

آزمون غیرمخرب ارزیابی چوب

تألیف

دکتر قنبر ابراهیمی

استاد دانشگاه تهران



شماره مسلسل ۹۱۱۰

شماره انتشار ۳۸۳۵

انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه	: ابراهیمی، قنبر، ۱۳۲۵-
عنوان و نام پدیدآور	: آزمون غیرمخرب ارزیابی چوب/ تألیف قنبر ابراهیمی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۳۳۴ ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
فروست	: انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۳۸۳۵.
شابک	: 978-964-03-7070-4
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه: ص ۳۱۶-۳۱۸.
موضوع	: چوب--آزمایش‌ها
موضوع	: آزمایش‌های غیرمخرب
موضوع	: آزمون ماورای صوتی
شناسه افزوده	: دانشگاه تهران. مؤسسه انتشارات
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۶ الف/۴۲۰/TA
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۰/۱۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۶۹۹۱۷۴

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.

ISBN:978-964-03-7070-4



9 789640 370704

عنوان: آزمون غیرمخرب ارزیابی چوب
 تألیف: دکتر قنبر ابراهیمی
 نوبت چاپ: اول
 تاریخ انتشار: ۱۳۹۶
 شمارگان: ۵۰۰ نسخه
 ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
 چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب یا مؤلف است»

بها: ۲۳۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرشی مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
 پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - تارنما: <http://press.ut.ac.ir>
 پخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
فهرست مطالب

پیشگفتار تهیه کننده	ز
آزمون غیرمخرب (NDT)	س
ارزیابی غیرمخرب NDE	س
روش‌های NDT / NDE	س
۱- آزمون نظری (VT)	ش
۲- آزمون نفوذکننده (PT)	ش
آزمون ذره مغناطیسی MT	ش
۳- آزمون الکترومغناطیسی (ET) یا آزمون جریان Eddy	ش
۴- رادیوگرافی (RT)	ش
۵- آزمون اولتراسونیک (UT)	ص
۶- گسیل صوتی (AE)	ص
آزمون نشتی (LT)	ص
بخش اول - اصول بنیادی	۱
فصل اول - آشنایی با آزمون اولتراسونیک	۳
۱-۱ اصول بنیادی آزمون اولتراسونیک (UT)	۳
۲-۱ تاریخچه	۴
۲-۱ - ۱ شروع ارزیابی غیرمخرب (NDE)	۵
۲-۲ - ۱ وضعیت حاضر اولتراسونیک	۶
۳-۲ - ۱ آینده بازرسی اولتراسونیک	۷
فصل دوم - فیزیک اولتراسوند	۹
۱-۲ انتشار موج	۹
۲-۲ مدهای انتشار موج صوت	۱۰
۳-۲ خواص موج صفحه‌ای (یک‌بعدی) آکوستیکی	۱۳
۱-۳-۲ طول موج، فرکانس و سرعت	۱۳
۲-۳-۲ طول موج و ردیابی عیب	۱۳
۴-۲ انتشار صوت در مواد الاستیک	۱۴
۱-۴-۲ قانون هوک	۱۵
۲-۴-۲ سرعت صوت	۱۶
۳-۴-۲ چه خواصی از ماده روی سرعت صوت در آن تأثیرگذارند	۱۶

ث □ آزمون غیر مخرب چوب

۱۸.....	۵-۲ میرایی یا تضعیف امواج صوتی
۱۹.....	۶-۲ مقاومت ظاهری آکوستیکی
۲۰.....	۷-۲ ضرایب انعکاس و انتقال (فشار)
۲۱.....	۸-۲ شکست و قانون SNELL
۲۲.....	۹-۲ تبدیل مد
۲۴.....	۱۲-۲ نسبت سیگنال به پارازیت
۲۶.....	۱۱-۲ تداخل یا عمل متقابل موج
۳۱.....	فصل سوم- آزمون گسیل صوتی
۳۱.....	۱-۳ مقدمه
۳۲.....	۲-۳ تاریخچه آزمون AE
۳۲.....	۳-۳ فرضیه- منابع AE
۳۴.....	۱-۳-۳ فعالیت منابع AE در بارگذاری سازه‌ای
۳۵.....	۲-۳-۳ پارازیت
۳۶.....	۳-۳-۳ شبه منابع
۳۶.....	۴-۳ فرضیه-امواج صوتی
۳۶.....	۱-۴-۳ انتشار موج
۳۸.....	۲-۴-۳ تضعیف
۳۹.....	۳-۴-۳ مد و سرعت موج
۳۹.....	۵-۳ تجهیزات
۴۱.....	۱-۵-۳ سیستم ضربتی AE و ویژگی‌های اندازه‌گیری سیگنال
۴۱.....	۲-۵-۳ ویژگی‌های سیگنال AE
۴۳.....	۶-۳ نمایش داده‌ها
۴۷.....	۷-۳ فناوری محل منبع AE
۴۷.....	۱-۷-۳ فناوری محل منبع چندکانالی
۴۷.....	۲-۷-۳ فناوری خطی محل
۴۸.....	۳-۷-۳ فناوری محل ناحیه‌ای
۵۰.....	۴-۷-۳ محل نقطه‌ای
۵۰.....	۸-۳ کاربردها
۵۰.....	۱-۸-۳ پایش جوش
۵۱.....	۲-۸-۳ ارزیابی نردبان هیدرولیکی
۵۱.....	۳-۸-۳ تانکر منقول تحت فشار
۵۱.....	۴-۸-۳ پل‌ها
۵۲.....	۵-۸-۳ سازه‌های هوافضایی

۵۲.....	۳-۸-۶ سایر موارد
۵۳.....	ضمائم.....
۵۴.....	ضمیمه A-امواج LAMB.....
۵۴.....	A-۱-۱ معادلات ویژه LAMB.....
۵۵.....	A-۱-۱-۱ پراکنش ذاتی سرعت در معادلات ویژه
۵۶.....	A-۱-۲ منحنی‌های پراکنش
۵۶.....	A-۲-۱ مدهای رده صفر
۵۷.....	A-۳-۱ مدهای رده بالاتر
۵۹.....	A-۴-۱ منابع نقطه‌ای و امواج با تقارن استوانه‌ای
۵۹.....	A-۵-۱ امواج هدایت شده LAMB.....
۶۰.....	A-۶-۱ امواج LAMB در آزمون اولتراسونیک
۶۰.....	A-۷-۱ امواج LAMB در آزمون آکوستو-اولتراسونیک. (ACOUSTO - ULTRASONIC)
.....	منابع نقطه‌ای و امواج با تقارن استوانه‌ای
۶۳.....	ضمیمه B-انتشار موج الاستیک
۶۳.....	B-۱ مقدمه
۶۳.....	B-۲ امواج یک‌بعدی (صفحه‌ای)
۶۸.....	B-۳ امواج توده‌ای
۷۱.....	B-۴ حرکت ذره، جبهه‌های موج، طول موج، فرکانس و سرعت موج
۷۵.....	B-۵ انعکاس و شکست در سطوح مشترک
۷۶.....	B-۵-۱ برخورد عمودی
۸۳.....	B-۵-۲ برخورد مایل
۸۷.....	B-۶ ویژگی پخش ضربه
۹۰.....	B-۷ میرایی و پراکندگی
۹۳.....	B-۸ اثر دما در سرعت موج در جامدات
۹۵.....	ضمیمه C.....
۹۵.....	مبدل بدون کانون
۹۶.....	جدول مبدل کانونی
۹۷.....	خواص آکوستیکی فلزات در حالت جامد
۹۹.....	خواص آکوستیکی فلزات در حالت مایع
۱۰۰.....	فلزات و مواد پودری
۱۰۰.....	خواص آکوستیکی سرامیک‌ها، کریستال‌ها، شیشه‌ها و مواد معدنی
۱۰۱.....	جدول‌های خواص اولتراسونیک پلیاستیک‌ها، رزین‌ها و فنولیک‌ها

جدول‌های خواص اولتراسونیک لاسٹیک	۱۰۱
جدول‌های خواص اولتراسونیک چوب	۱۰۲
خواص آکوستیکی مایع‌ها	۱۰۳
خواص اولتراسونیک بخارها	۱۰۵
خواص آکوستیکی گازها	۱۰۶
خواص آکوستیکی گازها در حالت مایع	۱۰۶
جدول‌های خواص ماده-UT	۱۰۷
خواص آکوستیکی بافت‌های بیولوژیکی	۱۰۷
منابع	
بخش دوم- آزمون غیر مخرب چوب - اندیشه‌های بنیادی	۱۱۱
فصل اول- ویژگی‌های چوب، فرضیه اساسی و خمش استاتیکی و روش‌های NDE	۱۱۳
۱-۱. ویژگی‌های مهم چوب	۱۱۶
۲-۱. فرضیه اساسی ارزیابی NDE خواص مصالح چوب پایه	۱۱۸
۳-۱. روش‌های خمش استاتیکی NDE	۱۱۸
۴-۱. روش‌های اساسی آزمون آزمایشگاهی و اطلاعات کلیدی	۱۱۸
۱-۴-۱. آرایش آزمون بارگذاری در وسط دهانه	۱۱۸
۲-۴-۱. آرایش دیگر خمش	۱۱۸
منابع	
فصل دوم- روش‌های ارتعاش عرضی و موج تنش طولی ارزیابی غیر مخرب	۱۲۵
۱-۲. فناوری‌های ارتعاش عرضی	۱۲۵
۲-۲. تحقیق و توسعه	۱۲۸
۳-۲. روش‌های اساسی آزمون آزمایشگاهی و اطلاعات کلیدی	۱۳۱
۱-۳-۲. آرایش تکیه‌گاه	۱۳۲
۲-۳-۲. سیستم تحریک	۱۳۲
۳-۳-۲. سیستم اندازه‌گیری	۱۳۳
۴-۳-۲. فناوری‌های موج تنشی	۱۳۳
۴-۲. روش‌های آزمون اساسی آزمایشگاهی و اطلاعات کلیدی	۱۳۹
۱-۴-۲. آرایش انعکاس حرکت تناوبی	۱۳۹
۲-۴-۲. آرایش آزمون Pitch and Catch	۱۴۴
منابع	
فصل سوم- گسیل صوتی و آکوستو- اولتراسونیک	۱۴۹
۱-۳. گسیل صوتی	۱۵۰

فهرست مطالب □ خ

۱۵۱.....	۲-۳. متغیرها
۱۵۲.....	۳-۳. تنظیم
۱۵۳.....	۴-۳. محل منبع
۱۵۳.....	۵-۳. اثر KAISER
۱۵۴.....	۶-۳. آکوستو- اولتراسونیک
۱۵۶.....	۷-۳. فراوری سیگنال
۱۵۷.....	۸-۳. اثر خواص ماده
۱۵۷.....	۳-۸-۱. میرایی (تضعیف)
۱۵۸.....	۳-۸-۲. سرعت موج
۱۶۰.....	۳-۸-۳. اثرات متغیرها و معایب چوب
۱۶۱.....	۳-۹. سیستم سنجش
۱۶۳.....	۳-۹-۱. واسط
۱۶۴.....	۳-۱۰. آینده گسیل صوتی و آکوستو- اولتراسونیک
منابع	
۱۶۹.....	فصل چهارم - آزمون بارگذاری گواه
۱۷۰.....	۴-۱. موارد مد نظر آزمون بارگذاری گواه
۱۷۰.....	۴-۱-۱. آزمون بارگذاری گواه کششی
۱۷۳.....	۴-۱-۲. آزمون بارگذاری خمشی
منابع	
۱۷۹.....	فصل پنجم - روش‌های ارزیابی غیرمخرب (NDE)
۱۷۹.....	سوندزنی - مته‌زنی - نمونه‌گیری
۱۸۵.....	بخش سوم - تعمیم کاربرد آزمون و ارزیابی غیرمخرب در صنعت فرآورده‌های چوب
۱۸۷.....	فصل ششم - درجه‌بندی نظری چوب‌آلات (برش شده) سوزنی برگ (دیمنژن)
۱۸۷.....	۶-۱. استاندارد امریکایی چوب‌های سوزنی برگ
۱۸۹.....	۶-۲. نقش‌های ALSC
۱۸۹.....	۶-۲-۱. آیین‌نامه‌های درجه‌بندی چوب برش شده
۱۹۰.....	۶-۲-۲. مهرهای درجه کیفیت
۱۹۱.....	۶-۲-۳. چوب‌های ساخت قاب (کلاف)
۱۹۷.....	۶-۳. درجات کیفیت چوب‌های ساخت قاب، اندازه‌ها و کاربردهای نهایی
۱۹۷.....	۶-۳-۱. چوب‌های DIMENSION (دیمنژن)
۱۹۷.....	۶-۳-۲. تدوین مقاومت مجاز
۱۹۷.....	۶-۳-۳. خواص مکانیکی

تنش خمشی، F_b	۱۹۸
F_b عضو تنها.....	۱۹۸
F_b عضو تکراری.....	۱۹۸
تنش کششی موازی الیاف، F_t	۱۹۸
برش موازی الیاف، F_v	۱۹۸
فشار عمود بر الیاف، F_{cl}	۱۹۹
فشار موازی الیاف، F_{el}	۱۹۹
مدول الاستیسیته، E	۲۰۰
۴-۶. ملاحظات طراحی	۲۰۰
۱-۴-۶. مقاومت‌های مجاز چوب‌های ساخت قاب	۲۰۰
۱-۴-۶. ضرایب تنظیم شرایط کاربرد	۲۰۰
۲-۴-۶. ضرایب تنظیم دیگر	۲۰۱
۵-۶. واژگان درجه‌بندی چوب‌های برش شده	۲۰۲
۱-۵-۶. طبقه‌بندی نواقص تولید	۲۱۶
فصل هفتم - درجه‌بندی مکانیکی چوب	۲۲۳
۱-۷. ارزیابی غیرمخرب برای درجه‌بندی چوب	۲۲۴
۱-۱-۷. تدوین مقاومت‌های مجاز	۲۲۵
۱-۱-۷. MOE ماشینی، سیستمی پیش‌بینی کننده	۲۲۶
۲-۱-۷. پیش‌بینی مدول گسیختگی	۲۲۶
۳-۱-۷. پیش‌بینی MOE لبه‌ای	۲۳۲
۴-۱-۷. تدوین تنش کششی مجاز موازی الیاف	۲۳۴
۵-۱-۷. تدوین تنش مجاز در فشار موازی الیاف	۲۳۶
۶-۱-۷. تدوین جرم ویژه، تنش مجاز برشی و فشار عمود بر الیاف	۲۳۶
جرم ویژه	۲۳۷
فشار عمود بر الیاف	۲۳۸
برش	۲۳۹
۲-۱-۷. دانسیته ماشین پایه یا سیستم پیش‌بینی کننده	۲۴۰
۱-۲-۷. پیش‌بینی مقاومت	۲۴۰
۲-۲-۷. پیش‌بینی مدول الاستیسیته	۲۴۱
۳-۲-۷. تدوین فشار موازی الیاف	۲۴۲
۴-۲-۷. تعیین جرم ویژه، تنش برشی مجاز و فشار عمود بر الیاف	۲۴۲
۵-۲-۷. توسعه ماشین‌های درجه‌بندی سفتی‌سنج	۲۴۳

فهرست مطالب □ ذ

۲۴۳	..... ۱-۲-۱-۷ . توسعه در ابتدا
۲۴۴	..... ۲-۵-۲-۱-۷ . توسعه‌های جدید
۲۴۵	..... ۳-۲-۱-۷ . توسعه ماشین‌های درجه‌بند بر مبنای دانسیته
۲۴۶	..... ۴-۵-۲-۱-۷ . کاربرد ماشین درجه‌بند سفتی‌سنج
۲۴۶	..... ۱-۴-۵-۲-۱-۷ . اندازه‌گیری ماشینی
۲۴۷	..... ۵-۵-۲-۱-۷ . تأثیر ویژگی‌های چوب
۲۴۷	..... اندازه
۲۴۸	..... رطوبت
۲۴۹	..... تغییر در MOE
۲۵۰	..... ۲-۷ . نمونه‌برداری
۲۵۲	..... ۳-۷ . کاربرد ماشین درجه‌بندی دانسیته‌سنج
۲۵۲	..... ۱-۳-۷ . ماشین و آزمون اندازه‌گیری
۲۵۳	..... ۲-۳-۷ . اثر ویژگی‌های چوب
۲۵۳	..... اندازه
۲۵۳	..... رطوبت
۲۵۴	..... نمونه‌برداری
۲۵۴	..... ۳-۳-۷ . چوب‌آلات درجه‌بندی‌شده با ماشین تجاری
۲۵۴	..... ۱-۳-۳-۷ . چوب‌آلات خرد
۲۵۶	..... ۲-۳-۳-۷ . چوب لایه
۲۵۷	..... ۴-۳-۷ . علائم درجه
۲۵۹	..... ۵-۳-۷ . پیش‌بینی پتانسیل تولید
۲۶۰	..... ۶-۳-۷ . کارخانه و کار کردن ماشین‌های درجه‌بندی
۲۶۰	..... ۱-۶-۳-۷ . بهینه‌سازی درجه‌بندی ماشینی
۲۶۰	..... اثرهای متقابل فرایند
۲۶۱	..... اثر انتخاب گرده‌بینه و برش نخستین
۲۶۱	..... فرایند چوب‌بری
۲۶۲	..... خشک و رنده کردن
۲۶۲	..... تقابل‌های درجه‌بندی
۲۶۳	..... بهینه‌سازی درجات کیفیت
۲۶۳	..... توسعه‌های آینده
	..... منابع

فصل هشتم- درجه‌بندی لایه با موج اولتراسونیکی	۲۶۷
۱-۸. محصول چندسازه لایه‌ای (LVL)	۲۶۹
۲-۸. توسعه فناوری	۲۶۹
منابع	
فصل نهم- بازرسی سازه‌های چوبی با ابزارهای ارزیابی غیرمخرب	۲۷۵
۱-۹. سنجش زمان انتقال موج تنش	۲۷۵
۲-۹. اصول آزمون غیرمخرب با موج تنش در برآورد وضعیت	۲۷۵
۱-۲-۹. اثر توجیه دایره رویش	۲۷۸
۲-۲-۹. اثر پوسیدگی	۲۷۹
۳-۲-۹. اثر رطوبت	۲۸۱
۴-۲-۹. اثر مواد حفاظتی	۲۸۲
۳-۹. تفسیر قرائت‌های سرعت موج تنش	۲۸۲
۱-۳-۹. اندازه‌گیری زمان انتقال موج تنش	۲۸۳
۱-۱-۳-۹. اندازه‌گیری کلی	۲۸۳
۲-۱-۳-۹. لوازم تجاری	۲۸۴
۳-۱-۳-۹. ویژگی‌ها	۲۸۵
۴-۱-۳-۹. چکش الکتریکی	۲۸۵
۲-۳-۹. ملاحظات میدانی و کاربرد روش‌های موج	۲۸۷
۱-۲-۳-۹. زمان انتقال موج تنش	۲۸۷
۲-۲-۳-۹. فرم مشاهدات میدانی	۲۸۸
۳-۲-۳-۹. اندازه‌گیری‌های میدانی	۲۸۸
۴-۲-۳-۹. تحلیل مشاهدات و فرم خلاصه‌شده	۲۸۸
منابع	
فصل دهم- ارزیابی غیرمخرب مقطوعات تر چوب	۲۹۱
۱-۱۰. فعالیت‌های پژوهشی و توسعه‌ای اخیر	۲۹۱
۲-۱۰. درختان	۲۹۱
۱-۲-۱۰. ارزیابی درختان سرپا	۲۹۱
۲-۲-۱۰. عملیات پرورش جنگل	۲۹۵
۳-۲-۱۰. بازرسی تخریب	۲۹۷
۴-۲-۱۰. گرده‌بین‌ها	۳۰۰
۳-۱۰. پیش‌بینی خواص چوب‌برش شده	۳۰۰

ز □ فهرست مطالب

۳۰۳..... پیش‌بینی کیفیت لایه (لوله‌بری) ۱-۳-۱۰
۳۰۵..... برآورد خاصیت چوب گرد ۲-۳-۱۰
۳۰۸..... چوب تر و لایه تر ۳-۳-۱۰
۳۱۱..... اثر رطوبت روی خواص موج تنش ۱-۳-۳-۱۰
..... منابع

پیش‌گفتار تهیه‌کننده

مطالعات در رفتار مکانیکی چوب مشکل تأمین قطعیت و دقت معقول در نتایج تجربی را دارد، چون چوب توسط طبیعت تحت شرایط غیر قابل کنترل از نظر جغرافیایی و تنوع آب و هوایی، تولید می‌شود و تغییرات ذاتی هم دارد. بنابراین چوب باید در هریک از خواص خود متغیرتر از ماده‌ای مانند فولاد باشد که تحت شرایط کنترل‌شده‌ای تولید می‌شود.

دامنه شرایط رویش چوب وسیع است و توصیف منابع تغییر هم ناممکن به نظر می‌رسد. در نتیجه برای تهیه آزمون‌های معرف برای پیش‌بینی ویژگی‌های جامعه با حداقل خطا، روش آماری استاندارد تدوین شده است تا بتوان از قواعد احتمالات استفاده کرد. افزون بر متغیر بودن خواص چوب، آزمون‌های ارزیابی خواص مهم مکانیکی چوب در روش‌های استاندارد معمول، تنوع دارند و این عامل تشدید تغییرات ذاتی است.

برای فائق آمدن بر مشکلات دستیابی به دقت‌های معقول در نتایج مطالعات تجربی رفتار مکانیکی چوب، قواعد درجه‌بندی کیفیت چوب تدوین شد و برای تعمیم مشاهدات حاصل از آزمایش آزمون‌های کوچک و سالم آزمایشگاهی به چوب‌آلات در اندازه‌های کاربردی با درجات متفاوت کیفیت فیزیکی، ضرایب اصلاحی تنظیم شدند. اما این اقدامات ارضای خاطر کامل اندیشمندان مربوط را در پی نداشت (به‌ویژه در مورد اعضای پیش‌ساخته مقیاس بزرگ) و تلاش‌های پژوهشی برای یافتن روندی به‌نسبت دقیق‌تر در پیش‌بینی رفتار مکانیکی چوب و فرآورده‌های آن، ادامه پیدا کرد. ره‌یافت مناسب در این جستجوها ارزیابی هر قطعه از چوب و محصولی چوب‌پایه برحسب مورد مصرف آن (به عبارتی ۱۰۰٪ جامعه آماری مربوط) دیده می‌شود. آزمون غیر مخرب در بررسی کیفیت مهم مکانیکی چوب این‌ره-یافت موعود را محقق کرد و به دورریز شدن مواد آزمون‌ناشی از انجام آزمون‌های مخرب و آسیب زدن اجزای پیش‌ساخته چوبی برای تدارک آزمون یا پذیرفتن تردید، خاتمه داد.

آزمون و ارزیابی غیر مخرب در شرایط فعلی در تمام مقیاس‌های صنعت چوب ممکن است قابل استقبال نباشد، اما در مقیاس‌های بزرگ صنعت با بکارگیری فنون اجرایی آن درجه‌بندی ماده اولیه صورت می‌گیرد و مصنوعات با خواص سنجیده و مطمئن‌تری تولید می‌شوند.

این مجموعه مطالب با هدف آشنایی با اصول بنیادی و بکارگیری فناوری‌های آزمون و ارزیابی غیر مخرب، برای پژوهشگران فارسی‌زبان در سه بخش اصول بنیادی رایج‌ترین فناوری آزمون و ارزیابی غیر مخرب (اولتراسونیک و گسیل صوتی)، اندیشه‌های بنیادی و تعمیم کاربردهای آزمون و ارزیابی غیر مخرب در صنعت فرآورده‌های چوب، تهیه شده است. مطالب از کتاب‌های مربوط، گزارش‌های پژوهشی (مقالات) و سایت‌های آموزشی معتبر دانشگاهی، گردآوری شدند. از لحاظ کردن ادوات مربوط به آزمون و ارزیابی غیر مخرب روز، صرف‌نظر شده است، چون نوآوری‌شان رشد قابل توجهی دارد.

پیشگفتار تهیه کننده □ ش

ترتیب سازمانی مطالب در کتاب با در نظر گرفتن پیشینه فراگیران ذیربط صورت گرفت تا این فراگیران با آشناسدن به اصول بنیادین آزمون غیر مخرب ارزیابی بیادگرفتن وبه کارستن این فناوری در مقیاس‌های آزمایشگاهی و میدانی بپردازند.

بنابر مقررات مؤسسه ناشر، به این اثر عنوان تألیف تعلق گرفته است.

آزمون غیر مخرب (NDT)

حوزه آزمون غیر مخرب وسیع است با اشتراک حوزه‌ای که نقش بحرانی در حصول اطمینان از عملکرد مطمئن اجزای سازه‌ای و سیستم‌ها با روشی قابل اعتماد و کم‌هزینه دارد. کارشناسان آزمون غیر مخرب، آزمون‌هایی را تعریف و اجرا می‌کنند که وضعیت و محل عیبی چون ترک‌های میکروسکوپی را پیدا و توصیف می‌کنند که ممکن است عامل سقوط هواپیما، شکست راکتورها، خارج شدن قطار از ریل، ترکیدن خطوط لوله و بسیاری از رویدادهای نامحسوس اما مشکل‌آفرین باشند. این آزمون‌ها به طریقی انجام می‌شوند که به عملکرد مفید اشیا یا ماده در آینده، آسیبی وارد نمی‌کنند، یعنی آزمون غیر مخرب کار بازرسی و اندازه‌گیری قطعات و مواد را بدون آسیب‌رسانی به آنها انجام می‌دهد. چون آزمون غیر مخرب کار بازرسی را بدون تأثیرگذاری در مصارف نهایی محصول انجام می‌دهد، توازن بسیار خوبی را بین کنترل کیفیت و هزینه فراهم می‌آورد. خلاصه می‌توان گفت «آزمون غیر مخرب کاربرد بازرسی صنعتی دارد». فناوری‌های آزمون غیر مخرب مشابهتی با فناوری‌های مورد استفاده در صنعت پزشکی دارند، ولی به‌طور معمول اشیا غیر زنده مورد بازرسی هستند.

ارزیابی غیر مخرب NDE

ارزیابی غیر مخرب عبارتی است که اغلب مترادف NDT به کار می‌رود. اما NDE برای توصیف اندازه‌گیری‌هایی استفاده می‌شود که طبعاً بیشتر کمی هستند. برای مثال، روش NDE فقط عیب را پیدا نمی‌کند، بلکه برای تعیین شکل، اندازه و توجیه آن کارایی دارد. NDE ممکن است برای تعیین خواص ماده، مثل مقاومت به شکست (گسیختگی)، فرم‌پذیری و سایر ویژگی‌های فیزیکی، استفاده شود.

روش‌های NDE / NDT

تعداد روش‌های NDT قابل استفاده در بازرسی اجزا و اندازه‌گیری‌ها، زیاد است و به اضافه شدن هم ادامه می‌دهد. پژوهشگران پیوسته در پی یافتن راه‌های توسعه دیسیپلین فیزیکی و علمی روش‌های NDT هستند، ولی شش روش NDT بیشترین کاربرد را دارند. این روش‌ها شامل بازرسی نظری، آزمون

ص □ آزمون غیر مخرب چوب

نفوذکننده، آزمون ذره مغناطیسی، آزمون الکترومغناطیسی (جریان Eddy)، رادیوگرافی و اولتراسونیک می‌باشند.

۱- آزمون نظری (VT)

آزمون نظری مستلزم بکارگیری چشم بازرسی‌کننده برای دیدن عیوب است. بازرسی‌کننده ممکن است از لوازم خاصی مثل ذره‌بین، آینه یا borescopes برای دسترسی و دیدن نزدیک‌تر ناحیه مورد بازرسی استفاده کند. معاینه‌کنندگان نظری روش‌هایی را به کار می‌برند که از صورت ساده تا خیلی پیچیده، متغیرند.

۲- آزمون نفوذکننده (PT)

اشیای مورد آزمون با محلول قابل رؤیت یا رنگ فلورسنت، اندود می‌شوند. سپس رنگ اضافی از سطح آزمون حذف و یک داروی ظهور اعمال می‌شود. داروی ظهور واکنش تثبیت‌کننده می‌کند- نفوذکننده از منافذ نقص به سطح بیرون کشیده می‌شود. با رنگ‌های قابل رؤیت، دیدن تضاد واضح پخش بین نفوذکننده و داروی ظهور آسان خواهد شد. با رنگ‌های فلورسنت، از نور فرابنفش برای روشن‌سازی شب‌نمایی استفاده می‌شود تا نواقص به سهولت دیده شود.

آزمون ذره مغناطیسی MT

این روش NDE با اعمال میدان مغناطیسی، ماده فرومغناطیسی شده و سپس زدن گرد (ذرات آهن خشک یا سوسپانسیون) به سطح، انجام می‌شود. نواقص سطح و نزدیک سطح، میدان مغناطیسی را بهم می‌زنند و ذرات آهن نزدیک نواقص جمع شده و نشان بصری ترک میکروسکوپی می‌شوند.

۳- آزمون الکترومغناطیسی (ET) یا آزمون جریان Eddy

جریان‌های الکتریکی در ماده‌ای هادی با اعمال میدان مغناطیسی متناوب ایجاد می‌شود. جریان‌های الکتریکی را جریان‌های Eddy می‌نامند، چون زیر سطح ماده به صورت دایره جریان (گردابی) درست می‌کنند. انقطاع در جریان گردابی، ناشی از وجود نواقص، تعویض یا تغییر ابعاد یا تغییر در هدایت ماده و خواص نفوذپذیری، می‌تواند توسط لوازم مناسب ردیابی شود.

۴- رادیوگرافی (RT)

رادیوگرافی مستلزم استفاده از نفوذ پرتو گاما یا X در ماده آزمونی برای نواقص است. از مواد پرتو X یا رادیوایزوتوپ به عنوان منبع پرتو استفاده می‌شود. پرتو از ماده آزمونی عبور داده شده و بر روی

پیشگفتار تهیه کننده □ ض

فیلمی هدایت می‌شود. گراف سایه، خصوصیات ابعادی قطعه را نشان می‌دهد. نواقص موجود با تغییر شدت روی فیلم، درست مثل پرتو X پزشکی از شکستگی استخوان، نشان داده می‌شود.

۵- آزمون اولتراسونیک (UT)

در اولتراسونیک از عبور امواج با فرکانس بالا از ماده برای ردیابی نواقص یا یافتن تعویض در خواص آن استفاده می‌شود. متداول‌ترین فناوری آزمون اولتراسونیک، ضربه-اکوستیک است که در آن صدا به ماده آزمون وارد شده و انعکاس‌های برگشتی (اکوها) از نواقص داخلی یا سطوح هندسی ماده، به دریافت‌کننده‌ای برده می‌شود.

۶- گسیل صوتی (AE)

هروقت ماده جامدی زیر تنش قرار گیرد، نواقص یا نارسایی‌های در آن، صداهای کوتاه انرژی صوتی گسیل می‌کنند، معروف به «گسیل‌ها». مانند آزمون اولتراسونیک، گسیل‌های صوتی توسط دریافت‌کننده‌های خاص قابل ردیابی هستند. منابع گسیل توسط بررسی تراکم‌شان، نرخ و محل استقرار، قابل ارزیابی هستند.

آزمون نشتی (LT)

از چند فناوری برای ردیابی و پیدا کردن نشتی‌ها در قسمت‌های بدون فشار، محفظه‌های (تانکرها) تحت فشار و سازه‌ها، استفاده می‌شود. نشتی را می‌توان با ادوات شنود الکترونیکی، فشارسنج (اندازه‌گیری)، فنون نفوذ مایع و گاز و حباب ساده صابون آزمود.