



آزمونهای غیرمخرب پیشرفته (Advanced Nondestructive Evaluation)

مدرس: دکتر فرهنگ هنرور
گروه ساخت و تولید
دانشکده مهندسی مکانیک
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی



معرفی آزمونهای غیرمخرب

- آزمون غیرمخرب (NDT, NDE, NDI) چیست؟
- کاربردهای آزمون غیرمخرب کدام است؟
- آزمونهای غیرمخرب چه تواناییهایی دارند؟
- چه کسانی صلاحیت انجام آزمون غیرمخرب را دارند؟
- چه روشهایی برای انجام آزمونهای غیرمخرب وجود دارد؟



آزمون غیرمخرب چیست؟



تعریف آزمون غیرمخرب

- Development and application of technical methods to examine materials or components in ways that do not impair their future usefulness and serviceability, in order to detect, locate, measure and evaluate flaws, to assess integrity, properties and composition, and to measure geometrical characteristics
(ISO/TS 18173 – 2005)

- "آزمون غیرمخرب عبارتست از توسعه و بکارگیری روشهای فنی برای آزمایش مواد و قطعات به منظور شناسایی، مکان‌یابی، اندازه‌گیری و ارزیابی نقصها، سنجش تمامیت، خواص، ترکیب، و نیز اندازه‌گیری ویژگی‌های هندسی به نحوی که مفید بودن و کارایی آن ماده یا قطعه را خدشه دار نسازد."

به عبارت دیگر: بازرسی قطعه بدون تخریب نمودن آن



پرواز Aloha 243

- Aloha Flight 243, Boeing 737 - April 28, 1988



پرواز Aloha 243

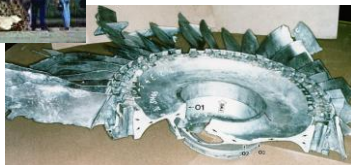


Crash of United Flight 232

Sioux City, Iowa, July 19, 1989



عدم تشخیص عیبی که در پره موتور هواپیما وجود داشت این حادثه را باعث گردید.



7 March 2014 Last updated at 18:24 ET



Boeing checks 787 Dreamliners for wing cracks



Boeing said the problem did not exist in the in-service fleet

Boeing is checking Dreamliner planes being produced in the US for potential "hairline cracks" in their wings.

Aerospace and Defence

شکست پایه های مخزن در اثر خوردگی



حادثه قطار در آلمان - 1998



The **Eschede train disaster** was the world's worst high-speed train disaster. It happened on 3 June 1998, near the village of **Eschede** in the district of **Celle** in Lower Saxony, Germany. The toll of 101 dead and 88 injured surpassed the 1971 **Dahlerau** train disaster as the deadliest accident in the history of the Federal Republic of Germany.

ریزش پل در آمریکا



Minneapolis - August 2007

• فرو ریختن پل بزرگراه W35 در مینیاپولیس آمریکا - آگوست 2007



آزمونهای غیرمخرب

- آزمون غیرمخرب (NDT) Nondestructive Testing
- ارزیابی غیرمخرب (NDE) Nondestructive Evaluation
- بازرسی غیرمخرب (NDI) Nondestructive Inspection
- ویژگی یابی غیرمخرب (NDC) Nondestructive Characterization
- آزمایش غیرمخرب (NDEx) Nondestructive Examination

■ آزمون غیرمخرب در زندگی روزمره:

بازرسی چشمی، ضربه به میوه ها، ظروف سفالی و ...

کاربردهای آزمون غیرمخرب کدام است؟

NDE in Medicine and Art



Nesperennub

کاربردهای آزمون غیرمخرب

- آزمونهای غیرمخرب تقریباً در تمامی مراحل تولید و ساخت قطعات و دستگاهها مورد استفاده قرار میگیرند، از جمله:
 - بازرسی مواد خام
 - بازرسی در حین ساخت (اطمینان از انجام صحیح فرآیند ساخت، اطمینان از مونتاژ صحیح و ...)
 - بازرسی در حین کار (سرویس)
 - تحقیقات

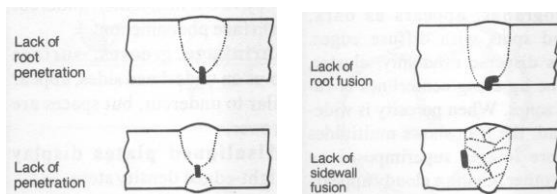
ماهیت عیوب در قطعات صنعتی



- ناپیوستگی (discontinuity):
عدم پیوستگی ماده در اثر وجود ترک، تخلخل و ... در سطح یا درون ماده
- عیب (defect): ناپیوستگی که اندازه آن از حد قابل قبول بزرگتر باشد

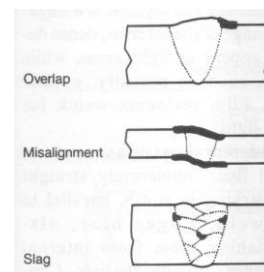


Typical Weld Defects



Reference: Industrial Radiology, Applied Science Publishers

Typical Weld Defects

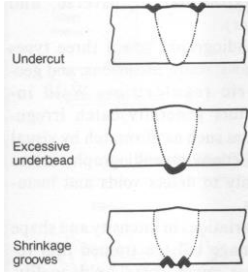


- **Overlap:** The protrusion of weld metal beyond the toe, face, or root of the weld

- **Slag inclusions:** Nonmetallic solid material entrapped in weld metal or between weld metal and base metal

Reference: Industrial Radiology, Applied Science Publishers

Typical Weld Defects

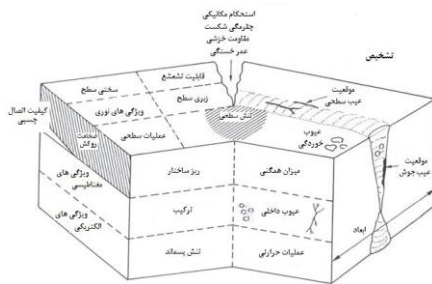


- **Undercut:** A groove melted into the base metal adjacent to the toe or root of a weld and left unfilled by weld metal
- **Shrinkage voids:** Cavity-type discontinuities normally formed by shrinkage during solidification

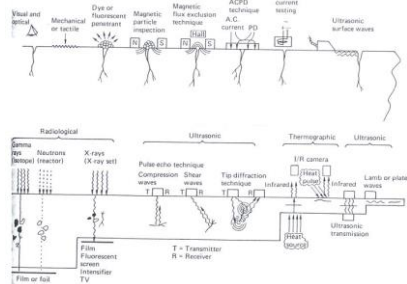
Reference: Industrial Radiology, Applied Science Publishers

آزمونهای غیرمخرب چه تواناییهایی دارند؟

تواناییهای آزمونهای غیرمخرب



روشهای آزمون غیرمخرب



- بازرسی سطحی
- بازرسی داخلی

بازرسی خطوط راه آهن



بازرسی خطوط راه آهن معمولاً با استفاده از واگن‌های خاصی که ریلها را با سرعت و به طور اتوماتیک بازرسی میکنند انجام میگردد.



بازرسی لوله‌ها (چشمی)



Courtesy GE Inspections Technologies

بازرسی لوله ها



روش بازرسی فراصوتی اتوماتیک



Courtesy RTD

نیروگاه ها



Courtesy RTD

بازرسی مخازن تحت فشار

مخازن تحت فشار باید توسط روشهای پرتونگاری و فراصوتی مورد بازرسی قرار گیرند.



Courtesy RTD

چه کسانی صلاحیت انجام آزمون غیرمخرب را دارند؟

مجریان آزمونها

- سطح یک (Level I): کالیبراسیون دستگاه، انجام آزمون و ارزیابی نتایج طبق دستورالعمل کتبی
- سطح دو (Level II): آماده سازی و کالیبراسیون دستگاه، تفسیر و ارزیابی نتایج بر طبق استاندارد و تنظیم گزارشات
- سطح سه (Level III): ارائه روش انجام آزمایش، تفسیر استانداردها و ارائه رهنمود در مورد چگونگی انجام آزمایش، آشنایی با روشهای معمول انجام آزمونهای غیرمخرب

استانداردهای آموزش کارکنان

- ISO 9712: International
- SNT-TC-1A (ASNT): USA
- ACCP: USA
- BS EN ISO 9712: United Kingdom
- DIN EN ISO 9712: Europe (Germany)
- CAN-CGSB-48.9712: Canada
- MIL-STD-410: USA
- ISIRI 6725 :IRAN (آزمون غیرمخرب - اثبات شرایط و صدور گواهی افراد)
- آموزش کارکنان در صنایع هوافضا تفاوت اندکی با آموزش پرسنل عادی دارد و معمولاً در استانداردهای فوق پیوستی در این زمینه وجود دارد.



چه روشهایی برای انجام آزمونهای غیرمخرب وجود دارد؟



روشهای انجام آزمون غیرمخرب

- چشمی (Visual-VT)
- مایع نافذ (Liquid Penetrant-PT)
- ذرات مغناطیسی (Magnetic Particle-MT)
- فراصوتی (Ultrasonic-UT)
- جریان گردابی (Eddy Current-ET)
- پرتونگاری (Radiography-RT)
- پخش آوایی (Acoustic Emission-AE)
- حرارت نگاری مادون قرمز (Infrared Thermography-TT)