

تکنولوژی جوشکاری

جلد اول

فرایندها

امیر حسین کوکبی

استاد دانشکده مهندسی و علم مواد

دانشگاه صنعتی شریف

با همکاری

مجید محمودی غزنوی

دانشجوی دکتری



مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف



مؤسسه انتشارات علمی

دانشگاه صنعتی شریف

تکنولوژی جوشکاری (جلد اول: فرایندها)

تألیف امیر حسین کوکبی، با همکاری مجید محمودی غزنوی
مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، تهران

چاپ اول: ۱۳۸۴

شمارگان: ۲۰۰۰

بها: ۴۸۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: چاپخانه چهل چاپ

حق چاپ برای مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف محفوظ است.

ISBN 964-7982-43-7

شابک: ۷-۴۳-۷۹۸۲-۹۶۴ (جلد ۱)

ISBN 964-7982-44-5

شابک دوره‌ای (۳ جلدی)

کوکبی، امیرحسین، ۱۳۲۶،

تکنولوژی جوشکاری | امیر حسین کوکبی، با همکاری مجید محمودی غزنوی. - تهران: دانشگاه صنعتی شریف،
مؤسسه انتشارات علمی، ۱۳۸۴.

شانزده، ۴۷۶ ج.

ISBN 964-7982-43-7

ISBN 964-7982-44-5 (دوره)

۴۸۰۰۰ ریال

فهرست نویسی براساس اطلاعات فیبا.

مندرجات: ج. ۱. فرآیندها. -

۱. جوشکاری. الف. محمودی غزنوی، مجید، ۱۳۵۲ - ب. دانشگاه صنعتی شریف. مؤسسه انتشارات علمی.

ج. عنوان.

۷۱/۵۲

ت ۸/ک ۲۲۷/TS

۱۳۸۴

۸۴-۲۹۸۵۵

کتابخانه ملی ایران

دفتر مرکزی: ۶۶۰۱۳۱۲۹ - ۲ و ۶۶۱۶۴۰۷۰ دفتر فروش: ۶۶۴۰۵۱۳۲ - ۶۶۹۶۷۸۹۶

پیشگفتار

جوشکاری علاوه بر اینکه فن و هنر است جنبه‌های علمی گسترده‌ای در مرزهای علوم فیزیک، ریاضی، شیمی، و مهندسی به‌ویژه مواد دارد. از بُعد دیگر تکنولوژی جوشکاری نه تنها در کنار روشهای اتصال مواد فلزی و غیرفلزی در صنعت ساخت، مطرح؛ بلکه کاربردهای فراوان دیگر نظیر تعمیر عیوب قطعات ریختگی یا فرسوده و ایجاد مواضع یا خواص ویژه نیز دارد.

از طرف دیگر پروژه‌های عظیمی در نفت و گاز و پتروشیمی و سدسازی و غیره که جوشکاری به‌طور مستقیم در آنها نقش دارد در صنایع کشور اجرا شده و یا در دست اجرا است و اهمیت این شاخه از مهندسی کاملاً روشن و میل جوانان این مرز و بوم برای به‌دست آوردن اطلاعات و تجارب لازم بیشتر شده است.

نگارنده پس از نگارش کتابهای جوشکاری فولادها، راهنمای جوشکاری آلومینیوم و چدن و تکنولوژی جوشکاری در سالهای ۶۲-۶۴ و استقبال زیاد به‌ویژه از کتاب تکنولوژی جوشکاری و تجدید چاپ مکرر آن، در این بیست سال تدریس مطالب جوشکاری در دانشگاههای مختلف و همچنین به مهندسان صنایع و راهنمایی بیش از ۶۰ پایان‌نامه دکترا و فوق‌لیسانس و دهها پروژه تحقیقاتی در دانشگاه و صنعت متأسفانه نتوانستم کتاب تکنولوژی جوشکاری را تصحیح، تکمیل، و بازنویسی کنم.

بدیهی است یکی از وظایف مهم هر فرد آن است که دانسته‌ها و تجارب به روز خود را در معرض اطلاع و یادگیری همگان قرار دهد. انجام این وظیفه و بستر مناسب نیازها، نگارنده را در چند سال اخیر بر آن داشت تا سعی کند مطالب جامع و کاملتری در زمینه جوشکاری تدوین نماید. متأسفانه وظایف و گرفتاریهای مختلف و از طرف دیگر تمایل مؤلف به اینکه این حجم مطالب و انتظارات را حتی المقدور کامل به پایان رساند، این توفیق حاصل نشد. بالاخره به این نتیجه رسیدم که لازم نیست سه قسمت اصلی موضوع را در یک جلد ارائه کنم و از طرف دیگر بعضی دانشجویان علاقمند و با انگیزه هم بودند که می‌توانستیم از آنها کمک بگیریم.

خدا را سپاس گزارم بالاخره این سعادت حاصل شد تا قسمت اول تکنولوژی جوشکاری را که مربوط به فرایندها است در این جلد ارائه کنم. امید است بتوان قسمتهای دوم و سوم را که در موضوعات متالورژی و طراحی است هر کدام به صورت جلد جداگانه ای عرضه کنم.

در اینجا لازم است از کلیه سرورانی که در ترفیع اینجانب برای تکمیل کتاب تکنولوژی جوشکاری و همچنین دانشجویان عزیز ارشد و دکترای جوشکاری که در کنار این جانب بوده اند به ویژه آقای مهندس مجید محمودی غزنوی که پایان نامه کارشناسی، کارشناسی ارشد، و دکترای خود را با این جانب به پایان رسانده است و یا مراحل پایان خود را سپری می کند تشکر کنم. ایشان وظایف ویراستاری، تایپ، صفحه آرایی، و غیره را به خوبی انجام داده اند. با توجه به عجله ای که در چاپ کتاب بود، مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف پذیرفت کتاب را به همین صورت به سرعت به چاپ برساند، از مسئولان این مؤسسه نیز تشکر می کنم.

در پایان امید دارم این خدمت کوچک مورد قبول درگاه حق تعالی قرار گیرد و دوستان و همکاران را از نکته نظرها و راهنماییهای خود بی نصیب نگذارند.

امیر حسین کوکبی
استاد دانشکده مهندسی و علم مواد
دانشگاه صنعتی شریف
پاییز ۸۴

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه و بعضی تعاریف
۲	۱-۱- مقدمه (معرفی انواع اتصالات)
۵	۲-۱- کاربردهای تکنولوژی جوشکاری
۵	۱-۲-۱- اتصال
۶	۲-۲-۱- بازسازی عیوب قطعات ریختگی یا ماشین کاری شده
۸	۳-۲-۱- بازسازی قطعات فرسوده و مستهلک شده
۹	۴-۲-۱- بهبود خواص موضعی قطعات نو
۱۱	۵-۲-۱- کاربردهای هنری فرایندهای جوشکاری
۱۱	۳-۱- تعریف جوش و رده بندی فرایندهای جوشکاری
۱۴	۱-۳-۱- فرایندهای جوشکاری ذوبی
۱۵	۲-۳-۱- فرایندهای جوشکاری حالت جامد یا غیر ذوبی
۱۹	۳-۳-۱- انرژی مکانیکی
۲۰	۴-۳-۱- انرژی شیمیایی
۲۱	۵-۳-۱- انرژی تشعشعی
۲۱	۶-۳-۱- انرژی الکتریکی
۲۱	الف- فرایندهای جوشکاری مقاومتی
۲۲	ب- فرایندهای جوشکاری قوسی
۲۵	۴-۱- شدت تمرکز حرارت
۲۸	۵-۱- نرخ اتصال
۳۱	فصل دوم: فرایندهای جوشکاری قوس با محافظت سرباره
۳۲	۱-۲- مقدمه
۳۲	۲-۲- فیزیک قوس
۳۲	۱-۲-۲- تعریف قوس الکتریکی
۳۴	۲-۲-۲- دمای قوس الکتریکی

صفحه	عنوان
۳۶	۲-۲-۳- شروع یا روشن کردن قوس
۳۷	۲-۲-۴- نگهداشتن قوس الکتریکی
۴۰	۲-۲-۵- انواع قوس الکتریکی در جوشکاری
۴۱	۲-۲-۶- پایداری قوس
۴۲	۲-۲-۷- انحراف یا وزش قوس
۴۴	۲-۲-۸- نیروهای موجود در قوس
۴۷	۲-۲-۹- خصوصیت ولت-آمپر قوس
۵۰	۲-۲-۳- منبع یا مولد قدرت
۵۵	۲-۴- فرایند جوشکاری قوس - الکتروود دستی
۵۵	۲-۴-۱- مقدمه
۵۷	۲-۴-۲- تجهیزات
۵۷	الف: منبع یا مولد قدرت (دستگاه جوش) و مشخصات آن
۶۰	ب: وسایل و ابزار جنبی
۶۱	۲-۴-۳- مواد مصرفی
۶۳	۲-۴-۴- الکتروود
۶۳	الف- هسته الکتروود
۶۴	ب- پوشش الکتروود
۶۶	ج- مواد به کار برده شده در پوشش الکتروود
۶۹	د- انواع الکتروود
۷۳	ه- شناسایی الکتروود
۷۹	و- نحوه نگهداری، حمل و نقل الکتروود و جلوگیری از فاسد شدن الکتروود
۸۲	۲-۴-۵- انتخاب الکتروود
۸۲	الف- نوع الکتروود
۸۴	ب- اندازه الکتروود
۸۶	۲-۴-۶- نکات تکنیکی جوشکاری با قوس - الکتریکی

صفحه	عنوان
۸۶	الف: آماده سازی
۸۶	ب: توجه و رعایت نکات ایمنی
۸۷	ج: توجه به شرایط بهینه عملیات جوشکاری
۹۸	۲-۴-۷- مزایا و محدودیت‌های فرایند
۱۰۰	۲-۴-۸- ماشین‌های کردن جوشکاری قوس الکترود دستی
۱۰۲	۲-۵- فرایند جوشکاری قوس- الکترود روپوش دار پیوسته
۱۰۵	۲-۶- فرایند جوشکاری الکترود توپودری
۱۰۸	۲-۷- فرایند جوشکاری قوس مخفی یا زیر پودری
۱۱۰	۲-۷-۱- تجهیزات فرایند
۱۱۰	الف: منبع قدرت (P.S)
۱۱۱	ب: سیستم‌های کنترل و تنظیم
۱۱۱	ج- سیستم‌های تکمیلی
۱۱۲	۲-۷-۲- مواد مصرفی
۱۱۲	الف: سیم الکترود
۱۱۶	ب: پودر جوش
۱۲۱	۲-۷-۲- متغیرهای فرایند جوشکاری زیر پودری
۱۲۱	الف: شدت جریان الکتریکی (نوع، قطب و میزان)
۱۲۲	ب: اختلاف پتانسیل
۱۲۳	ج: سرعت پیشروی جوشکاری
۱۲۵	د: سیم جوش (نوع، شکل، اندازه، زاویه آن نسبت به کار و میزان راندن سیم)
۱۲۸	ه: پودر جوش (نوع و عمق بستر آن)
۱۲۹	و: بیرون آمدگی نوک سیم جوش یا طول مؤثر سیم جوش
۱۳۲	۲-۷-۴- نکات تکنیکی فرایند جوشکاری زیر پودری
۱۳۵	۲-۷-۵- سیستم‌های پشت بند یا پشت نگهدارنده

صفحه	عنوان
۱۳۷	الف: تسمه پستی
۱۳۷	ب: جوش پستی
۱۳۸	ج: پشت بند مسی
۱۳۹	د: پشت بند پودری
۱۳۹	ه: پشت بند سرامیکی
۱۳۹	و: پشت بند لبه ای
۱۴۰	۶-۷-۲- مزایا و محدودیت های فرایند جوشکاری زیر پودری
۱۴۳	۷-۷-۲- نکات متالورژیکی مهم فرایند
۱۴۴	۸-۲- فرایند جوشکاری سرباره الکتریکی
۱۴۸	۱-۸-۲- انواع فرایند جوشکاری با سرباره الکتریکی
۱۵۲	۲-۸-۲- نکات تکنیکی
۱۵۸	۳-۸-۲- مزایا و محدودیت های فرایند
۱۶۰	فصل سوم: فرایندهای جوشکاری قوس با گاز محافظ
۱۶۱	۱-۲- مقدمه
۱۶۱	۲-۲- فرایند جوشکاری گاز - الکتریکی
۱۶۳	۳-۲- فرایند جوشکاری قوس - الکترود تنگستنی با گاز محافظ خنثی
۱۶۳	۱-۳-۲- مقدمه
۱۶۵	۲-۳-۲- تجهیزات جوشکاری T.I.G
۱۷۲	۳-۳-۲- مواد مصرفی
۱۷۲	۴-۳-۲- متغیرهای فرایند
۱۷۳	الف: شدت جریان الکتریکی (نوع، قطب و میزان جریان الکتریکی)
۱۷۴	ب: اختلاف پتانسیل
۱۷۴	ج: سرعت پیشروی جوشکاری
۱۷۵	د: گاز محافظ (نوع، خلوص و فشار)

صفحه	عنوان
۱۷۶	ه: الکترو د تنگستن (نوع، قطر، زاویه تراش نوک آن)
۱۷۷	و: قطر دهانه نازل
۱۷۷	ز: فلز پرکننده یا مفتول (نوع، قطر و میزان غذا دادن)
۱۷۸	۳-۲-۵- نکات تکنیکی فرایند
۱۸۲	۳-۳-۶- مزایا و محدودیت های فرایند
۱۸۴	۳-۴-۱- فرایند جوشکاری قوس - الکترو د مصرفی با گاز محافظ
۱۸۵	۳-۴-۱- تجهیزات فرایند
۱۸۵	الف: منبع قدرت یا مولد نیرو
۱۸۶	ب: سیستم کنترل کننده
۱۸۷	ج: سیستم تأمین گاز محافظ
۱۸۸	د: سیستم خنک کننده
۱۸۸	ه: مشعل
۱۸۹	۳-۴-۲- نکات مهم در فرایند جوشکاری G.M.A.W.
۱۹۰	الف: انتقال قطرات از الکترو د به حوضچه جوش
۱۹۶	ب: جریان ضربانی
۱۹۸	ج: کنترل سینرجیک
۱۹۸	۳-۴-۳- متغیرهای فرایند
۱۹۸	الف: شدت جریان (نوع، قطب و میزان شدت جریان)
۱۹۸	ب: ولتاژ
۱۹۹	ج: سرعت جوشکاری
۱۹۹	د: سیم جوش (نوع، قطر و نرخ راندن سیم جوش)
۱۹۹	ه- گاز محافظ (نوع، خلوص و فشار گاز)
۲۰۵	۳-۴-۴- مواد مصرفی
۲۰۶	۳-۴-۵- نکات تکنیکی

صفحه	عنوان
۲۰۸	۳-۴-۶- مزایا و محدودیت های فرایند
۲۱۰	۳-۴-۷- جوشکاری نقطه ای GMAW
۲۱۰	۳-۵- فرایند جوشکاری زائده ای
۲۱۶	۳-۵-۱- مواد مصرفی
۲۱۷	۳-۵-۲- متغیرهای فرایند
۲۱۸	۳-۵-۳- نکات تکنیکی
۲۱۹	۳-۵-۴- مزایا و محدودیت های فرایند
۲۲۱	۳-۶- فرایند جوشکاری قوس پلاسما
۲۲۵	فصل چهارم : فرایندهای جوشکاری مقاومتی
۲۲۶	۴-۱- مقدمه
۲۳۳	۴-۲- فرایند جوشکاری مقاومتی نقطه ای
۲۳۴	۴-۲-۱- الکترود و اندازه دکمه جوش
۲۳۹	۴-۲-۲- شدت جریان الکتریکی و زمان
۲۴۱	۴-۲-۳- تشکیل دکمه جوش
۲۴۳	۴-۲-۴- دستگاه جوش مقاومتی نقطه ای
۲۴۳	۴-۲-۵- نکات مهم در تکنیک جوشکاری نقطه ای
۲۴۳	الف: تمیزی سطوح تماس
۲۴۴	ب: تنظیم کردن ماشین و محل جوش بر روی کار
۲۴۵	ج: ظاهر جوش
۲۴۶	۴-۲-۶- اصلاحات و بهسازی در روش جوشکاری مقاومتی نقطه ای
۲۴۶	الف : جوش مقاومتی با الکترودهای چند تایی
۲۴۶	ب : جوش دکمه ای یا دیسکی
۲۴۷	ج : جوش پل واره
۲۴۸	د : جوش له کردنی
۲۴۸	ه : فرایند جوشکاری کوک

صفحه	عنوان
۲۴۹	و: جوش پیش طرحی
۲۵۰	۴-۳- جوشکاری مقاومتی غلطکی یا نواری
۲۵۶	الف: جوشکاری لب به لب لوله ها
۲۵۶	ب: روش جوشکاری مقاومتی با فرکانس بالا
۲۵۷	ج: فرایند جوشکاری فرکانس بالای القایی
۲۵۷	۴-۴- فرایند جوش جرقه ای
۲۵۹	۴-۵- فرایند جوش مقاومتی سر به سر
۲۵۹	۴-۶- فرایند جوش تصادمی الکتریکی
۲۶۱	فصل پنجم: فرایندهای جوشکاری حرارتی - شیمیایی
۲۶۲	۵-۱- مقدمه
۲۶۲	۵-۲- فرایند جوشکاری با گاز (شعله)
۲۶۳	۵-۲-۱- تجهیزات
۲۶۴	الف- منبع انرژی یا انبار گاز
۲۶۶	ب- رگولاتور یا دستگاه تنظیم فشار
۲۶۷	ج- لوله لاستیکی یا شیلنگ گاز
۲۶۷	د- مشعل
۲۷۲	۵-۲-۲- احتراق استیلن
۲۷۳	الف: شعله استیلنی
۲۷۴	ب: شعله کربن زا
۲۷۴	ج: شعله احیا کننده
۲۷۴	د: شعله خنثی
۲۷۵	ه: شعله اکسید کننده یا اکسیدی
۲۷۵	و: شعله جدا شده
۲۷۵	۵-۲-۳- نصب و بکار انداختن دستگاه و روشن کردن مشعل
۲۷۷	۵-۲-۴- موقوف جوشکاری

صفحه	عنوان
۲۷۸	۵-۲-۵- فلاکس، روانساز یا تنه کار
۲۷۸	۵-۲-۶- آماده سازی کار برای جوشکاری با گاز
۲۸۱	۵-۲-۷- تکنیک جوشکاری با گاز
۲۸۶	۵-۲-۸- قابلیت ها و محدودیت ها
۲۸۷	۵-۳- فرایند جوشکاری ترمیت
۲۹۰	فصل ششم: فرایندهای جوشکاری با انرژی تشعشی
۲۹۱	۶-۱- مقدمه
۲۹۱	۶-۲- فرایند جوشکاری با پرتو الکترونی
۲۹۱	۶-۲-۱- مقدمه
۲۹۲	۶-۲-۲- اصول فرایند
۲۹۴	۶-۲-۳- متغیرهای فرایند
۲۹۴	الف: انرژی ورودی به قطعه کار
۲۹۵	ب: ولتاژ شتاب دهنده
۲۹۶	ج: چگالی توان
۲۹۶	د: جریان پرتو
۲۹۶	ه: فاصله بین کاتد و آند
۲۹۶	و: سرعت حرکت (سرعت جوشکاری)
۲۹۶	ز: فلز پرکننده
۲۹۷	۶-۲-۴- محیط جوشکاری
۲۹۷	الف: جوشکاری پرتو الکترونی در خلأ بالا (EBW-HV)
۲۹۸	ب: جوشکاری پرتو الکترونی در خلأ متوسط (EBW-MV)
۲۹۹	ج: جوشکاری پرتو الکترونی بدون استفاده از خلأ (EBW-NV)
۳۰۰	۶-۲-۵- تجهیزات فرایند
۳۰۰	الف: تجهیزات ولتاژ بالا

صفحه	عنوان
۲۰۲	ب: تجهیزات ولتاژ پایین
۲۰۴	ج: تجهیزات افزودن سیم جوش
۲۰۴	۶-۲-۶- نکات تکنیکی
۲۰۶	۶-۲-۷- مزایا و محدودیت های فرایند
۲۰۹	۶-۲-۸- کاربردهای فرایند
۲۱۰	۶-۳-۲- فرایند جوشکاری با پرتو لیزر
۲۱۰	۶-۳-۱- مقدمه
۲۱۱	۶-۳-۲- لیزر
۲۱۵	۶-۳-۳- اصول فرایند جوشکاری با اشعه لیزر
۲۱۷	۶-۳-۴- موارد کاربرد جوشکاری با لیزر
۲۱۸	۶-۳-۵- لیزرهای مناسب برای جوشکاری
۲۱۹	الف: لیزر حالت جامد
۲۲۱	ب: لیزرهای گازی
۲۲۵	ج: دیود لیزرها
۲۲۵	۶-۳-۶- متغیرهای فرایند جوشکاری با لیزر
۲۲۶	الف: توان پرتو لیزر
۲۲۶	ب: قطر پرتو لیزر
۲۲۸	ج: قابلیت جذب پرتو
۲۲۹	د: سرعت عبور پرتو
۲۳۰	ه: گاز محافظ
۲۳۰	۶-۳-۷- انتخاب لیزر مناسب جهت جوشکاری
۲۳۱	الف: عمق نفوذ
۲۳۱	ب: قدرت تولید
۲۳۱	ج: کیفیت جوش
۲۳۲	د: قابلیت توسعه سیستم

صفحه	عنوان
۳۳۲	ه: هزینه‌ها
۳۳۲	۶-۳-۸- استفاده از لیزرهای توان پایین در جوشکاری
۳۳۴	۶-۳-۹- خصوصیات جوش
۳۳۵	الف: جوشکاری فولادها
۳۳۵	ب: جوشکاری آلومینیم و آلیاژهای آن
۳۳۶	ج: جوشکاری تیتانیم و آلیاژهای آن
۳۳۶	۶-۳-۱۰- مسائل ایمنی استفاده از لیزر
۳۳۷	۶-۳-۱۱- مزایا و محدودیتهای فرایند جوشکاری با اشعه لیزر
۳۴۰	۶-۴-۱- جوشکاری با ریزموجها
۳۴۰	۶-۴-۱- مقدمه
۳۴۱	۶-۴-۲- جوشکاری
۳۴۲	۶-۴-۳- مزایا و محدودیتهای
۳۴۵	فصل هفتم: فرایندهای جوشکاری حالت جامد
۳۴۶	۷-۱- مقدمه
۳۴۷	۷-۲- علل استفاده از فرایندهای جوشکاری حالت جامد
۳۴۸	۷-۳- فرایندهای جوشکاری اصطکاکی
۳۴۸	۷-۳-۱- معرفی فرایند
۳۵۰	۷-۳-۲- متغیرهای فرایند
۳۵۲	۷-۳-۳- انواع فرایند
۳۵۳	الف: جوشکاری اصطکاکی مداوم
۳۵۳	ب: جوشکاری اصطکاکی لحظه ای
۳۵۵	ج: روش فلاپویل
۳۵۵	د: جوشکاری اصطکاکی خطی
۳۵۵	ه: جوشکاری اصطکاکی با میله مصرفی
۳۵۷	و: جوشکاری اصطکاکی شعاعی

صفحه	عنوان
۳۵۸	ز: جوشکاری اصطکاکی چرخشی
۳۵۹	ح: جوشکاری اصطکاکی hydro pillar
۳۶۰	ط: جوشکاری اصطکاکی تلاطمی رفت و برگشتی
۳۶۱	ی: جوشکاری اصطکاکی تلاطمی
۳۶۶	ک: جوشکاری اصطکاکی غوطه وری
۳۶۷	۷-۳-۴- مزایا و محدودیتهای فرایندهای جوشکاری اصطکاکی
۳۶۸	۷-۴-۴- فرایند جوشکاری نفوذی
۳۶۹	۷-۴-۱- عوامل مؤثر بر قابلیت جوش پذیری
۳۷۱	۷-۴-۲- شرایط جوشکاری
۳۷۴	۷-۴-۳- کاربردهای جوشکاری نفوذی
۳۷۴	الف: تیتانیوم و آلیاژهای تیتانیوم
۳۷۴	ب: آلیاژهای پایه آهن
۳۷۶	ج: آلیاژهای پایه نیکل
۳۷۶	د: کامپوزیت ها
۳۷۶	ه: فلزات دیرگداز
۳۷۷	و: اتصال فلزات غیر همجنس
۳۷۷	۷-۴-۴- فرایند اتصال با فاز مایع گذرا
۳۸۰	الف: متغیرهای فرایند اتصال با فاز مایع گذرا
۳۸۲	ب: لایه واسطه در فرایند اتصال با فاز مایع گذرا
۳۸۳	۷-۵-۵- فرایند جوشکاری فراصوتی
۳۸۳	۷-۵-۱- مقدمه
۳۸۶	۷-۵-۲- مکانیزم فرایند
۳۸۷	۷-۵-۳- انرژی مورد نیاز برای جوشکاری
۳۸۹	۷-۵-۴- تجهیزات جوشکاری

صفحه	عنوان
۳۸۹	الف: منبع قدرت
۳۸۹	ب: مبدل‌های فرکانس
۳۹۰	ج: مبدل
۳۹۰	د: سیستم‌های کوپل کننده
۳۹۲	ه: نوک‌های جوشکاری کننده
۳۹۳	و: سندان
۳۹۳	ز: سیستم‌های اعمال نیرو
۳۹۳	۷-۵-۵- متغیرهای فرایند فراصوتی
۳۹۳	الف: میزان توان مصرفی ب: نیروی گیرش
۳۹۴	ب: نیروی گیرش
۳۹۷	ج: سرعت یا زمان جوشکاری
۳۹۷	د: قطر سوزن جوشکاری
۳۹۸	ه: آماده سازی سطحی
۳۹۸	و: طراحی اتصال
۳۹۸	ز: کنترل تشدید قطعه کار
۳۹۸	۷-۵-۶- تداخل متغیرهای جوشکاری
۳۹۹	۷-۵-۷- انواع فرایند فراصوتی
۳۹۹	الف: جوشکاری نقطه ای
۴۰۱	ب: جوشکاری حلقوی
۴۰۲	ج: جوشکاری خطی
۴۰۲	د: جوشکاری درزی پیوسته
۴۰۴	۷-۵-۸- خواص جوش
۴۰۴	الف: مشخصه های سطحی
۴۰۴	ب: استحکام جوش
۴۰۴	ج: ریزساختار جوش

صفحه	عنوان
۴۰۴	۷-۵-۹- مزایا و محدودیت های فرایند جوشکاری فراصوتی
۴۰۵	۷-۶- جوشکاری فشاری سرد
۴۰۹	۷-۶-۱- جوشکاری فشاری سرد لبه روی هم
۴۱۱	۷-۶-۲- جوشکاری فشاری سرد سربه سر
۴۱۱	۷-۶-۳- جوشکاری فشاری سرد در حین فرایند کشش سیم یا لوله
۴۱۲	۷-۷- جوش پتکه ای یا آهنگری
۴۱۳	۷-۸- فرایند جوشکاری غلتکی
۴۱۵	۷-۹- فرایند جوشکاری کواکستروژن
۴۱۶	۷-۱۰- فرایند جوشکاری انفجاری
۴۱۷	۷-۱۰-۱- مکانیزم فرایند
۴۱۹	۷-۱۰-۲- ویژگیهای فرایند
۴۱۹	۷-۱۰-۳- کاربردهای فرایند
۴۲۲	فصل هشتم: جوشکاری زیر آب
۴۲۳	۸-۱- مقدمه
۴۲۳	۸-۲- اثرات آب بر روی فرایندهای جوشکاری
۴۲۶	۸-۳- تقسیم بندی روشهای جوشکاری زیر آب
۴۲۷	۸-۳-۱- روشهای جوشکاری زیر آب مرطوب
۴۲۷	الف: جوشکاری قوس - الکتروود دستی
۴۳۲	ب: فرایند جوشکاری MIG/MAG
۴۳۴	ج: روشهای جوشکاری اصطکاکی، انفجاری و قوس پلاسما
۴۳۵	۸-۳-۲- مزایا و معایب روش جوشکاری مرطوب
۴۳۵	۸-۴-۱- جوشکاری زیر آب در حالت خشک
۴۳۶	۸-۴-۱-۱- جوشکاری خشک تحت فشاری معادل فشار هیدرواستاتیک آب
۴۴۰	۸-۴-۲- جوشکاری خشک تحت فشار یک اتمسفر

صفحه	عنوان
۴۴۲	۸-۴-۳- مزایا و محدودیتهای جوشکاری خشک
۴۴۳	فصل نهم: اتوماسیون فرایندهای جوشکاری
۴۴۴	۹-۱- مقدمه
۴۴۴	۹-۲- کنترل
۴۴۵	۹-۳- پایش
۴۴۶	۹-۳-۱- پایش متغیرهای معمول در فرایندهای جوشکاری
۴۴۶	الف: دما
۴۴۷	ب: شدت جریان
۴۴۸	ج: ولتاژ
۴۴۹	د: سرعت و زمان
۴۴۹	۹-۳-۲- پایش فرایندهای جوشکاری مقاومتی (روش مقاومت سنجی دینامیک)
۴۵۰	۹-۳-۳- روش پایش انحرافات در فرایندهای جوشکاری قوسی
۴۵۱	۹-۴-۱- سیستمهای کنترل
۴۵۲	۹-۴-۱- سیستمهای دنبال کننده درز جوش
۴۵۲	الف: حسگرهای تماسی
۴۵۳	ب: حسگرهای قوسی
۴۵۴	ج: حسگرهای القایی
۴۵۴	۹-۴-۲- کنترل طول قوس
۴۵۴	الف: اندازه گیری ولتاژ قوس
۴۵۵	ب: اندازه گیری صدای قوس
۴۵۵	ج: حسگرهای فتوالکتریک
۴۵۵	د: مکان یاب لیزری
۴۵۶	ه: حسگرهای نوری و طیف نگارها
۴۵۶	۹-۴-۳- کنترل عمق نفوذ

صفحه	عنوان
۴۵۷	الف: حسگرهای پشته‌ای
۴۵۷	ب: حسگرهای جلویی
۴۵۹	۹-۵- اتوماسیون سیستم‌های جوشکاری
۴۵۹	۹-۵-۱- گستره اتوماسیون
۴۶۰	الف: اتوماسیون ساده
۴۶۳	ب: اتوماسیون اختصاصی و با اهداف خاص
۴۶۳	ج: سیستم‌های روباتیک
۴۷۰	د: اتوماسیون جزء به جزء
۴۷۱	ه: سیستم‌های کنترل از راه دور
۴۷۳	واژه یاب