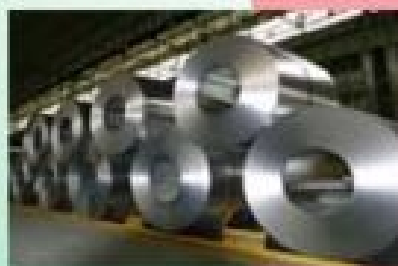
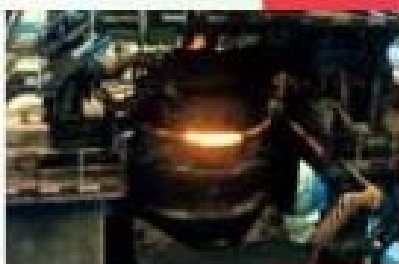


## گزارش فاز دوم:

**طراحی و ارایه راهکاری برای  
رفع مشکل جدایش قطعات  
ریختگی مربوط به سامانه  
خنک کاری درب تخلیه کوره های  
پیش گرم شماره ۳ و ۴ شرکت  
فولاد مبارکه**





## معاونت تکنولوژی تحقیق و توسعه

گزارش فاز دوم:

# طراحی و ارایه راهکاری برای رفع مشکل جدایش قطعات ریختگی مربوط به سامانه خنک کاری درب تخلیه کوره های پیش گرم شماره ۳ و ۴ شرکت فولاد مبارکه

مجری طرح: شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان  
شرکت دیسا افزار پارس

اسامی همکاران پروژه:

۱- محمود حسین آبادی

۲- یحیی ملاحسینی

۳- داریوش درویشی

۴- علی قاهری

واحدهای همکار از شرکت فولاد مبارکه:

۱- واحد نورد گرم (کوره های پیش گرم)

۲- واحد تحقیق و توسعه

اسفندماه ۱۳۹۶

۹۶۰۰۳۰۲۹۵

## چکیده

به منظور کاهش تلفات گرمایی در نتیجه‌ی نفوذ هوای اتمسفر به داخل کوره پیش‌گرم، معمولاً فشار کوره اندکی بیش از فشار اتمسفر تنظیم می‌شود. فشار مثبت در کوره منجر به تماس شدید گازهای داغ به بخش درونی درب تخلیه می‌گردد. در اثر تماس شدید گازهای داغ، ممکن است به سازه و نسوزهای درب و دیواره‌ی تخلیه، آسیب وارد شود. آسیب دیدن درب و دیواره‌ی تخلیه ممکن است به صورت اعوجاج سازه فولادی آن اتفاق بیفتد.

به منظور پیش‌گیری از آسیب دیدن سازه‌ی دیواره‌ی تخلیه کوره، علاوه بر صفحه فولادی، سازه فولادی و نسوزچینی داخلی کوره، از یک سامانه خنک‌کاری در ساختار دیواره استفاده می‌گردد. وظیفه سامانه خنک‌کاری، کاهش دمای سازه‌ی دیواره می‌باشد تا از افزایش دما و در نتیجه آسیب دیدن آن پیش‌گیری شود.

درب و دیواره‌ی تخلیه کوره‌های پیش‌گرم شماره ۳ و ۴ شرکت فولاد مبارکه از طریق تعدادی قطعات ریختگی و ناودانی که به شکل ویژه‌ای بر روی یک صفحه فولادی متصل به لوله آبگرد نصب شده‌اند، خنک‌کاری می‌شوند. یکی از مشکلات اصلی مرتبط با سامانه خنک‌کاری درب و دیواره‌ی تخلیه کوره‌های پیش‌گرم، عدم استحکام کافی اتصالات ناودانی و صفحه فولادی سامانه خنک‌کاری می‌باشد که منجر به جدایش اجزا از لوله آبگرد می‌گردد. اجزای جدا شده در بازه‌های مختلف تعمیر و یا جایگزین می‌گردند.

در پژوهش حاضر، با تدوین دستورالعمل جوشکاری اجزای اتصالات سامانه خنک‌کاری درب و دیواره‌ی تخلیه در کوره‌های پیش‌گرم شماره‌ی ۳ و ۴ شرکت فولاد مبارکه، راه حلی برای مشکل جدایش اجزای سامانه خنک‌کاری ارائه شده است.

## فهرست مطالب

شش	فهرست تصاویر
هشت	فهرست جداول
۱	مقدمه
۳	۱ مختصری درباره جوشکاری قوس با الکتروود دستی
۳	۱-۱ اصول فرایند
۴	۲-۱ تجهیزات و مواد مصرفی
۴	۱-۲-۱ منبع نیرو
۵	۲-۲-۱ انبر الکتروودگیر
۶	۳-۲-۱ گیره اتصال
۶	۴-۲-۱ کابل‌های جوشکاری
۶	۵-۲-۱ کلاه ایمنی
۷	۶-۲-۱ تجهیزات جانبی
۷	۷-۲-۱ الکتروود
۱۵	۳-۱ آماده‌سازی و طراحی اتصال
۱۵	۱-۳-۱ تمیز کردن محل اتصال
۱۶	۲-۳-۱ شکل هندسی اتصال
۱۶	۳-۳-۱ نصب اتصالات
۱۷	۴-۱ انواع جوش
۱۹	۱-۴-۱ جوش جناقی
۲۰	۲-۴-۱ جوش نبشی
۲۰	۳-۴-۱ پشت‌بندی جوش
۲۰	۴-۴-۱ پیش‌گرمایش
۲۱	۵-۱ پارامترهای جوشکاری

۲۱	قطر الکتروود	۱-۵-۱
۲۱	جریان جوشکاری	۲-۵-۱
۲۳	طول قوس	۳-۵-۱
۲۴	سرعت حرکت	۴-۵-۱
۲۵	جهت‌گیری الکتروود	۵-۵-۱
۲۵	زدودن سرباره	۶-۵-۱
۲۵	اتصالات قطعه‌ی کار	۷-۵-۱
۲۶	پایداری قوس	۸-۵-۱
۲۷	وزش (انحراف) قوس	۹-۵-۱
۲۸	عیوب تکنیکی جوش	۶-۱
۲۹	عیوب متالورژیکی جوش	۷-۱
۳۰	تخلخل	۱-۷-۱
۳۱	سرباره‌ی محبوس شده	۲-۷-۱
۳۱	ذوب ناقص	۳-۷-۱
۳۲	سوختگی کنارهی جوش	۴-۷-۱
۳۳	سرفتن	۵-۷-۱
۳۳	جرفه یا ترشح بیش از حد	۶-۷-۱
۳۴	ترک	۷-۷-۱
۳۶	مزایا و محدودیت‌ها	۸-۱
۳۷	<b>۲ مختصری درباره جوشکاری فولادها</b>	
۳۷	جوشکاری فولادهای کم‌کربن و نرم	۱-۲
۳۸	جوشکاری فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی	۲-۲
۳۸	جوش‌پذیری فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی	۱-۲-۲
۴۴	طراحی اتصال	۲-۲-۲
۴۴	جوشکاری فولاد زنگ‌نزن آستنیتی با فرایند SMAW	۳-۲-۲
۴۵	جوشکاری فولاد زنگ‌نزن آستنیتی به فولاد ساده‌کربنی	۳-۲
۴۵	شرایط کاری با دمای متوسط	۱-۳-۲
۴۵	شرایط کاری دمای بالا	۲-۳-۲
۴۵	ملاحظات طراحی	۳-۳-۲
۴۶	<b>۳ مختصری درباره روش جوشکاری و تعیین کیفیت آن</b>	
۴۶	مقدمه	۱-۳

۴۶	.....	دستورالعمل جوشکاری	۲-۳
۴۶	.....	مشخصات کاربرگ WPS-سربرگ	۱-۲-۳
۴۸	.....	اتصال	۲-۲-۳
۴۹	.....	فلزات پایه	۳-۲-۳
۵۰	.....	سیم جوش ها	۴-۲-۳
۵۱	.....	وضعیت جوشکاری	۵-۲-۳
۵۱	.....	پیش گرم	۶-۲-۳
۵۳	.....	عملیات حرارتی پس از جوشکاری (تنش زدایی)	۷-۲-۳
۵۳	.....	گاز	۸-۲-۳
۵۴	.....	مشخصات الکتریکی	۹-۲-۳
۵۴	.....	تکنیک و روش کار	۱۰-۲-۳
۵۶	.....	گزارش کیفیت روش جوشکاری	۳-۳
۵۶	.....	آماده سازی و جوشکاری نمونه های مناسب	۱-۳-۳
۵۶	.....	آزمایش نمونه های تهیه شده	۲-۳-۳
۵۷	.....	ارزیابی نتایج	۳-۳-۳
۵۸	.....	ثبت و تایید نتایج	۴-۳-۳
۵۹	.....	متغیرهای جوشکاری	۴-۳
۵۹	.....	متغیرهای اساسی	۱-۴-۳
۵۹	.....	متغیرهای اساسی تکمیلی	۲-۴-۳
۶۲	.....	متغیرهای غیراساسی	۳-۴-۳
۶۲	.....	متغیرهای مهم WPS در فرایند SMAW	۴-۴-۳
۶۴	.....	اتصالات سامانه خنک کاری دیواره ی تخلیه	۴
۶۷	.....	تدوین روش جوشکاری و گزارش کیفیت اتصالات دیواره ی تخلیه	۵
۶۷	.....	تدوین مشخصات روش جوشکاری یا WPS	۱-۵
۶۷	.....	گزارش کیفیت روش جوشکاری یا PQR	۲-۵
۶۸	.....	فهرست WPS ها، PQR ها و نتایج آزمایشگاه	۳-۵
۹۶	.....	خلاصه	
۹۷	.....	منابع	

## فهرست تصاویر

۳	۱-۱ طرح‌واره مدار SMAW
۸	۲-۱ چگونگی محافظت از قوس در جوشکاری قوس با الکتروود روکش‌دار
۱۰	۳-۱ خلاصه‌ی نامگذاری الکتروودها در خانواده SFA-5.1 استاندارد AWS
۱۷	۴-۱ وضعیت‌های مختلف جوشکاری
۱۸	۵-۱ انواع وضعیت‌ها و جوش‌ها
۳۰	۶-۱ طرح‌واره‌ای از وجود عیب تخلخل در جوش
۳۱	۷-۱ طرح‌واره‌ای از وجود عیب سرباره‌ی محبوس شده در جوش
۳۲	۸-۱ طرح‌واره‌ای از وجود عیب ذوب ناقص در جوش
۳۳	۹-۱ طرح‌واره‌ای از پدیده‌ی سوختگی کناره‌ی جوش
۳۴	۱۰-۱ طرح‌واره‌ای از انواع ترک در ساختار جوش
۴۱	۱-۲ دیاگرام شافلر برای تخمین ریزساختار جوش فولاد زنگ‌نزن
۴۷	۱-۳ نمونه‌ای از کاربرگ WPS پیشنهادی AWS D1.1-صفحه اول
۵۲	۲-۳ نمونه‌ای از کاربرگ WPS پیشنهادی AWS D1.1-صفحه دوم
۵۸	۳-۳ تجهیزات و وسایل مورد نیاز برای ثبت مراحل PQR
۶۰	۴-۳ نمونه‌ای از کاربرگ PQR پیشنهادی AWS D1.1-صفحه اول
۶۱	۵-۳ نمونه‌ای از کاربرگ PQR پیشنهادی AWS D1.1-صفحه دوم
	۱-۴ نمای کلی از اتصالات سامانه خنک‌کاری دیواره‌ی تخلیه در کوره‌های پیش‌گرم
۶۴	شماره ۳ و ۴ شرکت فولاد مبارکه
۶۸	۱-۵ نمونه‌سازی برای انجام آزمایش ماکروچاپ بر اساس AWS D1.1
۶۹	۲-۵ مشخصات روش جوشکاری شماره‌ی DISA-WPS-001
۷۰	۳-۵ مشخصات روش جوشکاری شماره‌ی DISA-WPS-002
۷۱	۴-۵ مشخصات روش جوشکاری شماره‌ی DISA-WPS-003
۷۲	۵-۵ گزارش کیفیت جوش یا PQR مربوط به DISA-WPS-001-صفحه‌ی اول

- ۶-۵ گزارش کیفیت جوش یا PQR مربوط به DISA-WPS-001-صفحه‌ی دوم . . . . . ۷۳
- ۷-۵ گزارش کیفیت جوش یا PQR مربوط به DISA-WPS-001-صفحه‌ی سوم . . . . . ۷۴
- ۸-۵ گزارش کیفیت جوش یا PQR مربوط به DISA-WPS-002-صفحه‌ی اول . . . . . ۷۵
- ۹-۵ گزارش کیفیت جوش یا PQR مربوط به DISA-WPS-002-صفحه‌ی دوم . . . . . ۷۶
- ۱۰-۵ گزارش کیفیت جوش یا PQR مربوط به DISA-WPS-002-صفحه‌ی سوم . . . . . ۷۷
- ۱۱-۵ گزارش کیفیت جوش یا PQR مربوط به DISA-WPS-003-صفحه‌ی اول . . . . . ۷۸
- ۱۲-۵ گزارش کیفیت جوش یا PQR مربوط به DISA-WPS-003-صفحه‌ی دوم . . . . . ۷۹
- ۱۳-۵ گزارش کیفیت جوش یا PQR مربوط به DISA-WPS-003-صفحه‌ی سوم . . . . . ۸۰
- ۱۴-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-001-صفحه‌ی اول . . . . . ۸۱
- ۱۵-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-001-صفحه‌ی دوم . . . . . ۸۲
- ۱۶-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-001-صفحه‌ی سوم . . . . . ۸۳
- ۱۷-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-001-صفحه‌ی چهارم . . . . . ۸۴
- ۱۸-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-001-صفحه‌ی پنجم . . . . . ۸۵
- ۱۹-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-002-صفحه‌ی اول . . . . . ۸۶
- ۲۰-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-002-صفحه‌ی دوم . . . . . ۸۷
- ۲۱-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-002-صفحه‌ی سوم . . . . . ۸۸
- ۲۲-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-002-صفحه‌ی چهارم . . . . . ۸۹
- ۲۳-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-002-صفحه‌ی پنجم . . . . . ۹۰
- ۲۴-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-003-صفحه‌ی اول . . . . . ۹۱
- ۲۵-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-003-صفحه‌ی دوم . . . . . ۹۲
- ۲۶-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-003-صفحه‌ی سوم . . . . . ۹۳
- ۲۷-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-003-صفحه‌ی چهارم . . . . . ۹۴
- ۲۸-۵ گزارش نتایج آزمایشگاه مربوط به DISA-WPS-003-صفحه‌ی پنجم . . . . . ۹۵



## فهرست جداول

۹	ویژگی‌های کلاس‌های مختلف الکتروود	۱-۱
	خانواده SFA-5.5 شامل الکتروودهای روکش‌دار فولادی کم‌آلیاژ برای جوشکاری	۲-۱
۱۲	قوس الکتریکی دستی-بخش اول	۳-۱
	خانواده SFA-5.5 شامل الکتروودهای روکش‌دار فولادی کم‌آلیاژ برای جوشکاری	۳-۱
۱۳	قوس الکتریکی دستی-بخش دوم	۴-۱
۱۴	انتخاب الکتروود مناسب برای جوشکاری مواد غیرمشابه	۱-۳
۶۳	متغیرهای مهم WPS در فرایند SMAW بر اساس ASME Section IX	۱-۴
۶۵	مشخصات فولاد Fe 37 B	۲-۴
۶۵	مشخصات فولاد Fe 45-2	۳-۴
۶۵	مشخصات فولاد AISI 304	۴-۴
۶۶	معادل ASTM مواد بکار رفته در اجزای سامانه خنک‌کاری	۵-۴
۶۶	خلاصه اتصالات جوشکاری شده‌ی اجزای سامانه خنک‌کاری	۱-۵
۶۷	WPS متناظر با هر اتصال در سامانه خنک‌کاری دیواره‌ی تخلیه	

## مقدمه

در یک فرایند جوشکاری الکتریکی، یک قوس بین الکتروود و فلز پایه ایجاد می‌شود. قوس الکتریکی از طریق عبور جریان از کاتد به فلز پایه از میان فاصله بین آنها تشکیل می‌شود. جریان باعث ذوب شدن فلز پایه و الکتروود و تشکیل یک حوضچه مذاب می‌شود. هنگام انجماد، جوش تشکیل می‌شود. فرایند جوشکاری قوس با الکتروود دستی، پرکاربردترین روش برای مصارف عمومی جوشکاری است. این فرایند را می‌توان برای جوشکاری اکثر فولادهای آلیاژی و سازه‌ای به کار برد. این فولادها شامل فولادهای کم‌کربن و کربن متوسط، کم‌آلیاژ، عملیات حرارتی‌پذیر و پرآلیاژ مانند فولادهای زنگ‌نزن می‌باشد. این فرایند را می‌توان در تمام وضعیت‌های جوشکاری، با استفاده از ساده‌ترین تجهیزات به کار گرفت. بنابراین، فرایند جوشکاری قوس با الکتروود دستی برای امور میدانی و در محل بسیار مناسب است.

درب و دیواره‌ی تخلیه کوره‌های پیش‌گرم شماره ۳ و ۴ شرکت فولاد مبارکه از طریق تعدادی قطعات ریختگی و ناودانی که به شکل ویژه‌ای بر روی یک صفحه فولادی متصل به لوله آبگرد نصب شده‌اند، خنک‌کاری می‌شوند. یکی از مشکلات اصلی مرتبط با سامانه خنک‌کاری درب و دیواره‌ی تخلیه کوره‌های پیش‌گرم، عدم استحکام کافی اتصالات ناودانی و صفحه فولادی سامانه خنک‌کاری می‌باشد که منجر به جدایش اجزا از لوله آبگرد می‌گردد. اجزای جدا شده در بازه‌های مختلف تعمیر و یا جایگزین می‌گردند. به منظور کاهش دفعات تعمیرات اتصالات اجزای سامانه خنک‌کاری دیواره‌ی تخلیه، تدوین دستورالعمل جوشکاری برای اتصالات مختلف ضروری است.

هدف پروژه حاضر، طراحی و ارایه راهکاری برای رفع مشکل جدایش قطعات ریختگی مربوط به سامانه خنک‌کاری درب تخلیه کوره‌های پیش‌گرم شماره ۳ و ۴ شرکت فولاد مبارکه می‌باشد. به منظور ارایه راهکارهایی در این چارچوب، باید شناخت دقیقی از فرایند و متالورژی جوشکاری داشت و از شیوه‌ی تدوین دستورالعمل جوشکاری و روش ارزیابی کیفیت آن آگاه بود. بنابراین، در فصول مختلف گزارش حاضر به موارد زیر توجه می‌شود:

فصل اول: مختصری درباره جوشکاری قوس با الکتروود دستی کوششی برای معرفی پرکاربردترین و ساده‌ترین فرایند جوشکاری است. به این منظور، اصول فرایند، تجهیزات و مواد مصرفی، آماده‌سازی و طراحی اتصال، انواع جوش، پارامترهای جوشکاری، عیوب تکنیکی جوش، عیوب متالورژیکی جوش و مزایا و محدودیت‌های فرایند جوشکاری قوس با الکتروود دستی به تفصیل بررسی می‌شوند.

فصل دوم: مختصری درباره جوشکاری فولادها به بررسی و مطالعه جوشکاری فولادهای کربنی، فولادهای زنگ‌نزن و فولادهای کربنی به زنگ‌نزن می‌پردازد.

فصل سوم: مختصری درباره روش جوشکاری و تعیین کیفیت آن تلاشی برای بیان مبانی تدوین دستورالعمل جوشکاری و گزارش کیفیت روش جوشکاری است.

فصل چهارم: اتصالات سامانه خنک‌کاری دیواره‌ی تخلیه در قالب انتخاب مواد و فرایند جوشکاری و اتصالات برای قطعات ریختگی سامانه خنک‌کاری بر اساس شرایط کاری قطعات به معرفی انواع اتصالات اجزای سامانه خنک‌کاری درب تخلیه‌ی کوره‌های پیش‌گرم شماره‌ی ۳ و ۴ شرکت فولاد مبارکه می‌پردازد.

فصل پنجم: تدوین روش جوشکاری و گزارش کیفیت اتصالات دیواره‌ی تخلیه مقدمات لازم را برای تدوین و ارزیابی کتابچه فنی تعمیرات اتصالات اجزای سامانه خنک‌کاری دیواره‌ی تخلیه کوره‌های پیش‌گرم شماره ۳ و ۴ شرکت فولاد مبارکه، فراهم می‌آورد. در این فصل: ۱- تدوین WPS، ۲- تهیه نمونه‌هایی بر اساس WPS و ۳- تهیه PQR به منظور اثبات درستی عملکرد WPS ارزیابی شده مورد توجه قرار می‌گیرد.

## منابع

- [1] C. L. Jenney and A. O'Brien. *AWS Welding Handbook Volume 2: Welding Processes, Part 1*. American Welding Society, 9th ed. , 2001.
- [2] Department of The ARMY, Headquarters. *Technical Manual: Welding Design, Procedures and Inspection*. Department of The ARMY, 1985.
- [۳] ا.ح. کوبی. *تکنولوژی جوشکاری*. انتشارات آزاده، ۱۳۸۲.
- [4] D.L. Olson, T.A. Siewert, S. Liu, and G.R. Edwards. *ASM Handbook Volume 6: Welding, Brazing, and Soldering*. ASM International, 1993.
- [۵] م. معینان. *کلید جوشکاری*. انتشارات آزاده، ۱۳۸۲.
- [6] I. Khan. *Welding Science and Technology*. New Age International, 2007.
- [7] Hobart Institute. *Shielded Metal Arc Welding*. Hobart Institute of Welding Technology, 2012.
- [8] ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding and Brazing. *2010 ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section IX: Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators*. The American Society of Mechanical Engineers, 2011.
- [9] AWS Board of Directors. *Structural Welding Code—Steel*. American Welding Society, 2015.