

سرتوئکاری صنعتی

(فنون تصویرسازی)

www.kerob.ir

تألیف:

دکتر ابراهیم حشمت دهکردی

دانشیار سازمان انرژی اتمی ایران

سرشناسه	: حشمت دهکردی، ابراهیم، ۱۳۴۲-
عنوان و نام پدیدآور	: پرتونگاری صنعتی (فنون تصویر سازی)/ تألیف: ابراهیم حشمت دهکردی.
مشخصات نشر	: انتشارات ارکان دانش، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری	: ۳۵۶ص
شابک	: 978-600-5442-73-1
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا.
موضوع	: پرتونگاری صنعتی.
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۸۹ ۶ الف ۵ ح/ TA۴۱۷/۲۵
رده‌بندی دیوپی	: ۶۲۰/۱۱۲۷۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۲۳۷۷۶۷



انتشارات ارکان دانش ناشر برگزیده سال ۱۳۸۷ استان اصفهان

و ناشر برگزیده نمایندگان ملی کتاب تهران در سال ۱۳۸۹

انتشارات ارکان دانش

نام کتاب	: پرتونگاری صنعتی (فنون تصویر سازی)
مؤلف	: دکتر ابراهیم حشمت دهکردی
ناشر	: انتشارات ارکان دانش
چاپ اول	: زمستان ۱۳۸۹
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد
مدیر تولید	: نسرين مختاری
تایپ و صفحه‌آرایی	: انتشارات ارکان دانش
طراحی جلد	: کانون آگهی و تبلیغات نقشبینه
لیتوگرافی	: ثامن
چاپ متن	: پارسا
چاپ جلد	: صدف
صحافی	: سپاهان نوین
قطع و شمارش صفحات	: وزیری، ۳۵۶ صفحه
قیمت	: ۷۲۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-5442-73-1

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۴۴۲-۷۳-۱

اصفهان: خیابان شیخ بهایی، چهارراه سرتیپ، کوی شهید مهرداد انصاری (سرتیپ)، نرسیده به طالقانی، پلاک ۹۲.

تلفن: ۲۳۴۱۳۳۹، نمابر: ۲۳۴۱۳۳۹، مرکز فروش: ۲۳۵۶۸۵۸، صندوق پستی ۳۳۱-۸۱۶۵۵

۲۳۳۳۴۴۴

مقدمه مؤلف

توجه به علم و فن‌آوری حاصل از آن برای دستیابی به مرزهای پیشرفت و استقلال واقعی از عناصر اساسی فرهنگ جهان معاصر به شمار می‌آید. بی‌شک شناخت و درک صحیح از علوم و فنون جدید و کاربری آنها و همچنین ارتقاء سطح آموزش و مهارت‌های فنی یک جامعه صنعتی متناسب با نیازهای آن جامعه حاصل اصلی رشد و توسعه فرهنگی، اجتماعی، صنعتی و اقتصادی می‌باشد. بدیهی است که بدون توجه به این امر تحقق اهداف صنعتی به نحو مطلوب امکان‌پذیر نخواهد بود. بنابراین، بین پیشرفتهای علمی صنعتی و توسعه فراگیر و پویا رابطه‌ای مستقیم و ناگسستنی برقرار است.

نویسنده براساس تجربیات نظری و عملی تدریس دروس بررسی‌های غیرمخرب و متالورژی جوشکاری در دانشگاه‌های کشور در دو دهه گذشته و همچنین تدریس دوره‌های NDT به ویژه پرتونگاری در داخل کشور براساس کد TCIA - ASNT و ضرورت تهیه مجموعه‌ای که بتواند جوابگوی نیازهای دانشجویان دانشگاهها و کارشناسان آزمایش‌های غیرمخرب و دست‌اندرکاران صنایع باشد، این مجموعه را به گونه‌ای تألیف نموده است که بتواند ضمن ارتقاء دانسته‌های خوانندگان حداقل دستیابی آنها را به مدارک معتبر و پذیرفته شده ASNT یا ISO در سطح III تا Level I در زمینه آزمایش پرتونگاری صنعتی تسهیل نماید.

در این کتاب سعی شده است علاوه بر اصول پرتونگاری صنعتی روشهای پرتونگاری جدید نظیر دیجیتال، مماسی و فلاش و همچنین پرتونگاری خطوط لوله محتوی سیال فرایندی نظیر گاز و مایعات را توضیح داده و بتوان خوردگی لوله‌های عایق شده را بدون باز کردن عایق حرارتی مشخص کرد.

یادآوری این نکته لازم به نظر می‌رسد که کار حاضر ممکن است دارای کمبودها و کاستیهایی باشد، اما در عین حال از گامهای ضروری در این زمینه می‌باشد و مطالعه آن را به دانشجویان رشته‌های متالورژی، مکانیک، عمران، فیزیک و انجمن‌ها و نظام‌های مهندسی مربوطه، سازندگان مجتمع‌ها و مجموعه‌های صنعتی و تولیدکنندگان محصولات فلزی و غیرفلزی توصیه می‌نماید.

در پایان لازم می‌دانم از تشویق‌ها و ترغیب‌های آقایان مهندس ناصر راستخواه معاونت محترم نظام ایمنی هسته‌ای سازمان آقای مهندس عبدالوهاب ادب آوازه رئیس انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب و همچنین آقای مهندس محمدرضا خاتم‌سازان که در راستای توسعه فرهنگ بازرسی و آموزش‌های NDT در کشور تلاش‌های وافری به عمل آورده‌اند تشکر نمایم.

همچنین از زحمات جناب آقای مهندس محمدرضا اعرفی مدیر محترم بازرسی فنی شرکت متسا و جناب آقای مهندس رضا ایمانیان نجف آبادی دبیر محترم کمیته استاندارد سیستم‌های کیفیت که به ترتیب در بازبینی متون و تهیه مدارک و شکلها اینجانب را مساعدت وافر نمودند تشکر نمایم. همچنین از زحمات سرکار خانم پروانه کابلی از شرکت جنکو که در هماهنگی امور نهایت تلاش را به عمل آوردند، همچنین از کادر انتشارات ارکان دانش که تمامی تلاش خود را در جهت بهبود کیفیت و چاپ کتاب به عمل آورده‌اند، جناب آقای مهندس محمد ترابی‌ان مدیریت انتشارات و سرکار خانم‌ها نسرين مختاری مدیر داخلی انتشارات به خاطر بازبینی نهایی کتاب و ویرایش تصاویر متن و سمیه جعفریان به خاطر تایپ و صفحه آرایی کتاب و نفیسه اورک شیرانی که طراحی جلد را به ثمر رساندند و بهاره مختاری به خاطر اسکن تصاویر کتاب تشکر می‌گردد.

ضمن سپاس از خداوند سبحان که ما را در انتشار این مجموعه موفق گردانید، توفیق، خوانندگان عزیز این کتاب را از درگاه او آرزو می‌نمایم.

دکتر ابراهیم حشمت دهکردی

دانشیار سازمان انرژی اتمی ایران

و سطح III آزمایش‌های غیرمخرب ISO& ASNT

بهمن‌ماه ۱۳۸۹

پیشگفتار

تعداد اندکی از فرآیندهای ساخت به صورت استاندارد، اتوماتیک و تحت قوانین کنترل شده قرار دارند به طوریکه بتوان صحت محصول را در مقیاس تولید انبوه تضمین نمود. اگر بخواهیم سازه‌ها را به گونه‌ای بسازیم که بتوان به اهداف موردنظر در طراحی دسترسی پیدا کرد و اگر همین هدف استفاده اقتصادی از مواد باشد در این صورت قطعات ساخته شده باید به نحوی مورد آزمایش قرار گیرند، هر جایی که تولید به مهارت‌های انسانها وابسته باشد خطا اجتناب‌ناپذیر است و امکان تولید قطعات معیوب هم وجود دارد.

بکارگیری آزمایشهای مخرب در تولید قطعات کوچک بر روی یک یا چند نمونه محصول، کار چندان هزینه‌آوری نمی‌باشد، ولی در راستای تولید قطعات بزرگ انجام چنین آزمایشهایی بر روی قطعات واقعی از دیدگاه اقتصادی توجیه‌پذیر نیست، چنانکه اگر فرض بر این باشد که خطاهای انسانی که گاهی بوجود می‌آیند و با نمونه‌برداری نمی‌توان اقلام معیوب را از میان برداشت، از این رو به کارگیری بازرسی به صورت صددرصد بر روی خیلی از قطعات و سازه‌های حساس کاری پسندیده تلقی می‌گردد.

سنجش‌های غیرمخرب (NDT) یا بازرسی غیرمخرب (NDI) واژه‌هایی برای توضیح فن‌های گسترده از پیش تعیین شده به منظور تولید داده‌ها از وضعیت یک نمونه بدون آنکه هیچ اثر مخربی بر روی آن گذاشته شود می‌باشند، به عنوان مثال پس از اتمام سنجش، کارایی نمونه، کیفیت و شایستگی بکارگیری آن تغییری نمی‌کند. در عمل تنها روشهای غیرمخرب اندکی شایستگی یک فرآورده را مستقیماً از برای تناسب بکارگیری می‌سنجند یا اینکه مستقیماً خواص مکانیکی و یا فیزیکی آن را اندازه می‌گیرند. اکثر روشهای سنجش غیرمخرب فنون تشخیص عیب می‌باشند، بنابراین هنگامیکه کسی ترکی را در یک نقطه خاص از یک سازه جوشکاری شده پیدا می‌کند و طول و ارتفاع آن را تعیین می‌نماید، لازمست به دنبال آن فرد دیگری تصمیم‌گیری نماید که این ترک خاص می‌تواند برای کارآیی سازه مضر باشد یا نه، مثلاً سبب شکست زودرس آن شود؟ واژه ارزیابی غیرمخرب (NDE) Non Destructive Evaluation بیشتر اوقات برای این مرحله تفسیر از فرآیند بازرسی بکار می‌رود. اما به طور همسان می‌توان متقاعد شد که بررسی‌های غیرمخرب (NDT) در مرحله‌ای که عیوب را به طور کمی شرح می‌دهند به پایان می‌رسد و مرحله نهایی به عهده طراح می‌باشد. اگر قرار است قطعه‌ای تا حد استحکامش سرویس‌دهی نماید و نیازهای مورد انتظار را تأمین نماید آزمایش NDT تنها محدود به قطعه تمام شده یا مونتاژ شده نهایی نمی‌شود بلکه بایستی به طور پیوسته در مراحل طراحی، تولید، سرویس‌دهی و تعمیر و نگهداری منظور گردد.

مواد می‌بایست قبل از ساخت سازه‌ها آزمایش شوند، لذا طراحی باید به گونه‌ای باشد که در مراحل مختلف ساخت اجازه بازرسی مؤثر و برداشت داده‌ها را در هنگام سرویس‌دهی قطعه یا تجهیزات فراهم نماید، بخصوص که در سالهای اخیر واژه جدیدی تحت عنوان Condition Monitoring یا Risk Based Inspection, Machinery Health Monitoring، با استفاده از اعمال آزمایشهای

(NDT) رایج گردیده است.

پنج روش اساسی آزمایشهای غیرمخرب عبارتند از ذرات مغناطیسی، مایعات نافذ بخصوص برای ترکهای سطحی، پرتونگاری، فراصوتی و جریانهای گردابی. اگرچه دهها یا بیشتر روش دیگر با کاربردهای محدودتر در بازرسی توسط آزمایشهای غیرمخرب بکار گرفته می‌شود و روز به روز بر توسعه روشهای جدید افزون می‌گردد. ذرات مغناطیسی و مایعات نافذ اساس تشخیص عیوب سطحی می‌باشند که بیشتر از همه موارد مورد استفاده قرار می‌گیرند و در حقیقت روشهایی هستند که کارآیی بازرسی چشمی را در راستای تشخیص عیوب سطحی تقویت می‌کنند. از طرفی دیگر جریان گردابی بیشتر برای تشخیص عیوب داخلی در قطعات با جداره‌های نازک طبقه‌بندی مواد و بازرسی میله‌ها و لوله‌ها بکار گرفته می‌شود.

تنها آزمایشهای پرتونگاری و فراصوتی هستند که می‌توان به کمک آنها عیوب را در هر کجا از حجم قطعات سنگین و بزرگ تشخیص داد. هر کدام از این دو روش مزایا و معایب خاص خود را دارند و هر روش مهارت اپراتور خود را می‌طلبد تا اینکه بتوان از بیشترین مزیت آن روش استفاده نمود.

بررسیهای غیرمخرب موضوعی چند منظوره (Multidisciplinary) می‌باشد و تاکنون متخصصین معدودی در این زمینه آموزش دیده‌اند و ضرورت انتشار اطلاعات به ویژه داده‌هایی برپایه علمی از هر زمان دیگر بیشتر احساس می‌گردد. بخصوص که تعداد کارشناس کارآمد معدودی در هر زمینه خاص وجود دارد. پرتونگاری صنعتی بیش از یک قرن است که به طور مداوم و یکنواخت در حال توسعه می‌باشد و همچنانکه سازندگان تجهیزات، دامنه محصولات خود را گسترش داده‌اند، انواع گوناگون روشهای ممکن با حساسیت لازم جهت تشخیص عیوب قابل حصول در دسترس قرار گرفته‌اند.

این کتاب به منظور ارائه بنیان فیزیکی پرتونگاری صنعتی در جهت کمک به استفاده‌کنندگان در راستای درک تکنیک‌ها، انتخاب صحیح روشها و بدست آوردن بهترین نتایج در بازرسی تنظیم گردیده است. ناگفته نماند که در دهه اخیر پرتونگاری صنعتی نیز همچون سایر زمینه‌های علمی دیگر مستثنی از پیشرفت نبوده است.

تکنیک‌های جدید براساس دانستیهای نوین پایه‌گذاری شده‌اند که می‌توان به پرتونگاری بدون فیلم (Filmless Radiography) با استفاده از کامپیوتر به منظور رویت تصاویر و همچنین سیستم‌های تلویزیونی پرتوهای ایکس (Radioscopy) یا پرتونگاری همزمان (RTR) (Real Time Radiography) توموگرافی به کمک کامپیوتر (Computer Tomography (CT) اشاره کرد که شمایی از آنها در بخش چهارده آورده شده است و یا می‌بایست به انباشت داده‌های حاصل از پرتونگاری توسط کامپیوتر اشاره کرد، رایانه‌ای کوچک می‌تواند با رویش پرتونگاشت‌ها توسط یک نقطه نورانی و برنامه‌های گوناگون جهت استفاده از این داده‌ها بکار گرفته شود و بدین طریق می‌توان مسئله نگهداری فیلمها و آرشیو کردن آنها را در مراکز اسناد به طور مطلوبی ساده و کارآمد نمود.

نهایتاً کار تفسیر، که از آن همیشه برداشتهای مفسرهای مختلف از یک عیب متأثر از اختلاف نظرها و سلیقه‌های متفاوت می‌باشد را می‌توان توسط ارائه برنامه مناسب به کامپیوتر راحت‌تر و مطمئن‌تر نمود و تصاویر عیوب را توسط چاپگر بر روی کاغذ مستند ساخت.

فصل اول : تعاریف

۱-۱	تعریف آزمایش غیر مخرب	۱
-----	-----------------------------	---

فصل دوم: تاریخچه و اصول پرتونگاری

۲-۱	تاریخچه پرتونگاری	۷
۲-۲	اصول پرتونگاری	۸
۲-۳	عامل تباین	۱۰
۲-۴	عامل دقت	۱۱
۲-۵	عامل دانه‌بندی	۱۲

فصل سوم: خواص اصلی تابش یونیزه کننده

۳-۱	طیف الکترومغناطیس	۱۵
۳-۲	طبیعت امواج الکترومغناطیس	۱۷
۳-۳	خواص اصلی پرتوهای ایکس	۱۸
۳-۴	پرتوهای گاما	۱۹
۳-۵	طیف پرتو ایکس	۲۰
۳-۶	تغییرات کوانتوم	۲۴
۳-۷	کیفیت پرتوهای ایکس و گاما	۲۵
۳-۸	جذب تابش غیرهمگن	۲۶
۳-۹	واحدها	۲۷
۳-۱۰	تعاریف	۲۹

فصل چهارم: منابع تابش

۴-۱	مقدمه	۳۱
۴-۲	فرایند تولید پرتو X	۳۳
۴-۳	منابع پرتو X	۳۷
۴-۴	خنک کردن آند	۴۰
۴-۵	نقطه کانونی	۴۲
۴-۶	روش بدست آوردن اندازه نقطه کانونی	۴۶
۴-۷	مولدهای ولتاژ بالا	۴۹

۵۵	۴-۸ دستگاههای تولید پرتو X با انرژی بالا
۶۲	۴-۹ راندمان پرتو X
۶۳	۴-۱۰ چشمه‌های رادیواکتیو
۶۹	۴-۱۱ مزایای استفاده از پرتوهای گاما بجای پرتوهای X در پرتونگاری
۷۰	۴-۱۲ معایب بکارگیری پرتوهای گاما
۷۳	۴-۱۳ کپسولهای محتوی چشمه

فصل پنجم: پرتوهای گاما و ایزوتوپهای تولیدکننده آنها

۷۵	۵-۱ مقدمه
۷۵	۵-۲ رادیوایزوتوپ
۷۷	۵-۳ کیفیت تابش
۷۸	۵-۴ زوال ایزوتوپهای رادیواکتیو
۸۰	۵-۵ محاسبه فاصله ایمن (S.I.) از یک چشمه گاما بدون حفاظ بر حسب قانون عکس مربعها
۸۲	۵-۶ روشهای پرتونگاری با پرتو گاما
۸۳	۵-۷ محاسبات پرتوافکنی
۸۵	۵-۸ جذب
۹۲	۵-۹ محاسبه ضخامت نیمساز

فصل ششم: اساس روش پرتونگاری

۹۵	۶-۱ مقدمه
۹۵	۶-۲ تصویر تابش و تصویر فیلم
۹۵	۶-۳ پراکنش
۱۰۱	۶-۴ فیلترها
۱۰۳	۶-۵ صفحات فزونساز

فصل هفتم: فیلم پرتونگاری

۱۰۹	۷-۱ مقدمه
۱۰۹	۷-۲ ساختار یک فیلم پرتو X
۱۱۲	۷-۳ ظهور
۱۱۴	۷-۴ دانسیته (فتوگرافی)
۱۱۵	۷-۵ تباین
۱۱۶	۷-۶ پرتوافکنی
۱۱۶	۷-۷ منحنی مشخصه

۱۱۸	 ۷-۸ وضوح
۱۱۹	 ۷-۹ شیب
۱۲۲	 ۷-۱۰ سرعت فیلم
۱۲۴	 ۷-۱۱ عدم توزیع یکنواخت دانه‌های برمید نقره بر روی فیلم
۱۲۴	 ۷-۱۲ انواع فیلم

فصل هشتم: مقدمه

۱۳۳	 ۸-۱ مقدمه
۱۳۳	 ۸-۲ ناآشکاری هندسی
۱۳۸	 ۸-۳ ناآشکاری ذاتی یا ناآشکاری ناشی از فیلم
۱۴۱	 ۸-۴ ناآشکاری کل U_T
۱۴۱	 ۸-۵ انتخاب فاصله چشمه تا فیلم
۱۴۳	 ۸-۶ انرژی تابشی - انتخاب کیلوولتاژ
۱۴۴	 ۸-۷ پرتوهای گاما
۱۴۵	 ۸-۸ ملاحظات هندسی دیگر
۱۴۶	 ۸-۹ پیشگیری از پیچیدگی تصویر
۱۴۹	 ۸-۱۰ پیدا کردن عمق عیب

فصل نهم: نمودارهای پرتوافکنی

۱۵۳	 ۹-۱ مقدمه
۱۵۵	 ۹-۲ رسم نمودار پرتوافکنی برای پرتوهای X
۱۵۹	 ۹-۳ استفاده از نمودار پرتوافکنی
۱۶۲	 ۹-۴ فاکتورهای پرتوافکنی نسبی
۱۶۲	 ۹-۵ منحنی مشخصه با استفاده از نمودار پرتوافکنی
۱۶۶	 ۹-۶ فاکتورهای نسبی پرتوافکنی
۱۶۷	 ۹-۷ زمانهای پرتوافکنی مطلق

فصل دهم: کیفیت تصویر - حساسیت

۱۶۹	 ۱۰-۱ مقدمه
۱۷۱	 ۱۰-۲ مشخص کننده‌های کیفیت تصویر
۱۸۱	 ۱۰-۳ موقعیت I.Q.I
۱۸۲	 ۱۰-۴ اطلاعات مربوط به حساسیت I.Q.I
۱۸۴	 ۱۰-۵ نحوه قرارگیری I.Q.I

۱۸۴	 ۱۰-۶ گروه‌بندی فلز I.Q.I
۱۸۶	 ۱۰-۷ نمودار I.Q.I

فصل یازدهم: فیلم‌خوانی

۱۸۹	 ۱۱-۱ مقدمه
۱۹۰	 ۱۱-۲ شرایط فیلم‌خوانی
۱۹۱	 ۱۱-۳ مفسر فیلم

فصل دوازدهم: پرتونگاری قطعات با ضخامت‌های متفاوت

۲۰۳	 ۱۲-۱ مقدمه
-----	------------------

فصل سیزدهم: فرآوری فیلم‌های پرتونگاری صنعتی

۲۰۷	 ۱۳-۱ مقدمه
۲۰۷	 ۱۳-۲ تاریکخانه
۲۰۹	 ۱۳-۳ مخازن
۲۰۹	 ۱۳-۴ تهیه محلول‌ها
۲۱۱	 ۱۳-۵ ظهور
۲۱۳	 ۱۳-۶ حمام توقف
۲۱۳	 ۱۳-۷ ثبوت
۲۱۴	 ۱۳-۸ شستشوی نهایی
۲۱۵	 ۱۳-۹ خشک کردن فیلمها
۲۱۶	 ۱۳-۱۰ تمیز کردن مخازن
۲۱۶	 ۱۳-۱۱ لک‌زدگی انگشت‌ها
۲۱۷	 ۱۳-۱۲ اثر سختی آب
۲۱۷	 ۱۳-۱۳ بازیابی نقره
۲۱۸	 ۱۳-۱۴ فرآوری اتوماتیک
۲۲۰	 ۱۳-۱۵ حفظ خواص فیلمهای پرتونگاری
۲۲۲	 ۱۳-۱۶ کنترل فرایند ظهور و خواص فیلم‌ها برای آرشیو کردن
۲۲۶	 ۱۳-۱۷ مقررات نگهداری فیلم ANSI PH 1.28 1969
۲۲۸	 ۱۳-۱۸ خطاهای ناشی از پرتونگاری و بکارگیری فیلم

فصل چهاردهم: تکنیک‌های پرتونگاری ویژه

۲۳۷	 ۱۴-۱ پرتونگاری روی کاغذ
-----	-------------------------------

۲۳۹	۱۴-۲ سیستم‌های صفحه فلورمتالیک
۲۳۹	۱۴-۳ تکنیک‌های بزرگنمایی تصویری
۲۴۱	۱۴-۴ پرتونگاری با نوترون
۲۴۴	۱۴-۵ تکنیک پراکنش از پشت کامپتون
۲۴۶	۱۴-۶ فلورسکوپی، تقویت‌کننده‌های تصویر، سیستم فلورسکوپی تلویزیونی
۲۵۰	۱۴-۷ توموگرافی به کمک رایانه (CAT)
۲۵۲	۱۴-۸ دیجیتال رادیوگرافی
۲۵۵	۱۴-۹ رادیوگرافی رایانه‌ای
۲۶۱	۱۴-۱۰ رادیوگرافی مستقیم
۲۶۴	۱۴-۱۱ کیفیت تصویر رادیوگرافی دیجیتال DQE , MTF
۲۶۸	۱۴-۱۲ مقایسه روش‌های فیلم، CR و DR
۲۶۹	۱۴-۱۳ انتخاب روش‌های CR و DR
۲۷۰	۱۴-۱۴ کاربردهای روش CR و DR
۲۷۴	۱۴-۱۵ ایستگاه کاری و نرم‌افزار

فصل پانزدهم: کاربردها

۲۷۹	۱۵-۱ مقدمه
۲۸۳	۱۵-۲ پرتونگاری قطعات ریختگی
۲۸۷	۱۵-۳ پرتونگاری تجهیزات نصب شده
۲۸۸	۱۵-۴ اندازه‌گیری نقطه کانونی مؤثر
۲۸۹	۱۵-۵ رادیوگرافی جوشهای لوله‌های با قطر کوچک
۲۹۲	۱۵-۶ تعیین موقعیت و قطر آرماتور فولادی در بتون
۲۹۳	۱۵-۷ بازرسی در حین عبور جریان
۲۹۹	۱۵-۸ فلاش رادیوگرافی

فصل شانزدهم: حفاظت در برابر پرتوها

۳۰۳	۱۶-۱ مقدمه
۳۰۵	۱۶-۲ اثرات قرارگیری در مقابل تابش
۳۰۵	۱۶-۳ واحد اندازه‌گیری تابش
۳۰۶	۱۶-۴ ابزارهای اندازه‌گیری تابش
۳۱۱	۱۶-۵ حداکثر سطوح مجاز تابش
۳۱۲	۱۶-۶ اصول پایه حفاظت در برابر تابش

۳۱۷	 چشمه‌های پرتوزا ۱۶-۷
۳۱۸	 تجهیزات چشمه پرتوزا ۱۶-۸
۳۱۹	 منابع برای مطالعه بیشتر ۱۶-۹
۳۲۳	 فصل هفدهم: پرسش و پاسخ
۳۴۳	 مراجع

www.ketab.ir