

RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOK

A darab belsejében lévő eltérések
kimutatására alkalmas módszerek

Ultrahangos vizsgálat

Elve: a nagyfrekvenciájú hanghullámok (ultrahang) a fémekben alig gyengülve, mint irányított sugarak haladnak, azonban határfelülethez érve visszaverődnek. Határfelületnek minősül minden akusztikailag más keménységű közeg, pl. a darab belsejében lévő hibák és a darab hátlapja.

Ultrahangos vizsgálat

Alapfogalmak

- Az ultrahangos anyagvizsgálatban használatos frekvencia tartománya 0,25 MHz - 15 MHz között van.
- Az ultrahang terjedési sebessége (v) homogén anyagon belül állandó és az anyag rugalmas jellemzőitől függ.

Ultrahangos vizsgálat hangsebesség

Anyag	Longitudinális hullám terjedési sebessége m/sec	Tranzverzális hullám sebessége
Ötvözetlen alumínium	6320	3120
Ötvözetlen kis karbontartalmú acél	5930	3230
Ausztenites acél	kb. 5800	
Lemezgrafitos öntöttvas	3500- 5300	
Gömbgrafitos öntöttvas	5300 - 5800	
Jég	4260	2560
Víz (20C°-os)	1483	
Levegő	333	

Ultrahangos vizsgálat

Alapfogalmak

- A hanghullámok esetében a frekvencia (f), a hullámhosszúság (λ) és terjedési sebesség (v) között összefüggés van.

$$v = \lambda \cdot f$$

A hullámhosszúság ismerete lényeges, mert **ultrahanggal csak $\lambda/2$ esetleg ideális esetben $\lambda/3$ nagyságú hibák mutathatók ki.**

Ultrahangos vizsgálat

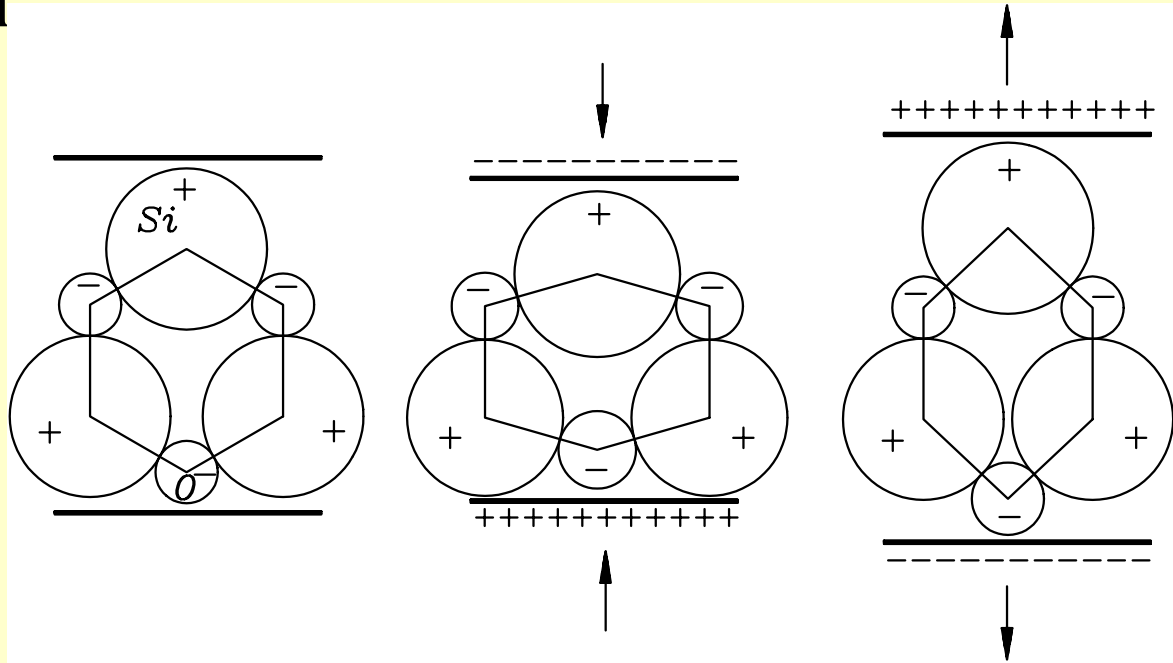
Alapfogalmak, az ultrahang előállítás

- Piesoelektromos

poláris tengellyel
rendelkező kristályból
meghatározott
irányban kivett lemez
pl. kvarc (SiO_2)

- elektrosztikciós

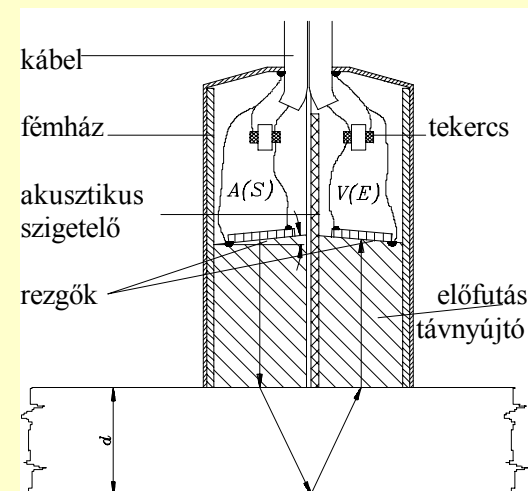
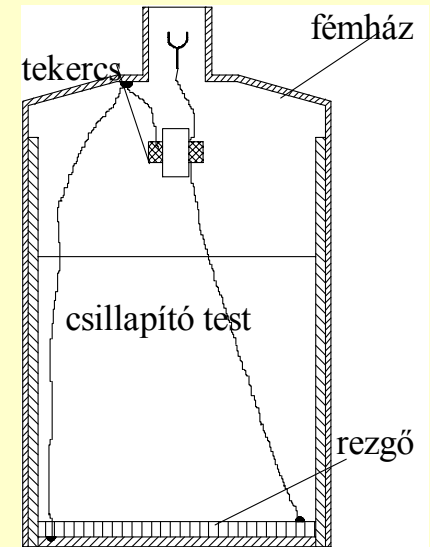
polikristályos
bariumtitanát,



Ultrahangos vizsgálat

Az ultrahang előállítás, vizsgáló fejek

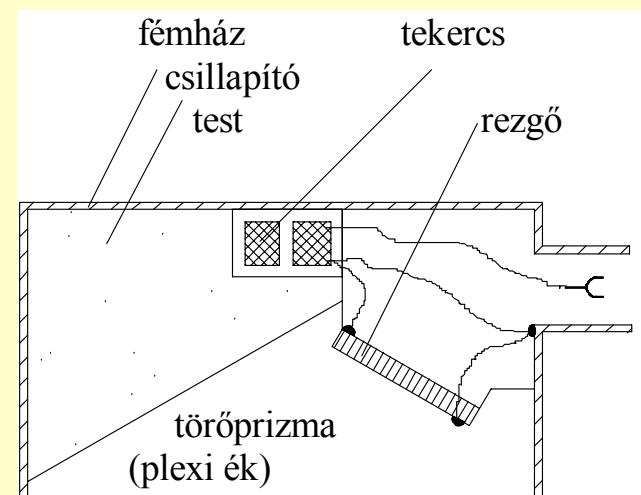
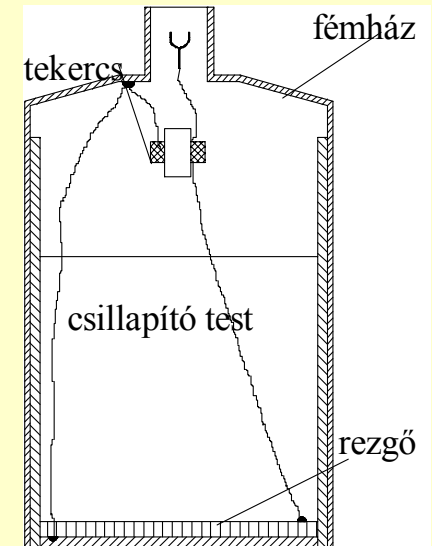
- A hanghullámokat előállító illetve érzékelő lemezkét az un. rezgőt a vizsgáló fej tartalmazza. A vizsgáló fejek szerkezetileg lehetnek közös adó - vevő fejek
- külön adó és vevő rezgőt tartalmazó adó - vevő (SE fejek)



Az ultrahang előállítás, vizsgáló fejek

A hangsugár kilépési szöge szerint:

- **normál vagy merőleges**
- **szögvizsgáló fejek**



Ultrahangos vizsgálat

Az ultrahang előállítás, vizsgáló fejek



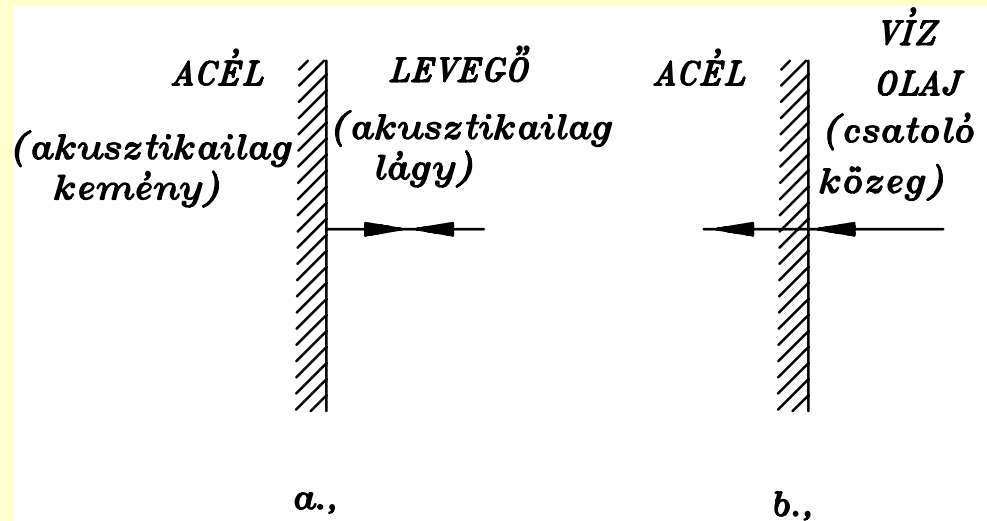
szögfej

Adó/vevő
S/E fej

Normál, merőleges

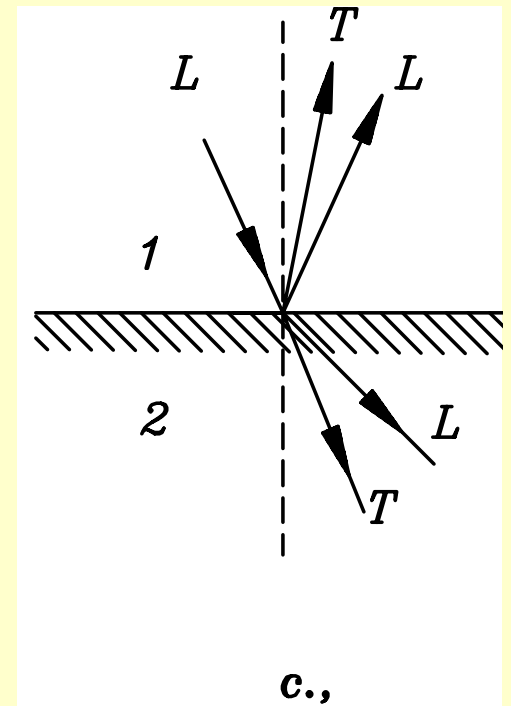
Az ultrahang viselkedése határfelületen **Merőleges beesés**

- az ultrahang 100%-ban visszaverődik az acélfelületről ha nem alkalmazunk **csatoló anyagot**.
- A csatoló közeg lehet víz, vagy olaj esetleg speciális paszta.



Az ultrahang viselkedése határfelületen **Ferde beesés**

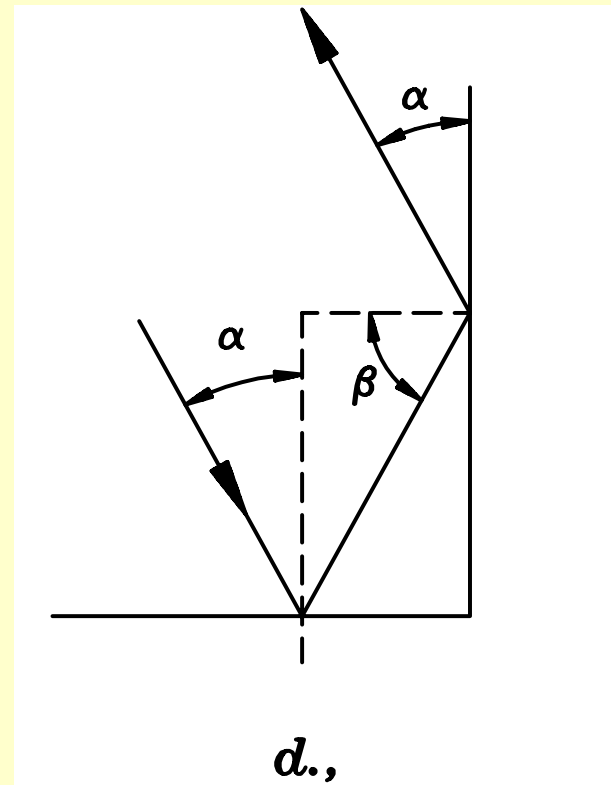
- visszaverődik a felületről, és ha a határfelület áteresztő, megtörik és felhasad.
- A felhasadás következtében a longitudinális hullám mellett tranzverzális hullámot is kapunk. A két hullámfajta eltérő sebessége miatt a beesési szöget úgy kell megválasztani, hogy csak az egyik, jelen esetben a tranzverzális hullám léphessen be a darabba.



Az ultrahang viselkedése határfelületen, derékszögű határfelület

- A hanghullámok derékszögű határfelület esetén önmagukkal párhuzamosan haladnak tovább.

Ez a merőleges szögtükör .



. Ultrahangos vizsgálati módszerek

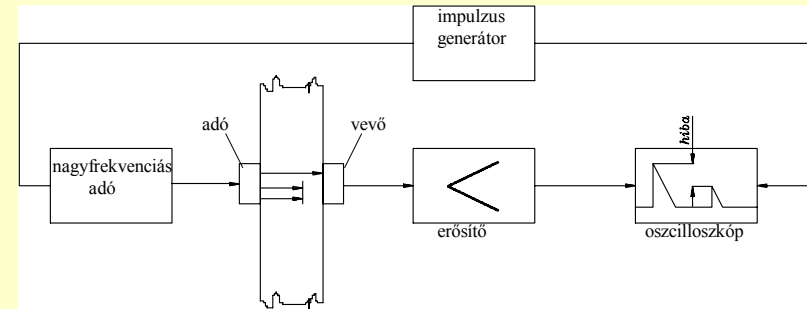
- 1. Hangátbocsátás elvén alapuló eljárás.**
- 2. Impulzus-visszhang módszer**

Ultrahangos vizsgálati módszerek

A hangátbocsátás elvén alapuló módszer

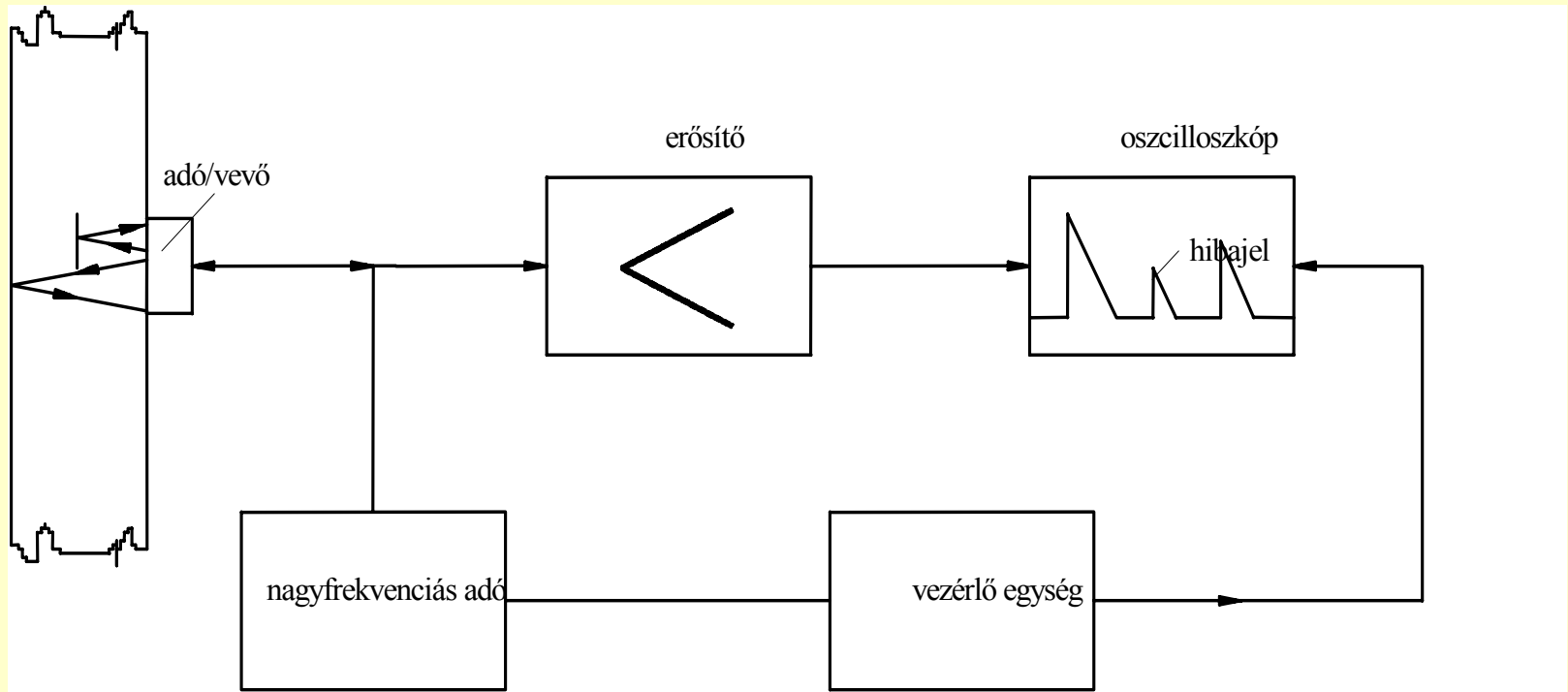
Alkalmazása: egymással párhuzamos lapú, vagy forgásfelületű darabok nagysorozatban végzett automatizált vizsgálatánál használják.

Jellemzője: nagyon érzékeny, de hátránya, hogy a hiba távolsága a felülettől nem határozható meg.



Ultrahangos vizsgálati módszerek

Impulzus visszhang módszer



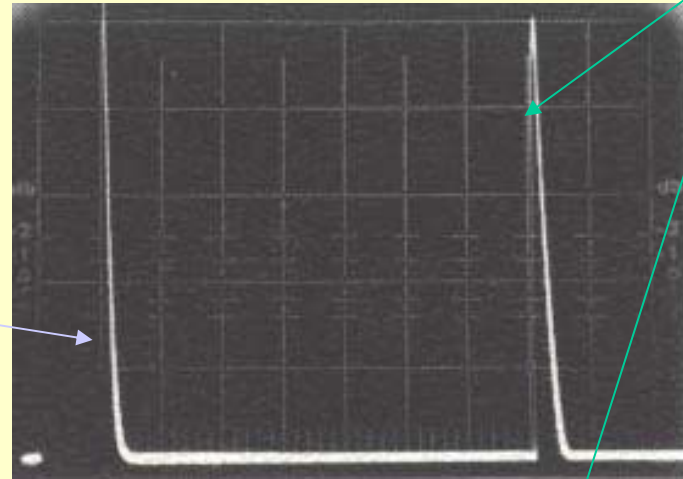
Ultrahangos vizsgálati módszerek

Impulzus visszhang módszer

Hátfalvisszhang

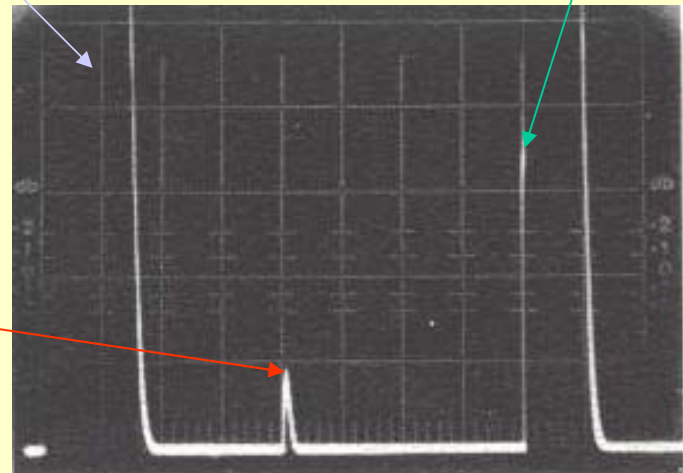
- Hibátlan darab
oszcilloszkópos képe

adójel



- Hibás darab
oszcilloszkópos képe

hibajel



Ultrahangos vizsgálati módszerek

Impulzus visszhang módszer jellemzői

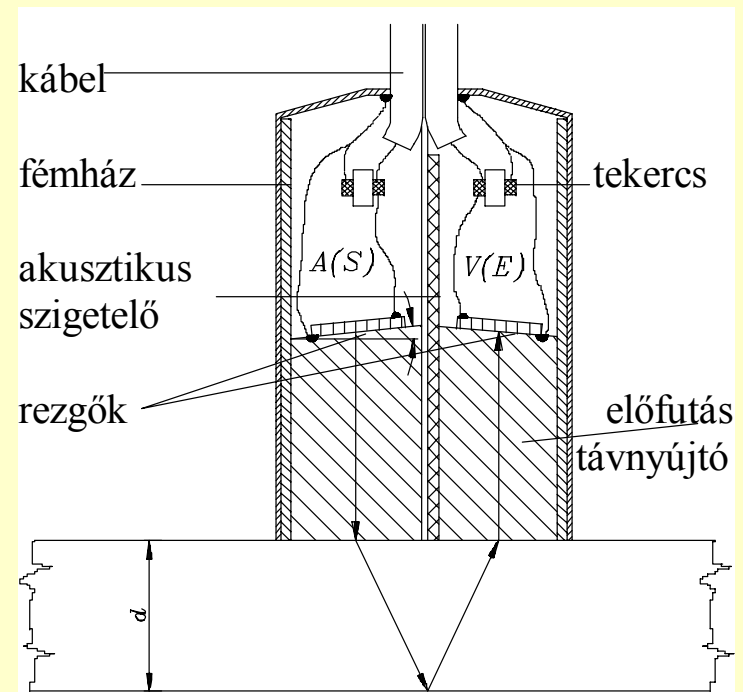
- Mivel az ultrahang terjedési sebessége az anyagban állandó, az oszcilloszkóp etalon darabbal való kalibrálása után a darab vastagsága és ha hiba van, annak helye meghatározható, az a monitorról leolvasható.
- Hátránya, hogy a felület közelében lévő hibák (kb. 20 mm, de függ az erősítéstől) nem mutathatók ki.

Ultrahangos vizsgálati módszerek

Impulzus visszhang módszer jellemzői

A felületközeleli hibák kimutatatása

A felületközeleli hibák kimutatatása problémának a megoldására dolgozták ki az adó-vevő (SE) fejeket, amelyekkel a felülettől akár 1 mm távolságban lévő hibák is kimutathatók.



Ultrahangos vizsgálat

A vizsgálatlaltal meg kell tudni határozni

Az eltérés (hiba)

👁️ **helyét**

👁️ **nagyságát**

👁️ **típusát**

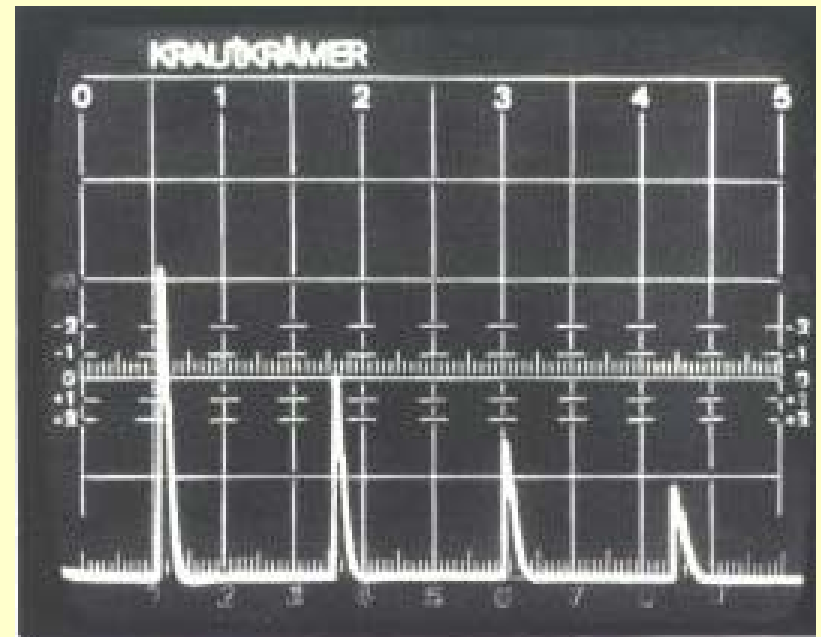
Ultrahangos vizsgálat

A hiba helyének meghatározása

az impulzus visszhang
módszerrel.

A helymeghatározás alapja a
"geometriai hitelesítés".

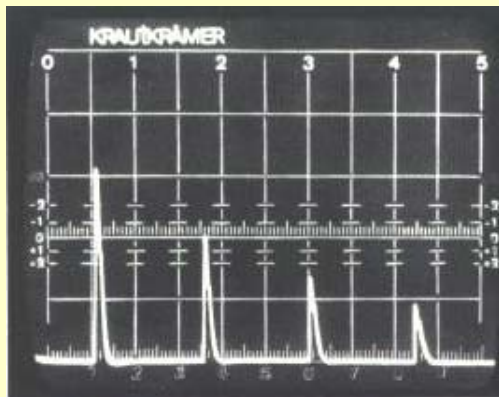
Erre a többszörös
visszhangokat használjuk
fel.



Ultraszagos vizsgálat

A hiba helyének meghatározása

- A visszhang jelek közötti távolság azonos, így alkalmas a kalibrálásra.
- A kalibrálásra szabványosított **etalonokat** használunk.



Ultrahangos vizsgálat

A hiba nagyságának meghatározása

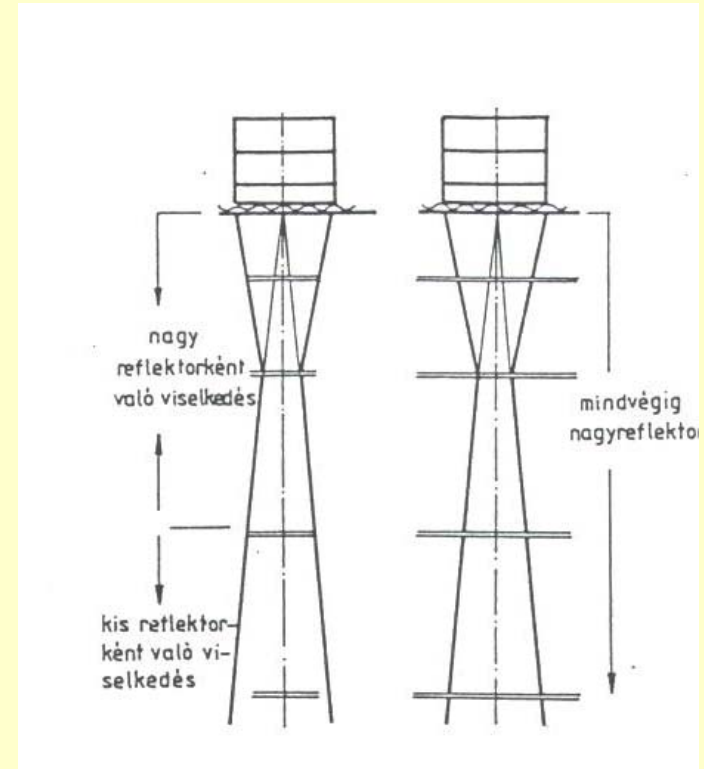
Csak **helyettesítő hibanagyságot!**

Ez a hangsugárra merőleges körtárcsa reflektor, amelyről a hang ugyanúgy verődik vissza, mint a vizsgált hibáról.

Az eltérés 20 %-ot is elérhet.

A meghatározás módja függ attól, hogy:

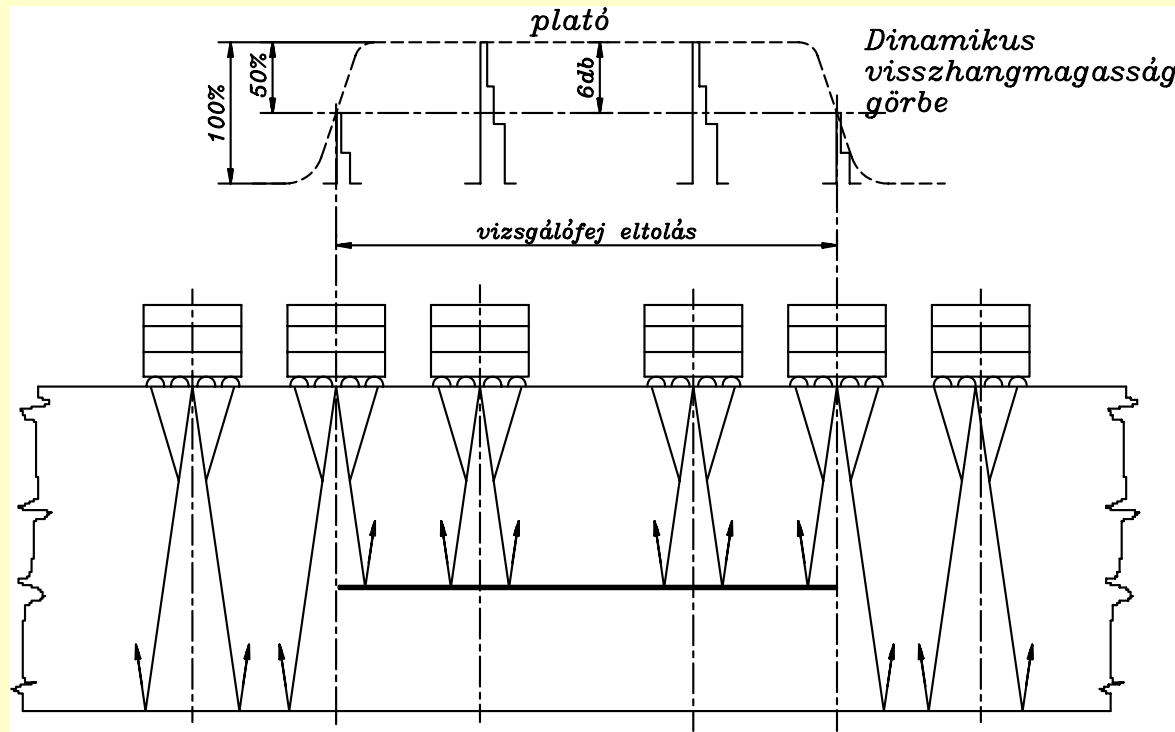
kisreflektor vagy nagyreflektor



Ultrahangos vizsgálat

Nagyreflektor nagyságának meghatározása

A hangnyalábnál nagyobb hibák nagysága a hiba "letapogatásával" határozható meg. (6 dB módszer)

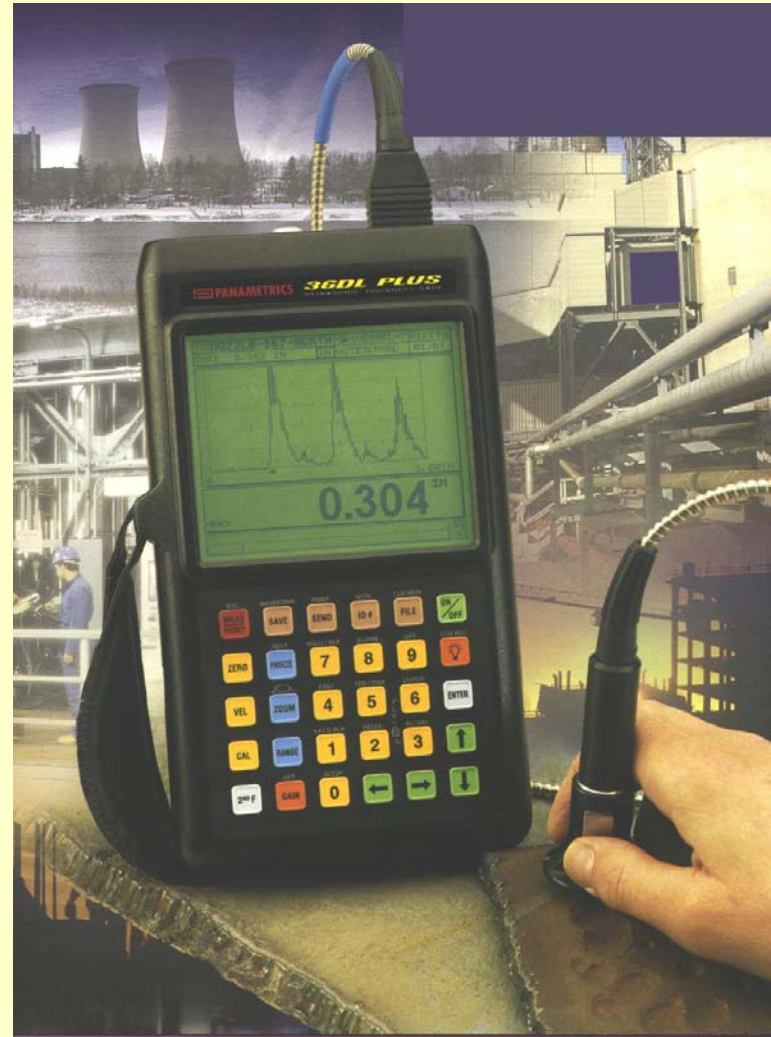


Ultrahangos vizsgálat

Nagyreflektor nagyságának meghatározása

Alkalmazása:

leggyakrabban a
hengerelt lemezek
rétegességének
vizsgálatára
alkalmazott módszer



Ultraszagos vizsgálat

Kisreflektor nagyságának meghatározása

Alkalmazása: elsősorban hegesztési varratok vizsgálatára a hibák nagyságát az ún. **AVG** (Abstand vom Prüfkopf, Versterkung dB és Grösse der Ersatzfehler) módszerrel határozhatjuk meg.

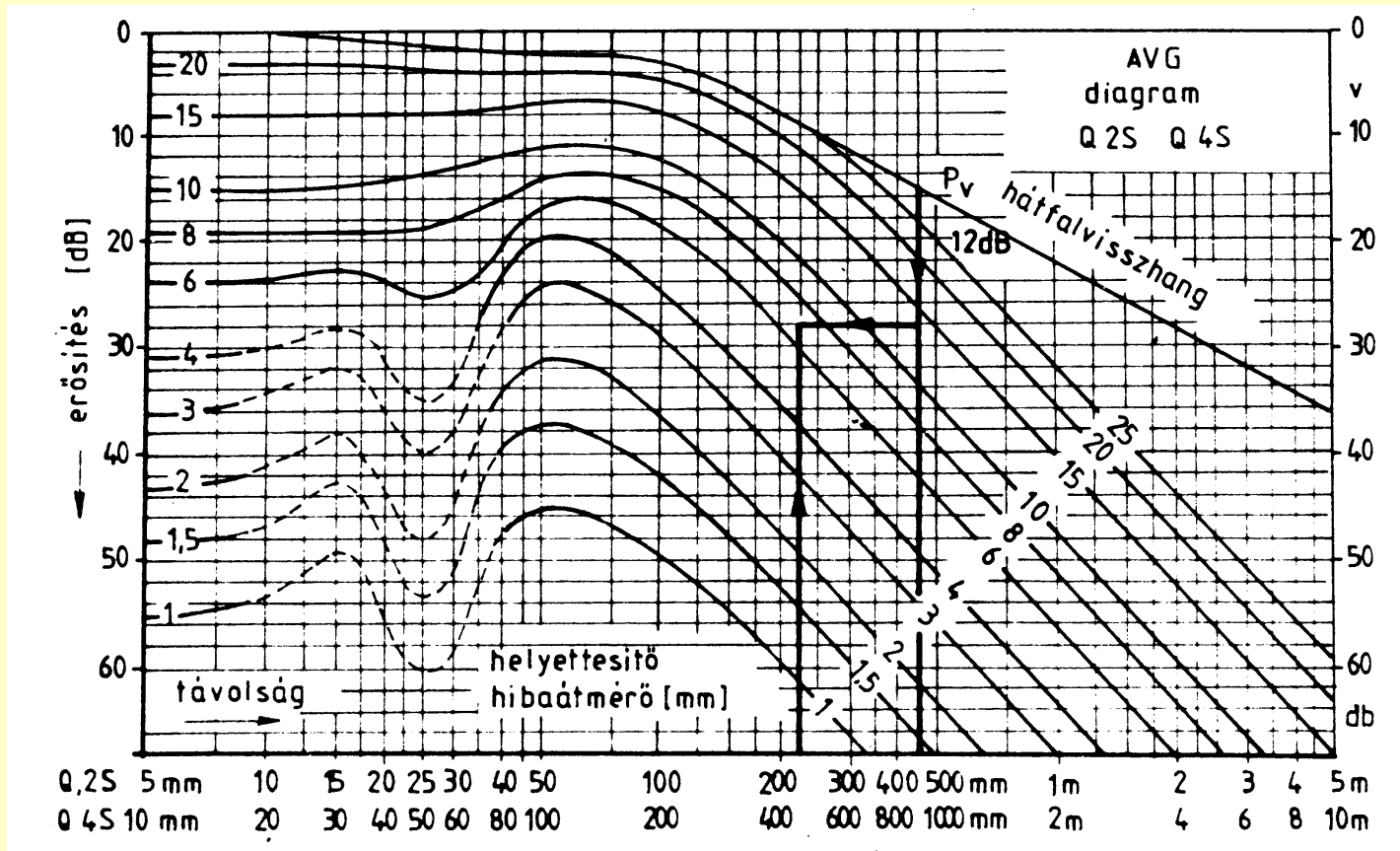
A módszer lényege:

a hiba felületéről visszaérkező visszhangjel magasságát összehasonlítja a hátfalról érkező visszhangjel magasságával és ebből megfelelő diagram az ún. AVG diagram segítségével a hibát helyettesítő hiba nagysága meghatározható.

Ultrahangos vizsgálat

Kisreflektor nagyságának meghatározása

AVG módszer

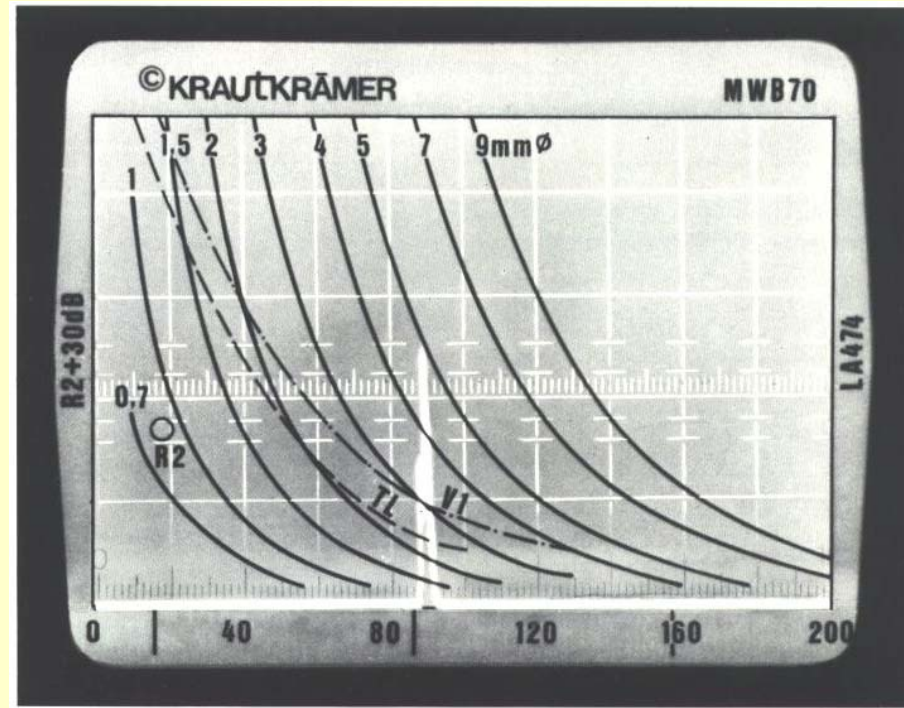


Ultrahangos vizsgálat

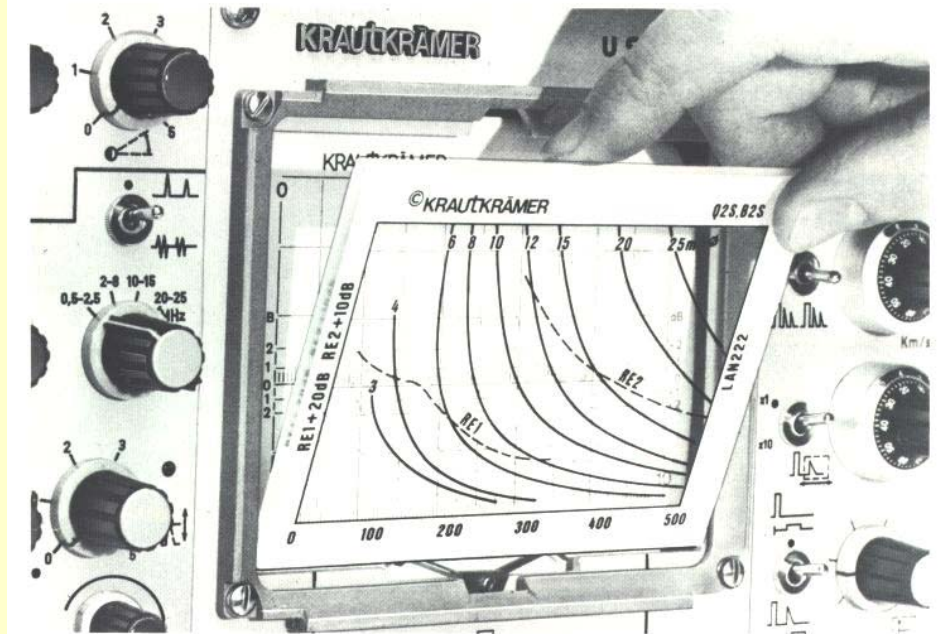
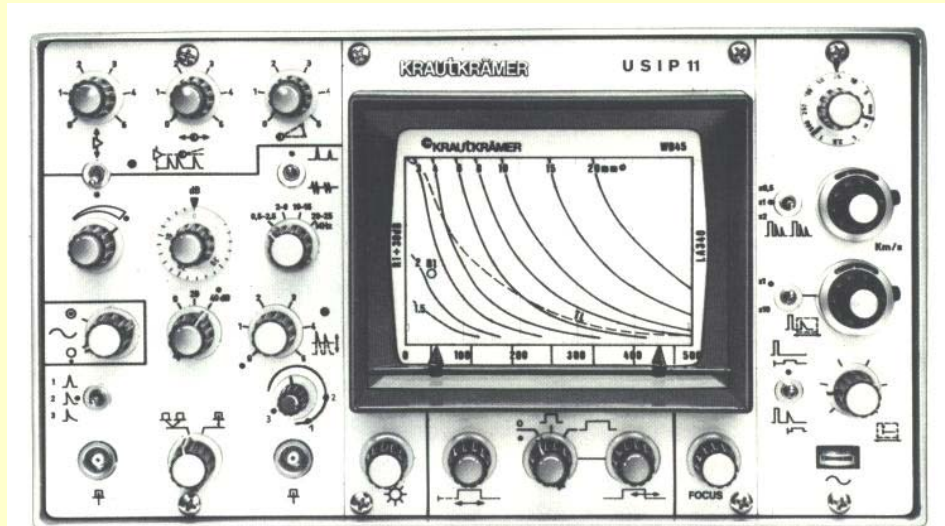
Kisreflektor nagyságának meghatározása

AVG módszer

- Lényegesen egyszerűbb az oszcilloszkóp ernyőjére helyezhető, kereskedelmi forgalomban kapható **AVG skálák**. Az AVG skála mindig egy adott vizsgáló fejhez tartozik és a távolság lineáris léptékben van.



*Ultrahangos
vizsgálat
Kisreflektor
nagyságának
meghatározása
AVG skála*



Ultrahangos vizsgálat

A hiba típusának meghatározása

- Nem határozható meg egyértelműen!
- Vannak bizonyos megfigyelések a hibajel alakja és a hiba közötti összefüggésről, de az nem elég megbízható!

Ultraszónos vizsgáló készülékek és alkalmazási példák

Falvastagság mérés,
rétegvastagság mérés
(többszörös visszhangok
elvén)



Ultrahangos alkalmazási példák

Falvastagság mérés



Ultraszagos alkalmazási példák

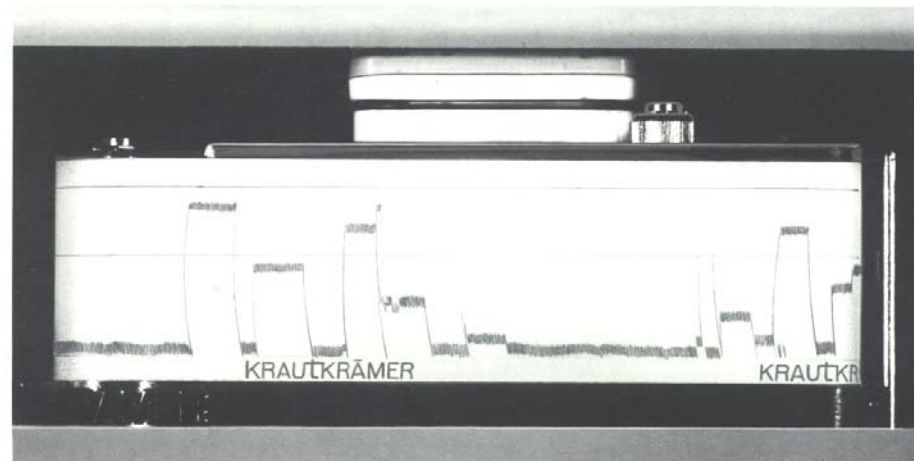
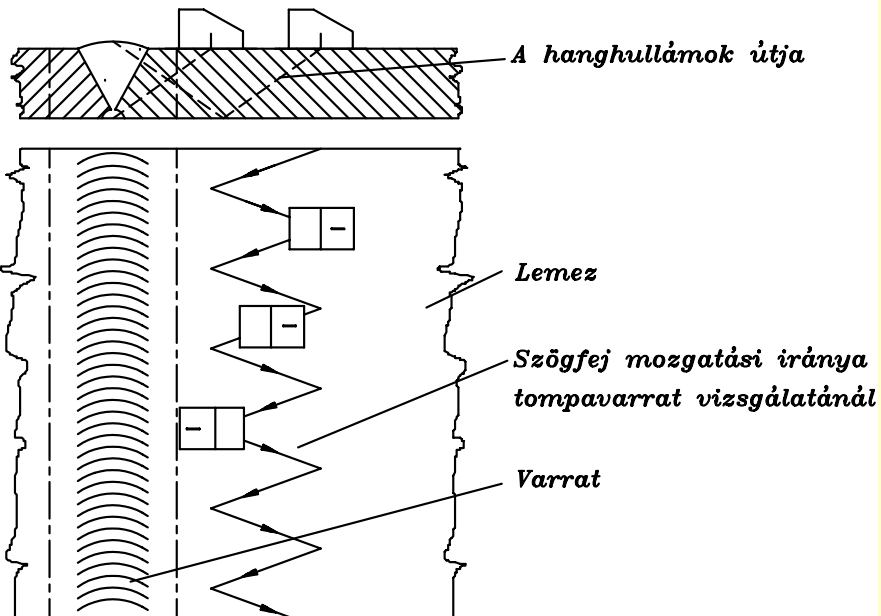
Jármű alkatrészek vizsgálata



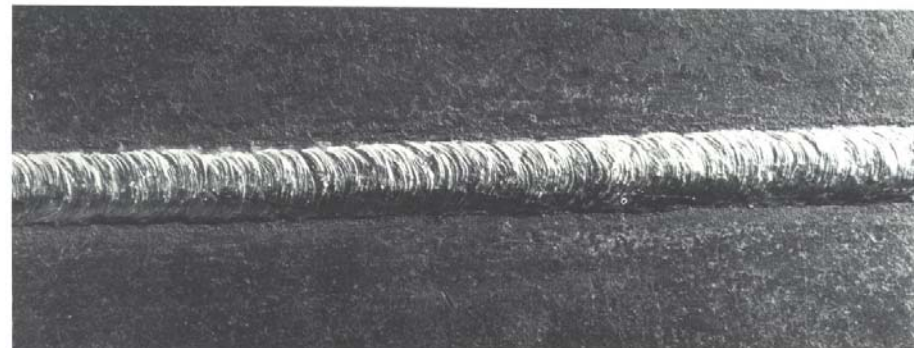
Ultrahangos alkalmazási példák

Hegesztett kötések vizsgálata

I. helyzet II. helyzet



Aufzeichnung von Fehlern in dieser Schweißnaht



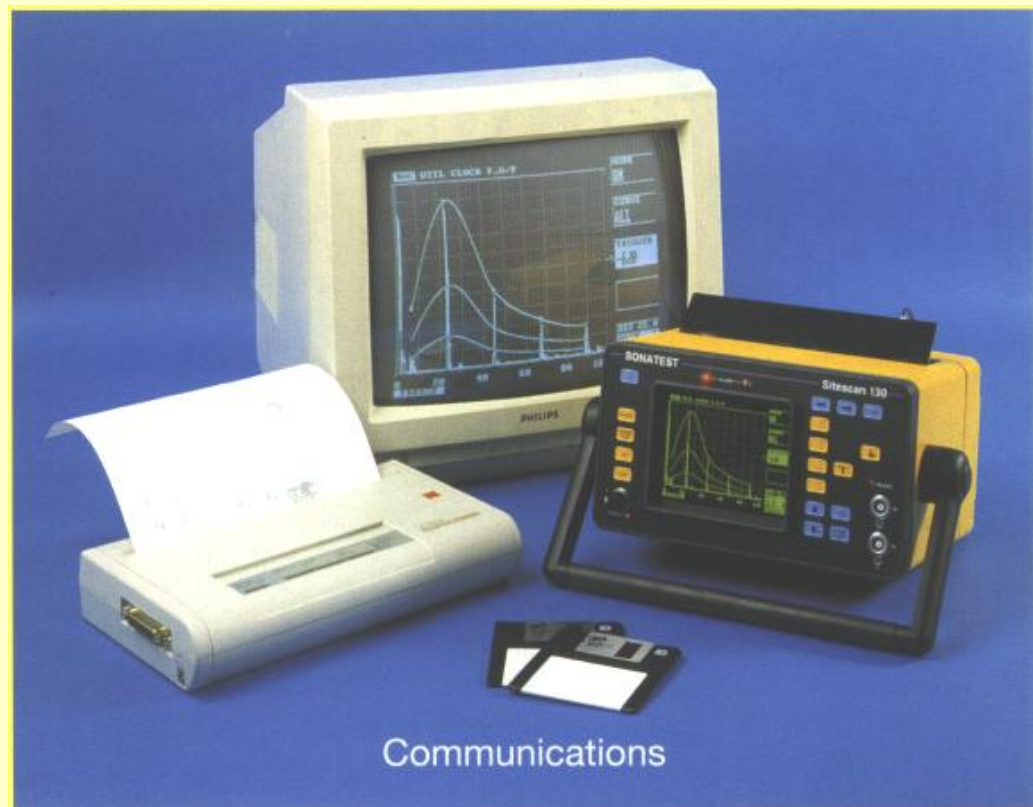
Ultrahangos keménységmérés



Ultrahangos vizsgálat

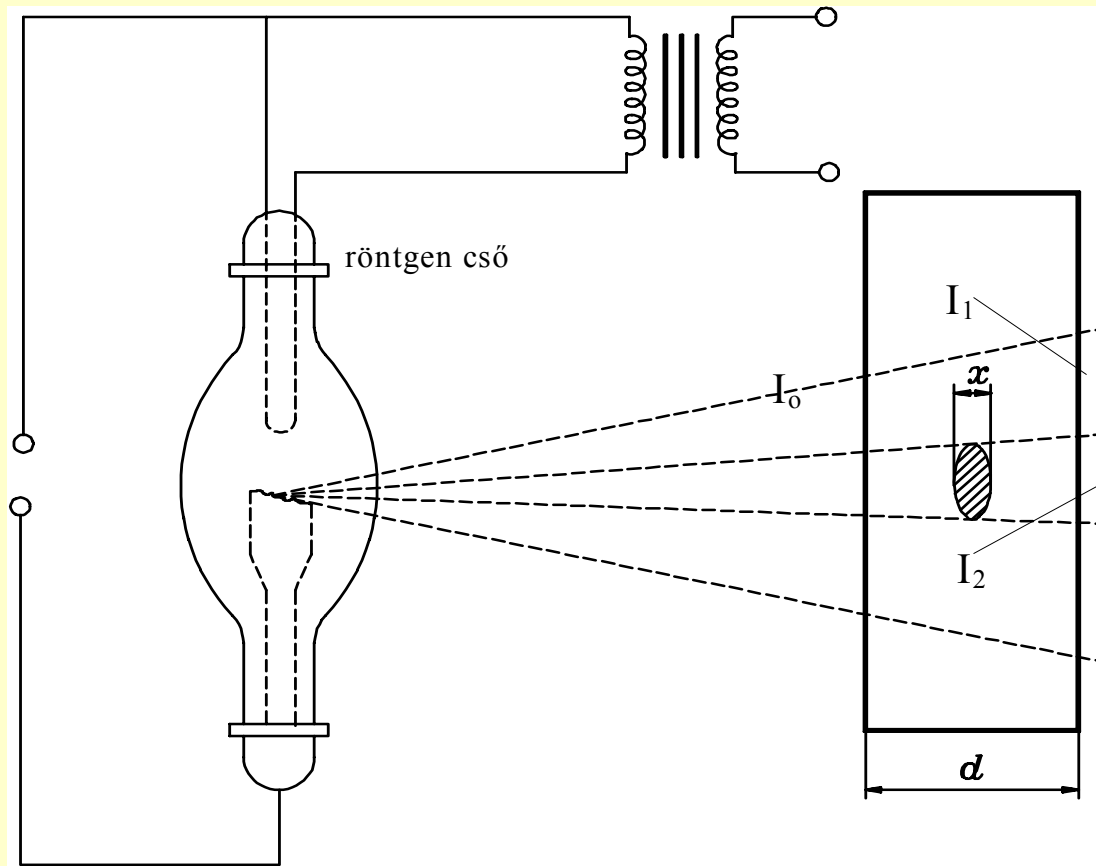
Dokumentálás

A legújabb készülékekkel lehetséges a vizsgálat összes adatát, beleértve az oscillogramot is, tárolni illetve igény esetén jegyzőkönyvként kinyomtatni.



Röntgen vizsgálat

Röntgen vizsgálat elve



$$I_1 = I_0 e^{-\mu_1 d}$$

$$\bar{\mu} = c \rho \lambda^3 z^3$$

$$I_2 = I_0 e^{-\mu(d-x)}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = e^{\mu x}$$

Röntgenvizsgálat

Az intenzitás különbség kimutatása

⇒fényképezéses eljárás

⇒átvilágító ernyő használata

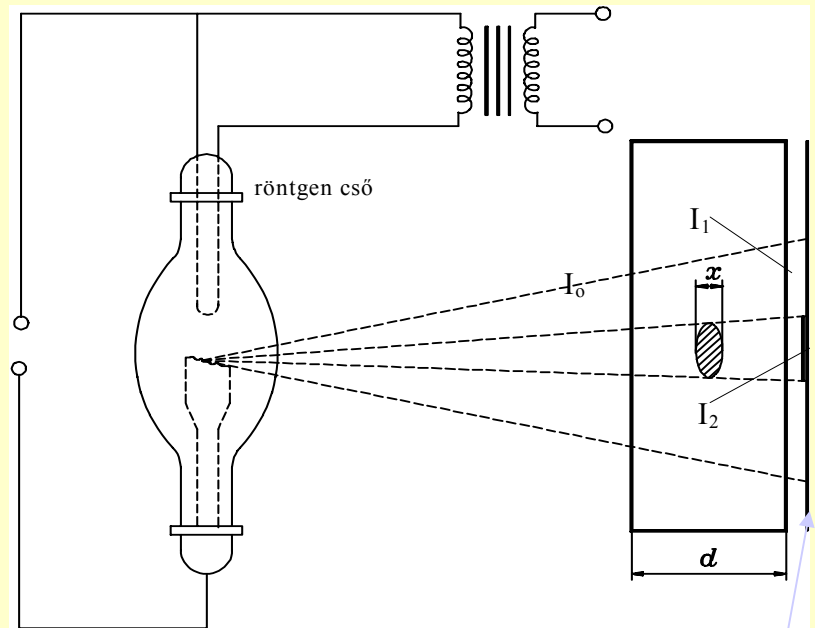
⇒műszeres hibakimutatás

Röntgen vizsgálat Fényképezéses eljárás

Ahol a filmet erősebb sugárzás éri, az előhívás és fixálás után feketébb lesz, mint a gyengébb sugárzásnak kitett részen.

A hiba tehát "sötétebb foltok" formájában lesz megfigyelhető.

Feketedés



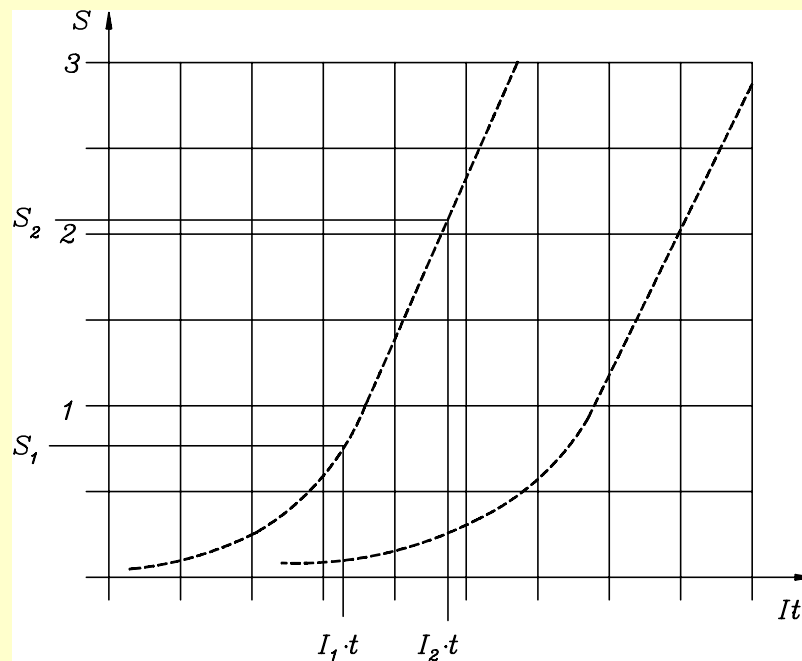
$$S = lg \frac{I_1}{I_2}$$

röntgenfilm

Röntgen vizsgálat

Fényképezéses eljárás, a film kiválasztása

kiválasztása a feketedési
vagy gradációs görbe
alapján történhet.

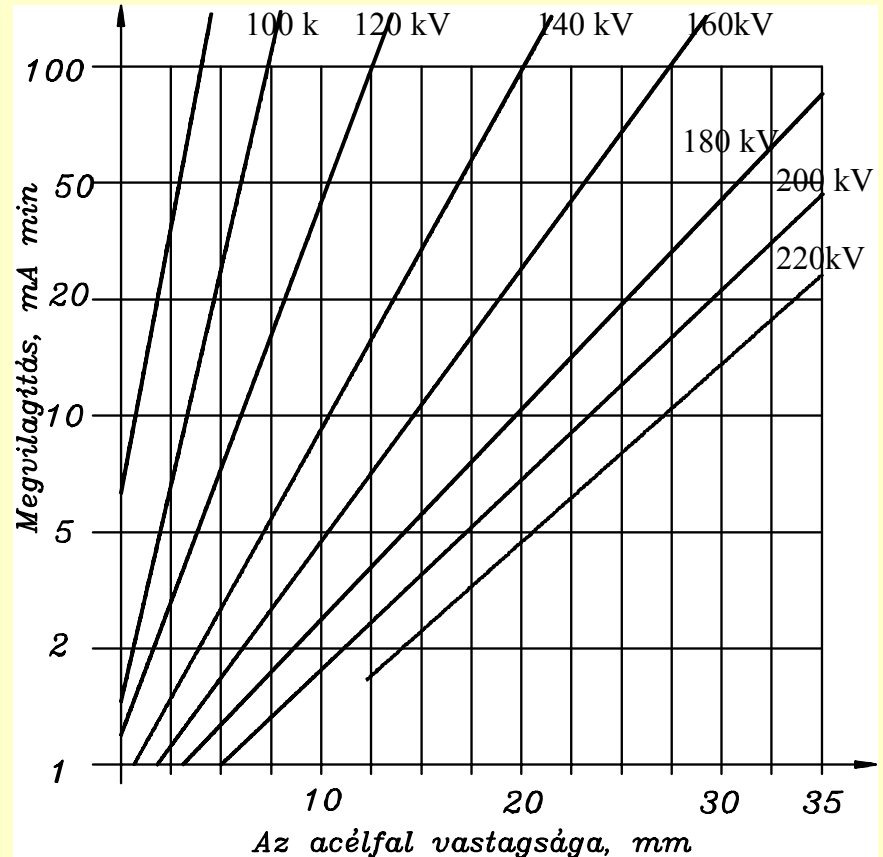


Röntgen vizsgálat

Fényképezéses eljárás, a felvétel elkészítéséhez szükséges paraméterek

A megvilágítási diagramok alapján:

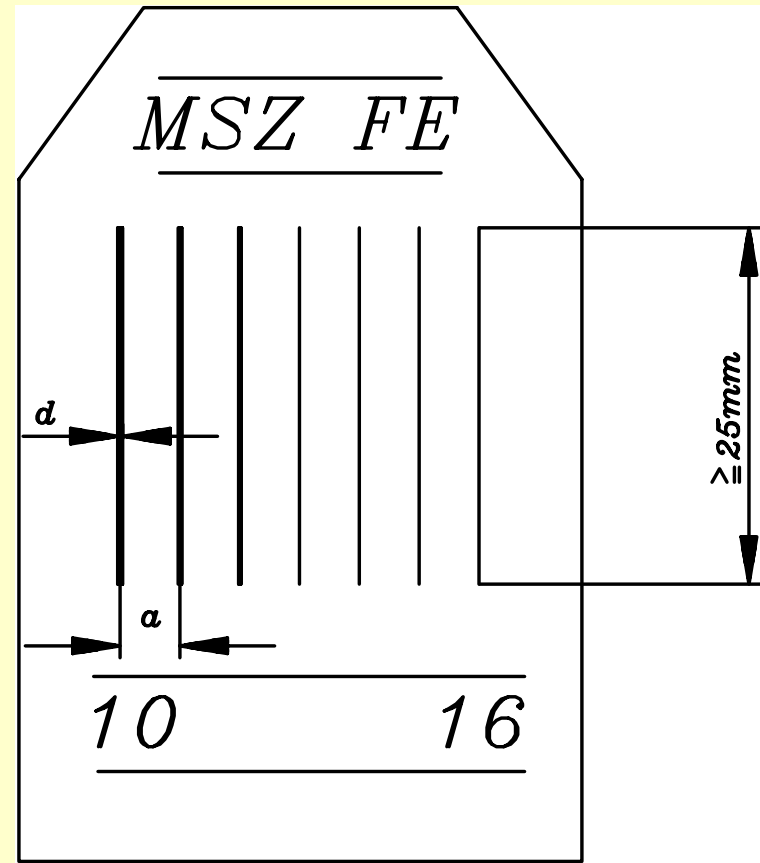
- ☞ a film minőségét,
- ☞ a csőfeszültséget,
- ☞ az anódáramot és
- ☞ a fókuszt-film távolságot.
- ☞ Expozíciós időt



Röntgen vizsgálat

Fényképezéses eljárás, a képjóság ellenőrzése

Etalonnal, amelyet a belépő sugár oldalára a darab és a film közé teszünk.



Röntgenvizsgálat,

A hibakimutatás érzékenységét befolyásoló tényezők

- A **külső vagy geometriai életlenség**, ami lényegében a nem pontszerű fókuszból származó árnyék miatt a hiba körül képződő árnyék. Csökkentése érdekében a filmet közvetlenül a darabra tesszük.
- A **belső életlenség** a film szemcsészetétől függ. A durvább szemcsészet kevésbé éles képet ad.

Röntgen vizsgálat

Fényképezéses eljárás, alkalmazás

Elsősorban

- hegesztett kötések, de lehet
- öntvények,
- csapágyak stb.



Röntgen vizsgálat

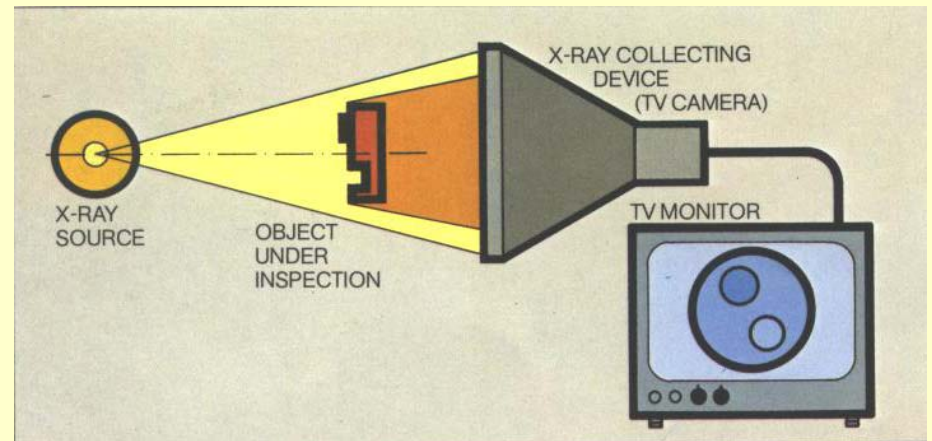
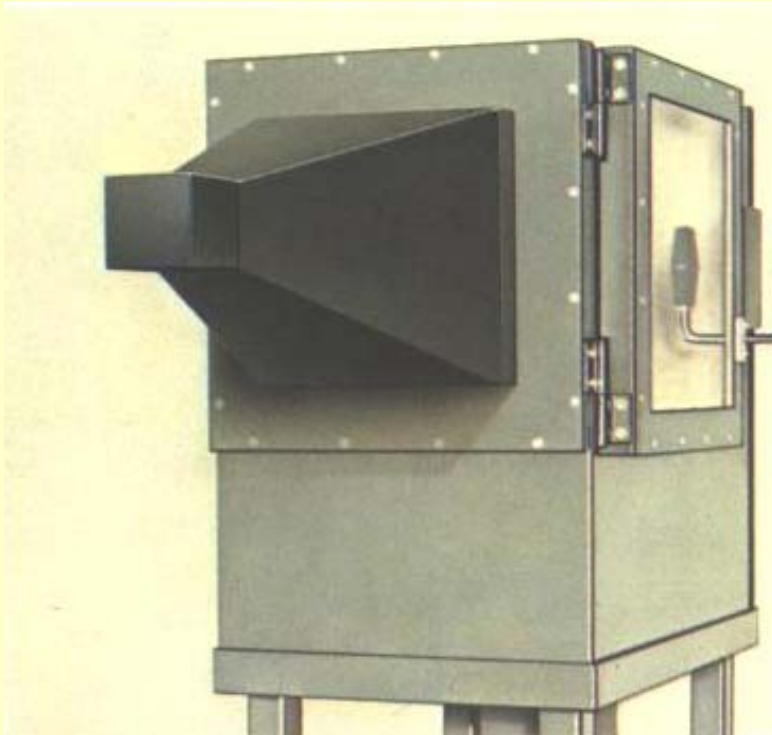
Átvilágító ernyő

cinkszulfid bevonattal ellátott ernyő.

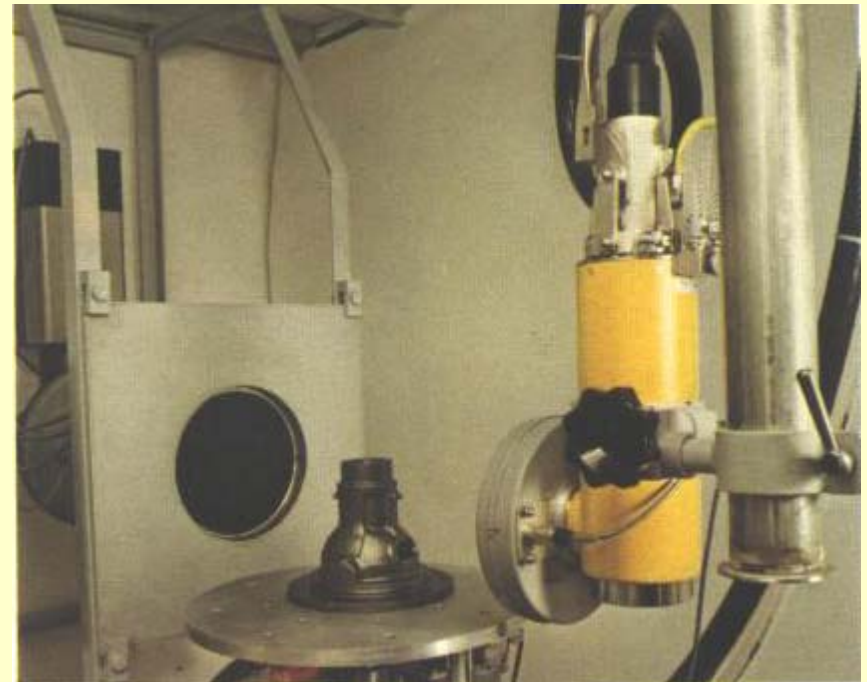
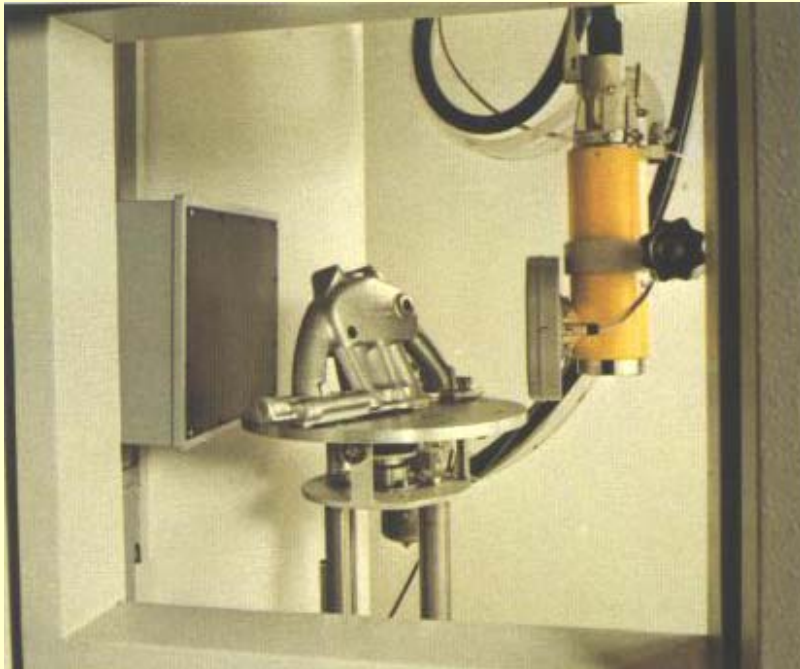
ahol a nagyobb intenzitású sugárzás éri az ernyőt (hibás rész) a szekunder sugárzás erősebb lesz, tehát a hiba "világosabb folt" formájában jelenik meg.

A vizsgálat kevésbé érzékeny, mint a fényképezés. Ez azzal magyarázható, hogy az ernyő nem helyezhető közvetlenül a darabra, tehát nagyobb a külső életlenség, de ugyanakkor mivel az ernyő szemcsézete is durvább, a belső életlenség is nagyobb.

Röntgenvizsgálat „Átvilágító ernyő”



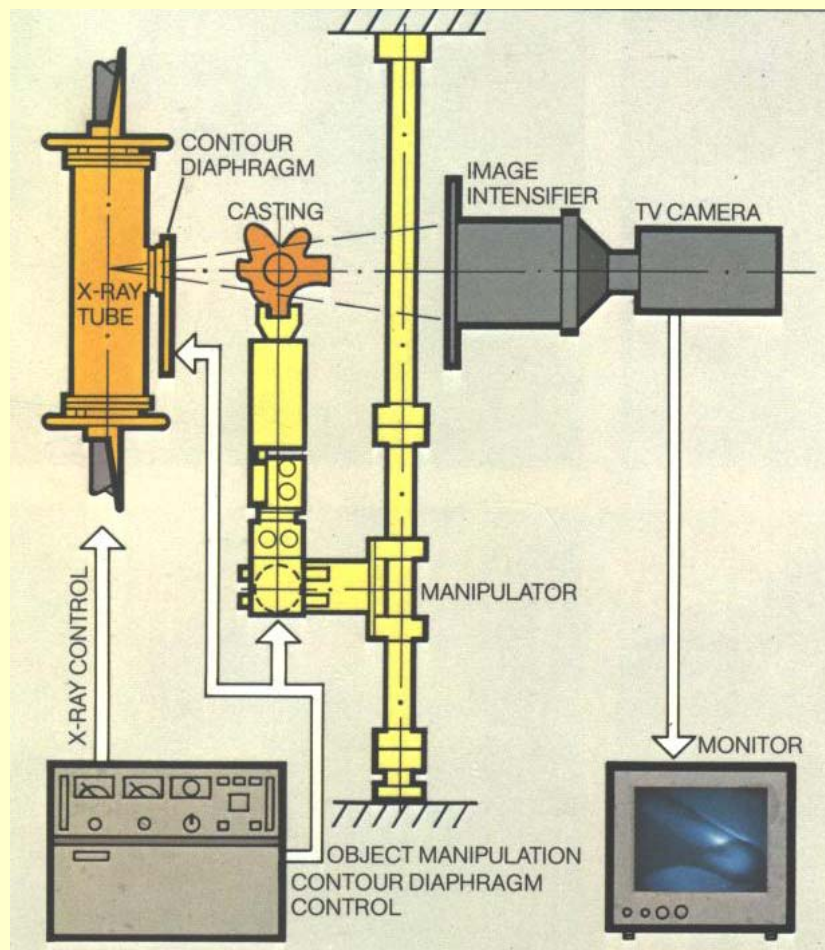
Röntgenvizsgálat „Átvilágító ernyő”



Röntgen vizsgálat

Röntgen képerősítő

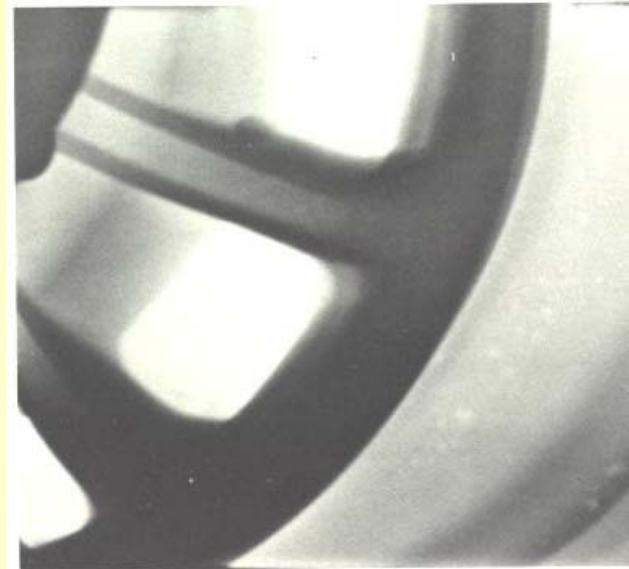
Az átvilágító ernyő kis fényerejéből adódó problémát szünteti meg az elektronikus képerősítő.



Röntgen vizsgálat

Röntgen képerősítő

képerősítőhöz kapcsolt TV rendszer, a több irányban mozgatható darabtartó asztal lehetővé teszi bonyolult alakú könnyűfém öntvények pl. keréktárcsák vagy műanyagok, szigetelő anyagok vizsgálatát.



Izotópos vizsgálat

A darabot γ sugárzó izotópokkal átvilágítjuk

Eltérések a röntgen vizsgálatától:

\Rightarrow az izotóp hullámhosszája adott, nem befolyásolható, ezért a hibakimutatás nem olyan jó, mint a röntgen esetében

\Rightarrow az izotóp folyton sugároz, intenzitása az idő függvényében csökken, (felezési idő)

Izotópos vizsgálat

Eltérések a röntgen vizsgálatától

- ⇒ az izotóp a tér minden irányába sugároz, tehát lehetővé teszi olyan felvételek elkészítését egyetlen lépésben, mint csövek körvarrata stb.,
- ⇒ az izotópok általában keményebb sugárzók, így vastagabb anyagot lehet velük átvilágítani, de mivel az intenzitásuk kisebb, mint a röntgensugárzásé, az expozíciós idő hosszabb.

Izotópos vizsgálat mesterséges izotópok

Megnevezés	Izotóp				
	Kobalt	Iridium	Tullium	Cézium	
Az izotóp tömegszáma	60	192	170	137	
Felezési idő	5,27 év	74 nap	129 nap	30,1 év	
Kémiai alak	fém	fém	Tm ₂ O ₃	CsCl	
Átsugározható falvastagság mm	acél	50 - 150	10 - 70	1,5 - 12,5	12,5 - 60
	könnyűfém	150 - 400	40 - 175	7 - 40	75 - 300

Az izotópokat elsősorban csövek, tartályok, kazánok hidak vizsgálatánál használják

Akusztikus emissziós vizsgálatok

- Az anyagok **repedése, törése hangjelenséggel jár.**
- A feszültség alatt lévő fémek is bocsátanak ki hangot, ha a hibahelyek környezete vagy szemcsehatárok egymáshoz viszonyítva elmozdulnak. Az **impulzusszerű hangkibocsátás jóval a látható deformáció előtt megindul**: a kibocsátott hanghullám frekvenciája 10 kHz és 1 MHz közé esik és az anyag felületén elhelyezett **piezoelektromos érzékelőkkel** felfogható.

Akusztikus emissziós vizsgálatok

Az akusztikus emisszió tehát olyan mechanikai hullám, amely az anyagban tárolt energia gyors felszabadulása során keletkezik.

Megkülönböztethetünk:

- egyedi hangkitöréseket ill.
- folyamatos akusztikus emissziós jeleket.

Akusztikus emissziós vizsgálatok

Akusztikus emisszió jön létre:

- ⇒ a diszlokációk elmozdulásának hatására (bár ez nagyon kis hangkibocsátással jár),
- ⇒ fázisátalakulások pl. martenzites átalakulás során,
- ⇒ repedés kialakulása vagy terjedése során.

Akusztikus emissziós vizsgálatok

Alkalmazás

- a terhelés alatt lévő szerkezetek vizsgálatával, a felületen egyidejűleg több érzékelő elhelyezésével annak megállapítására, hogy mikor és hol keletkezik az anyagban repedés illetve, hogy a repedés terjed-e
- csővezetékek vagy tartályok szivárgásmérésére is a szivárgás helyének megállapítására
- ismételt igénybevételnek kitett nagyméretű szerkezetek pl. nyomástartó edények, reaktor tartályok folyamatos ellenőrzésére

Akusztikus emissziós vizsgálatok

Jellemzői, előnyei

- nem kell négyzetcentimétertől négyzetcentiméterre ellenőrizni a szerkezetet,
- nem kell felületet vagy mélységet vizsgálni, hogy a hibáról információt szerezzünk.
- Még nagyméretű objektumon is elég néhány vagy néhány tucat érzékelő, hogy a hanghullámokat érzékeljük és a forráshelyet azonosítsuk
- Vizsgálhatók olyan helyek is, amelyek a hagyományos módszerekkel nem ellenőrizhetők.
- olcsó, gyors, a vizsgálat üzem közben is végezhető

Akusztikus emissziós vizsgálatok

Jellemzői, hátránya

- a talált hiba jellegét, alakját, nagyságát nem lehet közvetlenül meghatározni. (Ezért a komplett állapotfelmérés érdekében sok esetben célszerű az akusztikus emissziós hibatérkép alapján röntgenvizsgálatot vagy ultrahang vizsgálatot végezni).
- jellegéből adódóan a **jel egyszeri**, nem reprodukálható.
- A mérésnél nagyon fontos a zaj-és zavaró jelek minél jobb kiszűrésére.