

راهنمای عملی جوشکاری فولادهای زنگ نزن

Practical Guidelines for the Welding of Stainless steels

ترجمه و گردآوری:

دکتر سحر می

چیا سهراب نژاد

سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی

۱۳۹۵

سرشناسه	کرمی، دیاکو، ۱۳۷۰-
عنوان و نام پدیدآور	راهنمای عملی جوشکاری فولادهای زنگ نزن = Practical guidelines for the welding of stainless steels / گردآوری دیاکو کرمی، چیا سهراب نژاد؛ تهیه کننده معاونت فرهنگی جهاد دانشگاهی واحد کردستان.
مشخصات نشر	تهران: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	۲۰۴ ص.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۱۰۲-۷۷۱-۰۰
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	کتابنامه: ص: ۲۰۳.
موضوع	فولاد ضد زنگ - جوشکاری
موضوع	جوشکاری
شناسه افزوده	سهراب نژاد، چیا، ۱۳۶۴-
شناسه افزوده	سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی
رده بندی کنگ	۱۳۹۴ ر ۵۴۲/۲ TS۲۲۷
رده بندی دیویی	
شماره کتابشناسی ملی	۳۱۲۰۹

راهنمای عملی جوشکاری فولادهای زنگ نزن

ترجمه و گردآوری: دیاکو کرمی، چیا سهراب نژاد

تایپ و صفحه آوری: چیاکو کرمی

تهیه کننده: معاونت فرهنگی جهاد دانشگاهی واحد کردستان

ناشر: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی

چاپ: اول ۱۳۹۴

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۲۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۰۲-۷۷۱-۰۰

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس به نام یا امتیاز این اثر را بدون اجازه مولف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه نماید مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.



سازمان انتشارات

نشانی سازمان انتشارات: تهران- خیابان انقلاب اسلامی- خیابان فخررازی- خیابان شهدای ژاندارمری- پلاک ۷۲، تلفن: ۶۶۹۵۲۹۲۸

مرکز پخش:

خیابان انقلاب - بین فلسطین و چهارراه ولیعصر - جنب مؤسسه نمایشگاه‌های فرهنگی ایران - تلفن: ۶- ۶۶۴۸۷۶۲۵

پایگاه اطلاع‌رسانی: www.isba.ir پست الکترونیکی: info@isba.ir فروشگاه اینترنتی: www.jdbook.ir

فهرست

عنوان

صفحه

پیشگفتار	۱۵
فصل اول: مقدمه‌ای بر فولادهای زنگ نزن	۱۷
۱.۱ مقدمه	۱۷
۱.۲ نام گذاری فولادهای زنگ نزن	۱۸
۱.۳ مقاومت به خوردگی	۱۹
۱.۴ فولادهای زنگ نزن آستینیتی: $Fe-Cr-Ni-(Mo)$	۲۲
۱.۴.۱ ریزساختار و ترکیبات شیمیایی	۲۲
۱.۴.۲ مقاومت به خوردگی	۲۵
۱.۴.۲.۱ خوردگی بین دانه ای	۲۷
۱.۴.۲.۲ خوردگی شیار جاقویی	۲۹
۱.۴.۲.۳ ترک خوردگی تنشی SCC	۳۰
۱.۴.۲.۴ خوردگی شیار و حفره‌ای	۳۰
۱.۴.۳ خواص مکانیکی	۳۱
۱.۴.۴ جوش پذیری	۳۲
۱.۴.۵ کاربردها	۳۴
۱.۵ فولادهای زنگ نزن دوفازی (آستینیتی - فریتی)	۳۵
۱.۵.۱ ریزساختار و ترکیبات شیمیایی	۳۵
۱.۵.۲ مقاومت به خوردگی	۳۵
۱.۵.۲.۱ ترک خوردگی تنشی (SCC)	۳۶
۱.۵.۲.۲ خوردگی حفره‌ای	۳۶
۱.۵.۳ خواص مکانیکی	۳۷
۱.۵.۴ جوش پذیری	۳۷

۳۸	۱.۵.۵ کاربردها
۳۹	۱.۶ فولادهای زنگ نزن فریتی: آلیاژهای Fe-Cr-(Mo)
۳۹	۱.۶.۱ ریزساختار و ترکیبات شیمیایی
۴۱	۱.۶.۲ مقاومت به خوردگی
۴۲	۱.۶.۳ خواص مکانیکی
۴۳	۱.۶.۴ جوش پذیری
۴۴	۱.۶.۵ کاربردها
۴۴	۱.۷ فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی و رسوب سختی: آلیاژهای Fe-Cr-C-(Ni-Mo)
۴۴	۱.۷.۱ ریزساختار و ترکیبات شیمیایی
۴۶	۱.۷.۲ مقاومت به خوردگی
۴۶	۱.۷.۳ خواص مکانیکی
۴۸	۱.۷.۴ جوش پذیری
۴۸	۱.۷.۵ کاربردها
۴۹	فصل دوم: تاثیر عناصر آلیاژی در فولادهای زنگ نزن
۴۹	۲.۱ مقدمه
۴۹	۲.۱.۱ تاثیر عناصر آلیاژی بر روش جوش پذیری
۵۰	۲.۱.۲ تاثیر عناصر آلیاژی بر روی ساختار جوش
۵۱	۲.۱.۳ کربن
۵۱	۲.۱.۴ کرم
۵۲	۲.۱.۵ نیکل
۵۳	۲.۱.۶ مولیبدن
۵۳	۲.۱.۷ نایوبیوم
۵۴	۲.۱.۸ تیتانیوم
۵۴	۲.۱.۹ سیلیکون
۵۵	۲.۱.۱۰ نیتروژن
۵۵	۲.۱.۱۱ کبالت
۵۶	۲.۱.۱۲ عناصر کاربیدزا
۵۶	۲.۱.۱۳ عناصر رسوب سختی
۵۷	۲.۱.۱۴ عناصر بین نشینی (کربن و نیتروژن)

فصل سوم: فرآیندهای جوشکاری ۵۹

۳.۱ کلیات جوش پذیری و جوشکاری فولادهای زنگ نزن ۵۹

۳.۲ فرآیندهای جوشکاری ۵۹

۳.۳ فرآیندهای جوشکاری قوسی ۶۰

۳.۳.۱ فرآیند جوشکاری قوسی تنگستنی تحت گاز محافظ GTAW ۶۰

۳.۳.۲ فرآیند جوشکاری قوسی پلاسما PAW ۶۲

۳.۳.۳ فرآیند جوشکاری قوسی فلزی تحت گاز محافظ GMAW ۶۳

۳.۳.۴ فرآیند جوشکاری قوسی توپودری FCAW ۶۵

۳.۳.۵ فرآیند جوشکاری قوسی دستی SMAW ۶۶

۳.۳.۶ فرآیند جوشکاری قوسی زیر پودری SAW ۶۷

۳.۳.۷ فرآیند جوشکاری: انده ای SW ۶۹

۳.۳.۷.۱ فرآیند RC یا CD ۷۱

۳.۳.۷.۲ زائنده‌های فولاد زنگ نزن ۷۱

فصل چهارم: آماده سازی طرح اتصال ۷۳

۴.۱ انتخاب نوع اتصال ۷۳

۴.۲ طرح اتصال برای فرآیندهای GTAW و PAW ۷۵

۴.۳ طرح اتصال فرآیند GMAW ۷۵

۴.۴ طرح اتصال فرآیند FCAW ۷۶

۴.۵ طرح اتصال فرآیند SAW ۷۶

۴.۶ انواع طرح اتصال ۷۶

فصل پنجم: تکنیک‌های جوشکاری ۸۳

۵.۱ مونتاژ و تکخال‌زنی ۸۳

۵.۲ برنامه‌ریزی برای انجام جوشکاری ۸۶

۵.۲.۱ شروع‌ها و توقف‌ها در جوشکاری ۸۶

۵.۲.۲ پاس‌های ریشه (جوش‌های یک‌طرفه یا دوطرفه) ۸۷

۵.۲.۳ پاس‌های ریشه با پشت‌بندهای سرامیکی ۸۸

۵.۲.۴ پاس‌های پرکنی ۸۹

۵.۲.۵ پاس‌های نما ۹۰

۵.۲.۶ حرکت موجی و خطی ۹۰

۵.۲.۷	جوشکاری سربالا و سربایین	۹۱
۵.۲.۸	جوشکاری پیش‌دستی و پس‌دستی	۹۴
۵.۲.۹	عرض و عمق	۹۵
۵.۲.۱۰	اعوجاج	۹۶
۵.۳	جوشکاری فولادهای زنگ‌زن به کربنی	۹۸
۵.۴	جوشکاری ورق‌های فولادی پوشش داده شده	۹۹
فصل ششم: راهنمایی‌های عملی جوشکاری فولادهای زنگ‌زن		
۱۰.۱	مقدمه	۱۰۱
۶.۱	طراحی دستورالعمل جوشکاری	۱۰۱
۶.۱.۱	پارامترهای جوشکاری	۱۰۲
۶.۱.۲	درت و ...	۱۰۲
۶.۱.۳	پیش‌گرمایی	۱۰۳
۶.۱.۴	دمای بین‌یاسی	۱۰۴
۶.۱.۵	عملیات حرارتی پسگرمایی (PWHT)	۱۰۴
۶.۱.۶	موادهای پرکننده	۱۰۵
۶.۱.۷	محافظت در برابر اکسیداسیون	۱۰۸
۶.۲	فولادهای زنگ‌زن آستنیتی (Cr-Ni) و (Cr-Ni-Mo)	۱۰۹
۶.۲.۱	متالورژی جوشکاری	۱۱۰
۶.۲.۱.۱	تخمین ریزساختار منطقه ذوب	۱۱۰
۶.۲.۱.۲	منطقه متأثر از حرارت	۱۱۲
۶.۲.۱.۳	رشد دانه	۱۱۲
۶.۲.۱.۴	تشکیل فریت	۱۱۳
۶.۲.۱.۵	رسوب‌گذاری	۱۱۳
۶.۲.۲	جوش‌پذیری	۱۱۳
۶.۲.۲.۱	ترک انجمادی	۱۱۴
۶.۲.۲.۲	اهمیت وجود فریت	۱۱۵
۶.۲.۲.۲.۱	نحوه تشخیص عدد فریت در دیاگرام دیلانگ	۱۱۶
۶.۲.۲.۲.۲	جلوگیری از ترک انجمادی جوش	۱۱۸
۶.۲.۲.۳	ترک بازگرمی	۱۱۹

۱۲۰.....	۶.۲.۲.۴ ترک ناشی از آلودگی مس
۱۲۰.....	۶.۲.۳ مواد پرکننده
۱۲۴.....	۶.۲.۴ فرایندها و تکنیک‌های جوشکاری
۱۲۴.....	۶.۲.۴.۱ SMAW فرآیند
۱۲۷.....	۶.۲.۴.۲ GMAW فرآیند
۱۲۸.....	۶.۲.۴.۳ GTAW فرآیند
۱۲۹.....	۶.۲.۴.۴ SAW فرآیند
۱۳۱.....	۶.۲.۵ رارت ورودی
۱۳۳.....	۶.۲.۶ دمای پیشگرم، بین‌پاسی و عملیات حرارتی پسگرمایی
۱۳۴.....	۶.۲.۶.۱ تردی دمای یانی
	۶.۳ فولادهای زنگ نزن استنیتی پرالیازی (654SMO, 20-25-6, 254SMO و 904L)
۱۳۵.....	۶.۳.۱ فولادهای پرکننده
۱۳۷.....	۶.۳.۲ آماده‌سازی طرح اتصال
۱۳۷.....	۶.۳.۳ فرایندها و تکنیک‌های جوشکاری
۱۴۰.....	۶.۳.۴ حرارت ورودی
۱۴۰.....	۶.۳.۵ دمای بین‌پاسی
۱۴۰.....	۶.۴ فولادهای زنگ نزن دوفازی
۱۴۱.....	۶.۴.۱ متالورژی جوشکاری
۱۴۱.....	۶.۴.۱.۱ رفتار انجماد
۱۴۱.....	۶.۴.۱.۲ منطقه متأثر از حرارت HAZ
۱۴۳.....	۶.۴.۱.۳ کنترل تعادل فریت - آستنیت
۱۴۴.....	۶.۴.۱.۳.۱ اثر سرعت سرد شدن
۱۴۵.....	۶.۴.۱.۳.۲ پیش‌بینی و اندازه‌گیری فریت
۱۴۶.....	۶.۴.۲ جوش پذیری
۱۴۶.....	۶.۴.۲.۱ ترک انجمادی جوش
۱۴۷.....	۶.۴.۲.۲ ترک ناشی از هیدروژن HIC
۱۴۷.....	۶.۴.۲.۳ تردی دمای میانی
۱۴۸.....	۶.۴.۳ فولادهای پرکننده

۱۴۹.....	۶.۴.۴ آماده‌سازی لبه‌ها
۱۵۰.....	۶.۴.۵ فرآیندها و تکنیک‌های جوشکاری
۱۵۱.....	۶.۴.۶ حرارت ورودی
۱۵۱.....	۶.۴.۷ دمای بین‌پاسی
۱۵۱.....	۶.۵ فولادهای زنگ‌نزن مقاوم به حرارت‌های بالا HT
۱۵۲.....	۶.۵.۱ فولادهای مقاوم به حرارت و موادهای پرکننده
۱۵۳.....	۶.۵.۲ آماده‌سازی لبه‌ها
۱۵۳.....	۶.۵.۳ فرآیندها و تکنیک‌های جوشکاری
۱۵۳.....	۶.۵.۴ حرارت ورودی
۱۵۳.....	۶.۵.۵ دمای بین‌پاسی
۱۵۴.....	۶.۶ فولادهای زنگ‌رن فریتی
۱۵۴.....	۶.۶.۱ متالورژی - جوشکاری
۱۵۴.....	۶.۶.۱.۱ منطقه ذوب
۱۵۵.....	۶.۶.۱.۲ منطقه متأثر از حرارت (HAZ)
۱۵۶.....	۶.۶.۲ جوش‌پذیری
۱۵۶.....	۶.۶.۲.۱ ترک انجمادی
۱۵۶.....	۶.۶.۲.۲ تردی دمای بالا
۱۵۷.....	۶.۶.۲.۳ ترک ناشی از هیدروژن (HIC)
۱۵۷.....	۶.۶.۳ عملیات حرارتی پس‌گرمایی (PWHT)
۱۵۷.....	۶.۶.۴ انتخاب مواد پرکننده
۱۵۹.....	۶.۶.۵ فرآیندها و تکنیک‌های جوشکاری
۱۶۳.....	۶.۷ فولادهای زنگ‌نزن مارتنزیتی
۱۶۳.....	۶.۷.۱ متالورژی جوشکاری
۱۶۳.....	۶.۷.۱.۱ منطقه ذوب
۱۶۴.....	۶.۷.۱.۲ منطقه متأثر از حرارت HAZ
۱۶۶.....	۶.۷.۲ جوش‌پذیری
۱۶۶.....	۶.۷.۲.۱ ترک انجمادی و ترک ذوب موضعی
۱۶۶.....	۶.۷.۲.۲ ترک بازگرمی
۱۶۷.....	۶.۷.۲.۳ ترک ناشی از هیدروژن (HIC)

۶.۷.۳	عملیات حرارتی پسرگرمایی PWHT	۱۶۷
۶.۷.۴	راهنمایی جهت انتخاب دمای پیشگرم، بین پاسی و عملیات حرارتی پسرگرمایی	۱۶۸
۶.۷.۵	فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی کم کربن	۱۷۰
۶.۷.۶	فولادهای مارتنزیتی پر کربن	۱۷۱
۶.۷.۷	فولادهای زنگ نزن سوپر مارتنزیتی	۱۷۲
۶.۸	فولادهای زنگ نزن رسوب سختی	۱۷۲
۶.۸.۱	فولادهای زنگ نزن رسوب سختی مارتنزیتی	۱۷۳
۶.۸.۲	فولادهای زنگ نزن رسوب سختی آستنیتی ناپایدار	۱۷۴
۶.۸.۳	فولادهای زنگ نزن رسوب سختی آستنیتی	۱۷۵
۶.۸.۴	متالورژی جوش کالی	۱۷۵
۶.۸.۴.۱	ریز ساختار جوش	۱۷۶
۶.۸.۵	جوش پذیری	۱۷۷
۶.۸.۶	عملیات حرارتی پسرگرمایی (PWHT)	۱۷۸

فصل هفتم: محافظت‌های گازی

۷.۱	کاربرد گازهای محافظ	۱۸۱
۷.۲	انواع گازهای محافظ	۱۸۱
۷.۲.۱	آرگون	۱۸۱
۷.۲.۲	هلیوم	۱۸۲
۷.۲.۳	دی اکسید کربن و اکسیژن	۱۸۲
۷.۲.۴	هیدروژن	۱۸۳
۷.۲.۵	نیتروژن	۱۸۳
۷.۲.۶	نیتروژن مونواکسید	۱۸۳
۷.۳	گازهای محافظ پشت‌بند	۱۸۴
۷.۴	گازهای محافظ برای فرآیند جوشکاری GMAW	۱۸۵
۷.۵	گازهای محافظ برای فرآیند جوشکاری GTAW	۱۸۶
۷.۶	گازهای محافظ برای فرآیند جوشکاری FCAW	۱۸۸
۷.۷	گازهای محافظ برای فرآیند PAW	۱۹۰
۷.۸	گازهای محافظ فرآیند LBW	۱۹۱
۷.۹	گازهای محافظ فرآیند جوشکاری لیزر هیبریدی	۱۹۱

فصل هشتم: تمیزکاری پس از جوشکاری.....	۱۹۳
۸.۱ مقدمه.....	۱۹۳
۸.۲ نمونه عیوب.....	۱۹۴
۸.۲.۱ اثر حرارت و اکسیدها.....	۱۹۴
۸.۲.۲ عیوب جوشکاری.....	۱۹۴
۸.۲.۳ آلودگی‌های آهنی.....	۱۹۴
۸.۲.۴ سطوح زیر و خشن.....	۱۹۵
۸.۲.۵ آلودگی‌های عمومی.....	۱۹۶
۳ دستورالعمل‌های تمیزکاری.....	۱۹۶
۸.۴ روش‌های مکانیکی.....	۱۹۶
۸.۴.۱ سنگ‌زنی.....	۱۹۶
۸.۴.۲ روس‌پاشی (بلاستینگ).....	۱۹۷
۸.۴.۳ برس‌زنی.....	۱۹۷
۸.۴.۴ خلاصه.....	۱۹۷
۸.۵ روش‌های شیمیایی.....	۱۹۸
۸.۵.۱ الکتروپولیش.....	۱۹۸
۸.۵.۲ اسیدشویی.....	۱۹۸
۸.۵.۲.۱ اسیدشویی در حمام اسید.....	۲۰۱
۸.۵.۲.۲ اسیدشویی توسط ژل‌های اسیدشویی.....	۲۰۱
۸.۵.۲.۳ اسیدشویی با محلول‌های اسیدشویی.....	۲۰۲
منابع و مراجع.....	۲۰۳

پیشگفتار

خداوند بزرگ را شاکریم که با لطف بیکرانش ما را در نگارش این اثر یاری نمود تا با وجود مشکلات فراوان، بتوانیم آن را به پایان برسانیم.

فولادهای زنگ نزن جز موادهای مهندسی می‌باشند که در صنایعی مانند: نفت و گاز، دریایی، نظامی و... بکار می‌روند. جوشکاری این دسته از فولادها سخت بوده، اما با انجام تمهیدات خاصی جوشکاری آنها مشکل نخواهد بود. این امر بهانه ای بود تا با ترجمه و گردآوری منابع مختلف، برخی از نکاتی که باید در جوشکاری این دسته از فولادها رعایت شود در این کتاب ارائه گردد. به همین دلیل از این مجموعه می‌توان به‌عنوان راهنمای عملی در جوشکاری فولادهای زنگ نزن استفاده نمود. البته در این کتاب بیشتر سعی شده است که مطالب کاربردی و عملی جوشکاری فولادهای زنگ نزن ارائه شود ولی یقیناً وارد زیادی هم از قلم افتاده که تلاش خواهد گردید با یاری خداوند در چاپ‌های آتی آورده شود. لازم به یادآوری است که تمامی منابعی که جهت نگارش این اثر استفاده شده در قسمت منابع ذکر نموده لذا در صورتی که منبعی فراموش گردیده، غیر تعمدی بوده و بدینوسیله پوزش می‌خواهیم. به شرطی که حیات منبع ذکر نشده در چاپ‌های بعدی ذکر خواهد شد.

کتاب حاضر در هشت فصل ارائه شده که برخی از آنها راهنمای عملی جوشکاری و برخی دیگر راهنمای علمی است. از جمله از فصل چهارم می‌توان به معرفی و آماده سازی طرح اتصال استفاده نمود، در فصل پنجم نکاتی در مورد تکخال‌زنی، حرکت مرغی و غطی، جوشکاری سربالا و سرپایینی و...، در فصل ششم راهنمای عملی جوشکاری فولادهای زنگ نزن، در فصل هفتم محافظت‌های گازی که یکی از مهم‌ترین بخش‌های جوشکاری فولادهای زنگ نزن می‌باشد ارائه شده و در پایان، فصل هشتم در مورد تمیزکاری پس از جوشکاری این دسته از فولادها است.

در ضمن خوانندگان محترم می‌توانند پیشنهادات و انتقادات خود را از طریق پست الکترونیکی pg.for.wss@gmail.com ارسال نمایند. صمیمانه آماده پذیرش انتقادات و پیشنهادات عزیزان هستیم. بی‌شک این مجموعه خالی از اشکال نیست و امیدواریم توانسته باشیم سهمی هرچند ناچیز در بالا بردن سطح علمی کشورمان ایران عزیز داشته باشیم.

با آرزوی سلامتی و بهروزی
دیاکو کرمی، چیا سهراب‌نژاد