

پرتونگاری صنعتی

مؤلفین:

حیدر آغا خان

مصطفیٰ اکرام

جواد حبیب

ویراستاران علمی:

ارژنگ حمداللهزاده

سمیه کاراندیش مروستی

حسین معین

۱۳۹۵

سازگاران، حمید	سرشناسه:
پرتونگاری صنعتی / حمید سازگاران، مصطفی مکارم، جواد عبادی.	عنوان و پدیدآور:
مشهد، انتشارات جهاددانشگاهی مشهد، ۱۳۹۵.	مشخصات نشر:
۱۹۷ ص.	مشخصات ظاهری:
۹-۳۹۹-۳۲۴-۹۶۴-۹۷۸	شابک:
پرتونگاری صنعتی.	موضوع:
اتصال‌های جوش خورده.	موضوع:
اشعه ایکس، پیش‌بینی‌های ایمنی.	موضوع:
مکارم، مصطفی، نویسنده همکار.	شناسه افزوده:
عبادی، جواد، نویسنده همکار.	شناسه افزوده:
۴۲، ۱۳۹۵ پ ۲۴/س ۲۵/۱۷/۴۱۷ TAF	رده‌بندی کنگره:
۶۲۰/۱۱۲۷۲	رده‌بندی دیویی:



انتشارات جهاددانشگاهی مشهد

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه، سازمان انتشارات جهاددانشگاهی
 ص. پ. ۱۳۷۶-۹۱۷۷۵ تلفن: ۳۸۸۳۳۳۶۷ دفتر: ۳۸۸۴۲۳۰۰
www.jdmpress.com info@jdmpress.com

پرتونگاری صنعتی

مؤلفین: حمید سازگاران، مصطفی مکارم، جواد عبادی

طراح جلد: علیرضا تاجی طوسی / چاپ و صحافی چاپخانه نیکو

چاپ اول پاییز ۱۳۹۵ / ۱۰۰۰ نسخه

شابک ۹-۳۹۹-۳۲۴-۹۶۴-۹۷۸

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است، به همراه نرم‌افزار آموزش مجازی آن، مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به مؤلف می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی‌برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از شرکت گاز خراسان رضوی ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

قیمت ۱۲۰.۰۰۰ ریال

به نام خداوند جان و خرد

توانا بود هر که دانا بود / ز دانش دل پیر بنا بود

در جهان علم محور امروز آنکه داناتر است توانا تر است و آنکه راه دانایی را بداند می تواند با اراده و پشتکار سعادت خویش را تضمین کند. رشد فزاینده علم و فناوری در دنیا، نقش دانش و پژوهش را روز به روز برجسته تر کرده و آموزش نقش مؤثری در افزایش بهره‌وری دارد. لذا داشتن سازمانی دانش محور یکی از کلیدی های موفقیت در دنیای امروز محسوب می گردد. در این راستا در راهبردهای شرکت گاز خراسان، رهروی ارتقای سطح دانش سازمانی از جایگاه ویژه برخوردار بوده و شرکت به کارگیری الگو مدیریت دانش را به عنوان ابزاری مؤثر جهت شناسایی، توسعه، تسهیم، نگهداری و استفاده از دانش ها و مهارت های سازمانی در برنامه های خود لحاظ نموده است.

بدون شک یکی از اولویت های راهبردی سازمان برای تأمین آسودگی به این هدف، ارتقای سطح پژوهش و آموزش است، چرا که پژوهش، مرزهای علم و اندیشه را توسعه داده و آموزش، دانش را در سازمان نهادینه می گرداند. از این رو شرکت گاز خراسان رهروی از طریق استخراج دانش های مرتبط با صنعت گاز، مجموعه ای از کتاب ها و نرم افزارهای آموزشی را تهیه و تولید نموده است. تا گامی مؤثر در جهت تجمیع و توزیع دانش در این حوزه برداشته شود. امید است به لطف ایزد منان همه ذینفعان در صنعت گاز، در ایجاد صنعتی دانش محور تلاش نمایند، تا انشا... پویایی، انگیزه، خلاقیت و ابتکار در این صنعت مهم کشور که محور توسعه ایران اسلامی است، همراه با بالاترین سطح کیفیت خدمت رسانی به مردم توسعه یابد.

سیدحمید فانی یزدی

مدیر عامل شرکت گاز خراسان رضوی

پیش در آمد

امور پژوهش و فناوری شرکت گاز خراسان رضوی، با هدف ثبت و انتقال تجربیات و دانش سازمانی و توسعه سطح آگاهی، نسبت به تعریف مجموعه‌ای از پروژه‌های پژوهشی به‌منظور تولید محتوای آموزشی در سرفصل‌های کاری صنعت گازرسانی اقدام نموده است. این مجموعه‌های آموزشی در قالب بسته‌های نرم‌افزاری، در سرفصل‌های مختلف حاوی مطالب پایه‌ای و تخصصی آماده و ارائه گردیده است. لیکن با هدف بهره‌گیری از کلیه ابزارهای اطلاع‌رسانی، محتوای نرم‌افزارها با استفاده از دانش و تجربیات محققین خارج سازمان و خبرگان درون سازمانی، به‌صورت بسوی و تکمیلی در قالب کتاب‌های آموزشی منتشر شده است. با هدف بهره‌گیری از کتاب، به‌صورت تکمیلی، در نگارش آن سعی شده تا ضمن ارائه اطلاعات مفید، در بیان مفاهیم تکنیکی از زبان ساده و قابل فهم استفاده گردد. امیدوارم نتیجه فعالیت همکارانم در این مجموعه، مورد استفاده کتاب‌خوان گرامی قرار گیرد. برخورد لازم می‌دانم از کلیه همکاران گرامی شرکت گاز استان خراسان رضوی و تمام کسانی که در این پژوهش، نقش داشته‌اند تقدیر و تشکر نمایم. در پایان شایسته ذکر است، که تلاش شده تا با بررسی دقیق محتوا توسط نویسندگان، ویراستاران علمی و ناظرین روش‌های شکالات این مجموعه حداقل گردد، لیکن این مجموعه نیز مانند هر مستند علمی دیگری، حائز از ایراد و اشکال نخواهد بود. در این راستا از خوانندگان گرامی، تقاضا دارد تا با نقد عالمانه و ارائه پیشنهادات سازنده، امور پژوهش و فناوری را در برپا نمودن این مجموعه یاری نمایند و مطالب خود را به آدرس الکترونیکی rd@nigc-khrz.ir ارسال نمایند.

سید ایمان پیش‌بین

رئیس امور پژوهش و فناوری

شرکت گاز استان خراسان رضوی

فهرست

پیش درآمد.....	۴
پیش گفتار.....	۹
۱. مقدمه‌ای بر آزمون‌های غیر مخرب.....	۱۱
۱-۱ اهمیت اجرای آزمون‌های غیر مخرب.....	۱۱
۲-۱ منابع ایجاد عیوب در مواد.....	۱۲
۳-۱ آزمون‌های غیرمخرب.....	۱۴
۱-۳-۱ بازرسی با آزمون چشمی.....	۱۶
۲-۳-۱ بازرسی با آزمون مایعات نافذ.....	۱۶
۳-۳-۱ بازرسی با ذرات مغناطیس.....	۱۸
۴-۳-۱ آزمون امواج مافوق صوت یا التراسونیک.....	۲۰
۵-۳-۱ آزمون جریان گردابی یا اِدی کارنت.....	۲۱
۶-۳-۱ آزمون پرتونگاری یا رادیوگرافی.....	۲۳
۲. پرتونگاری صنعتی.....	۲۷
۱-۲ تاریخچه پرتونگاری.....	۲۷
۲-۲ مبانی، تعاریف و تجهیزات.....	۲۹
۱-۲-۲ ماشین‌های مولد اشعه ایکس.....	۳۱
۲-۲-۲ تولید اشعه گاما.....	۴۱
۳-۲-۲ مشخصات اشعه‌ها.....	۴۵
۴-۲-۲ مقایسه پرتوهای ایکس و گاما.....	۵۲
۳-۲ اصول پرتونگاری صنعتی.....	۵۲
۱-۳-۲ تجهیزات پرتونگاری با اشعه ایکس.....	۵۸
۲-۳-۲ تجهیزات پرتونگاری با اشعه گاما.....	۶۰
۳-۳-۲ تجهیزات مشخص کننده میزان اشعه.....	۶۱
۴-۳-۲ متغیرهای فرآیند پرتونگاری.....	۶۳
۴-۲ روش‌های پرتونگاری.....	۷۱
۱-۴-۲ روش یک‌دیواره- یک‌تصویر.....	۷۱
۲-۴-۲ روش دودِیواره- یک‌تصویر.....	۷۳
۳-۴-۲ روش دودِیواره- دوتصویر.....	۷۳
۵-۲ آشنایی با ماشین کِرالر.....	۷۶

۷۷	۶-۲ روش‌های پیشرفته پرتونگاری
۷۸	۱-۶-۲ پرتونگاری کامپیوتری
۷۹	۲-۶-۲ پرتونگاری دیجیتال
۸۱	۳-۶-۲ توموگرافی کامپیوتری
۸۲	۴-۶-۲ فلورسکوپی
۸۳	۳. فرآیندهای ظهور و ثبوت
۸۳	۱-۳ مقدمه
۸۴	۲-۳ فیلم‌های پرتونگاری
۸۴	۱-۲-۳ ساختار فیلم‌های پرتونگاری
۸۷	۲-۳ دانه‌بندی فیلم
۸۹	۳-۱ صفحات تشدیدکننده
۹۲	۱-۳ فرآیندهای ظهور و ثبوت
۱۰۱	۴-۳ چگالی یا سیاه‌فام
۱۰۴	۵-۳ کیفیت تصویر پرتونگاری
۱۱۶	۶-۳ فرآیندهای چاپ و برابری
۱۱۹	۷-۳ عیوب مصنوعی
۱۲۱	۴. تفسیر فیلم‌های پرتونگاری
۱۲۱	۱-۴ مقدمه
۱۲۱	۲-۴ آشنایی با برخی از کاربردهای پرتونگاری
۱۲۳	۳-۴ مبانی تفسیر
۱۲۷	۴-۴ ارزیابی عیوب‌های مصنوعی
۱۲۸	۱-۴-۴ علائم فشار
۱۲۹	۲-۴-۴ علائم موج‌دار پس از پرتودهی
۱۲۹	۳-۴-۴ علائم موج‌دار قبل از پرتودهی
۱۲۹	۴-۴-۴ علائم استاتیکی
۱۳۰	۵-۴-۴ وضوح کم
۱۳۱	۶-۴-۴ لکه‌های ناشی از ثبوت
۱۳۱	۷-۴-۴ لکه‌های ناشی از ظهور
۱۳۲	۸-۴-۴ خطوط مو
۱۳۲	۹-۴-۴ علائم صفحات تشدیدکننده
۱۳۳	۱۰-۴-۴ علائم کاغذ
۱۳۳	۱۱-۴-۴ رگه‌های سیاه یا لکه‌های محو
۱۳۴	۱۲-۴-۴ خطوط شدن
۱۳۴	۱۳-۴-۴ علائم فشار در فرآیندهای خودکار
۱۳۵	۱۴-۴-۴ خطوط پای ناشی از فرآیند خودکار
۱۳۵	۱۵-۴-۴ لکه‌های سیاه رندوم ناشی از فرآیند ظهور و ثبوت خودکار
۱۳۶	۵-۴ ارزیابی ناپیوستگی‌ها
۱۳۷	۱-۵-۴ ارزیابی ناپیوستگی‌ها در قطعات جوشکاری
۱۶۲	۲-۵-۴ ارزیابی ناپیوستگی‌ها در قطعات ریخته‌گری

۱۶۵	۵. ایمنی و استانداردها.....
۱۶۵	۱-۵ مقدمه.....
۱۶۵	۲-۵ ایمنی.....
۱۶۶	۱-۲-۵ اصل آلارا.....
۱۶۷	۲-۲-۵ ابزارها و وسایل ایمنی.....
۱۶۸	۳-۲-۵ ایمنی در پرتونگاری توسط اشعه ایکس.....
۱۶۹	۴-۲-۵ ایمنی در پرتونگاری توسط اشعه گاما.....
۱۷۱	۵-۲-۵ کمیته بین‌المللی حفاظت در برابر اشعه (ICRP).....
۱۷۱	۳-۵ معرفی استانداردهای مرتبط با پرتونگاری.....
۱۷۳	۱-۳-۵ آشنایی با استانداردهای API.....
۱۸۵	۲-۳-۵ آشنایی با استاندارد ASME.....
۱۹۳	۳-۳-۵ آشنایی با استاندارد AWS.....
۱۹۴	۴-۳-۵ آشنایی با استاندارد ASTM.....
۱۹۵	مراجع و منابع مطالعاتی.....

پیش‌گفتار

ارزیابی رفتار فزیک و مکانیکی قطعات و همچنین نحوه عملکرد آن‌ها بدون شناسایی ناپیوستگی‌ها و معایب موجود در آن‌ها میسر نیست. ناپیوستگی‌ها و معایب می‌توانند درون مواد اولیه وجود داشته باشند و یا در اثر فرآیند تولید ایجاد شوند. علاوه بر این، در هنگام استفاده و یا در فرآیندهای تعمیر و نگهداری نیز امکان تشکیلات ایجاد و وجود دارد. با توسعه فناوری و همچنین گسترش فرآیندهای تولید، لزوم به انجام بازرسی‌ها و آزمایش‌های غیرمخرب به منظور شناسایی ناپیوستگی‌ها و معایب در قطعات مختلف حائز اهمیت هستند. آزمون‌های غیرمخرب شاخه‌های گوناگونی دارند که مهم‌ترین آن‌ها شامل بازرسی چشمی، بازرسی با مایعات نافذ، بازرسی با ذرات مغناطیس، آزمون امواج مافوق صوت، آزمون پرتونگاری و آزمون جریان گردابی می‌باشد.

با توجه به نیاز صنایع گوناگون به ویژه صنایع نفت و گاز، پتروشیمی، هوایمایی و هوا-فضا، نظامی و خودروسازی به اجرای پرتونگاری صنعتی، پرداختن به مقوله پرتونگاری اهمیت دارد. در این کتاب سعی شده است که به روش‌های اجرای پرتونگاری صنعتی، فرآیندهای ظهور و ثبوت، نحوه تفسیر فیلم‌های پرتونگاری و همچنین استانداردهای مرتبط با پرتونگاری و رعایت ایمنی پرداخته شود و هدف اصلی آن، ارائه اطلاعات کاربردی در خصوص آشنایی بیشتر با پرتونگاران، دست‌اندرکاران پرتونگاری صنعتی و بازرسان با مباحث تخصصی و همچنین استفاده در رشته‌های مهندسی مکانیک، عمران، متالورژی و بازرسی غیرمخرب می‌باشد.

در اینجا از کلیه کسانی که در ویرایش و مراحل متعدد چاپ کتاب مشارکت داشته‌اند، خصوصاً همکاران محترم در شرکت نهامین‌پردازان آسیا آقایان علیرضا ناجی طوسی و حسن سادات تقدیر و تشکر می‌گردد. همچنین از جناب آقای دکتر سیدایمان پیش‌بین رئیس محترم امور پژوهش و فناوری شرکت گاز استان خراسان رضوی صمیمانه تشکر می‌گردد. از صنعت‌گران عزیز، پرتونگاران گرامی، استادان ارجمند و دانشجویان بزرگوار درخواست می‌گردد که اشکالات موجود و یا پیشنهادات خود را جهت لحاظ در ویرایش‌ها و چاپ‌های آتی در اختیار نویسندگان قرار دهند.

گروه مؤلفین

پاییز ۱۳۹۵