلظت کروم زیرلایه بالاست و در نزدیکی خط ذوب نفوذ کروم روکش به زیرلایه را کاهش داده است . همچنین میزان آهن کمتر از کبالت و کروم است . شکل ۹ الف که مربوط به نمونه ۳ پاس است نشان می دهد که رقت آهن از مرز ذوب تا نزدیک فصل مشترک پاس ۱ و ۲ کاهش یافته و پس از آن ثابت شده است. زیرا اثر ترکیب شیمیایی فلز پایه بر توزیع

عناصر آلیاژی لایه رسوب داده شده کاهش پیدا کرده و نقش آلیاژ استلایت ۶ بیشتر شده است.

فازشناسي

شکل ۱۰ فازهای تشکیل شده در فصل مشترک روکش و زیرلایه و سطح روکش را نشان می دهد. بیشترین فاز Co(fcc) و Co(hcp) است. پیکهای مختلفی تشکیل فازهای شبه پایدار M₂₃C₆ ، M₆C ، Cr₂C₃ و Cr₂C



شکل ۱۰. نمودار XRD پوشش استلایت درالف- فصل مشترک با زیرلایه نمونه ۳پاس ب- سطح نمونه با لایه میانی فولادزنگنزن ۳۰۹

را نشان می دهد. در فصل مشترک فازهای آهن و کاربید آهن نیز مشاهد ه شده است . شدت پیک های کاربید کروم در نمونه با لایه میانی افزایش یافته که می تواند به دلیل کاهش رقت آهن باشد، با کاهش رقت آهن میزان کروم افزایش مییابد، در نتیجه کاربیدهای کروم افزایش مییابد.

سختی سنجی در شکل ۱۱ پروفیل سختی نمونه های ۱، ۲و ۳ پاس وبا لایه میانی ۲۰۹ نشان داده شده است. سختی از فصل مشترک به سمت سطح افزایش یافته زیرا دندریت ها در سطح پوشش ظریفتر هستند. در زیر لایه به سمت فصل مشترک دانه ها درشت شده اند و سختی کاهش یافته است . سختی در بین فصل مشترک بین پاس ها کاهش می یابد، این بخاطر دوباره ذوب شدن و گرم شدن یک قسمت از پاس که لایه روی آن قرار می گیرد است. سختی به ترتیب از نمونه ۱ تا ۳ پاس افزایش یافته است زیرا با افزایش تعداد پاس ها کاهش رقت آهن وجود دارد . در نمونه با لایه میانی سختی

بیشترین مقدار است، زیرا کمترین رقت آه ن را دارد . در تحقیقات قبلی نیز مشاهده شده است که سختی با افزایش رقت آهن بصورت خطی کاهش می یابد، زیرا کروم و کبالت کاهش مییابد که باعث کاهش سختی محلول جامد و ذرات سخت غنی از کروم می شود[۵]. با توجه به نتایج ریزسختی در زیر لایه، سختی فاز روشن (فریت) ۱۰۹ویکرز و سختی فاز تیره (مارتنزیت تمپرشده)

بررسی تاثیر لایهمیانی بر تنش پسماند در فلز جوش با توجه به مهار فلز جوش توسط فلز پایه در جوشکاری و انقباض غیر آزادانه آلیاژ استلایت۶ در اثر سرد شدن تا دمای اتاق منجر به بروز تنش های کششی قابل توجهی در فلز جوش می شود. میزان تنش های پس ماند در لایه روکش به فاکتورهای زیادی بستگی دارد، که شامل ضریب انتقال حرارت، ضریب انبساط حرارتی، ضخامت زیر لایه،

www.SID.ir

Archive of SID

۵۷



شکل ۱۱. نمودار سختی نمونههای۱، ۲و۳ پاس و با لایه میانی



شکل۱۲. ضریب انبساط حرارتی استلایت ۶ [۸]، فولاد زنگنزن ۴۱۰

میانی ۳۰۹ نسبت به نمونه بدون لایه میانی کمتر باشد. نتیجه گیری ۱. با اعمال لایه میانی فولاد زنگ نزن آستنیتی ۳۰۹ از رقت آهن در پوشش کاسته شده است. ۲. فازهای تشکیل شده اولیه شامل (Co(fcc و Co(fcc و Co(hcp) و فازهای یوتکتیکی لایه ای کبالت و دیگر فازها مثل Co₂C₆ ، M₆C ، M₂₃C₆ و Cr₂C₇C فلز پایه بیشتر از روکش باشد، تنش پس ماند در لایه روکش کمتر از زمانی است که فلز پایه و پوشش دارای ضریب انبساط حرارتی یکسان می باشند زیرا در زمان انجماد، انقباض زیر لایه بیشتر است و مقاومت در مقابل انقباض روکش ضعیف تر می شود[۱۳].با توجه به نمودار شکل ۲۱ ضریب انبساط حرارتی فولاد زنگ نزن آستنیتی مرک در دماهای مختلف بالاتر از استلایت است . بنابراین می توان پیش بینی کرد که تنش پسماند در نمونه دارای لایه

۲. سختی به ترتیب از نمونه ۱ تا ۳ پاس افزایش یافته است و در نمونه با لایه میانی بیشترین مقدار است
۲. تنش پسماند در نمونه همراه با لایه میانی نسبت به نمونه بدون لایه میانی کمتر می شود.
۵. ساختار دندریتی در پوشش مشاهده شد دندریتها در سطح پوشش ظریفتر هستند ولی وقتی که تعداد پاس های جوشکاری بیشتر شود ساختار ضخیم تر و ناییوسته می شود.

تشکر و قدردانی در پایان از همکاری پالایشگاه اصفهان بخاطر حمایت، تهیه مواد اولیه و آمادهسازی نمونهها تشکر و قدردانی می شود.

- 10. S .Kou, *Welding Metallurgy*, John Wiley and Sons, 2003.
- 11. F.Maiek, "Quality variability in cobaltbase hardfacing alloys", Ph.D. Thesis, Cranfield Institute of Technology, (1990).
- 12. J.C. Lippold, D.J. Kotecki, *Welding metallurgy and weldability of stainless steels*, 2005, John Wiley and Sons.
- A.P. Wu, J.L. Ren, Z.S. Peng, H. Murakawa, Y. Ueda, Numerical simulation for the residual stresses of stellite hardfacing on carbon steel, Journal of Materials Processing Technology 101 (2000) 70-75.
- 14. <u>www.hightempmetals.com/techdata/hitemp</u> <u>Inconel617data</u>, February 2009.

- 1. S. Sun ., M. Brandt, J. Harris, Y. Durandet, *The influence of stellite 6 particle size on the inter-track porosity in multi-track cladding*, Surface & Coatings Technology 201 (2006) 998–1005.
- 2. J.R.Davis, *Hardfacing, weld cladding and dissimilar metal joining*, ASM Handbook, vol 6 (1993) 789-794.
- 3. 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 47 (2005) 1911–1931.
- 4. C.R.Tottle, *An encyclopedia of metallurgy and material*, British. Library catalog in publication elata, (1984) 311.
- Guojian Xu, Muneharu Kutsuna, Zhongjie Liu, Katsusige Yamada, Comparison between diode laser and TIG cladding of Co-based alloys on the SUS403 stainless steel, Surface & Coatings Technology 201 (2006) 1138–1144.
- C.D.Opris, R.Liu, M.X.Yao, X.J.Wu Development of stellite alloy composites with sintering/HIPing technique for wearresistant applications, Materials and Design 28(2007) 581-591
- W.C. Lin, C. Chen, Characteristics of thin surface layers of cobalt-based alloys deposited by laser cladding, Surface & Coatings Technology 200 (2006) 4557 – 4563.
- 8. www. stellite.com, *General guide lines for Stellite hardfacing on to steel substrates*" Deloro stellite , March 2007.

 ۹. خانیانی اورنگ و کوکبی امیر حسین ، بررسی اثر درجه رقت بر سخت کاری سطحی چا، ن به روش جوشکاری، چهارمین کنفرانس ملی جوش و بازرسی ، (۱۳۷۶) ۱۳۲–۱۳۱.