



به نام خدا

آموزش فرآیندهای جوشکاری و بازرسی جوش

مؤلف:

محمد گنجی



هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

◀ عنوان کتاب: آموزش فرآیندهای جوشکاری و بازرسی جوش

◀ مولف: محمد گنجی

◀ ناشر: موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

◀ ویراستار: نرگس مهرید

◀ صفحه آرای: فرنوش عبدالمهی

◀ طراح جلد: داریوش فرسای

◀ نوبت چاپ: اول

◀ تاریخ نشر: ۱۴۰۱

◀ چاپ و صحافی: صدف

◀ تیراژ: ۵۰۰ جلد

◀ قیمت: ۱۸۵۰۰۰۰ ریال

◀ شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۶۰۹-۸

◀ نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،

خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،

پلاک ۱۲۵۱-تلفن: ۶۶۴۱۰۰۴۶-۲۲۰۸۵۱۱۱

◀ فروشگاههای اینترنتی دیباگران تهران :

WWW.MFTBOOK.IR

www.dibagarantehran.com

سرشناسه: گنجی، محمد، ۱۳۵۵-
عنوان و نام پدیدآور: آموزش فرآیندهای جوشکاری و
بازرسی جوش / مولف: محمد گنجی؛
ویراستار: نرگس مهرید.
مشخصات نشر: تهران: دیباگران تهران: ۱۴۰۱
مشخصات ظاهری: ۲۶۰ ص: مصور،
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۶۰۹-۸
وضعیت فهرست نویسی: فیبا یادداشت: کتابنامه.
موضوع: جوشکاری Welding
موضوع: جوشکاری - بازرسی Welding-inspection
موضوع: جوشکاری - استانداردها Welding-standards
رده بندی کنگره: TS ۲۲۷
رده بندی دیویی: ۶۷۱/۵۲
شماره کتابشناسی ملی: ۸۹۸۶۷۵۸

نشانی اینستاگرام دیبا dibagaran_publishing نشانی تلگرام: @mftbook

هر کتاب دیباگران، یک فرصت جدید علمی و شغلی.

هر گوشه همراه، یک فروشگاه کتاب دیباگران تهران.

از طریق سایتهای دیباگران، در هر جای ایران به کتابهای ما دسترسی دارید.

فهرست مطالب

فصل ۱ / فرآیندهای جوشکاری ۱۱

۱۳	فرآیندهای جوشکاری
۱۵	فرآیند جوشکاری الکتروود دستی
۲۴	فرآیند جوشکاری قوسی با الکتروود مصرفی و تحت محافظت گاز محافظ
۳۱	فرآیند جوشکاری توپودری
۳۶	فرآیند جوشکاری قوسی با الکتروود تنگستنی و تحت محافظت گاز محافظ
۴۱	جوشکاری زیرپودری

فصل ۲ / ناپیوستگی‌های جوش ۴۶

۴۹	تشریح ناپیوستگی‌ها
۵۰	ترک
۵۷	ذوب ناقص
۶۰	نفوذ ناقص
۶۲	حفره گازی یا تخلخل
۶۷	بریدگی کناره جوش
۷۰	پُر نشدن کافی جوش
۷۲	سرفتن جوش
۷۳	تحدب
۷۵	تقویت (گرده) جوش
۷۷	لکه قوس
۷۸	جرقه و پاشش
۸۰	تورق
۸۱	پارگی لایه‌ای
۸۳	سوختگی (ریزش مذاب از) ریشه
۸۴	اکسیده شدن ریشه اتصال
۸۵	ناپیوستگی‌های ابعادی
۸۵	عدم هم‌ترازی خطی
۸۶	عدم هم‌ترازی زاویه‌ای
۸۷	اثر سنگ‌زنی
۸۷	عدم تمیزکاری اثر اتصال جوشی موقت نگهدارنده‌ها

اکسیده بودن و نامناسب بودن ابعادی لبه‌های بُرش ۸۸

فصل ۳ / علائم و نقشه‌خوانی جوش و آزمون‌های غیرمخرب ۸۹

اتصال ۹۰

جوش ۹۰

فرآیند جوشکاری ۹۱

اتصالات جوشی ۹۱

اتصال فلنجی ۹۲

اتصال وصله‌ای ۹۴

اعضای مختلف یک اتصال ۹۵

انواع مختلف لبه‌سازی ۹۵

انواع جوش‌ها ۹۹

علائم جوش‌ها ۹۹

دو عضو اصلی یک علامت جوشکاری ۱۰۱

انواع جوش ۱۰۹

جوش شیباری ۱۰۹

جوش گوشه‌ای یا نبشی ۱۱۹

جوش FILLET منقطع ۱۲۶

ترکیب جوش FILLET و GROOVE ۱۲۸

جوش پشتی و جوش پشت‌بند ۱۲۹

جوش سطحی ۱۳۱

جوش PLUG WELD ۱۳۳

جوش SLOT ۱۳۵

جوش نقطه‌ای یا پیش‌طرحی ۱۳۸

جوش نواری یا درزی ۱۴۳

جوش زائده‌ای یا گل‌میخ ۱۴۶

جوش لبه‌ای ۱۴۸

علائم مکمل ۱۴۹

فصل ۴ / آشنایی با آزمون‌های غیرمخرب در جوش ۱۶۰

تست چشمی ۱۶۲

آزمون مایعات نافذ ۱۶۲

آزمون ذرات مغناطیسی ۱۶۷

انواع میدان‌های مغناطیسی ۱۷۰

آزمون فراصوتی یا اولتراسونیک ۱۷۵

انواع موج صوتی ۱۷۸

تکنیک‌های تست اولتراسونیک ۱۸۱

۱۸۷ آزمون رادیوگرافی

۱۸۹ انواع اشعه رادیواکتیو

فصل ۵ / آزمون‌های مخرب ۱۹۷

۱۹۸ آزمون‌های مخرب

۱۹۸ خواص مکانیکی با اهمیت در فلزات

۲۰۱ تست کشش

۲۰۲ تست سختی سنجی

۲۰۳ تست برینل

۲۰۴ تست راکول

۲۰۵ میکرو سختی سنجی

۲۰۵ تست ضربه

۲۰۷ تست خمش

فصل ۶ / متالورژی جوشکاری ۲۰۹

۲۱۰ اصول ساختارهای فلزی

۲۱۳ ساختارهای کریستالی

۲۱۴ انجماد فلزات

۲۱۵ آلیاژسازی

۲۱۶ اجزای ریزساختاری فولاد کربنی

۲۲۳ ملاحظات متالورژی برای جوشکاری

فصل ۷ / اسناد مرتبط با بازرسی و صلاحیت جوش ۲۳۸

۲۴۱ کدها

۲۴۲ استانداردها

۲۴۲ مشخصات فنی

۲۴۳ کنترل مواد

۲۴۴ مشخصات فنی مرسوم برای فولادها

۲۴۵ تأیید صلاحیت دستورالعمل‌های جوشکاری و جوشکاران

۲۴۶ دستورالعمل‌های از پیش تأیید صلاحیت شده

فصل ۸ / حدود پذیرش بازرسی چشمی جوش در استاندارد AWS D1.1 ۲۵۲

خط‌مشی انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرصه کتاب‌هایی با کیفیت عالی است که تواند
خواسته‌های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد.
هر کتاب دیباگران تهران، یک فرصت جدید شغلی و علمی

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بی‌کران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگی این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی و آموزشی گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم.

گسترده‌گی علوم و سرعت توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه، نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش برجسته نموده است.

در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران و محققان در زمینه‌های گوناگون و مورد نیاز جامعه تلاش نموده برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پُر بار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقمندان قرار دهد.

کتابی که در دست دارید تألیف "جناب آقای محمد گنجی" است که با تلاش همکاران ما در نشر دیباگران تهران منتشر گشته و شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

با نظرات خود مشوق و راهنمای ما باشید

با ارائه نظرات و پیشنهادات و خواسته‌های خود، به ما کمک کنید تا بهتر و دقیق‌تر در جهت رفع نیازهای علمی و آموزشی کشورمان قدم برداریم. برای رساندن پیام‌هایتان به ما از رسانه‌های دیباگران تهران شامل سایتهای فروشگاهی و صفحه اینستاگرام و شماره‌های تماس که در صفحه شناسنامه کتاب آمده استفاده نمایید.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران
dibagaran@mftplus.com

تقدیم بہ:

ہمسرم، شادی.



- مدیرعامل شرکت نفتا صنعت ناظران
- کارشناس مهندسی مواد (دانشگاه صنعتی شریف)
- مهندس بین‌المللی جوش (انسیتو بین‌المللی جوش/IIW)
- سطح سه آزمون‌های غیرمخرب (انجمن آزمون‌های غیرمخرب امریکا/ASNT)
- سطح سه آزمون‌های غیرمخرب (انجمن آزمون‌های غیرمخرب ایران/IRNDT)
- عضو هیأت مدیره انجمن صنفی مهندسين جوش تهران
- عضو و نایب‌رییس انجمن آزمون‌های غیرمخرب ایران
- عضو کمیته فنی متناظر جوشکاری ISO/TC44 سازمان ملی استاندارد ایران
- عضو بورد ملی آزمون‌های غیرمخرب صنعت هوایی ایران

◆ پیش‌گفتار

اگر بخواهیم راجع به اتصال دو فلز به یکدیگر تصمیم بگیریم، بدون شک یکی از گزینه‌های اصلی، جوشکاری خواهد بود. به طور کلی، به عنوان بهانه‌ای برای ورود به بحث جوشکاری و بازرسی جوش، می‌توان بحث را از دسته‌بندی اتصالات آغاز کرد. انواع اتصالات را می‌توان به سه دسته موقت، نیمه‌موقت و دائم دسته‌بندی کرد.

***اتصالات موقت:** اتصالاتی هستند، که در صورت جداسازی قطعات از هم، نه قطعات متصل شده آسیب می‌بینند و نه عامل اتصال دهنده آن‌ها به هم. از پیچ و مهره، به عنوان یک مثال از این نوع اتصالات می‌توان نام برد.

***اتصالات نیمه‌موقت:** اتصالاتی هستند که در صورت جداسازی، قطعات آسیبی نمی‌بینند؛ اما عامل اتصال از بین می‌رود. لحیم‌کاری و پرچ‌کاری، دو مثال از این نوع اتصالات هستند.

***اتصالات دائم:** اتصالاتی که در صورت جداسازی قطعات از هم، هم قطعات و هم عامل اتصال آسیب می‌بینند. جوشکاری، بهترین مثال برای چنین اتصالاتی است.

جوشکاری، یک پارچه کردن مواد در ناحیه مورد جوش است، به وسیله به‌کارگیری حرارت یا فشار یا هر دو، با و یا بدون کمک گرفتن از فلز پُرکننده؛ اما با اینکه در ابتدای بحث، از جوشکاری به عنوان یکی از روش‌های اتصال نام برده شد، باید اذعان کرد که این روش، صرفاً برای اتصال قطعات به کار نمی‌رود و چه بسا دلایل دیگری نیز برای استفاده از جوشکاری وجود داشته باشد. از جمله آن‌ها می‌توان به تصحیحات ابعادی و رفع عیوب ناشی از فرآیندهای دیگر تولید، رفع ایرادات رخ داده حین سرویس‌دهی تجهیزات و یا حتی بهبود خواص موضعی در قطعات و تجهیزات نام برد.

فرآیندهای مختلف و متنوع جوشکاری، از عمومی‌ترین تا پیشرفته‌ترین‌شان، همگی از یک منبع انرژی بیرونی برای انجام عملیات استفاده می‌کنند. برخی فرآیندها، از انرژی مکانیکی ناشی از فشار یا اصطکاک استفاده می‌نمایند؛ مثل فرآیندهای جوشکاری اصطکاکی، اولتراسونیک، آهن‌گری. به این نوع فرآیندها، فرآیندهای جوشکاری حالت جامد گفته می‌شود؛ زیرا در این فرآیندهای جوشکاری، ذوبی رخ نمی‌دهد. برخی از فرآیندها، از انرژی شیمیایی، برای ایجاد حرارت و ذوب، برای جوشکاری استفاده می‌کنند؛ مثل فرآیند جوشکاری اکسی‌استیلن که از شعله برای ایجاد حرارت استفاده می‌کند و یا فرآیند جوشکاری ترمیت که از واکنش شیمیایی گرم‌مازای بین آلومینیوم و اکسید آهن استفاده کرده و بدون آنکه شعله‌ای وجود داشته باشد، حرارت کافی را جهت جوشکاری ذوبی و اتصال قطعات تأمین می‌کند. تأمین حرارت برای ذوب، حتی می‌تواند در برخی فرآیندها با استفاده از لیزر یا اشعه الکترونی با شدت تمرکز بالا صورت گیرد. همچنین انرژی حرارتی برای ایجاد ذوب و جوشکاری، در برخی از فرآیندها توسط قوس الکتریکی و در برخی فرآیندها؛ در نتیجه، مقاومت در برابر عبور الکتریسیته قطعات تأمین می‌شود.

جوشکاری، به دلیل تعدد پارامترهای تأثیرگذار در کیفیت نهایی محصول، یک فرآیند ویژه است. پارامترهایی؛ مانند نوع فرآیند، نوع مواد مورد جوشکاری، سرویس مورد نیاز محصول نهایی و ... همگی، تأثیرات مهمی در کیفیت محصول نهایی دارند. پُر واضح است، که جوشکار یا اپراتور جوشکاری مهم‌ترین فرد تأثیرگذار در کیفیت جوش است. از این رو، جوشکاران باید راجع به پارامترهای مختلف مؤثر در جوش، اطلاعات دقیقی داشته باشند. همچنین، بسیار مهم است که بازرسی و کنترل کیفیت، در مورد جوشکاری اجرا شود. بازرسی جوش؛ نه تنها باعث افزایش کیفیت محصول نهایی می‌شود، بلکه از هزینه‌های هنگفت ناشی از تعمیرات بعدی نیز جلوگیری می‌کند. کنترل کیفیت چنین فرآیندی در سه مرحله صورت می‌پذیرد:

- قبل از شروع جوشکاری
- حین جوشکاری
- پس از پایان جوشکاری

بازرس جوش، ممکن است در جایگاه‌های متفاوتی، مشغول به فعالیت باشد. او ممکن است به عنوان یک متخصص آزمون‌های غیرمخرب فعالیت کرده و یا در جایگاه بازرس جوش کارفرما، شخص ثالث، شرکت بیمه و ... به انجام وظیفه بپردازد. در هر صورت، وظیفه تخصصی این شخص، یا نظارت است و یا انجام یک وظیفه مهارتی، تخصصی (مثل یک بازرس غیرمخرب). بازرس برای انجام درست وظایف خود باید دانش کافی داشته باشد و بتواند مدارک و مستندات را مطالعه کرده، درک کند و همچنین از آن‌ها به درستی استفاده کند. دانش لازم در حوزه مستنداتی؛ مانند دستورالعمل‌های جوشکاری، نقشه‌ها و الزامات تأیید صلاحیت جوشکار، نقش بسیار مهمی در کیفیت محصول نهایی تولیدشده به وسیله جوشکاری دارند. بازرس، همچنین باید برخورد حرفه‌ای را سرلوحه کار خود قرار دهد و در تصمیم‌گیری‌ها، صریح و قاطع و در عین حال منصف و منطقی باشد. مهارت‌های شغلی انجام عملیات بازرسی جوش و حتی آزمون‌های غیرمخرب نیز در انجام قوی‌تر بازرسی، به وی کمک شایانی خواهند کرد. عادات کاری ایمن و توانایی ارائه گزارشات دقیق و درست نیز، تکمیل‌کننده فعالیت صحیح یک بازرس جوش، به عنوان قلب سازمانی است که در آن جوشکاری انجام می‌شود.