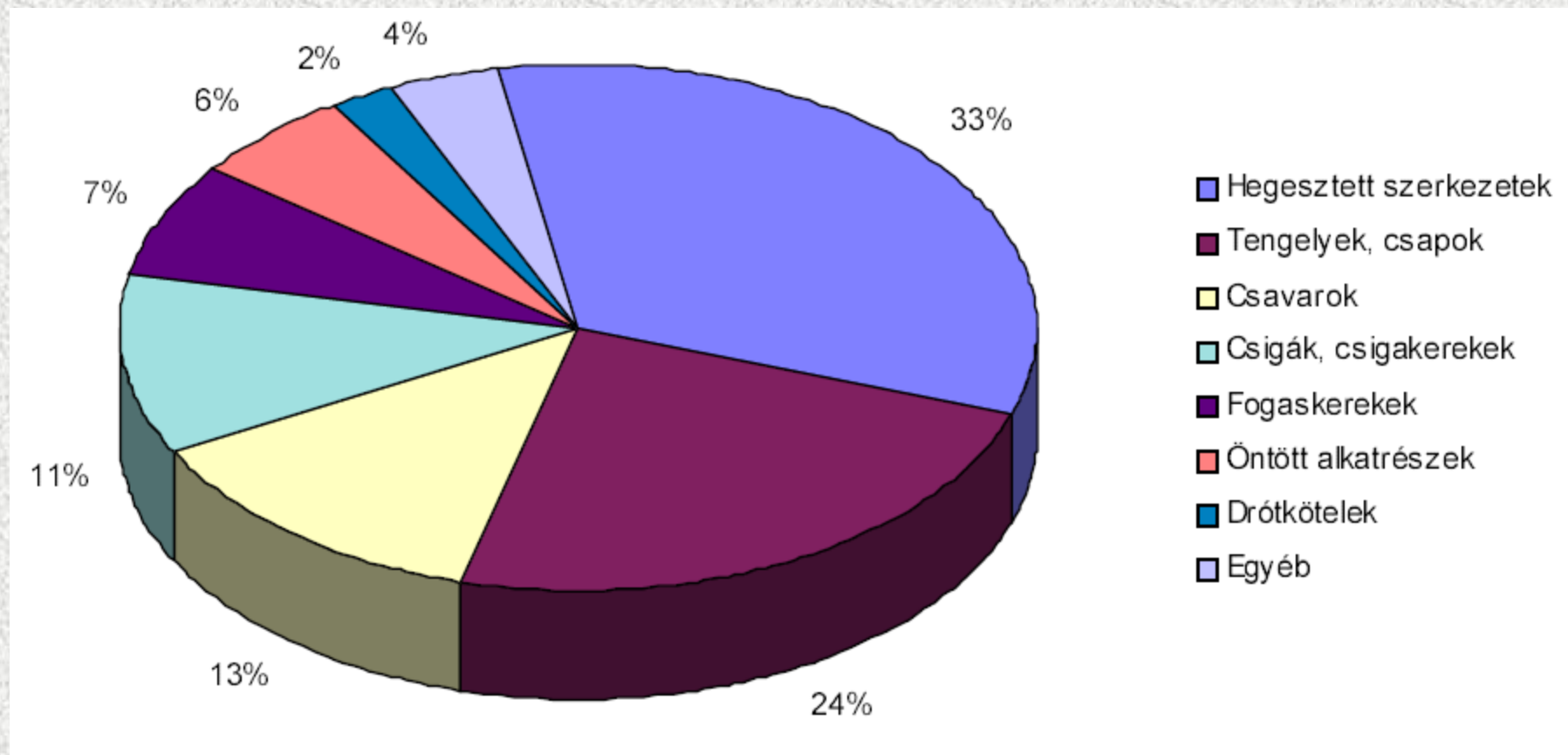


Roncsolásmentes vizsgálatok

Tönkremenetel okai

- A szerkezetek, gépek üzemeltetése során a károsodásokat legtöbbször a váratlan meghibásodások okozzák. pl. a kopás, törés, berágódás, stb.
- A törések legnagyobb hányada (33%) hegesztett szerkezetekben fordul elő.

Törések százalékos megoszlása különböző szerkezetekben (242 káreset)



- Mivel a hegesztett kötéssel általában kész vagy félkész szerkezetek, ezért a roncsolásmentes vizsgálati módszerek kerülnek előtérbe,
- ezzel a szerkezet integritását nem bontjuk meg.

Roncsolásmentes vizsgálatok

- Azokat a vizsgálatokat, amelyek az anyagok **külső és belső hibáinak** az un. rejtett hibáknak a kimutatására szolgálnak roncsolásmentes vagy hibakereső vizsgálatoknak nevezzük.
- A vizsgálatok a magán darabon legyenek elvégezhetőek.

A roncsolásmentes vizsgálati eljárások dinamikus fejlődésének magyarázata

☞ nő a gyártók közötti minőségi verseny

☞ a tervezési és kísérleti-vizsgálati szakaszban történő beavatkozás és korrekció hatására a fejlesztési költségek hosszabb távon kedvezőbben alakulhatnak

☞ a gyártástechnológia folyamatos kontrolja révén lecsökkenhet a leállási idő

☞ a garantált és ellenőrzöten jobb minőség miatt csökken , vagy elmarad a reklamáció.

Történeti fejlődés

- 1825-től a vasúti közlekedés rohamos fejlődése, évi több, mint 10.000 km új vasútvonal
- Roncsolásos, majd roncsolásmentes módszerek intenzív fejlődése
- Roncsolásmentes: Wilhelm Conrad Röntgen, würtzburgi egyetem tanára

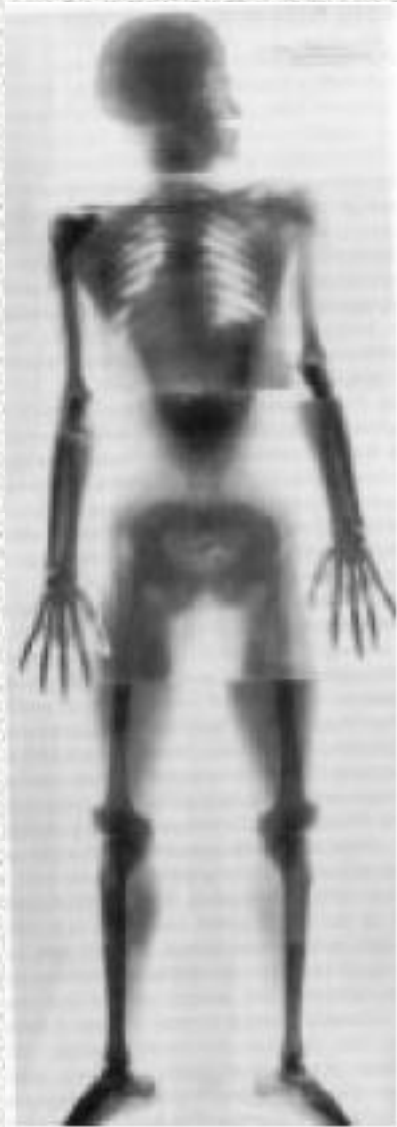


Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923)

Radiológiai vizsgálatok rövid története

<i>Év</i>	<i>Esemény</i>	<i>Személy</i>
1895	A röntgensugárzás (X-sugárzás) felfedezése (november 8), Felvétel Röntgen kezéről	W. C. Röntgen
1896	Felvétel Lord Kelvin kezéről (Május, gyűrű a kisujjon)	Lord Kelvin
1896	Postai csomagok ellenőrzése	
1896	Demonstráció New Yorkban a Nemzeti Elektrotechnikai Kiállításon (március)	Edison, C.M. Dally
1896	Felvétel egy kameleonról (február, Bécs)	
1896	Felvétel a legkülönbözőbb anyagokról (acél, élőlények, pisztoly, stb.)	
1904	Első halál a radiológiai sugárzás következtében	C.M. Dally
1913	Nagvvákuumú röntgenső elkészítése (100 kV-os cső)	Coolidge
1922	Felvételek gyűjteménye (szerkezetek, fából készült repülő, belső hibák)	
1931	A hegesztett kötések szabványosított vizsgálata (Amerikában és Angliában)	
1931	Az első 1000 kV-os röntgenső előállítása (General Electric)	
1938	Radiográfiai felvétel készítése gyorsan mozgó tárgyakról, objektumokról (Németország, USA, 1940-ben Hollandia, 1941-ben Anglia)	
1940	Betatron előállítása (MeV nagyságrendű gyorsító feszültség)	
1960-as éve	15 MeV-os hordozható sugárforrások 30 cm vastagságú acél hegesztett kötésének vizsgálatára	
<i>Izotóp vizsgálatok</i>		
1895	Az uránium természetes sugárzásának (γ -sugárzás) felfedezése	H. Becquerel
1900	A γ -sugárzás áthatol 25 cm vastagságú ólom lemezen	Villard
1903	A γ -sugárzás alkalmazása fémek vizsgálatra	Pilon és Laborde

4.a. ábra. Az emberi testről készült első röntgen felvétel



4.b. ábra. Lord Kelvin kezéről készült röntgenkép, amelyen aláírása is látható



Ultrahang vizsgálatok rövid története

- A titanic katasztrófája jelentős mértékben felgyorsította a fejlődési folyamatot (1912 április 14).

Ultrahang vizsgálatok rövid története

<i>Év</i>	<i>Esemény</i>	<i>Személy</i>
1912	Vízben úszó tárgy visszhang elven való detektálása vonatkozó szabadalom közvetlenül a TITANIC katasztrófája után	Richardson
1914	Jéghegy észlelése 3 km-es távolságból 100 Hz frekvenciájú sugárzás visszaverődésével	Fessenden
1918	Piezoelektromos hatás felhasználása hullámok gerjesztésére (kvarc kristály acéllapok között)	Lavengin
1918	Tengeralattjáró észlelése 1,5 km távolságból visszhangjel alapján	Lavengin
1921	Tenger mélységének mérése ultrahangos rezonancia módszerrel (szabadalom)	A. Behun
1928	Magnetostrikciós készülék kifejlesztése az ultrahang osszcillátorhoz	G. W. Pierce
1929	Ultrahang alkalmazása fémekben levő hibák detektálására	S. J. Sokolov
1931	Transzmissziós hullám alkalmazása a hibák detektálására két fej (adó és vevő) alkalmazásával	O. Muhlhauser
1933	Mulhauser szabadalma Németországban	O. Muhlhauser
1939	Sokolov szabadalma az Amerikai Egyesült Államokban (első kereskedelmi készülék, az Ultrasonel forgalmazása)	S. J. Sokolov
1940	Folyamatos vizsgálat feltételeinek megteremtése	Schraiber
1940	Pulzált ultrahang nyaláb előállítás (USA szabadalom 1940 és 1942)	F.A. Firestone
1945	Vastagságmérés ultrahanggal	Erwin
1959	Hibaméret meghatározása ultrahangos vizsgálattal	J. Krautkramer

Mágneses vizsgálatok:

a vasúti közlekedés bővülése katalizálta

<i>Év</i>	<i>Esemény</i>	<i>Személy</i>
1868	Mágneses massa alkalmazása a lövedéket felfogó vasból készült lemez felületi hibáinak vizsgálatára	Saxby
1879	A sínek felületi hibáinak vizsgálatára alkalmas eljárás szabadalmaztatása USA-ban	Herring
1911	Szabvány az acélok mágneses repedésvizsgálatáról (USA)	National Bureau of Standards
1917	Mágnesporos eljárás alkalmazása az USA-ban	Hoke
1928	Ferromágneses anyagok széleskörű vizsgálata a hossz- és keresztirányú repedések kimutathatóságára	A. V. de Forest
1934	A Magnoflux Corporation alapítása a mágneses vizsgálati eljárások eszközeinek terjesztésére	A. V. Forest, Doane
1935	A szuszpenziós eljárás bevezetése (szuszpenzió = sötét mágneses oxid pora kerozinban feloldva)	A. V. Forest, Doane
1936	Szuszpenziós eljárás nedves helyen való alkalmazásának német szabadalma	Unger, Hilpert
1936	A mágneses repedésvizsgálatok periodikus végzésére vonatkozó előírás az indianapolisi autópályák felügyeleténél	

Folyadékbehatolási vizsgálat

<i>Év</i>	<i>Esemény</i>
1800 előtt	blackmósmiths
~1850	Mozdony alkatrészek vizsgálata kerozinban hígított olajba mártással majd a felületre alkoholban oldott kréttaport felvitelével
~1940	Lakk felvitele a felületre, majd száradás után rezgetéssel (pl. kalapáccsal gyengén ütögetve) a lakkfelület töredezésének előidézése (a repedésszerű hibák környezetében töredezik meg a legkisebb külső terhelésre)
~1940	A Magnoflux cég a legkülönbözőbb penetrációs anyagokat állítja elő, többek között a ma is használatos piros színű behatoló anyagot
1942	Fluoreszkáló anyag bekeverése a behatoló anyagba (Magnoflux cég) és ultrabolya fényvel történő vizsgálat bevezetése

Örvényáramos technika: manapság a leggyorsabban fejlődő eljárás

<i>Év</i>	<i>Esemény</i>	<i>Személy</i>
1819	Annak megfigyelése, hogy a vezetékben folyó áram erőssége megváltozik mágnes hatására	H. C. Oersted
1823	Elektromágnes készítése	W. Sturgeon
1824	Váltakozó mágneses mező demonstrálása	Gamby
1830	Az örvényáram létének demonstrálása	J.B. Foucault
1832	Az elektromágneses indukció törvényének megfogalmazása	M. Faraday
1879	Elektromos impulzusok bevezetése egy mikrofon tekercsből a fémbe roncsolásmentes vizsgálat céljából	D. E. Hughes
1920	Falvastagság mérése örvényárammal	F. Krantz
1925	Acélcsövek vizsgálata ipari méretekben	C. Farrov
1948	Örvényáramos készülékek előállítása ipari méretekben (Reutlingen Intézet, Németország)	
1949	Örvényáramos technika alkalmazása a geológiában	H.G. Doll
1954	A Förster diagram bevezetése a	F. Förster

<i>Jellemző paraméter</i>	Vizsgálati módszer				
	Folyadékpenetrációs	Ultrahangos	Röntgen	Mágneses	Örvényáram
<i>Alapköltéség</i>	alacsony	közepes, magas	magas	közepes	közepes
<i>Használati költéség</i>	közepes	nagyon alacsony	magas	közepes	alacsony
<i>Eredmény</i>	rövid várakozás	azonnal	később	rövid várakozás	azonnal
<i>Geometria hatása</i>	nem lényeges	lényeges	lényeges	nem lényeges	lényeges
<i>Hozzáférségi gondok</i>	lényeges	lényeges	lényeges	lényeges	lényeges
<i>Hibatípusok</i>	felületi repedés	belső	mind	külső	külső
<i>Relatív érzékenység</i>	alacsony	magas	közepes	alacsony	magas
<i>Hivatalos jelentés</i>	nem szokványos	drága	szabványos	nem szokványos	drága
<i>Kezelő képzettsége</i>	alacsony	magas	magas	alacsony	közepes
<i>Kezelő betanítása</i>	-	fontos	fontos	fontos	fontos
<i>Betanítás költésége</i>	alacsony	magas	magas	alacsony	közepes
<i>Berendezés hordozhatósága</i>	magas	magas	alacsony	magas, közepes	magas, közepes
<i>Anyagtól való függés</i>	gyenge	erős	meglehetősen nagy	csak mágneses	erős
<i>Automatizálhatóság</i>	gyenge	jó	rossz	gyenge	jó

A vizsgálati módszerekkel az alábbi feladatok oldhatók meg

- ⇒ új gyártmányok hibáinak kimutatása, (ellenőrzés a gyártási folyamatba lépéskor, gyártás közben, végátvétel stb.)
- ⇒ üzemeltetés közben keletkező hibák kimutatása
- ⇒ anyagkeveredésből származó hibák kiszűrése

A vizsgálatok csoportosítása

A darab felületén lévő hibák kimutatására

- vizuális megfigyelés,
- mágneses repedés vizsgálat
- penetráló folyadékos vizsgálat,

A vizsgálatok csoportosítása

A darab belsejében lévő hibák kimutatására

- röntgen,
- γ sugárzó izotópos
- ultrahangos vizsgálat
- magnetoinduktív vagy az örvényáramos vizsgálat

A roncsolásmentes vizsgálatok csoportosítása

- **akusztikus emissziós** vizsgálatokkal a repedés keletkezés és terjedés követhető nyomon.
- A **tömörségvizsgálatokkal** lehetséges bonyolult öntött alkatrészek ellenőrzése is.
- **holográfia, Barkhausen zajon** alapuló mérések stb.

Mi alapján választjuk ki az eljárást

- **elsődleges, hogy melyik módszerrel mutatható ki a feltételezett hiba legbiztosabban.**
- **Figyelembe kell venni**
 - **a darab anyagát, méretét, alakját,**
 - **a hiba alakját, méretét, elhelyezkedését, a**
 - **vizsgálati körülményeket, gazdaságosságot**
 - **További fontos szempont lehet a dokumentálhatóság, a korábbi eredményekkel való összevetés lehetősége, (repedés terjedés!) a gazdaságosság, a vizsgálat ideje stb.**

Vizuális megfigyelés

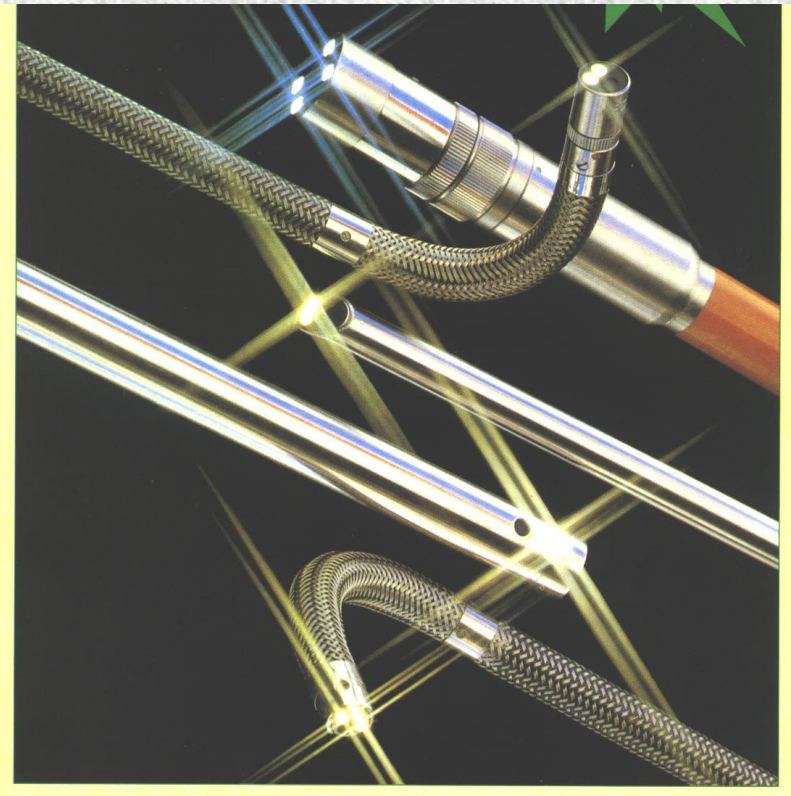
a felületi hibák, a felületre kijövő repedések észlelhetők.

- **A szem felbontóképessége nem megfelelő, ezért kiegészítővizsgálat**
- **Segédeszközként kézi nagyító, üregek vizsgálatán endoszkóp , video endoszkóp alkalmazhatók**
- **a felületet gondosan elő kell készíteni.** Ez a legtöbb esetben a tisztítást, esetleg a maratást jelenti, de nagyon fontos a **megfelelő megvilágítás** is.

Alkalmazás:

- **Video kamerák és TV segítségével - amelyek néhány másodperc alatt leképezik a darabot- a szállítószalagon mozgó alkatrészek is ellenőrizhetők.**
- **Különösen fontos ez az elektronikai iparban. Optikai lézerrel nagyon kis elmozdulások, vibráció, maradó feszültségek okozta méretváltozások is vizsgálhatók**

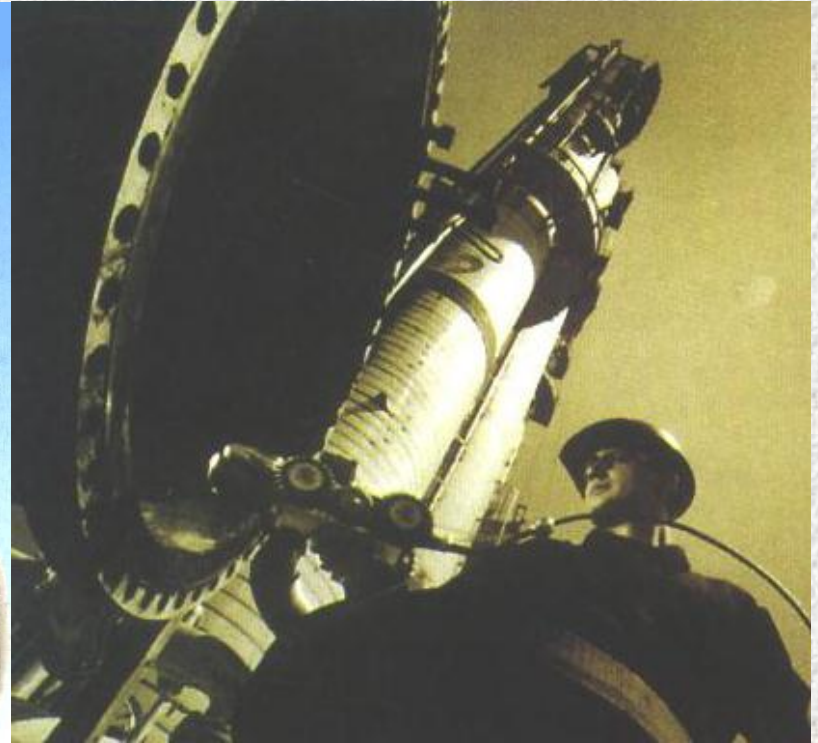
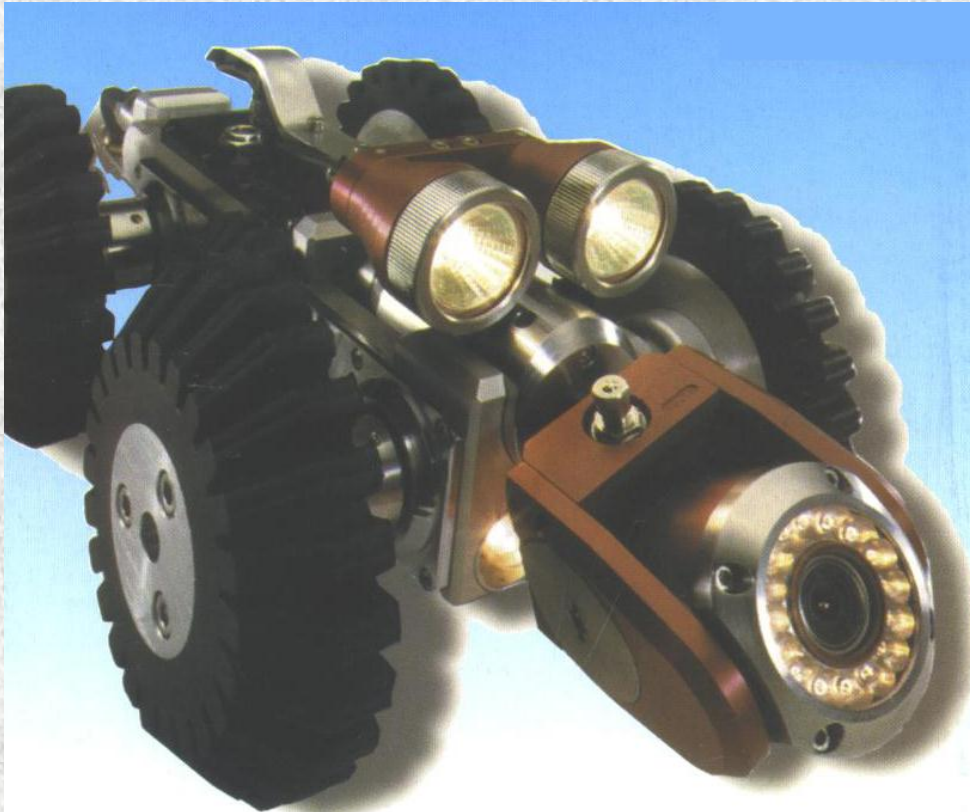
Vizuális megfigyelés







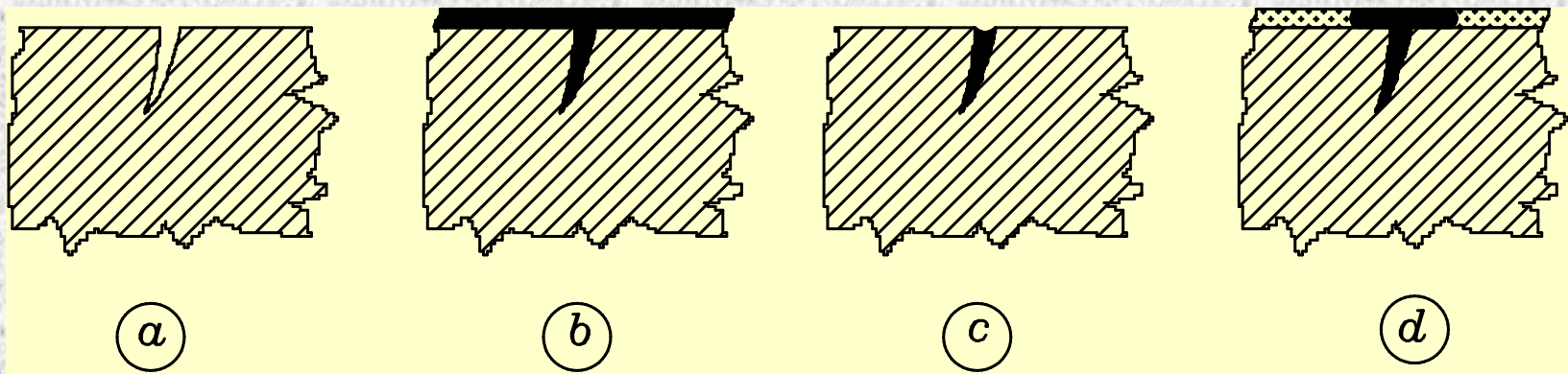
Csőjáró videokészülék





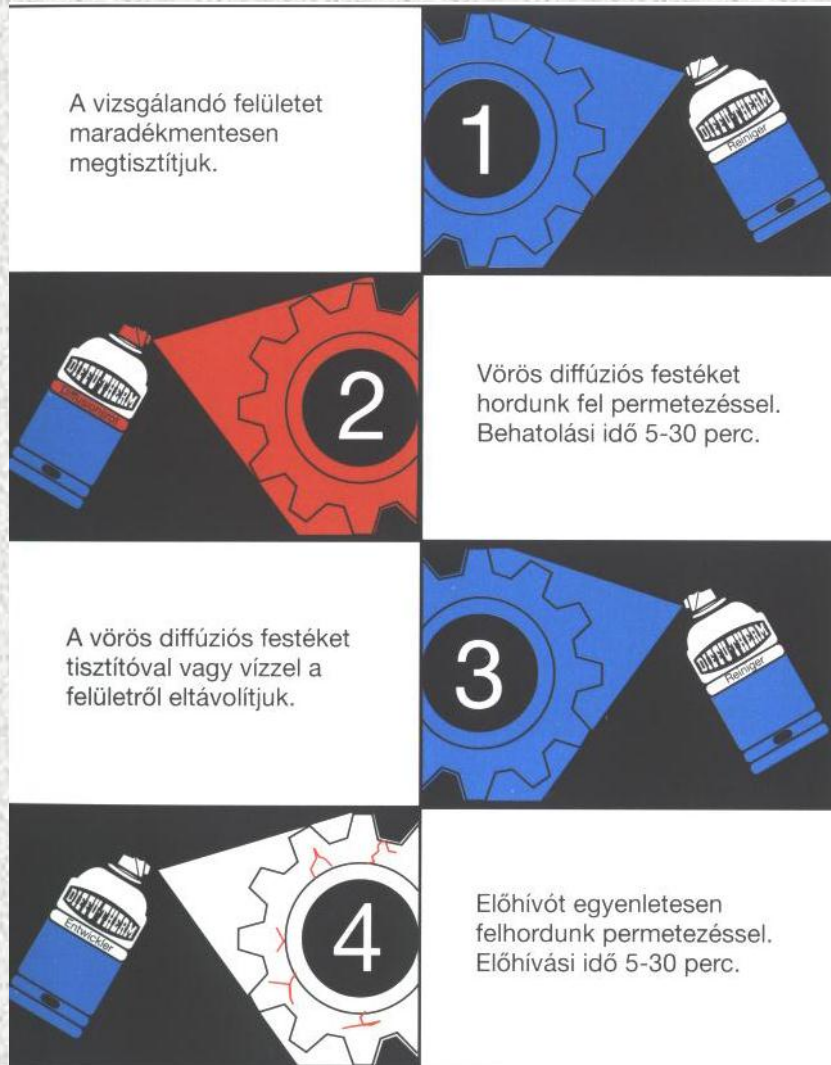
Folyadék behatolásos vagy penetráló folyadékos vizsgálat

- A felületre kinyúló folytonossági hiányok, repedések stb. kimutatására alkalmas igen érzékeny vizsgálati módszer.



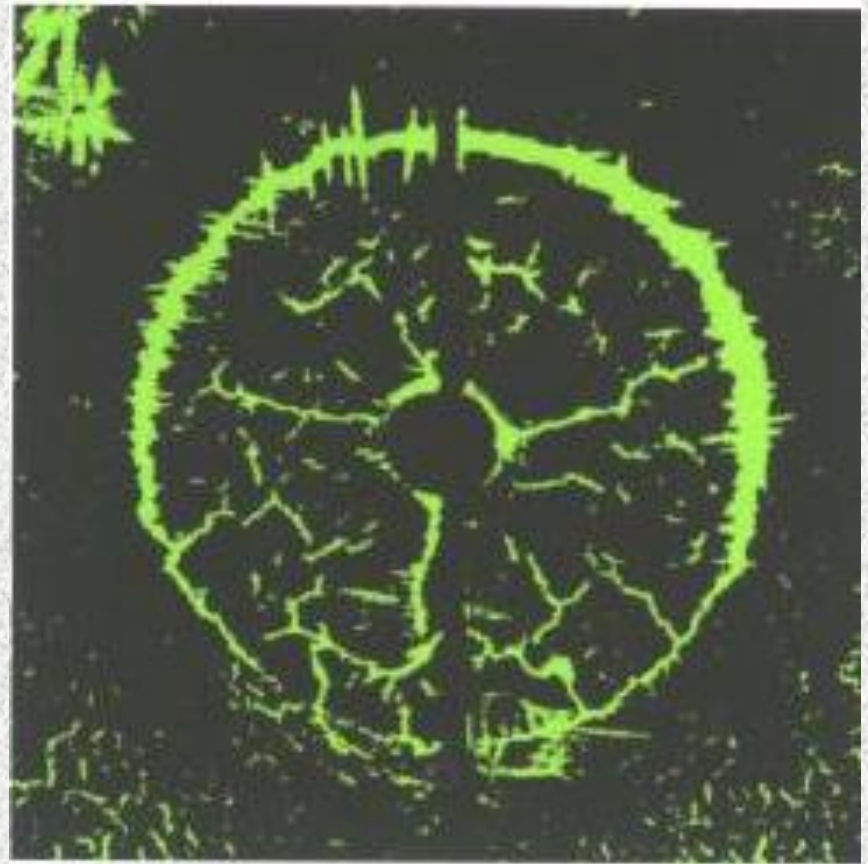
- a. a felület előkészítése, b. a penetrálófolyadék felvitele, c. a felesleges folyadék eltávolítása, d. előhívás, értékelés

Penetráló folyadékos vizsgálat





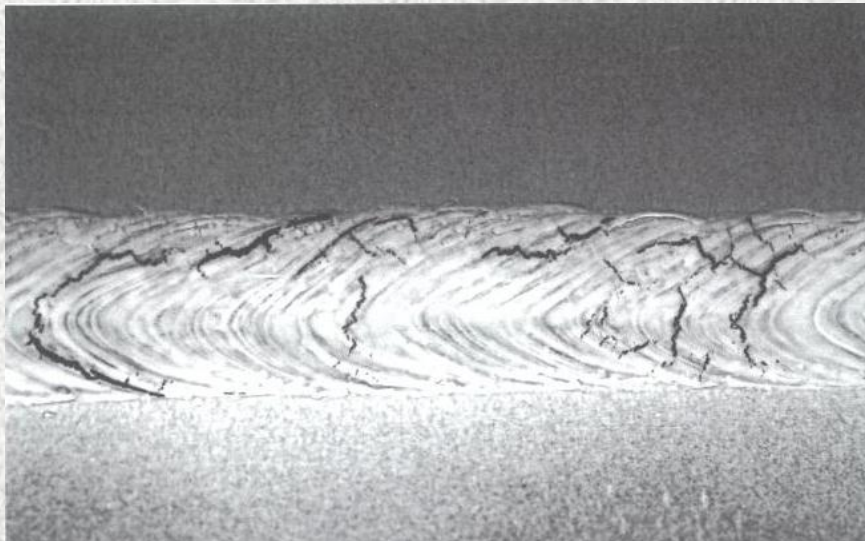
Penetráló folyadékos vizsgálat



Penetráló folyadékos vizsgálat

Alkalmazási lehetőségek

- Porózus anyagok kivételével minden anyag felületi hibáinak kimutatására



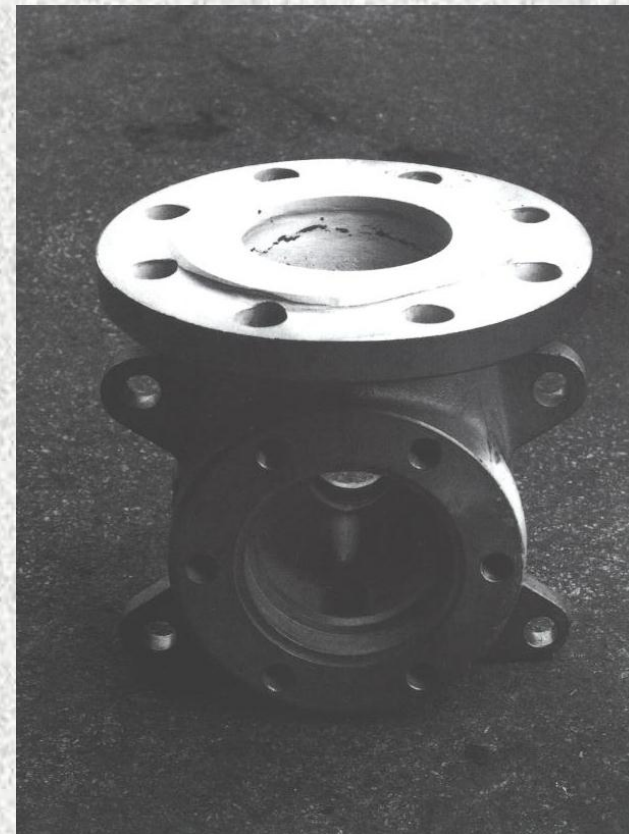
Penetráló folyadékos vizsgálat

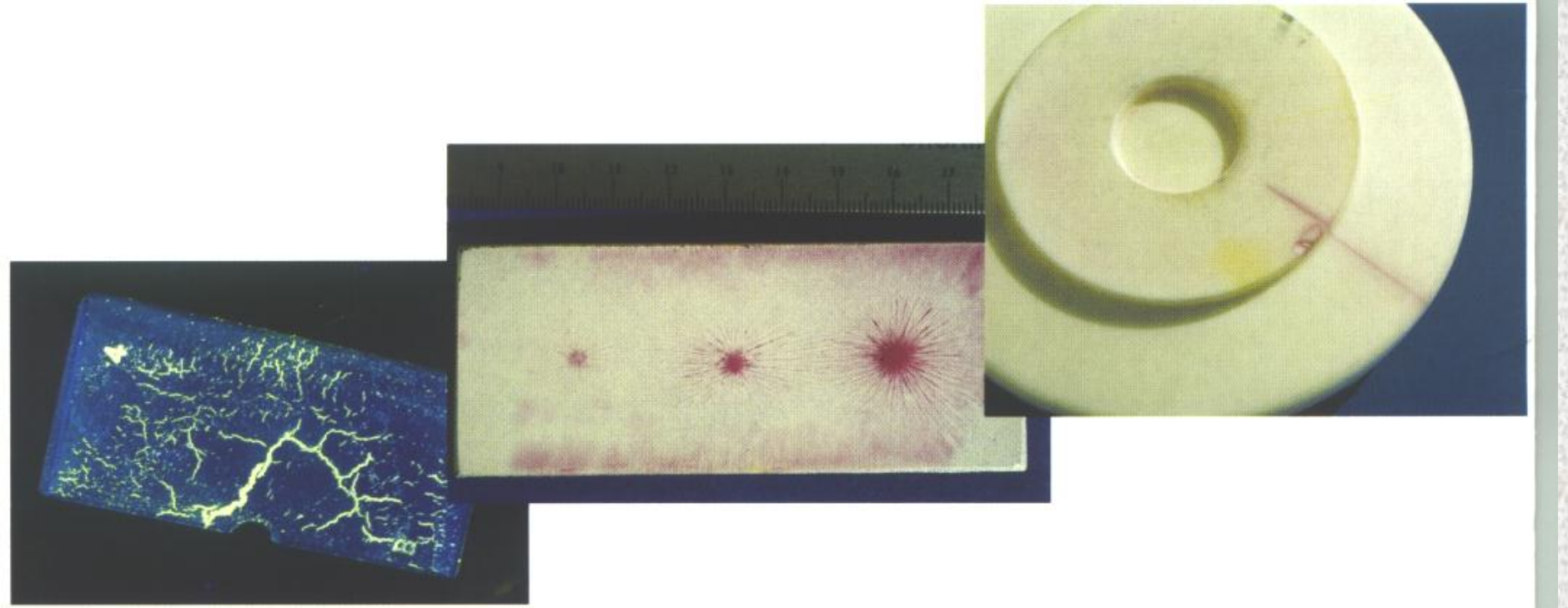
Alkalmazási lehetőségek

- **Kerámia**



- **öntvény**





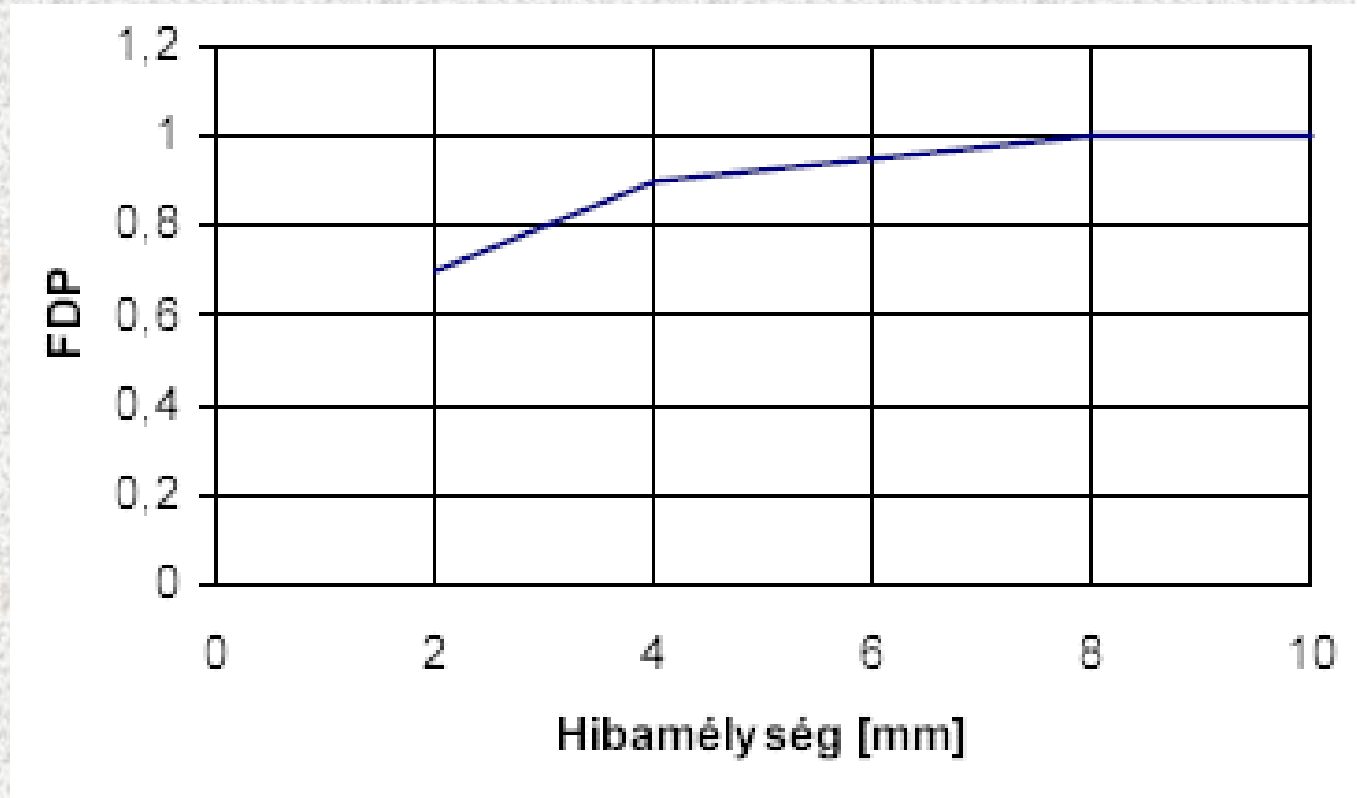
A vizsgálat korlátai

- Olyan folyadékot kell alkalmazni, amely a felületet nedvesíti
- Kimutatható hibaméret: $5\mu\text{m}$ széles és $10\mu\text{m}$ mélységű

A vizsgálat érzékenysége

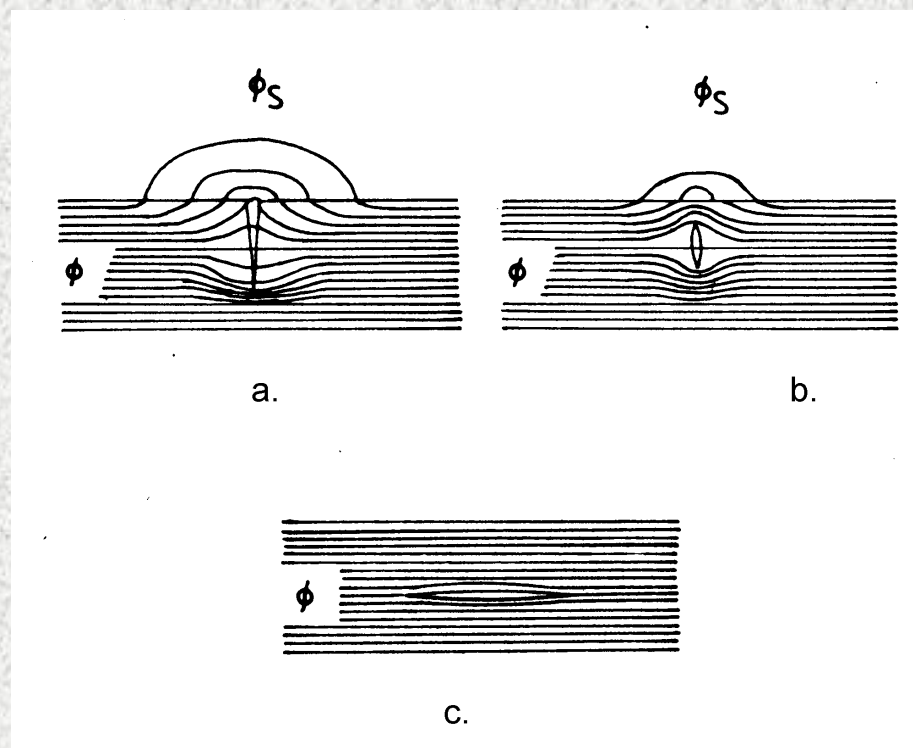
- a **nedvesítés mértéke**: minél nagyobb, annál érzékenyebb a vizsgálat,
- a **repedés geometriája**: úgymint a hossza, szélessége, mélysége, ezek egymáshoz képesti aránya, alakja,
- **felületi tisztaság** (nedvesíthetőséget befolyásolja), a szennyeződések hamis hibajelét produkálhatnak.
- a vizsgálatra rendelkezésre álló **idő**,
- a vizsgálatot végző **személyek** képzettsége, felkészültsége,
- a **vizsgáló folyadék** és előhívó megfelelő minősége,
- a kiértékelés során a **megvilágítás mértéke**; szabad szemmel is látható színnel való vizsgálatkor a megvilágítás intenzitásának 150W-nak kell lennie 100 mm távolságban a fényforrástól, míg **fluoreszcens vizsgálóanyag**nál a fluoreszcens fény intenzitásának minimum 100W-nak 380 mm-re a fényforrástól, a háttérvilágításnak pedig **maximum 20 luxnak**.
(Összehasonlításul: könyvolvasáshoz kb. 30 lux szükséges.)

Hiba felismerési valószínűség (Flaw Detection Probability)



Mágnesezhető poros vizsgálat

- ferromágneses fémek felületén, vagy felületének közelében lévő szabad szemmel nem, vagy alig látható folytonossági hiányok (repedések, zárványok, pórusosság stb.) kimutatására alkalmas módszer



Mágnesezhető poros vizsgálat

- A mágneses tér gerjesztése szerint (van-e gerjesztés a vizsgálat alatt vagy nincs)
 - ⇒folytonos
 - ⇒remanens eljárás
- A mágnesező áram fajtája szerint
 - ⇒egyenáramú
 - ⇒váltóáramú
 - ⇒együtemű (félhullámú)
 - ⇒impulzusos(áramlökés)

Mágnesezési módok

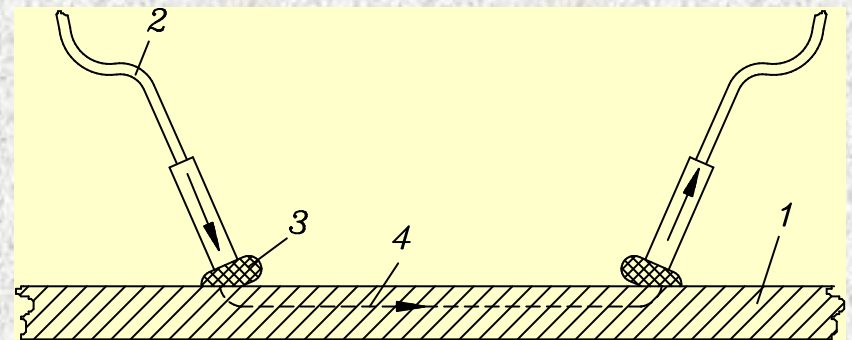
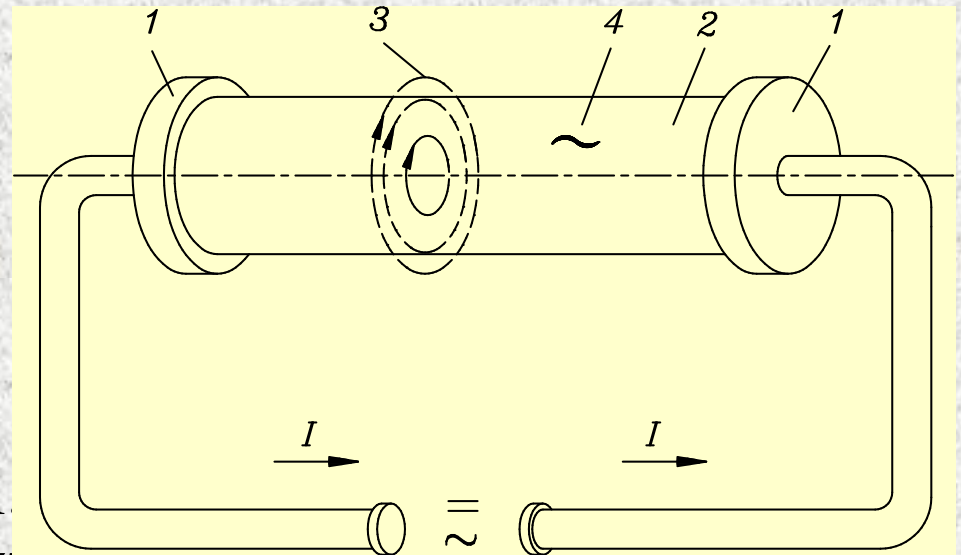
- **A mágneses tér jellege szerint**
 - ⇒ **körkörös (gyűrűs)**
 - ⇒ **hosszanti (sarok)**
 - ⇒ **párhuzamos**
 - ⇒ **spirál vagy torz mezejű**

Folytonos térrel történő mágnesezés Áramátvezetéssel

Elsődlegesen
hosszirányú hibák
kimutatására

Alkalmazás:

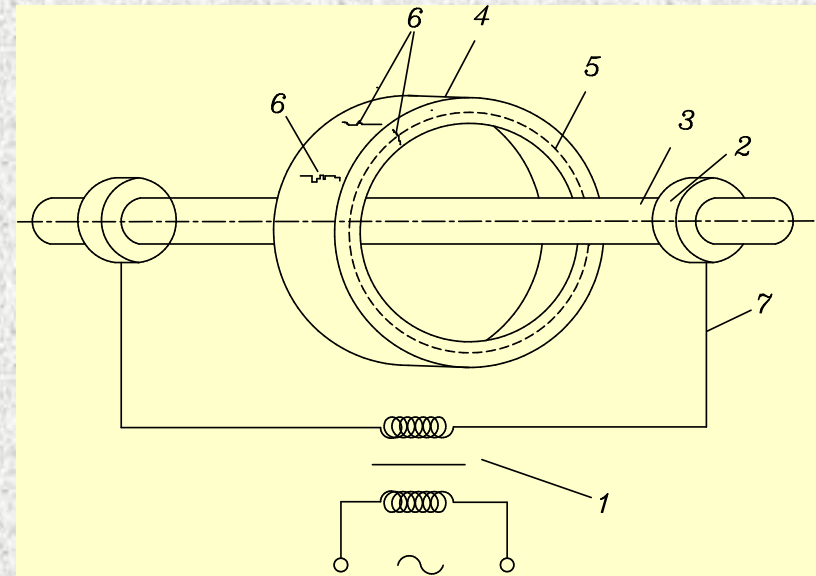
- hosszú darabok pl. rudak, tengelyszerű alkatrészek, csövek vizsgálatára
- a nagyméretű, helyhez kötött munkadarabok.



Folytonos térrel történő mágnesezés

Tér módszer , járommágnesezés

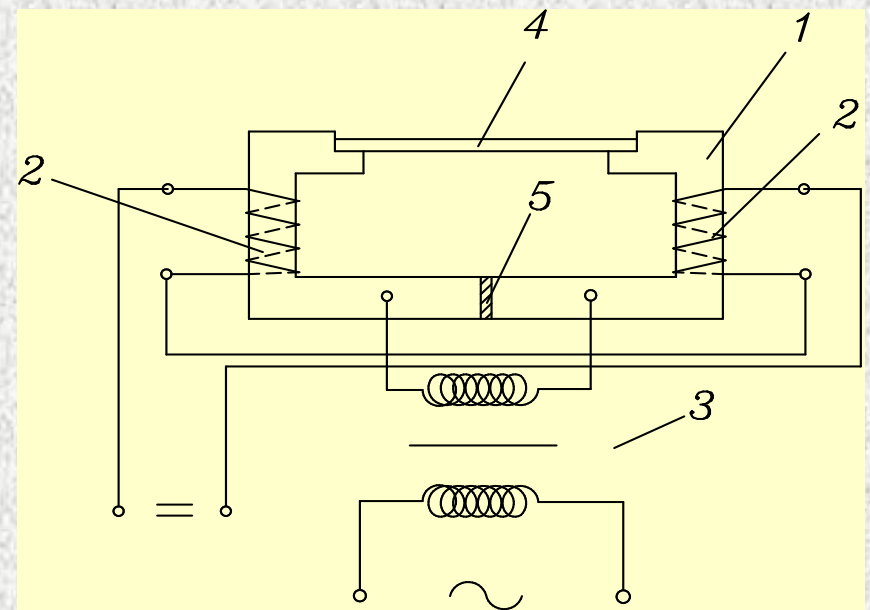
- keresztirányú folytonossági hiányok kimutatására alkalmas
- hosszú darabok mágnesezésére az átfutótekerceses tekercsmágnesezés terjedt el



Folytonos térrel történő mágnesezés

Kombinált mágnesezés

- kombinált módszerek alkalmazása, melyek egyaránt alkalmasak hossz- és keresztirányú mágneses tér gerjesztésére.



Folytonos térrel történő mágnesezés

Kombinált mágnesezés

- A korszerűbb berendezésekben két váltakozó árammal gerjesztett teret szuperponálnak. Mindkét esetben az eredő mágneses tér a váltóáram frekvenciájának megfelelően változtatja irányát, így bármilyen irányú hiba valamelyik időpillanatban merőleges, az erővonalakra, tehát kimutatható.

Remanencia módszer

a darabokat egy erős áramlökéssel mágnesezik fel, és a tulajdonképpeni vizsgálatot már nem a gépben, hanem azon kívül végzik el.

Alkalmazás: a tömeggyártásban pl. kisebb kovácsdarabok nagyszériás vizsgálatra, mert gyors, gazdaságos módszer.

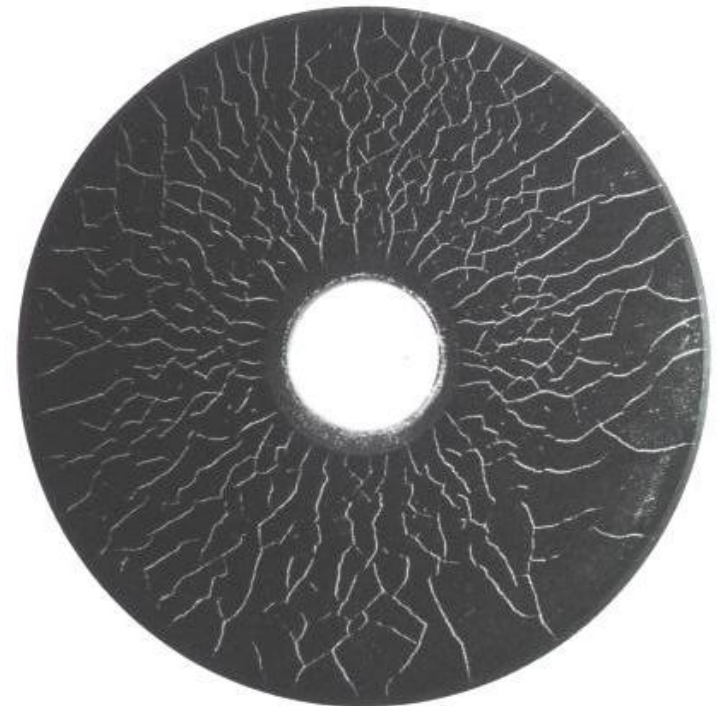
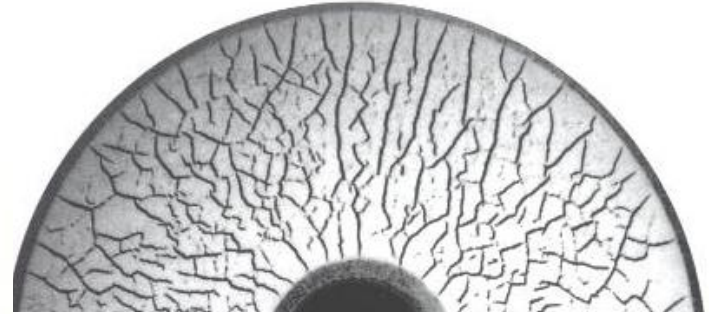
A hibakimutatók segédesszközei

- **por, koncentrátum** (paszta vagy folyadék) a **vörösbarna vas(III)oxid (Fe_2O_3)** és a **fekete vas(II/III)oxid (Fe_3O_4)** a mágnesezhető rész mellett még egy **speciális festékpigmentet** vagy **önfluoreszkáló műgyanta bevonatot** (UV **orange**) **tartalmaz,** ami **ultraibolya sugárzás hatására zöld vagy sárga** színben világít

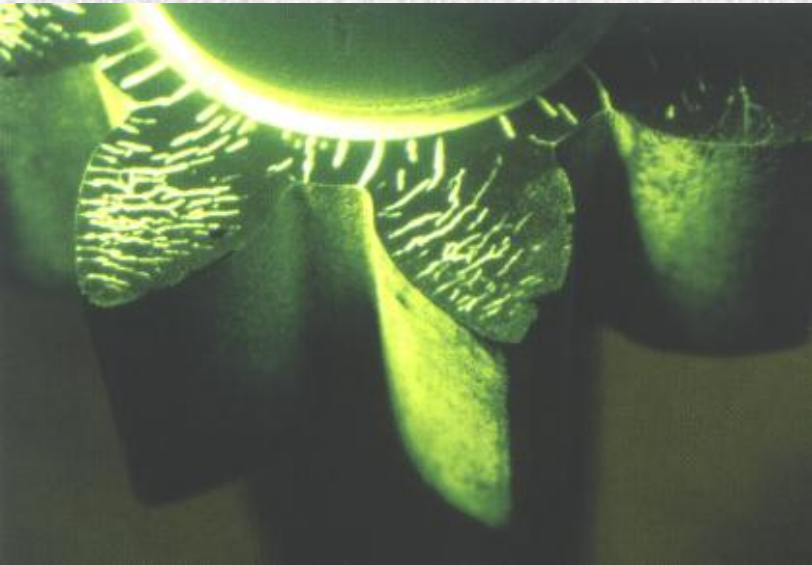


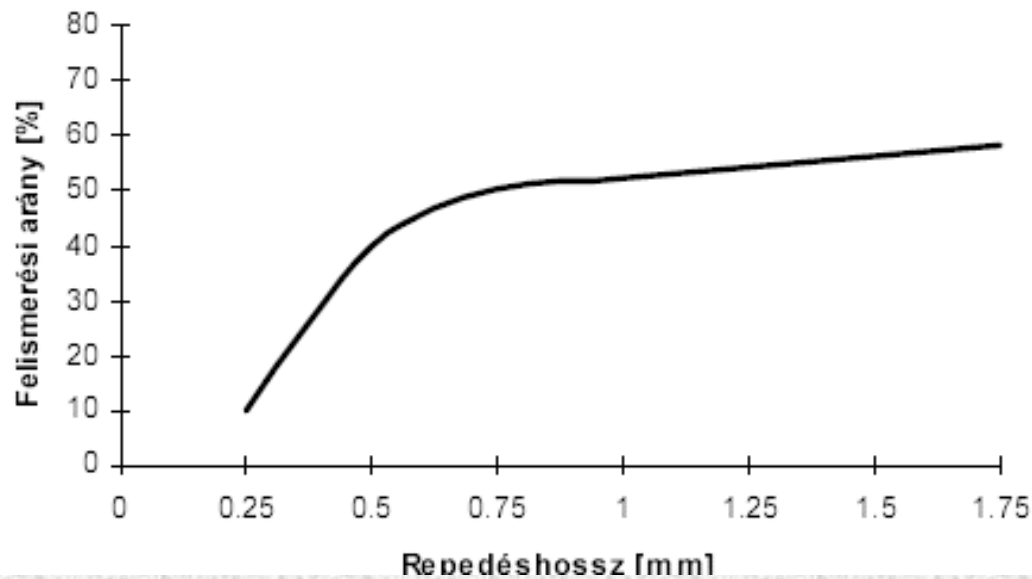
Kiértékelés

A darab mágnesezése, a

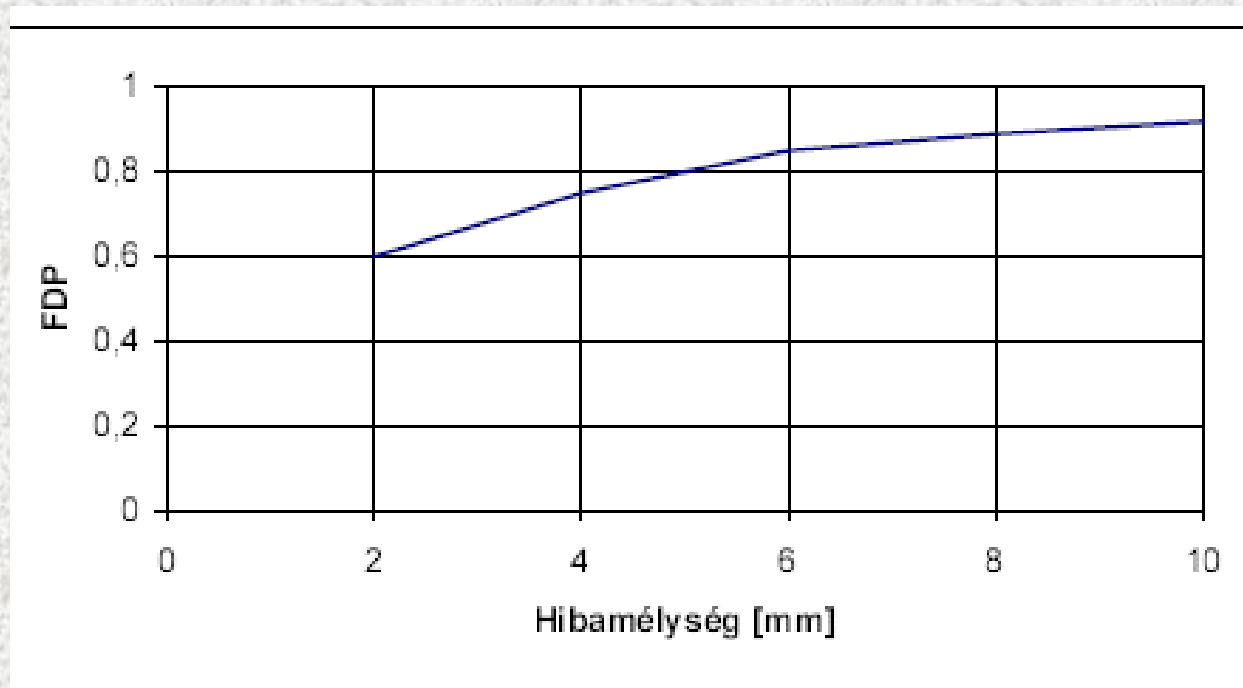


UV fényben végezzük.





8.2. ábra. A felismerés valószínűsége turbinalapátokon végzett vizsgálatok alapján



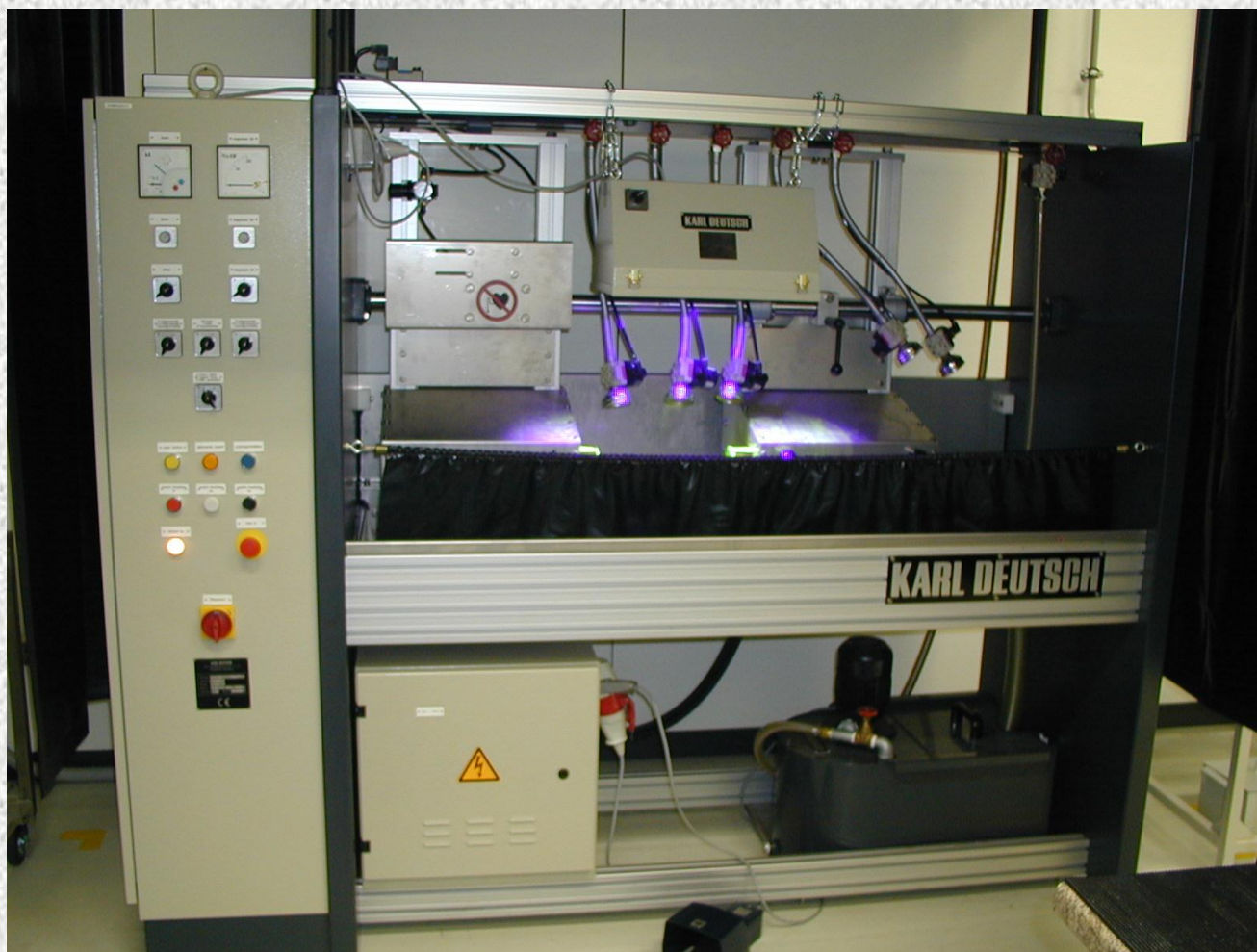
Demagnetizálás

- A darabot demagnetizálni kell, ha :
 - ⇒a remanens mágneseesség miatt a felületre tapadó szemcsék gyors kopást vagy berágódást okozhatnak
 - ⇒valamilyen műszer működését befolyásolja a remanens mágneseesség
 - ⇒a következő megmunkálási műveletet a mágneseesség zavarja pl. a forgács a maró élére tapad stb.
- Nem szükséges a demagnetizálás ha:
 - ⇒a vizsgálatot 500 C°-ot meghaladó hőkezelés követi
 - ⇒ágyacéloknál váltakozó áramú mágnesezés után

Demagnetizáló tekercs



Mágneses repedésvizsgáló gépek, alkalmazási példák



Mágneses repedésvizsgáló gépek, alkalmazási példák



Mágneses repedésvizsgáló gépek, alkalmazási példák



Mágneses repedésvizsgáló gépek, alkalmazási példák

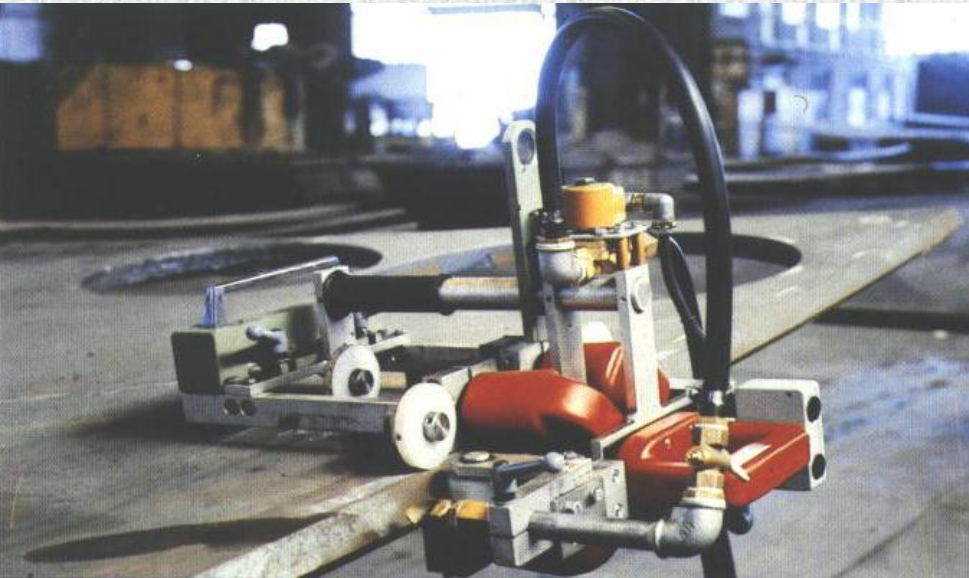


Mágneses repedésvizsgáló gépek, alkalmazási példák

- **négypólusos, esetleg kerek vizsgáló készülék is, amellyel a négy pólus által bezárt terület 100 %-ban vizsgálható.**



Mágneses repedésvizsgáló gépek, alkalmazási példák



Örvényáramos vizsgálat

A vizsgálat fizikai alapja:

- elektromosan vezető anyagokban, időben változó mágneses tér indukció útján áramot gerjeszt. Ezt az áramot **örvényáramnak** nevezzük. Az örvényáram maga is gerjeszt mágneses teret, mely a külső mágneses térrel ellenkező irányú. A két mágneses tér összegződik, mely eredő erőterhez vezet és amelyet mérni és értékelni lehet, változásaiból, viselkedéséből különböző anyaghibákra vagy anyagtulajdonságokra lehet következtetni.

Ha egy tekercsben váltakozó áram folyik (I_1), akkor a tekercs körüli térben váltakozó mágneses mező indukálódik (H_1).

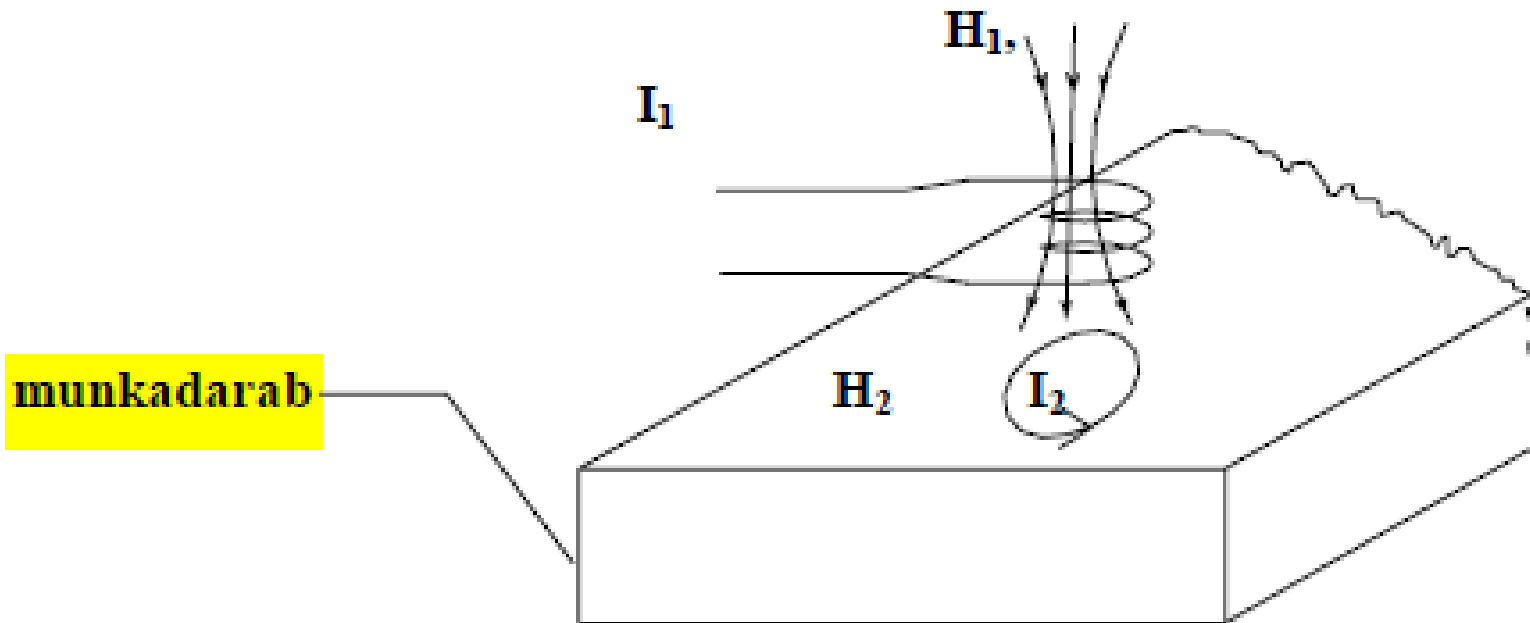
Ezen mágneses térbe helyezett elektromosan vezető anyagban a váltakozó mágneses mező hatására váltakozó elektromos áram indukálódik (**örvényáram**, I_2).

Ezen I_2 áram iránya olyan, hogy az általa létrehozott mágneses mező (H_2) a H_1 mágneses mezőt gyengíteni igyekezik.

A repedések és egyéb felületi tökéletlenségek megváltoztatják a felületen indukálódott örvényáram nagyságát, ez a változás megjelenik a H_2 mágneses mezőben is.

A mérés elve pedig az, hogy a mágneses mező változását érzékeny elektronikus eszközökkel mérni lehet.

Vizsgálati elrendezés



Nem mágnesezhető anyagok, Örvényáramos vizsgálat

•Az örvényáramos vizsgálat az elektromágneses indukció elvén alapszik. Ha váltakozó árammal táplált tekercset fémtárgy közelébe helyezünk, akkor a fémtárgyban örvényáram keletkezik. Az örvényáram nagysága függ:

⇒az anyag fizikai tulajdonságaitól,

⇒a geometriai paraméterektől,

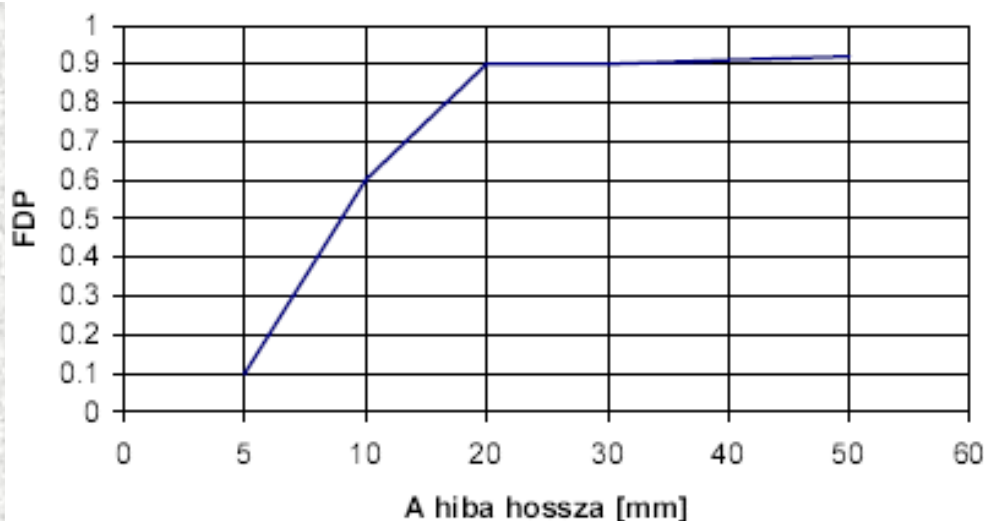
⇒a folytonossági hiányoktól

Az örvényáram intenzitása a felületen a legnagyobb, és az anyag belseje felé haladva fokozatosan csökken. A behatolási mélység a frekvencia függvénye

A vizsgálat csakis elektromos vezetőknél használható. Mivel a vizsgálatnál használt váltakozó áram, valamint az indukálódott örvényáram a vezető felületén halad (Skin-effektus), ezért csak korlátozott mértékben hatol be a vizsgálandó tárgyba. A behatolási mélységet az 1.6.2. egyenlettel határozhatjuk meg:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot \nu \cdot \sigma \cdot \mu_o \cdot \mu_r}} \quad (12)$$

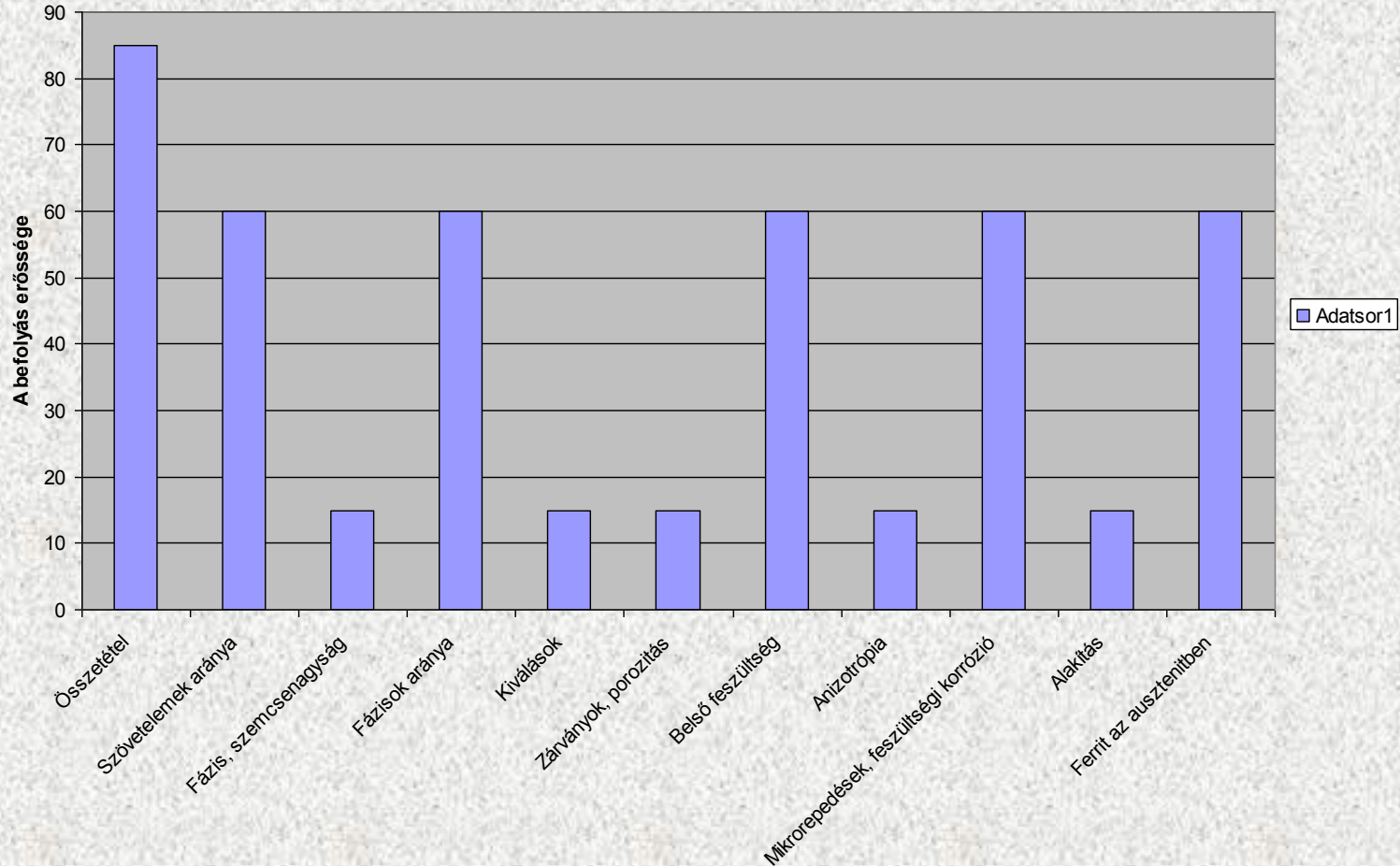
ahol δ : a behatolási mélység [m], μ_o : a vákuum permeabilitása [$4\pi \cdot 10^{-7}$ N/A²], μ_r : a relatív mágneses permeabilitás (nem ferromágneses anyagok esetén értéke 1), σ : a fajlagos vezetőképesség [S/m], ν : frekvencia [Hz].



Hibafelismerési valószínűség örvényáramos repedésvizsgálatnál

Az anyag és áramjellemzők (vezetőképesség) közötti összefüggés erőssége

Az anyagtulajdonságok és a vezetőképesség összefüggése



Örvényáramos Készülékek



Örvényáramos vizsgálat

Alkalmazási területek

- különböző alakú, és méretű tömbök, lemezek, fém alkatrészek, csövek felületi, felület közeli hibáinak (repedések, varratok, zárványok, üregek stb.) kimutatásra, méretellenőrzésre, bevonatok rétegvastagságának mérésére.
- A vizsgálat kontaktus nélküli, nagyon gyors. Kis mérőszondákkal mm nagyságrendű repedések is biztonsággal jelezhetők
- (repülőgépipar), az olajszállításban valamint az atomenergia ipar területén

Örvényáramos vizsgálat

Alkalmazási területek

- A módszer könnyen automatizálható, a kiértékelés számítógéppel történik, ezért használata egyre jobban terjed a gépiparban, a járműiparban a légi közlekedésben (repülőgépipar), az olajszállításban valamint az atomenergia ipar területén

Orvényáramos, alkalmazás

Vasúti sín folyamatos ellenőrzése



