

جوشکاری فلزات غیر آهنی

تألیف:

مهندس سیدرضا امیرآبادی زاده

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

و مدیر تولیدات شرکت صنعتی آما

سرشناسه	:امیرآبادی زاده، سید رضا
عنوان و نام پدیدآور	: جوشکاری فلزات غیر آهنی /تالیف سیدرضاامیرآبادی زاده
مشخصات نشر	: تهران، پناه گستر، ۱۳۹۳
مشخصات ظاهری	: ۱۵۹ صفحه معصور، جدول، نمودار
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۹۴۴۰۹-۷-۹
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه
موضوع	: فلزات غیر آهنی - جوشکاری
رده بندی کنگره	: TS ۱۳۹۳۲۲۷ ج ۹ الف /
رده بندی دیویی	: ۵۲/۶۷۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۶۹۰۸۰۱



Manouchehr.panah@yahoo.com

انتشارات پناه گستر: تهران صندوق پستی ۱۹۹۷۷۷۴۶۴۹

جوشکاری فلزات غیر آهنی

مولف :	مهندس سید رضا امیرآبادی زاده
ناشر:	انتشارات پناه گستر
تایپیست:	سعید فتحی
نوبت چاپ:	اول - زمستان ۹۳
شمارگان:	۱۰۰۰ جلد
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۹۴۴۰۹-۷-۹
قیمت:	۱۴۰۰۰ ریال

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

سخن ناشر

جامعه امروزی کشورمان، بیش از هر زمان دیگر نیازمند تحول و ابداعات در عرصه های علمی و فرهنگی است که همه در گرو جهت یابی چالشهای مستمر دانشمندان و محققین کشور است. بی شک دستآوردهای تحقیقات در زمینه های مختلف را باید بتوان در عرصه محافل علمی این مرز و بوم منتشر نمود.

انتشارات پناه گستر با این انگیزه قدم به حوزه نشر کتابهای مهندسی نموده است تا بتواند گامی موثر در ارتقاء دانش مهندسی و ترویج کتابهای علمی بردارد. با کمال تواضع از خوانندگان و صاحب نظران تقاضا نمودیم قدم به دیده منت گذاشته و در این راستا همیاری نمایند و در صورت تمایل، انتقادات و پیشنهادات خود را از طریق پست الکترونیکی manouchehr.panah@yahoo.com یا تهران صندوق پستی ۱۹۹۷۷۷۴۶۴۹ به ما منتقل نمایند. تلفن تماس: ۰۹۳۶۳۴۸۴۸۴

فهرست

مقدمه ۱۵

فصل اول: جوشکاری آلومینیم و آلیاژهای آن

- ۱-۱- خواص فیزیکی و مکانیکی آلومینیم ۱۹
- ۲-۱- سیستم نامگذاری آلیاژهای آلومینیم ۲۰
 - ۱-۲-۱- نامگذاری آلیاژهای آلومینیم کاریفر (نوردی) براساس استاندارد (AA=Aluminum Association) ۲۰
 - ۲-۲-۱- نامگذاری آلیاژهای آلومینیم ریختگی بر اساس استاندارد AA ۲۰
- ۳-۱- انواع آلیاژهای آلومینیم ۲۱
 - ۱-۳-۱- آلیاژهای آلومینیم عملیات حرارت ناپذیر و جوش پذیری آنها ۲۱
 - ۲-۳-۱- آلیاژهای آلومینیم عملیات حرارت پذیر و جوش پذیری آنها ۲۲
- ۴-۱- مشکلات جوشکاری آلومینیم و آلیاژهای آن ۲۳
- ۵-۱- تمیزکاری قبل از جوشکاری آلومینیم و آلیاژهای آن ۲۷
- ۶-۱- جوشکاری آلومینیم به روش قوس فلز تحت گاز محافظ (GMAW) ۲۸
 - ۱-۶-۱- گاز محافظ در جوشکاری میگ ۳۰

- ۱-۱-۶-۱- انواع گاز محافظ و نقش هر کدام در جوشکاری میگ..... ۳۲
- ۱-۲-۶-۱- سیم جوش جوشکاری قوس فلز گاز محافظ (GMAW)..... ۳۵
- ۱-۳-۶-۱- تفنگ و تغذیه کننده سیم جوش..... ۳۶
- ۱-۴-۶-۱- متغیرهای جوشکاری میگ آلومینیم..... ۳۷
- ۱-۴-۶-۱- جریان جوشکاری..... ۳۷
- ۱-۲-۴-۶-۱- قطبیت..... ۳۹
- ۱-۳-۴-۶-۱- ولتاژ قوس جوشکاری..... ۳۹
- ۱-۴-۴-۶-۱- طول قوس..... ۴۱
- ۱-۵-۴-۶-۱- سرعت جوشکاری..... ۴۲
- ۱-۶-۴-۶-۱- بیرون زدگی مفتول..... ۴۳
- ۱-۷-۴-۶-۱- قطر مفتول..... ۴۴
- ۱-۸-۴-۶-۱- زاویه و جهت حرکت مفتول..... ۴۴
- ۱-۵-۶-۱- مشخصه قوس در جوشکاری میگ..... ۴۶
- ۱-۶-۶-۱- کنترل طول قوس..... ۴۷
- ۱-۷-۶-۱- خصوصیات انتقال فلز..... ۴۸
- ۱-۱-۷-۶-۱- انتقال مدار کوتاه..... ۴۸
- ۱-۲-۷-۶-۱- انتقال قطره‌ای..... ۴۹
- ۱-۳-۷-۶-۱- انتقال اسپری..... ۵۱
- ۱-۴-۷-۶-۱- انتقال پالسی..... ۵۳
- ۱-۷-۱- جوشکاری قوس تنگستن با گاز محافظ (GTAW)..... ۵۴
- ۱-۱-۷-۱- مشخصات الکترودهای تنگستن..... ۵۴
- ۱-۱-۷-۱- اندازه‌های الکترود و ظرفیتهای جریان..... ۵۷
- ۱-۲-۷-۱- اندازه نوک الکترود..... ۵۹
- ۱-۲-۷-۱- گازهای محافظ جوشکاری قوس تنگستن (تیگ)..... ۶۰

- ۶۲ ۱-۲-۷-۱- سرعت جریان گاز محافظ.
- ۶۳ ۲-۲-۷-۱- خصوصیات آرگون و هلیوم.
- ۶۵ ۳-۷-۱- متغیرهای جوشکاری تیگ.
- ۶۵ ۱-۳-۷-۱- شروع قوس.
- ۶۶ ۲-۳-۷-۱- جریان جوشکاری.
- ۶۷ ۳-۳-۷-۱- قطبیت.
- ۶۸ ۴-۳-۷-۱- ولتاژ قوس.
- ۶۹ ۵-۳-۷-۱- سرعت جوشکاری.
- ۷۰ ۶-۳-۷-۱- قطع قوس.
- ۷۰ ۸-۱- انتخاب فلز پرکننده برای جوشکاری آلیاژهای آلومینیم.

فصل دوم: جوشکاری مس و آلیاژهای آن

- ۷۷ ۱-۲- خواص فیزیکی و مکانیکی مس.
- ۷۷ ۲-۲- خواص شیمیایی.
- ۷۸ ۳-۲- بررسی حلالیت گازها در مس و آلیاژهای آن.
- ۸۱ ۴-۲- خواص ریخته‌گری.
- ۸۱ ۶-۲- محدودیتهای جوشکاری مس.
- ۸۳ ۷-۲- جوشکاری مس خالص.
- ۸۷ ۸-۲- معرفی آلیاژهای صنعتی مس و قابلیت جوش‌پذیری آنها.
- ۸۷ ۱-۸-۲- جوشکاری آلیاژهای برنج.
- ۹۱ ۲-۸-۲- جوشکاری آلیاژهای فسفر-برنز.
- ۹۴ ۳-۸-۲- جوشکاری برنز آلومینیم.
- ۹۷ ۴-۸-۲- جوشکاری آلیاژهای ورشو.
- ۹۸ ۵-۸-۲- جوش کاری آلیاژهای برنز سیلیسیم‌دار.

۹۹ ۲-۸-۶- جوش پذیری و جوشکاری آلیاژهای مس-نیکل

فصل سوم: جوشکاری نیکل و آلیاژهای آن

- ۱۰۳ ۳-۱- خواص فیزیکی و شیمیایی نیکل
- ۱۰۳ ۳-۲- قابلیت جوشکاری نیکل خالص
- ۱۰۳ ۳-۳- اثر عناصر مضر بر جوشکاری نیکل و آلیاژهای آن
- ۱۰۶ ۳-۴- آلیاژهای نیکل
- ۱۰۶ ۳-۵- جوشکاری آلیاژهای نیکل
- ۱۰۷ ۳-۵-۱- جوشکاری آلیاژهای محلول جامد
- ۱۰۸ ۳-۵-۲- جوشکاری آلیاژهای پیرسختی
- ۱۱۰ ۳-۵-۳- جوشکاری آلیاژهای با فاز اکسید
- ۱۱۰ ۳-۶- مشکلات جوشکاری آلیاژهای نیکل
- ۱۱۰ ۳-۶-۱- ترک گرم
- ۱۱۱ ۳-۶-۲- ترک ناشی از پیرسختی
- ۱۱۲ ۳-۷- روش‌های جوشکاری نیکل
- ۱۱۲ ۳-۷-۱- روش جوشکاری قوس تنگستن (TIG)
- ۱۱۳ ۳-۷-۲- روش جوشکاری قوس فلزی با گاز محافظ (MIG)
- ۱۱۳ ۳-۷-۳- مفتولهای جوشکاری مورد استفاده در روشهای TIG و MIG
- ۱۱۴ ۳-۸- آماده‌سازی سطح
- ۱۱۴ ۳-۹- کاربرد مفتولهای پایه نیکلی در جوشکاری آلیاژهای غیرنیکلی
- ۱۱۴ ۳-۹-۱- جوش دادن فولاد آستنیتی به فولاد کربنی
- ۳-۹-۲- جوشکاری روکش سخت با استفاده از مفتولهای نیکلی بعنوان زیر لایه
- ۱۱۵ (لایه واسطه)
- ۱۱۵ ۳-۹-۳- کاربرد مفتولهای نیکلی در جوشکاری چدن‌ها

فصل چهارم: جوشکاری تیتانیوم و آلیاژهای آن

۱-۴	خواص فیزیکی و شیمیایی تیتانیوم.....	۱۱۹
۲-۴	آلیاژهای تیتانیوم.....	۱۲۰
۱-۲-۴	جوشکاری آلیاژهای آلفا (α).....	۱۲۰
۲-۲-۴	جوشکاری آلیاژهای بتا (β).....	۱۲۰
۳-۲-۴	جوشکاری آلیاژهای آلفا-بتا.....	۱۲۱
۳-۴	اصول جوشکاری تیتانیوم و آلیاژهای آن.....	۱۲۱

فصل پنجم: جوشکاری منیزیم و آلیاژهای آن

۱-۵	خواص فیزیکی و مکانیکی منیزیم.....	۱۲۹
۲-۵	آلیاژهای منیزیم.....	۱۲۹
۳-۵	جوش پذیری آلیاژهای منیزیم.....	۱۳۰
۴-۵	بررسی روشهای جوشکاری آلیاژهای منیزیم.....	۱۳۱
۱-۴-۵	جوشکاری MIG آلیاژهای منیزیم.....	۱۳۱
۲-۴-۵	جوشکاری TIG آلیاژهای منیزیم.....	۱۳۱
۵-۵	انتخاب مواد مصرفی مناسب برای جوشکاری آلیاژهای منیزیم.....	۱۳۲
۶-۵	انتخاب گاز محافظ.....	۱۳۲
۷-۵	آماده سازی طرح اتصال.....	۱۳۳
۸-۵	عملیات پیشگرم و پسگرم کردن.....	۱۳۳
۹-۵	مشکلات جوشکاری منیزیم و آلیاژهای آن.....	۱۳۴
۱-۹-۵	ترک خوردگی.....	۱۳۴
۲-۹-۵	ایجاد لایه اکسیدی.....	۱۳۴

فصل ششم : جوشکاری فلزات غیر آهنی به فلزات غیر مشابه

- ۱-۶- جوشکاری نیکل خالص به فولادهای ساده کربنی و فولادهای کم آلیاژ ۱۳۷
- ۲-۶- جوشکاری نیکل خالص به فولادهای زنگ نزن ۱۳۸
- ۳-۶- جوشکاری نیکل خالص به چدن ها ۱۳۸
- ۴-۶- جوشکاری آلیاژ مونل به فولاد ساده کربنی یا فولادهای کم آلیاژ ۱۳۸
- ۵-۶- جوشکاری آلیاژ مونل به فولادهای زنگ نزن ۱۳۹
- ۶-۶- جوشکاری آلیاژ مونل به انواع چدن ها ۱۴۰
- ۷-۶- جوشکاری مونل به نیکل خالص ۱۴۱
- ۸-۶- جوشکاری آلیاژهای اینکونل به انواع فولادها ۱۴۲
- ۹-۶- جوشکاری آلیاژهای اینکونل به انواع چدن ها ۱۴۲
- ۱۰-۶- جوشکاری آلیاژهای اینکونل به نیکل خالص یا آلیاژهای مونل ۱۴۳
- ۱۱-۶- جوشکاری آلیاژ هستلوی به فولادها ۱۴۳
- ۱۲-۶- جوشکاری آلیاژ هستلوی به چدن ها ۱۴۴
- ۱۳-۶- جوشکاری مس خالص به فولادها ۱۴۴
- ۱۴-۶- جوشکاری مس خالص به چدن ۱۴۵
- ۱۵-۶- جوشکاری مس خالص به نیکل و آلیاژهای نیکل ۱۴۵
- ۱۶-۶- جوشکاری برنز قلع به فولادها ۱۴۶
- ۱۷-۶- جوشکاری برنز به چدن ها ۱۴۷
- ۱۸-۶- جوشکاری برنز به نیکل و آلیاژهای نیکل ۱۴۷
- ۱۹-۶- جوشکاری برنز به مس خالص ۱۴۸
- ۲۰-۶- جوشکاری برنز به برنج ۱۴۹
- ۲۱-۶- جوشکاری برنز آلومینیم دار یا برنز سیلیسیم دار به فولاد ۱۴۹
- ۲۲-۶- جوشکاری آلیاژهای برنز آلومینیم دار یا برنز سیلیسیم دار به آلیاژ برنز
- قلع دار ۱۵۰

۲۳-۶- جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل (ورشو) به فولاد.....	۱۵۰
۲۴-۶- جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل (ورشو) به چدن ها.....	۱۵۱
۲۵-۶- جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل (ورشو) به اینکونل.....	۱۵۱
۲۶-۶- جوشکاری آلیاژهای مس- نیکل (ورشو) به آلیاژ هستلوی B یا C.....	۱۵۲
۲۷-۶- جوشکاری آلومینیم و آلیاژهای آن به فولادها، چدن ها و آلیاژهای نیکل.....	۱۵۳
۲۸-۶- جوشکاری آلومینیم و آلیاژهای آن به مس و آلیاژهای مس.....	۱۵۴
۲۹-۶- جوشکاری آلیاژهای غیرمتشابه آلومینیم به یکدیگر.....	۱۵۴
۳۰-۶- جوشکاری منیزیم و آلیاژهای آن به همدیگر یا به دیگر فلزات و آلیاژها.....	۱۵۵
مراجع.....	۱۴۵

مقدمه

فلزات غیر آهنی به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱- فلزات سبک مثل: آلومینیم، تیتانیوم، منیزیم، بریلیم و ۲- فلزات سنگین مثل: نیکل، مس، سرب، روی با توجه به اینکه در صنعت در بین فلزات غیر آهنی عمدتاً آلومینیم، تیتانیوم، منیزیم (از گروه فلزات سبک) و نیکل و مس (از گروه فلزات سنگین) بیشترین کاربرد را دارند لذا در این کتاب سعی شد تا در خصوص جوشکاری این پنج نوع فلز غیر آهنی مطالبی در حد نیاز مهندسين، دانشجویان و تکنسین‌های صنعت جوش به رشته تحریر در آورده شود.

در هر فصل سعی شده خواص فلز و آلیاژهای مربوطه معرفی شوند و سپس در خصوص جوش پذیری و مشکلات جوشکاری آنها بحث شود. ضمناً در مورد روشهای جوشکاری متداول و نیز مواد مصرفی جوش مربوط به هر آلیاژ توضیحات لازم ارائه گردد.

در این کتاب سعی شده تا از بیان مباحث پیچیده متالورژی جوش پرهیز شود و بیشتر جنبه‌های کاربردی و صنعتی داشته همراه با مبانی ساده و گویا ارائه شود.

امید است تا خوانندگان عزیز از جمله اساتید، مهندسين و متخصصین جوشکاری از نظرات خود در خصوص تکمیل و یا رفع نواقص مطالب مندرج شده در این کتاب، اینجانب را یاری نمایند.

سیدرضا امیرآبادی زاده

زمستان ۱۳۹۳