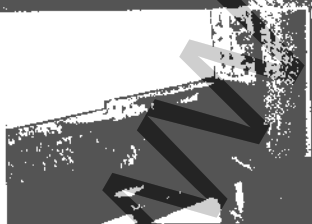


NIDT

آزمایش‌های غیر مخرب

مطالعه موردی از کاربرد آنها در سازه‌های فولادی



عباس رستمی

فریبرز ناطقی‌الهی



نوپردازان

ناطقی الهی، فریبرز، ۱۳۳۸ -

آزمایش‌های غیر مخرب (NDT) و مطالعه موردی از کاربرد آن‌ها در سازه‌های فولادی
/ تالیف فریبرز ناطقی الهی، عباس رستمی. — تهران:
نوپردازان، ۱۳۸۴.

ت، ۱۴۴ ص: مصور، جدول.

ISBN:964-8142-47-5

فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیبا.

کتابنامه: ص. ۱۴۴.

۱. آزمایش‌های غیرمخرب. ۲. سازه‌های فولادی. الف. رستمی، عباس.

ب. عنوان.

۶۲۰/۱۱۲۷

TA۴۱۷/۲/ ۲۴ ن

۲۷۶۷-۸۴م

کتابخانه ملی ایران



نام کتاب: آزمایش‌های غیرمخرب (NDT)

و مطالعه موردی از کاربرد آنها در سازه‌های فولادی

تالیف: فریبرز ناطقی الهی - عباس رستمی

ناشر: نوپردازان

قطع: وزیری

نوبت و تاریخ چاپ: اول - بهار ۱۳۸۴

تیراژ: ۱۵۰۰

صفحه: ۱۶۰

شابک: ۹۶۴۸۱۴۲۴۷۵

● مراکز پخش

کتابیران، میدان انقلاب، ابتدای خیابان کارگر شمالی، کوچه برهانی پلاک ۵۵.

تلفن: ۶۴۹۳۱۷۳ - ۶۳۱۸۵۷۹

نوپردازان، خیابان لیثافی‌نژاد، بین اردیبهشت و فروردین، پلاک ۲۰۶.

تلفن: ۶۳۹۳۴۰۹ - ۶۳۱۱۱۷۳

بشگفتار

آزمایش‌های غیرمخرب (Non-Destructive Testing) یا NDT مجموعه‌ای از روش‌های بازرسی فنی تخصصی بوده که اطلاعاتی درباره وضعیت مواد، قطعات و جوشها، بدون تخریب یا آسیب‌رسانی به آنها، بدست می‌دهد. NDT، قطعات و جوشها یعنی آنهایی که قرار است در کار از آنها استفاده شود را مورد بازرسی قرار داده، عیوب آنها را آشکار می‌سازد. این عیوب را می‌توان مطابق استانداردهای موجود مورد ارزیابی قرار داد و آنها را قبول یا مردود دانست. قطعات و جوشهای قبول شده، در ساخت مورد استفاده قرار می‌گیرند و آنهایی که مردود شده‌اند، در صورت امکان، تعمیر و پس از کسب قبولی بکار گرفته می‌شوند، در غیر این صورت، اجازه استفاده از آنها در ساخت داده نمی‌شود.

NDT، مجموعه‌ای از روش‌های اساسی در کنترل کیفیت بوده که جای خود را در برنامه کنترل کیفیت صنایع و اموری مانند: اتصالات سازه‌های فولادی، سازه‌های بتونی، صنایع هوا - فضا، خودروسازی، صنایع دفاعی، خطوط لوله، نیروگاهها، کاغذسازی، پالایشگاهها، کشتی‌سازی و نگهداری پیشگیرانه، بطور جدی باز کرده است.

چندین روش NDT هم اکنون در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد و تحقیق برای ابداع روش‌های نو، بطور مداوم، ادامه دارد. توسعه و ارتقاء کارایی روش‌های موجود NDT، در اصل ناشی از پیشرفت در زمینه الکترونیک، کامپیوتری شدن و اتوماسیون می‌باشد.

در این کتاب، سه روش از مجموعه روش‌های NDT شرح ذیل مورد بررسی قرار می‌گیرد:

(۱) آزمایش مایع نافذ (Liquid Penetrant Testing) یا LPT که در آن ابتدا یک مایع نافذ رنگی به سطح جوش یا مکان مورد بازرسی اعمال می‌شود که به علت خاصیت مؤبنگی بدرون عیوب نفوذ می‌کند. سپس مایع نافذ از سطح جوش پاک شده بعد از آن یک مایع ظاهرکننده سفید رنگ که می‌تواند مایع نافذ را از درون عیوب جذب کند، به سطح جوش اعمال می‌گردد. به این ترتیب مکان و اندازه عیوب بصورت خطوط و لکه‌های رنگی مشخص می‌شود. LPT را می‌توان فقط برای یافتن عیوب بر روی سطوح یا عیوبی که به سطح راه دارند بصورت کامل مورد استفاده قرار داد.

۲) آزمایش آلتراسونیک (Ultrasonic Testing) یا UT که در آن ابتدا امواج صوتی با فرکانس بالا به درون قطعه یا جوش ارسال می‌شود. سپس این امواج در برخورد با عیوب بازتاب می‌یابند. بعد از آن، امواج بازتاب شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته، بدین ترتیب مکان، اندازه و شکل عیوب مشخص می‌گردد. UT را می‌توان برای یافتن انواع عیوب روی سطح، زیر سطح و داخل اجسام، در کلیه مواد بکار گرفت.

۳) آزمایش رادیوگرافی (Radiography Testing) یا RT که در این آزمایش، تشعشعات یونیزه مانند اشعه ایکس و اشعه گاما به مکان مورد بازرسی تابیده می‌شود. مقداری از این اشعه در عبور از جسم توسط آن جذب می‌شود. مقدار اشعه جذب شده در نقاط مختلف جسم یا جوش به ضخامت و چگالی آن نقاط بستگی دارد. اشعه خروجی از جسم یا جوش به یک فیلم حساس به اشعه برخورد می‌کند. در جوش‌ها معمولاً عیوب، چگالی کمتری نسبت به فلز پایه دارند، بنابراین اشعه عبور کرده از آنها، نسبت به نقاط بدون عیب، کمتر جذب جسم می‌شود. این امر موجب شدت و ضعف اشعه خروجی از جسم در نقاط مختلف می‌گردد که این خود باعث سایه - روشن شدن فیلم پس از ظهور آن می‌شود. در رادیوگرافی از جوشها، تصویر عیوب معمولاً تیره‌تر از تصویر زمینه است. RT را می‌توان برای یافتن انواع عیوب روی سطح، زیر سطح و داخل اجسام، در کلیه مواد بکار برد.

فریبرز ناطقی الهی - عباس رستمی

پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

زمستان ۸۳

مقدمه

هر ساله حجم نسبتاً زیادی سازه های فولادی، حداکثر تا ۵ طبقه، در کشور طراحی و ساخته می شود. با وجود زلزله خیزی شدید کشور، جوشهای اینگونه سازه ها فقط تحت بازرسی عینی (VI) قرار می گیرند. و از وجود یا عدم وجود عیوب داخل جوشها و در نتیجه کیفیت آنها، هیچگونه اطلاعی در دست نمی باشد. بنابراین عملکرد مورد انتظار این گونه سازه ها، به هیچوجه قابل تضمین نیست.

به منظور اطلاع از کیفیت بخشی از جوشهای این گونه سازه ها، یک فقره اتصال صلب تیر به ستون طراحی گردید و مطابق آن سه نمونه آزمایشی ساخته شد. جوشکاری این نمونه های آزمایشی به روش و روال جوشکاری سازه های فولادی فوق الذکر، انجام شد. لازم به ذکر است که طراحی این اتصال بر مبنای یک قاب یک دهانه، یک طبقه، با بارگذاری ساختمانهای مسکونی، انجام گرفت.

جوشهای هر سه نمونه آزمایشی تحت آزمایش مایع نافذ (LPT)، آزمایش آلتراسونیک (UT) و آزمایش رادیوگرافی (RT)، که از آزمایش های غیرمخرب (NDT) می باشند، قرار گرفت.

در آزمایش مایع نافذ کلیه جوشهای هر سه نمونه آزمایشی "قابل قبول" ارزیابی شد. این امر بدان معنی است که عیوب روی سطح جوشها و آنهایی که به سطح راه دارند، در حد قابل قبول بوده اند.

در آزمایش آلتراسونیک کلیه جوشهای لب (Butt)، در هر سه نمونه آزمایشی، بعلت نفوذ ناکافی (Lack of Penetration)، "غیر قابل قبول" ارزیابی شد. تمام جوشهای گوشه در هر سه نمونه آزمایشی، بجز یک فقره از آنها، "قابل قبول" ارزیابی گردید.

آزمایش رادیوگرافی بعلت هندسه پیچیده اتصال صلب، فقط از جوشهای گوشه ورق های اتصال فوقانی و تحتانی مقدور گردید. کلیه این جوشها در هر سه نمونه آزمایشی، بعلت عیوب نفوذ ناکافی و (یا) ذوب ناکافی (Lack of Fusion) "غیر قابل قبول" ارزیابی شد.

آزمایش مایع نافذ، بعلت ماهیت خود قادر به ارائه هیچگونه اطلاعاتی از عیوب داخلی جوشها، نمی‌باشد. این آزمایش فقط اطلاعاتی از عیوب روی سطح جوشها و عیوبی که به سطح جوش راه دارند، در دسترس قرار می‌دهد. با توجه به این مطالب، از قبولی جوشها توسط آزمایش آزمایش مایع نافذ، نمی‌توان هیچگونه قضاوت منطقی‌ای در مورد مردودی یا قبولی قطعی جوشها، جوشها، از نقطه نظر عیوب داخلی، ارائه نمود.

در اتصالات صلب تیر به ستون، جوشهای لب و جوشهای گوشه ورق های اتصال فوقانی و تحتانی، برای تحمل خمش طراحی و ساخته می‌شوند. جوشهای لب توسط آزمایش آلتراسونیک "غیر قابل قبول" ارزیابی شد. و جوشهای گوشه ورق های اتصال فوقانی و تحتانی، توسط آزمایش رادیوگرافی "غیر قابل قبول" ارزیابی گردید. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این اتصالات قادر به تحمل خمش طراحی نمی‌باشند، به عبارت دیگر اتصالات صلب عملاً به اتصالات نیمه صلب یا حتی اتصالات ساده تبدیل می‌شوند. که این امر موجب کاهش حاشیه ایمنی سازه می‌گردد.

برای جلوگیری از وقوع عیوب "غیر قابل قبول" در جوشهای این گونه اتصالات، پیشنهاد می‌شود در جوشکاری سازه های مذکور، از جوشکاران صلاحیت دار (Qualified) و دارای گواهی نامه (Certified) استفاده گردد. و جوشهای این نوع اتصالات، به منظور تضمین کیفیت آنها، تحت آزمایش های غیر مخرب قرار گیرد.

فهرست مطالب

۱	فصل اول: جوش و جوشکاری
۱	۱-۱ مقدمه
۱	۲-۱ تعریف جوش
۴	۳-۱ انواع اتصالات در جوشکاری
۴	۴-۱ فرآیندهای جوشکاری
۴	۱-۴-۱ جوشکاری با گاز
۵	۲-۴-۱ جوشکاری فوسی با الکتروود روکش دار
۵	۳-۴-۱ جوشکاری فوسی با الکتروود تنگستن و گاز محافظ
۶	۴-۴-۱ خال جوش به روش TIG
۶	۵-۴-۱ جوشکاری فوسی با الکتروود فلزی و گاز محافظ
۷	۶-۴-۱ جوشکاری فوسی زیر پودری
۷	۷-۴-۱ جوشکاری مقاومتی
۷	۸-۴-۱ فرآیندهای جوشکاری ویژه
۹	فصل دوم: عیوب جوش و استانداردها
۹	۱-۲ مقدمه
۹	۲-۲ عیوب اتصالات جوشی
۱۰	۱-۲-۲ ترک ها
۱۲	۲-۲-۲ پارگی لایه ای
۱۲	۳-۲-۲ پوکی
۱۲	۴-۲-۲ اختلاط سرباره با جوش
۱۳	۵-۲-۲ نفوذ ناکافی
۱۳	۶-۲-۲ فوب ناکافی
۱۳	۷-۲-۲ گود افتادگی کنار جوش

۱۳	۸-۲-۲ تعقر جوش
۱۳	۹-۲-۲ جفت نشدن
۱۳	۱۰-۲-۲ سوختگی داخلی
۱۴	۱۱-۲-۲ همپوشی
۱۴	۱۲-۲-۲ اختلاط فلز جوش با ننگستن
۱۴	۱۳-۲-۲ تاب برداشتن
۱۴	۳-۲ عیوب وابسته به ریز ساختار جوش
۱۵	۴-۲ عیوب وابسته به تنش های پسماند
۱۵	۵-۲ استاندارد های قبولی جوش
۱۷	فصل سوم: آزمایش، سنجش و کنترل جوش ها
۱۷	۱-۳ مقدمه
۱۹	۲-۳ روش تناسب ساخت با هدف
۱۹	۳-۳ رده های کیفیت
۱۹	۴-۳ حد مجموع ارتفاع کلیه عیوب
۲۰	۵-۳ رده های کیفیت برای اتصالات فولادی
۲۰	۶-۳ محدودیت ها
۲۳	۷-۳ انتخاب روش های NDT با توجه به تناسب ساخت با هدف
۲۵	۸-۳ آزمایش اتصالات جوشی
۲۵	۱-۸-۳ آزمایش های مخرب
۲۶	۲-۸-۳ آزمایش های غیرمخرب (NDT)
۲۹	فصل چهارم: آزمایش مایع نافذ
۲۹	۱-۴ مقدمه
۳۱	۲-۴ انواع مایع نافذ
۳۱	۳-۴ انواع ظاهر کننده
۳۱	۴-۴ زمان نفوذ
۳۲	۵-۴ بازرسی

۳۲	۶-۴ سیستم نافذ فلوئورسان با معلق سازی بعدی
۳۲	۱-۶-۴ سیستم نافذ فلوئورسان با ماده حلال
۳۲	۲-۶-۴ سیستم نافذ فلوئورسان با شستشو توسط آب
۳۳	۳-۶-۴ مایعات نافذ برای دمای های بالا و پائین
۳۳	۴-۶-۴ آزمایش مایع نافذ فلوئورسان با حساسیت بالا
۳۴	۷-۴ روش های پیشرفته LPT
۳۴	۱-۷-۴ همپاژ فراصوتی برای افزایش نفوذ
۳۵	۲-۷-۴ LPT ارتقاء یافته، با امواج فراصوتی برای قطعات کوچک جوشکاری شده
۳۵	۳-۷-۴ آزمایش مایع نافذ مکثیه و زره دور، در لوله کشی راکتورهای هسته ای
۳۷	فصل پنجم: آزمایش آلتراسانیک (فراصوتی)
۳۷	۱-۵ مقدمه
۳۹	۲-۵ ویژگی های امواج آلتراسانیک
۳۹	۳-۵ انواع امواج آلتراسانیک
۴۰	۱-۳-۵ امواج طولی
۴۰	۲-۳-۵ امواج عرضی یا امواج برشی
۴۱	۳-۳-۵ امواج سطحی یا امواج رابلی
۴۲	۴-۵ تولید امواج آلتراسانیک و انواع مبدل ها
۴۴	۱-۴-۵ مواد ردیاب
۴۴	۵-۵ ساختمان ردیاب ها
۴۴	۱-۵-۵ ساختمان ردیاب با پرتو عمودی
۴۵	۲-۵-۵ ساختمان یک ردیاب با پرتو مایل
۴۶	۳-۵-۵ ساختمان یک ردیاب از نوع فرستنده - گیرنده
۴۷	۴-۵-۵ ردیاب دو جانبه، با پرتو مایل
۴۷	۵-۵-۵ ردیاب با پرتو متمرکز
۴۸	۶-۵-۵ ردیاب با کفه اصلاح کننده
۴۸	۶-۵ عیب یاب آلتراسانیک
۵۱	۱-۶-۵ مبنای کارکرد عیب یاب

۵۲	۵-۶-۲ روش های آزمایش
۵۳	۵-۷ آزمایش آلتراسانیک جوشها
۵۵	۵-۷-۱ مراحل متداول یک آزمایش برای ارزیابی یک اتصال جوشی
۵۸	۵-۷-۲ روش کاهش ۶ دسی بل
۵۹	۵-۷-۳ روش کاهش ۲۰ دسی بل
۶۰	۵-۸ مشکلات آزمایش آلتراسانیک جوشها در مواد خاص
۶۱	۵-۸-۱ ساختمان جوش
۶۱	۵-۸-۲ بازرسی آلتراسانیک جوشهای فولاد ضد زنگ آستنی تیک
۶۲	۵-۸-۳ راه حلها
۶۳	۵-۸-۴ مطالعه موردی نمونه
۶۵	۵-۸-۵ بهسازی روش های موجود
۶۶	۵-۸-۶ مفاهیم پرفازش سیگنال
۶۶	۵-۸-۷ کنترل ساختمان جوش
۶۷	۵-۹ تکنولوژی پیشرفته آزمایش آلتراسانیک
۶۷	۵-۹-۱ آشکار سازی عیوب با قابلیت اطمینان و حساسیت بالا
۶۸	۵-۹-۲ آنالیز سیگنال و شناسایی با الگو
۷۰	۵-۹-۳ نمایش به طریق بی - اسکن
۷۰	۵-۹-۴ نمایش به طریق سی - اسکن
۷۲	۵-۹-۵ روش انقباض عیب فرضی (SAFT)
۷۵	۵-۹-۶ روش زمان حرکت موج شکسته
۷۹	۵-۱۰ روش اتصال خشک
۸۰	۵-۱۱ مبدل های صوتی الکترومغناطیسی
۸۱	۵-۱۱-۱ ساختمان و طراحی EMAT ها
۸۲	۵-۱۱-۲ کاربرد EMAT ها
۸۳	فصل ششم: آزمایش رادیوگرافی (پرتونگاری)
۸۳	۶-۱ مقدمه
۸۴	۶-۲ اصل اساسی
۸۶	۶-۳ عوامل هندسی در رادیوگرافی

۸۶	۴-۶ رادیوگرافی با اشعه ایکس
۸۷	۱-۴-۶ لوله های اشعه ایکس صنعتی
۸۸	۲-۴-۶ دستگاه اشعه ایکس
۸۹	۳-۴-۶ انواع لوله های اشعه ایکس
۹۰	۴-۴-۶ نقطه کانونی
۹۱	۵-۴-۶ هدف
۹۱	۶-۴-۶ اندمیله ای (Rod Anode)
۹۱	۵-۶ اشعه گاما (GAMMA RAYS)
۹۲	۱-۵-۶ طرح دستگاه (Equipment Design)
۹۴	۲-۵-۶ مزیت ها و محدودیت های منابع اشعه گاما
۹۵	۶-۶ نفوذ سنج (Penetrameter)
۹۶	۷-۶ فیلم های اشعه ایکس در صنعت
۹۷	۸-۶ صفحات سری در رادیو گرافی
۹۸	۹-۶ دستگاه فیلم نما
۹۸	۱۰-۶ منحنی مشخصه (Characteristic Curve)
۹۹	۱۱-۶ ارزیابی عیوب توسط رادیوگرافی
۱۰۰	۱۲-۶ کاربردها
۱۰۰	۱-۱۲-۶ جوشهای لب
۱۰۱	۲-۱۲-۶ جوشهای گوشه
۱۰۳	۳-۱۲-۶ جوش های ذوبی در لوله ها و اجسام استوانه ای شکل
۱۰۷	فصل هفتم: مطالعه موردی از کاربرد آزمایش های غیرمخرب در سازه های فولادی
۱۰۷	۱-۷ مقدمه
۱۰۷	۲-۷ طراحی و ساخت نمونه های آزمایشی
۱۰۷	۱-۲-۷ طراحی نمونه های آزمایشی
۱۲۱	۲-۲-۷ ساخت نمونه های آزمایشی
۱۲۲	۳-۷ آزمایش نمونه ها و نتایج
۱۲۲	۱-۳-۷ آزمایش نمونه ها

۱۲۲	۱-۱-۳-۷ آزمایش مایع نافذ (LPT)
۱۲۳	۲-۱-۳-۷ آزمایش آلتراسونیک (UT)
۱۲۵	۳-۱-۳-۷ آزمایش رادیوگرافی (RT)
۱۲۹	۲-۳-۷ تحلیل نتایج
۱۲۹	۱-۲-۳-۷ تحلیل نتایج آزمایش مایع نافذ (LPT)
۱۲۹	۲-۲-۳-۷ تحلیل نتایج آزمایش آلتراسونیک (UT)
۱۳۰	۳-۲-۳-۷ تحلیل نتایج آزمایش رادیوگرافی (RT)
۱۳۰	۴-۷ نتیجه گیری
۱۳۳	پیوست
۱۳۴	گزارش نتایج آزمایش مایع نافذ (LPT)
۱۳۸	گزارش نتایج آزمایش آلتراسونیک (UT)
۱۴۲	گزارش نتایج آزمایش رادیوگرافی (RT)
۱۴۴	مراجع