

Ultrahang vizsgálat – Úton a kézművességtől a *hightech* felé



Dr. Trampus Péter

40. Balatoni Ankét, Siófok, 2019. 11. 22.

Milyen környezetben élünk?

- **Legjelentősebb folyamatok**

- Globalizáció
- Technológia forradalma (Ipar 4.0)
- Digitalizáció (információs társadalom kialakulása)
Információs = kommunikáció által meghatározott

- **Jellemzői**

- A munkaeszköz forradalma és a kapcsolatteremtés (kommunikáció) forradalma találkozik
- Megszűnnek a térbeli és időbeli távolságok
- Átrendeződik az ipar → elektronika
- Sw / hw arány nő (70/30↑), tudástartalom nő
- Internet (IoT)
- Robotizáció (mesterséges intelligencia)

A roncsolásmentes vizsgálat fejlődésének általános irányai

- Specializálódás – vizsgálati feladathoz illesztés
- Technológiák / eljárások integrálása („új” eljárások)
- Érzékenység növekedése: „hiba” keresése helyett a „hiba” kialakulását megelőző állapot detektálása (PMMD)
- Gyártásban: *real-time* automatikus vizsgálat (cél: „hibamentesség”)
- Üzemelés közben: *on-line* monitorozás, *SHM* (cél: alkalmasság további üzemelésre, *FFS*)
- Modellelés és szimuláció
- 3D vizualizáció
- Gépi mély tanulás (*deep machine learning*)
- Képzés és vizsgáztatás digitális alapon

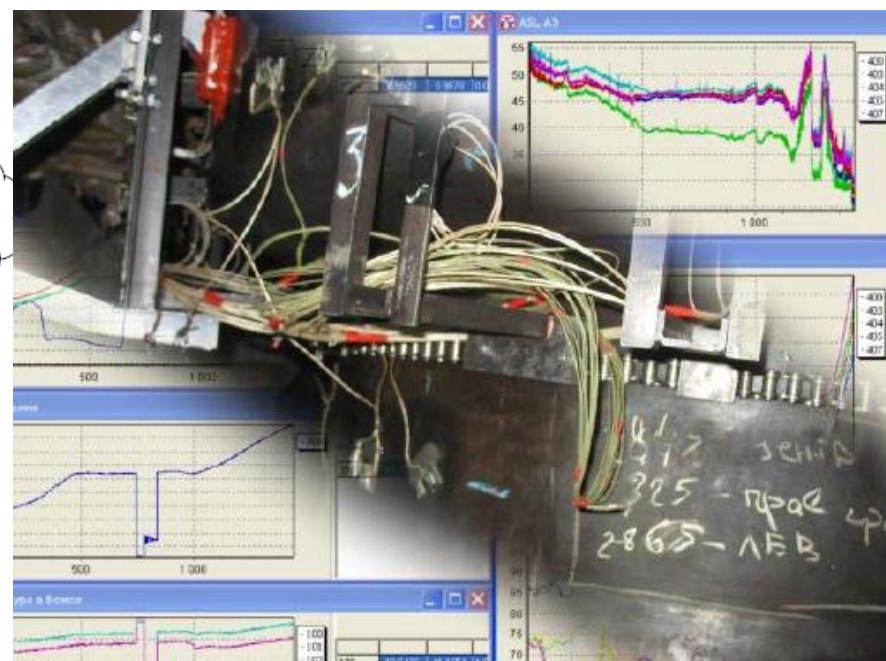
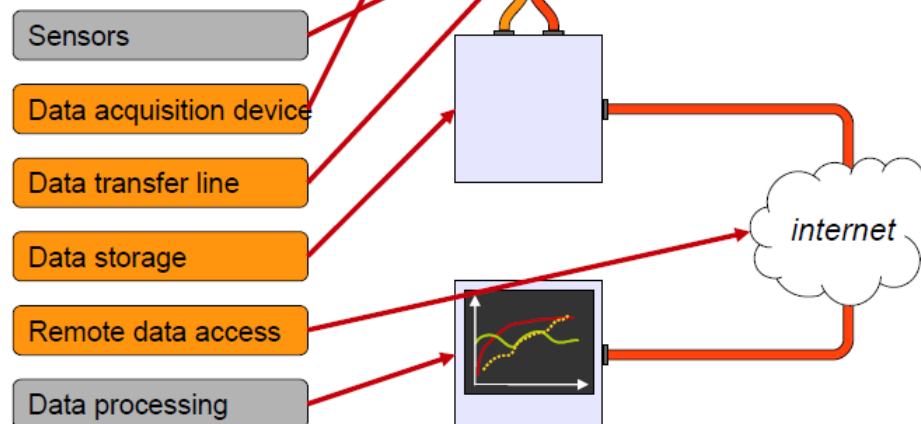
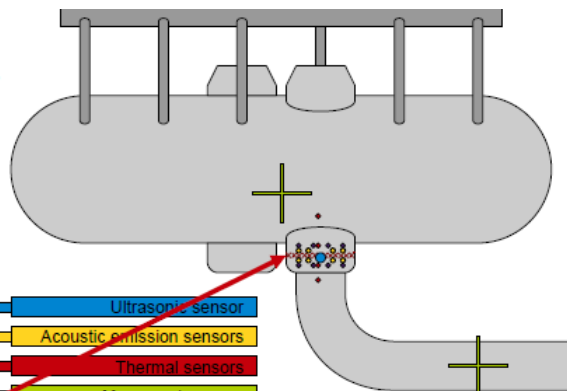
A vizsgálati folyamat integrálása



Vizsgálat tervezés, hangút számítás, manipulátor vezérlés, kalibrálás, adatgyűjtés, jelfeldolgozás, értékelés, jelentés készítés

On-line monitorozás, internet

Complex scheme of monitoring system

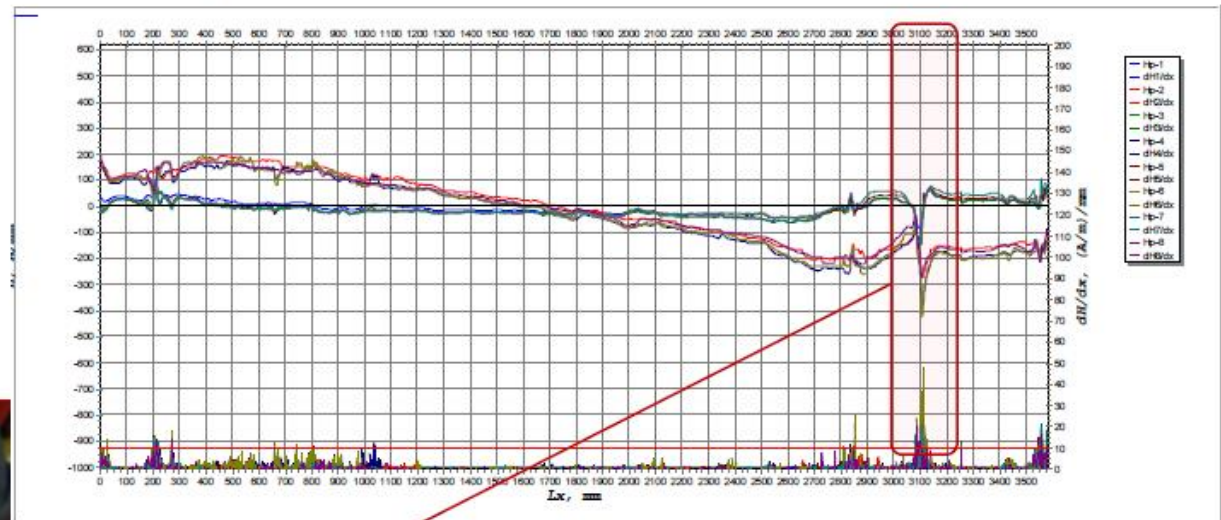
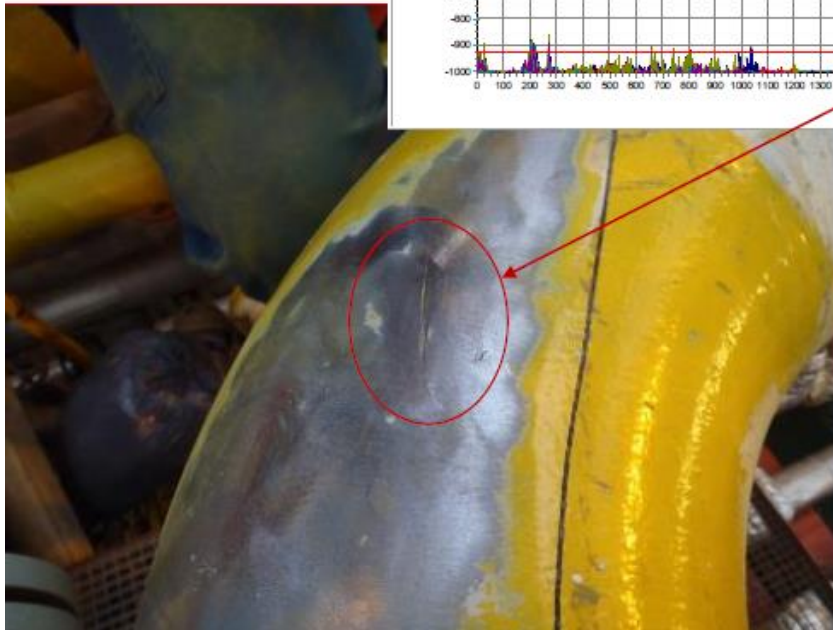


Feszültségkoncentrációs helyek detektálása

Fémek mágneses emlékezete (*Metal Magnetic Memory*)

8" gas pipeline - 4.4 bar, 50°C

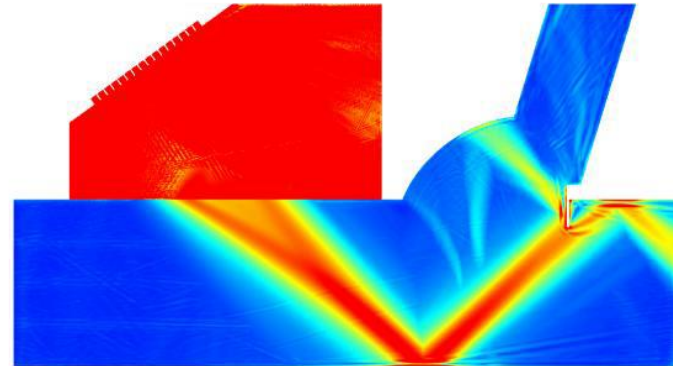
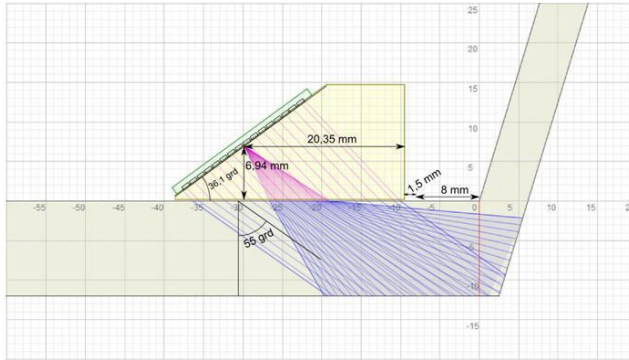
Visual inspection of the surface of the elbow with paint coating did not show irregularities



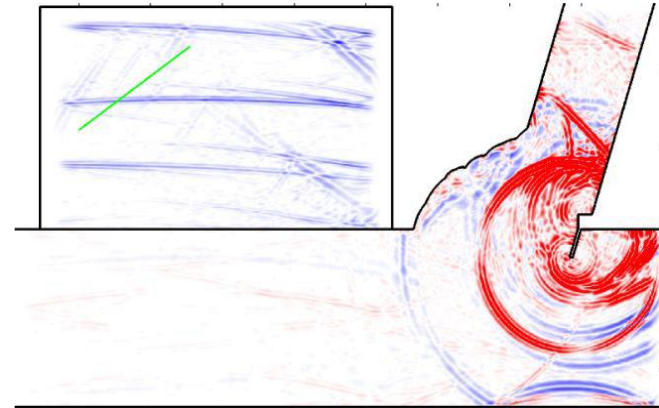
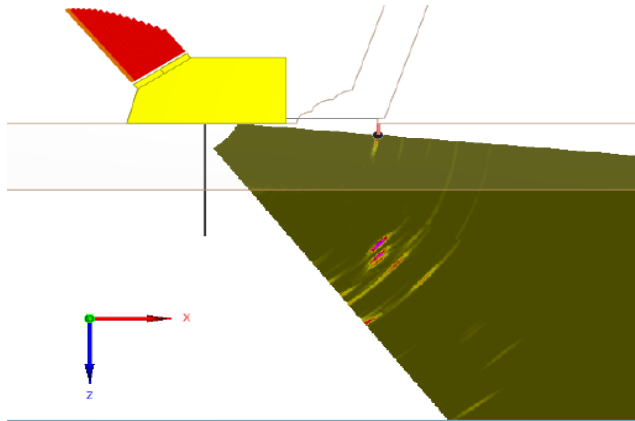
Upon the removal of the paint coating in the place indicated by MMM inspection, a scratch showed which most probably formed at the production stage

Modellezés és szimuláció (1)

- **Modellezés:** csak a hangnyaláb által lefedett tartomány



- **Szimuláció:** a folytonossági hiány válasza is

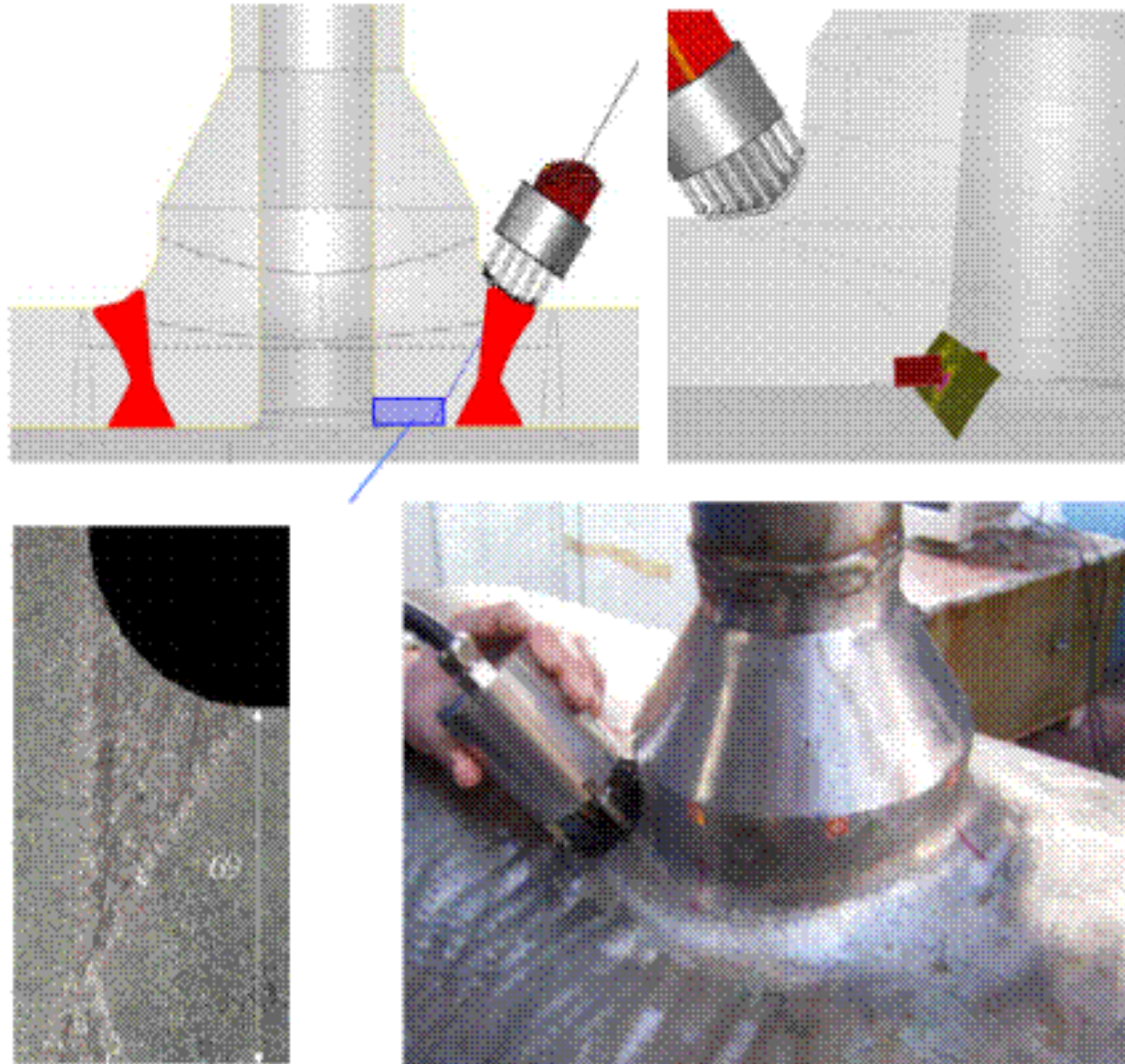


CIVA, UMASIS, PZFlex, Ultravision, ScanPlan,...

Modellezés és szimuláció (2)

Alkalmazás:

- Fázisvezérelt UT (PA UT)
- flexibilis („smart”) PA
- képzés
- vizsgálatminősítés
- értékelés



Tervező „virtuális” vizsgálata

Digitális vizsgálati utasítás

Alkalmazás:

- hitelesítés
- technológiai paraméterek beállítása
- vizsgálat
- ...



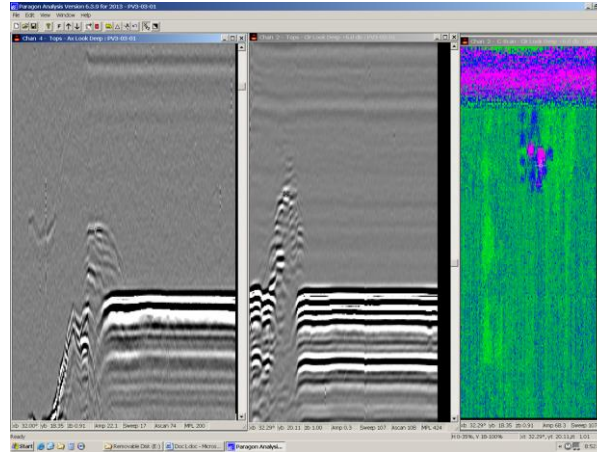
Gépi mély tanulás (Deep Machine Learning)

- **Nagy adattömeg** hatékony és gyors feldolgozását elvégző **algoritmusok**
- MI kell hozzá?

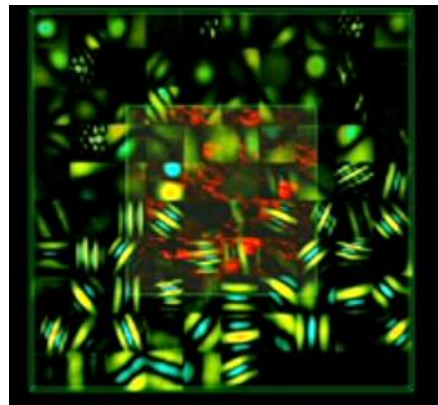
szuperszámítógép



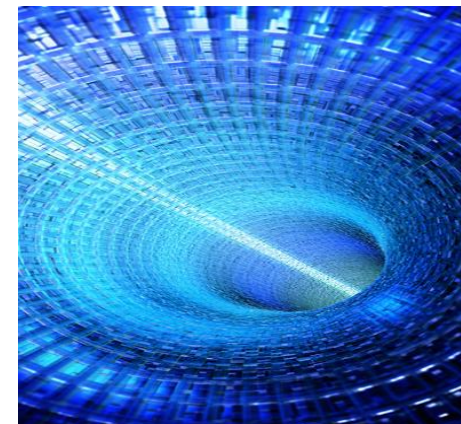
Információ több rétegben történő feldolgozása →
mesterséges intelligenciák



**UT adatok feldolgozása –
bármilyen eljárásból –
hiányok, zaj, nem megfelelő csatolás,
stb. azonosítása**



nagy adattömeg



Digitális vizsgáztatás

MAROVISZ:

- Személyes profil kialakítása a jelentkezőknek
- Online regisztráció
- Vizsgaidőpont tetszőlegesen választható
- Tablet alkalmazása



ASNT:



ASNT Exams ASNT NDT Level II, ASNT NDT Level III, ACCP Level II, and ACCP Professional Level III

ASNT has transitioned from paper and pencil to computer-based testing (CBT) for all of its certification exams. ASNT partnered with Pearson VUE to provide the best experience for our certification candidates.

ASNT's transition to CBT maintains and improves security and integrity of our certification examinations while making the examination process easier and more accessible. Candidates will now experience streamlined scheduling by having the option to schedule via phone or online 24/7 and a worldwide network of test centers including ASNT examination partners from which to choose.

A fejlődés útja (vizsgálat filozófia)

Kezdetek: **Non-Destructive Testing (NDT)**

- minőségellenőrzés eszköze (*Quality Control NDT, QC-NDT*)
- szabványok szerepe jelentős
- eredmény: megfelel / nem felel meg
- emberi tényező szerepe erős
- teljesítő képesség ismeretlen, mégis elfogadták (ok: jelentős tervezői biztonsági tartalék)

Később: **Non-Destructive Evaluation (NDE)**

- számszerűsített követelmények (*Quantitative NDE, QNDE*)
- tervezési módszerek változása (*safe life* → *damage tolerance*)
- fáradás- és töréselmélet fejlődése
- kockázatelemzés, állapotellenőrzés, élettartam gazdálkodás

Ma: **High tech**

„ember-számítógép” kapcsolat → „számítógép-környező világ” kapcsolat

UT készüléktechnika: a fejlődés útja (1)



1950



1960



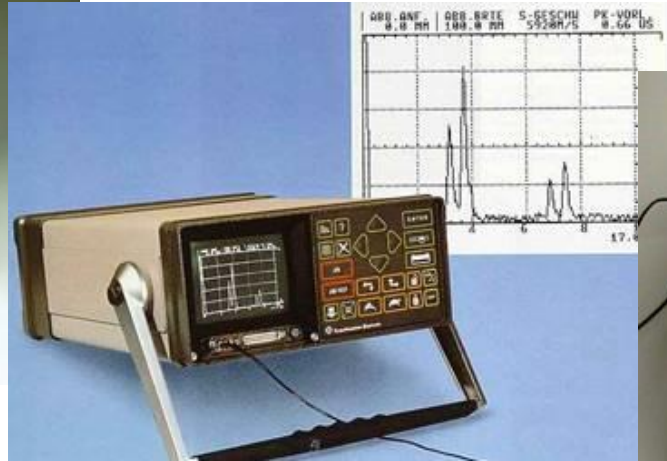
1970

Analóg készülékek

UT készüléktechnika: a fejlődés útja (2)



1983



1987



1999



2015



2015



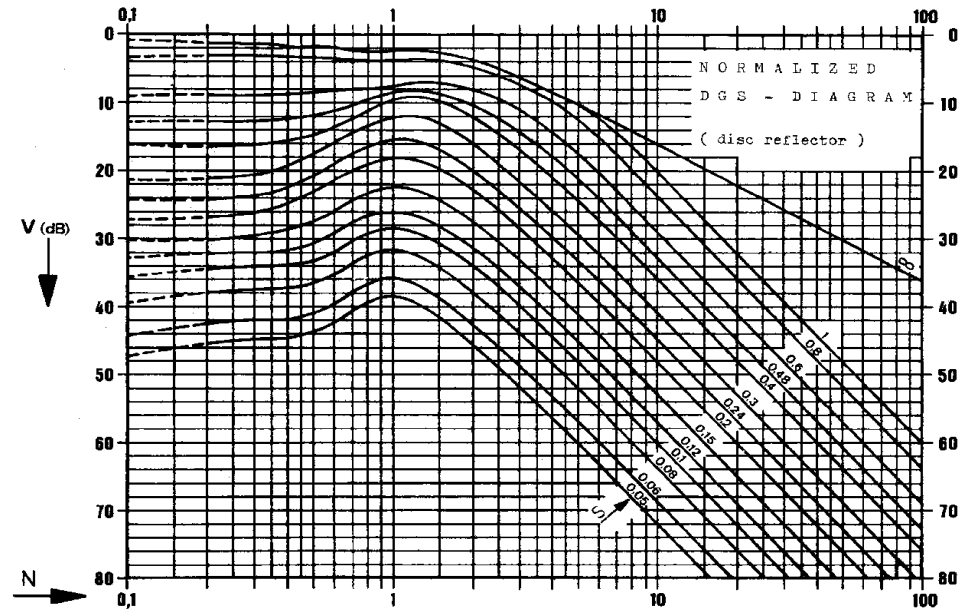
2017

Digitális korszak

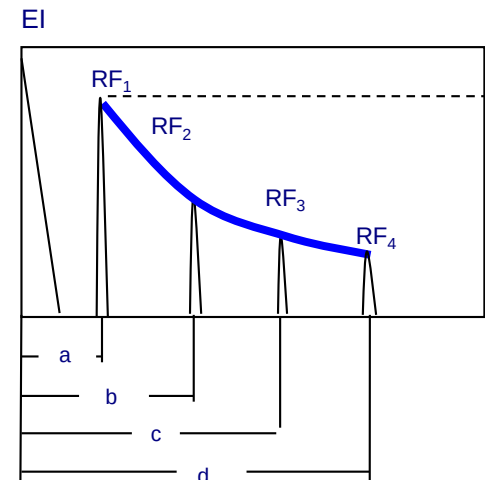
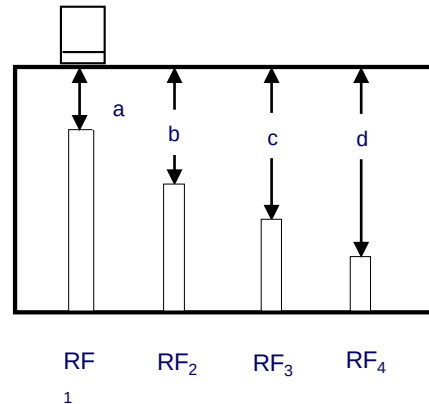
Értékelési módszer

Egyenértékű reflektorméret (KHF, KTR, horony) alapján

- TEN (DGS) diagram



- ÖRG (DAC)

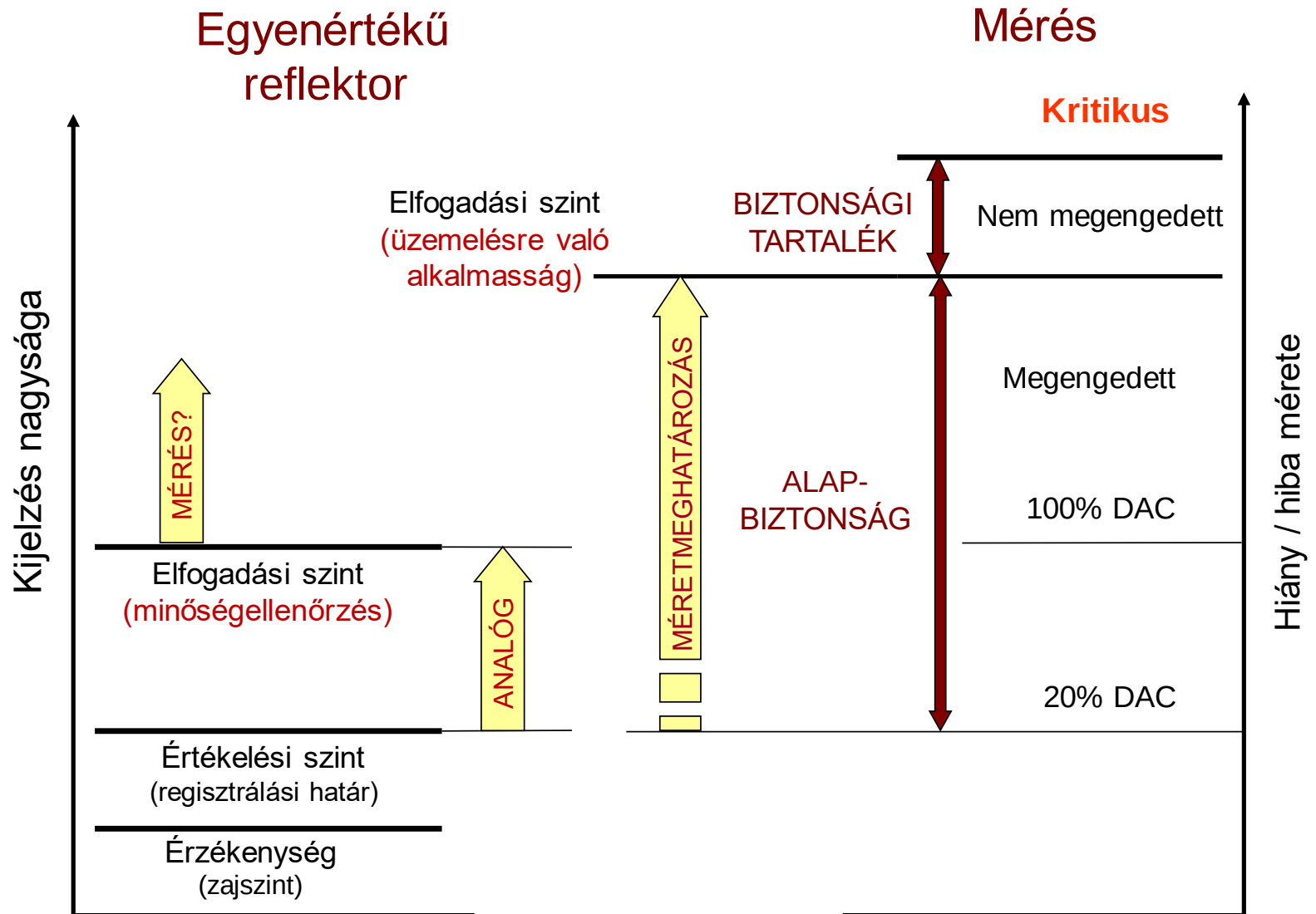


80 % AT

Hiány befoglaló méretének mérése

- mélység, hossz, orientáció

Eltérő elfogadási szintek összehasonlítása (?)



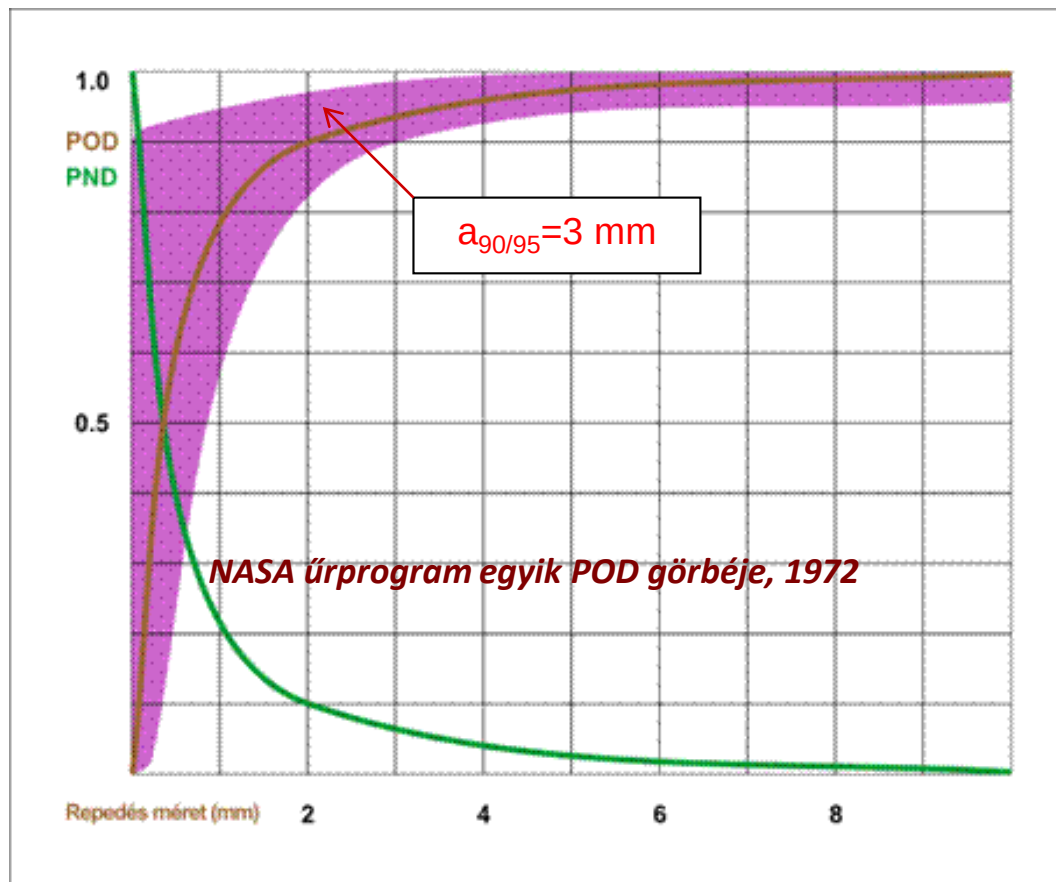
Vizsgálat megbízhatóság

Kvantitatív rmv (QNDT) terméke:

- POD (Probability of Detection) = detektált és összes hiány hányadosa a méret függvényében
- $PND = 1 - POD$

Rmv megbízhatóság:

- alkalmazhatóság
- teljesítőkéesség (POD)
- reprodukálhatóság (kalibrálás, stabilitás)

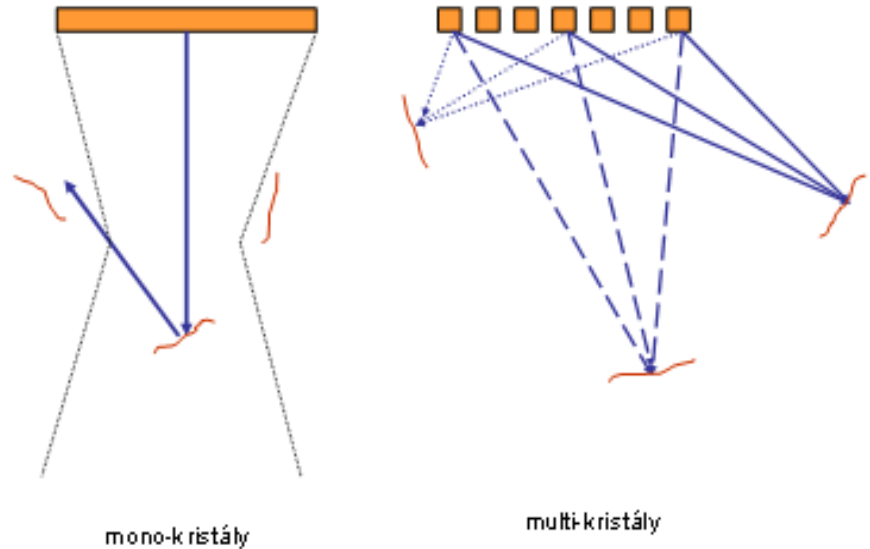


Vizsgálattechnika fejlődése (példák)

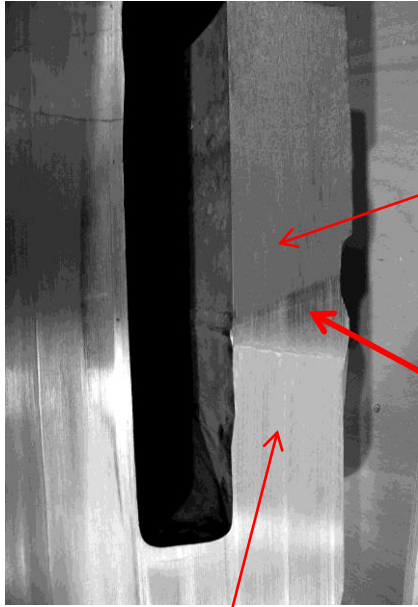
- Fázisvezérelt UT (PA UT)
- FMC – TFM
- Futásidő szóródás (*Time of Flight Diffraction, TOFD*)
- Vezetett hullámokkal végzett UT (*Guided Wave Testing, GWT*)
- Elektromágneses akusztikus fej (*Electro magnetic acoustic transducer, EMAT*)
- ...

Fázisvezérelt vizsgálat (*Phased array UT*)

- **Mono-kristály helyett multi-kristály (*array*)**
- **A kristály elemeket egyedileg vezérlik (*phased*)**
- Hullámfrontok interferálnak, és közös hullámfrontot hoznak létre
- Változtatható a hangnyaláb
 - szöge,
 - fókusztávolsága,
 - átmérője
- Érzékenység a különböző orientációjú repedésekre



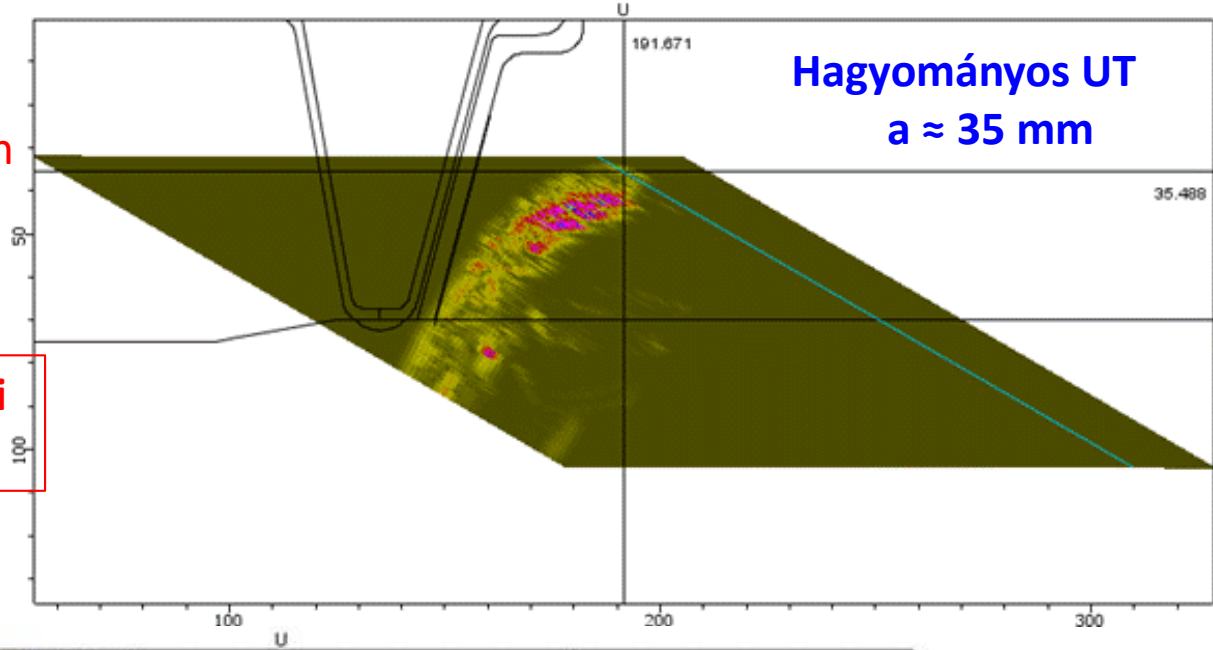
Fázisvezérelt vizsgálat (átmeneti varrat)



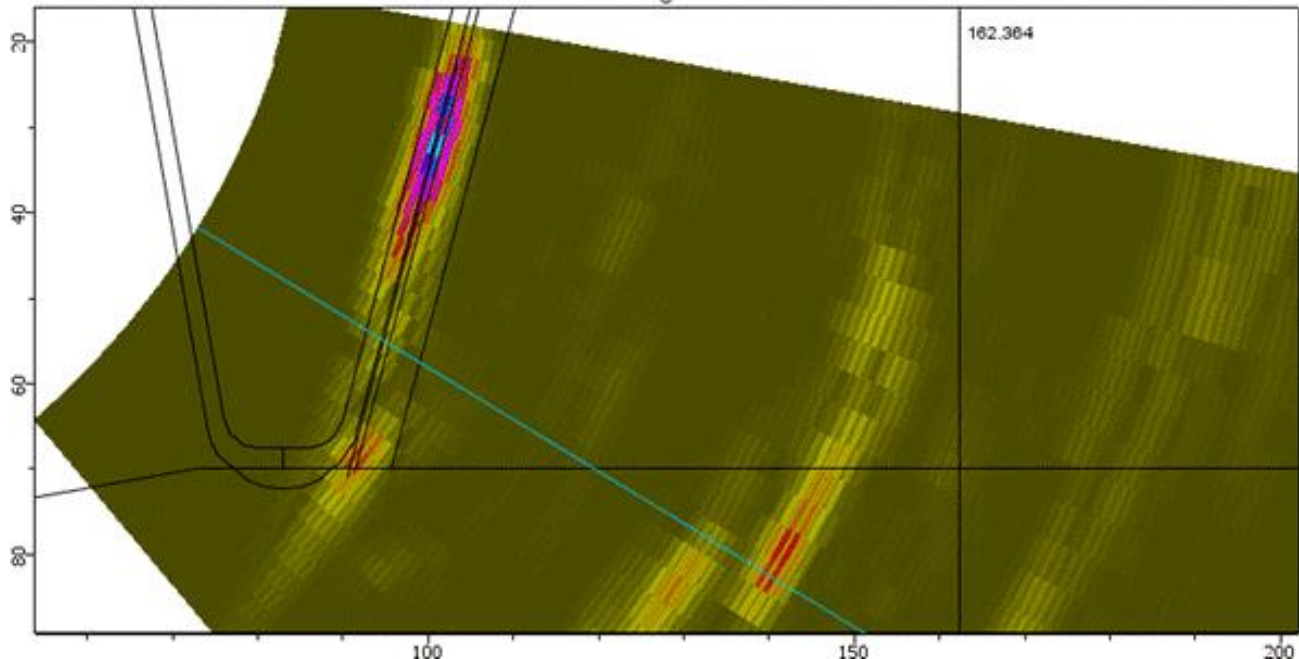
ötvezetlen
acél

átmeneti
varrat

korrozíóálló
acél



Hagyományos UT
a ≈ 35 mm



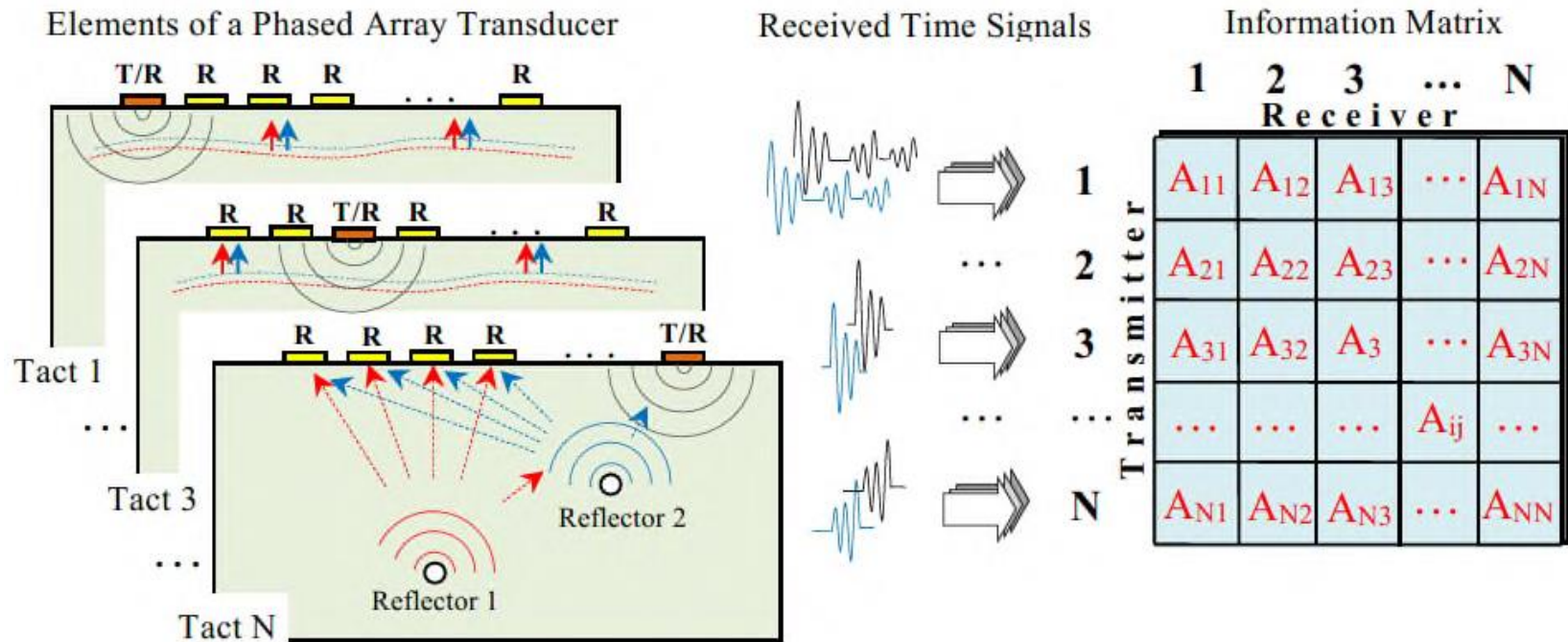
PA UT
a ≈ 49 mm

Ugyanaz
a hiány!

PA Full-Matrix-Capture (FCM)

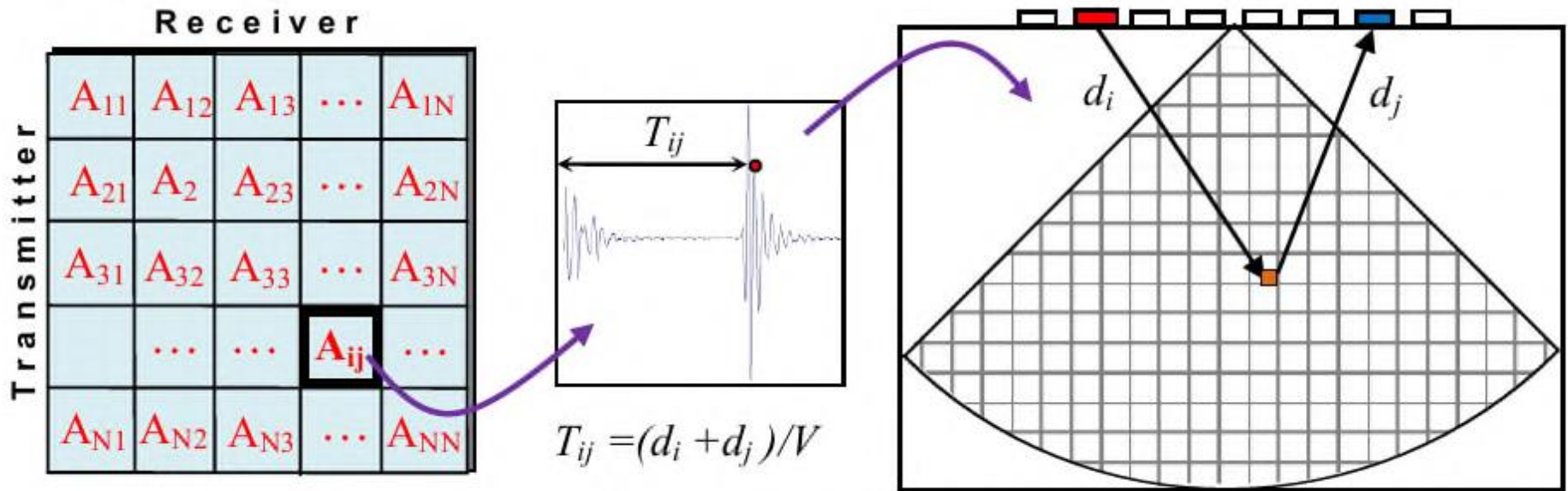
Az információs mátrix teljes kihasználása

- egymást követő ütemben ad a mátrix minden egyes eleme,
- minden elem vesz,
- N elem esetén: $N \times N = N^2$ A-kép keletkezik, különböző pozíciókból



Total Focusing Method (TFM)

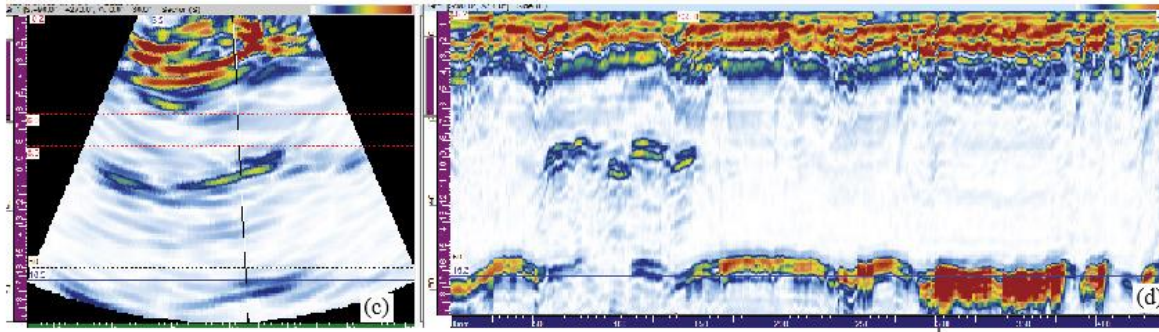
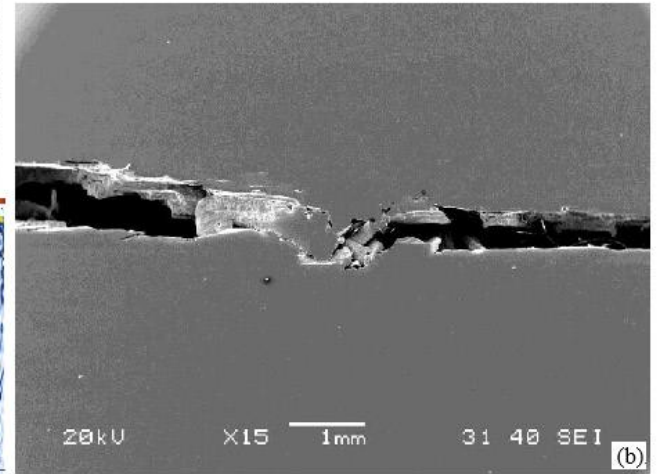
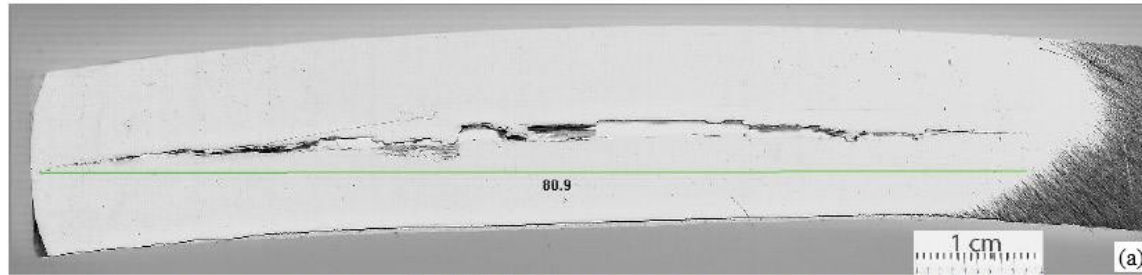
- Több eljárás van a FMC megjelenítésére
- Elterjedt: **TFM (Total Focusing Method)**
 - HF-jelek szétválogatása és fázis szerinti szuperpozíciója
 - HF jelek burkológörbéjének meghatározása (Hilbert transzformáció)



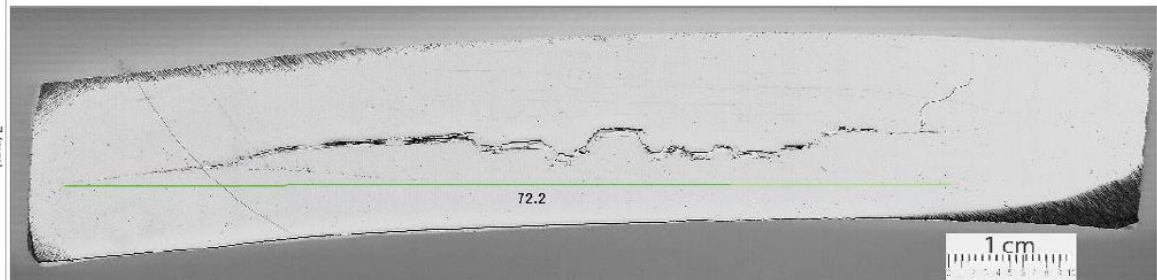
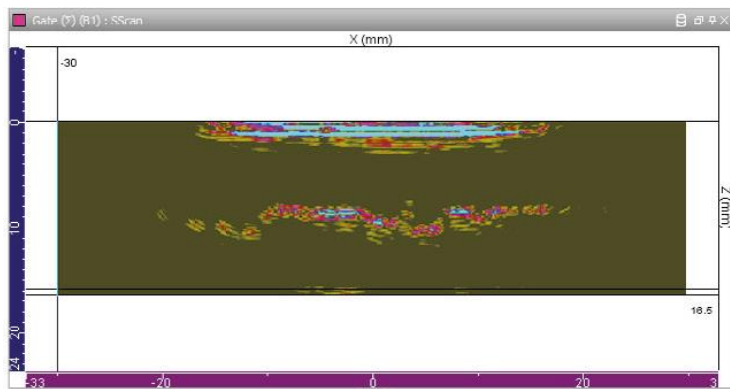
T – propagation time; d – distance; V – sound velocity

Hidrogén repedés (példa)

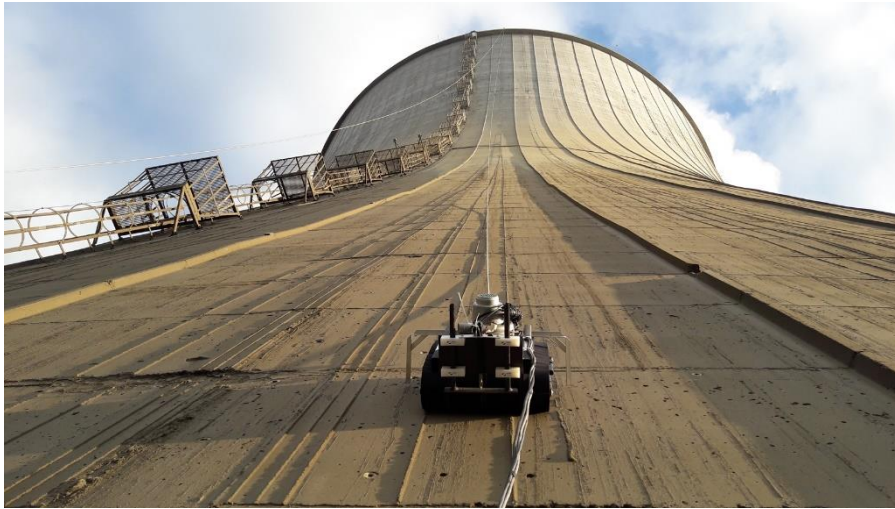
PA UT



FMC / TFM



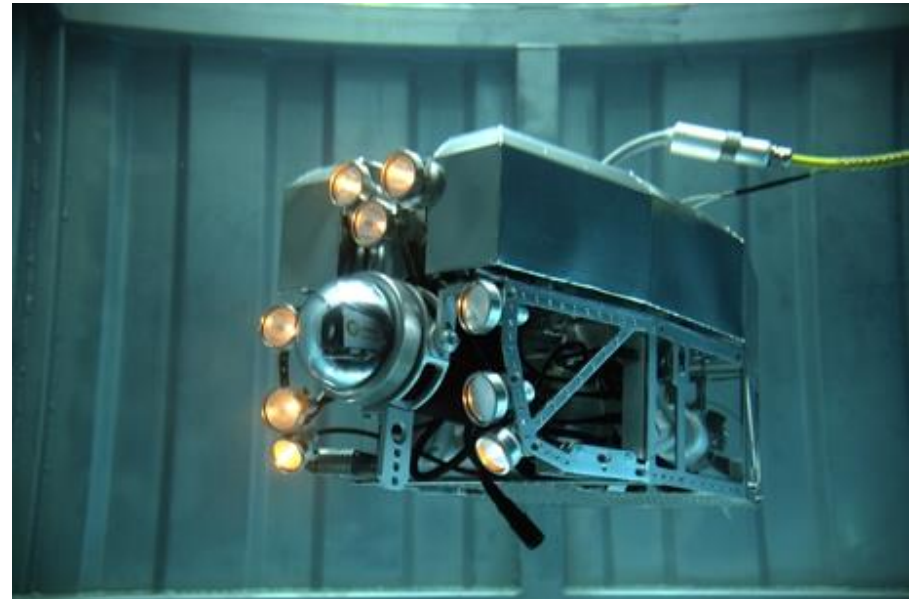
Robotizáció



Mászó robot



Repülő robot (drone)



Úszó robot

NDT 4.0

NDT 0.0

- Emberi érzékszervek használata (rmv eredete)

NDT 1.0

- Az emberi érzékelést javító eszközök használata (pl. VT, PT)

NDT 2.0

- Az érzékelés kiterjesztése az anyag belsejébe (MT, ET, UT)

NDT 3.0

- Gépesítés, automatizálás, rekonstrukció (CT, TFM)

NDT 4.0

- Digitalizáció, keresztkapcsolatok, hálózatok
- Folyamat
- Nem kell hozzá NDT 3.0 (kézi vizsgálatra is alkalmazható)
- Szinkronizálni kell az Ipar 4.0-val (az Ipar 4.0 legnagyobb adatszolgáltatója!)

Zárszó

- A világ változik – a változás sebessége elképesztő
- **Információs társadalom megváltoztatta / megváltoztatja a vizsgálatok**
 - tervezését,
 - szervezését,
 - metodikáját,
 - végrehajtásának módját,
 - az adatgyűjtést és –feldolgozást,
 - dokumentálást, ..., lényegében a teljes folyamatot
- **De: nem változtatja meg a fizikai alapokat!**
 - Egy eljárás nem attól korszerű, hogy digitális, hanem, hogy ismerjük a korlátait és a lehetőségei