

NDE 4.0 szerepe és lehetőségei

Szávai Szabolcs, Dudra Judit, Erdei Réka

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.
Szerkezetintegritás és Gyártástechnológia Osztály

XIII. RAKK, 2023. március 21., Eger

Technológia /
Szakértelem /
Alkalmazott Kutatás /
Fejlesztés /
Versenyképesség /

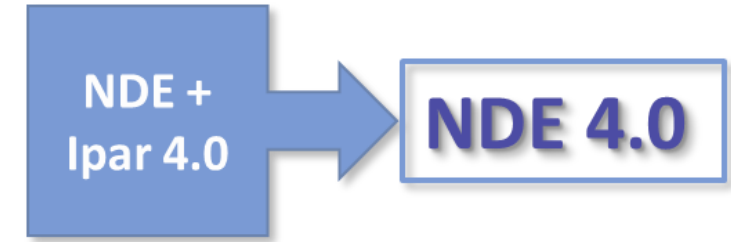
NDE 4.0, mint definíció

Az NDE 4.0-t úgy definiálták, mint "kiber-fizikai roncsolásmentes rendszert (beleértve a vizsgálatot is), amely az Ipar 4.0 digitális technológiák, hagyományos, fizikai vizsgálati módszerek és üzleti modellek összefonódásából ered; a vizsgálati teljesítőkéesség, a szerkezeti megbízhatóság elemzés és a döntéshozatal javítása a biztonság, a fenntarthatóság és a minőségbiztosítás érdekében, valamint releváns adatok biztosítása a tervezés, a gyártás, az üzemeltetés és a fenntarthatóság javításához".

(Vrana és Singh 2021)

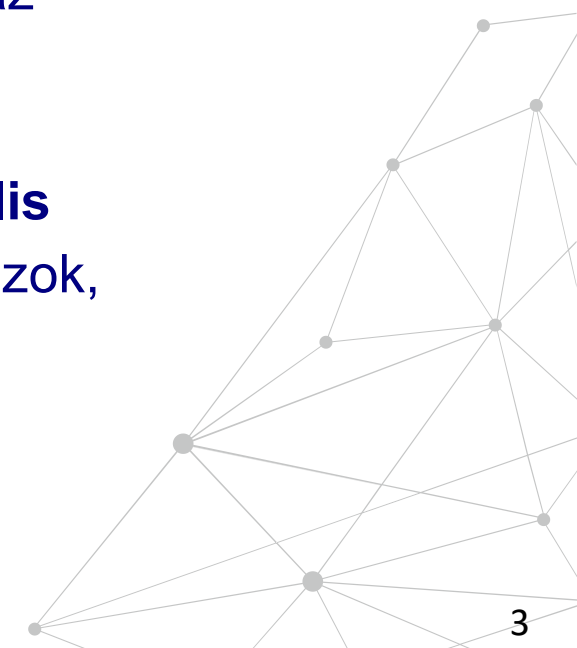
Ez a meghatározás elég átfogó ahhoz, hogy lefedje az NDE 4.0 miértjét, mit és hogyanját.

NDE 4.0 célja és jelentősége



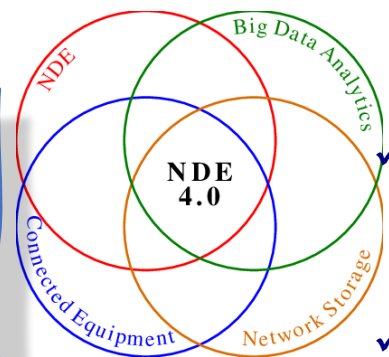
NDE 4.0 digitális átalakulás:

- olyan koncepció, amely az **ipari digitalizáció új generációját** jelenti
- célja, hogy **az ipar szereplői egységes, digitális ökoszisztémába rendeződjenek**, ahol a termelés, a szolgáltatások és a fogyasztók is részesei lehetnek az adatgyűjtésnek, az adatfeldolgozásnak és az adatmegosztásnak
- NDE 4.0 jelentősége az, hogy az ipari folyamatokban megjelenő **digitális technológiák**, mint az internet, az okos eszközök és a nagy adathalmazok, **lehetővé teszik az ipari folyamatok gyorsabb, hatékonyabb és költséghatékonyabb működését**



NDE 4.0 főbb technológiai eszközei

- Adatgyűjtés – digitális iker: az adatgyűjtő egységek vezeték nélküli csatlakoztathatósága. Az összegyűjtött adatok alapján szimulációk segítségével például cselekvéseket lehet javasolni vagy döntéseket előre jelezni.
- Az ipari dolgok internete - IIoT: minden adat, eszköz és érzékelő itt kapcsolódik össze, és egy felhőn keresztül érhető el.
- 5G: nagyszámú eszköz csatlakoztatását teszi lehetővé, és robusztus, valós idejű adatkapcsolatot biztosít.
- Felhő: Az adatok biztonságosan tárolhatók egy felhőben, majd bárhol elérhetők.
- Mesterséges intelligencia (AI) – Big Data: Az adatok mesterséges intelligenciával történő feldolgozása és értelmezése.
- Blokklánc: A blokklánc segítségével az adatokat már nem lehet észrevétlenül megváltoztatni, ami javítja a nyomon követhetőséget és a bizalmat.
- Vizualizáció: AR/VR/XR technológiák.



- ✓ Azonnali jelentéskészítés és a vizsgálati eredmények valós idejű megosztása
- ✓ A vizsgálati adatokat információvá és műszaki intelligenciává alakítjuk át
- ✓ Hálózatba kapcsolt rendszerek, melyek képesek autonóm és decentralizált döntéseket hozni
- ✓ Automatizálás, szimuláció, digitalizáció
- ✓ Gyorsabb, költséghatékonyabb, biztonságosabb és megbízhatóbb vizsgálati rendszer jön létre

Milyen előnyei vannak az NDE 4.0-nak?

- A rengeteg példaadat (Big Data) rendelkezésre állásának köszönhetően lehetőség nyílik a gépi tanulás és a mesterséges intelligencia (AI) alkalmazására



AI alapú rendszer segítségével *javul az alkatrészek vizsgálata és ezáltal javul a minőség*

- Az NDT hatékonysága is növelhető a modern csatlakoztathatóság és a fejlett számítógépek segítségével



*Egyszerűsödik az ügyfelek és a megbízók közötti adatcsere és visszajelzés
A rendszer megbízhatóbb, és a vizsgálatok könnyebben nyomon követhetők*

- Mivel azonban az értékelési folyamat részben szubjektív, az NDE 4.0 csak az első lépés lehet a felvételek és eltérések helyes értékeléséhez. Hasonlóképpen, a technológia minden felhasználójának mindig naprakésznek kell lennie a legújabb technológiával.

NDE 4.0 – Ipar 4.0 felhasználási esetek

Az NDE módszerek fejlesztése feltörekvő technológiák által

Feltörekvő technológiák alkalmazása:

- Kiterjesztett valóság AR
- Mesterséges intelligencia
- Robotika
- 5G
- Blokklánc
- Digitális iker



Vizsgálati támogatás

Távoli támogatás:

- Gyártó
- Tapasztalt vizsgáló
- 3. szint
- Mérnök

NDE berendezések fejlesztése

NDE rendszer / berendezés állapota

- Segíti a gyártót a fejlesztésben (hardver és szoftver)

Vizsgálati kontroll 4.0

NDE folyamatok 4.0:

- Digitális munkafolyamat
- Digitális üzembe helyezés
- Digitális ellátási lánc folyamatok

Az alkatrészek nyomon követhetősége:

- Revízióbiztos dokumentáció
- Az eredmények visszakereshetősége

Életciklus-nyilvántartás:

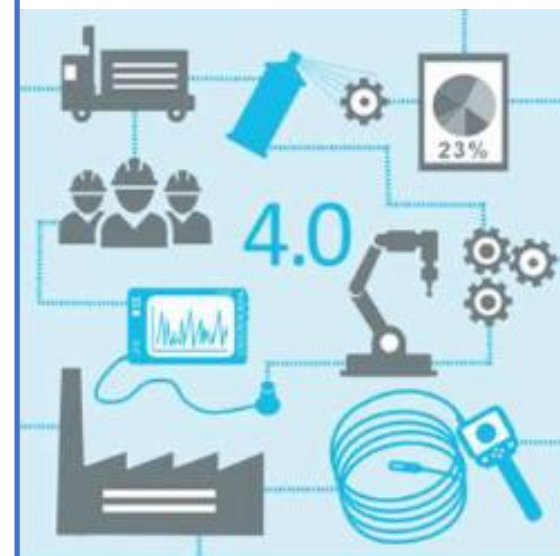
- Eredménystatisztika
- Megbízhatóság

Teljesítménystatisztikák:

- A vizsgálat értéke
- Az ellenőrzés teljesítménye
- Képzési státusz

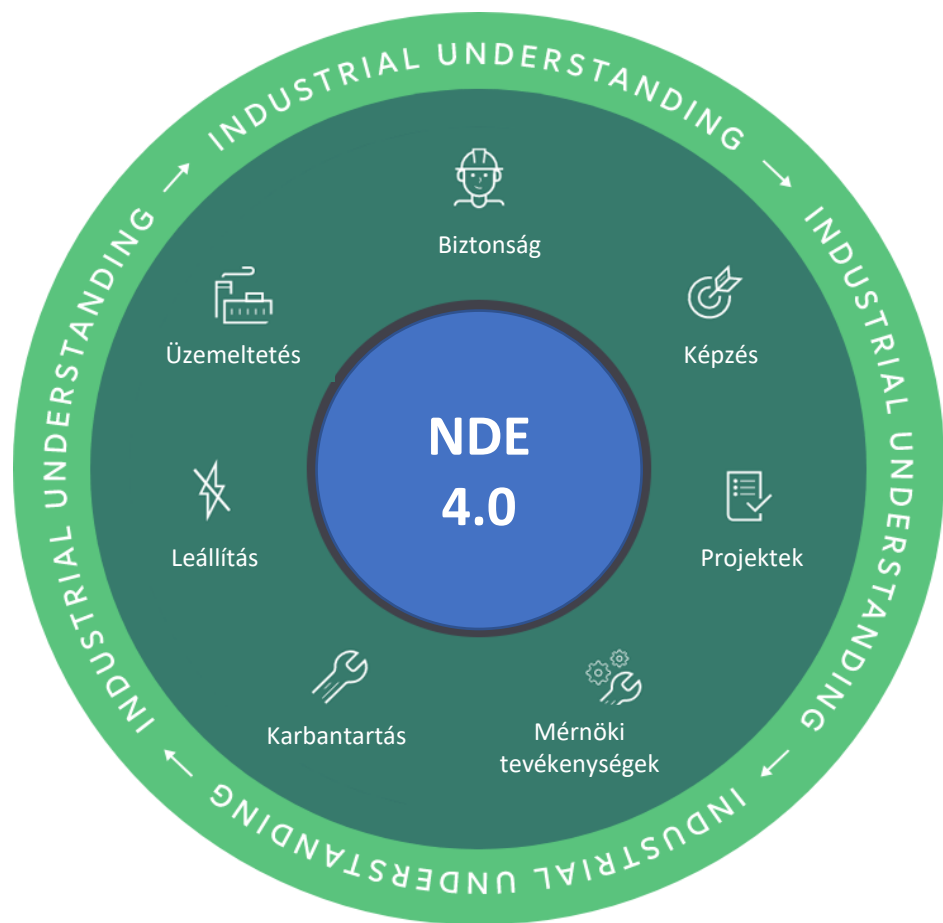
Az ipari dolgok internete IIoT

Az NDE adatforrásként működik az Ipar 4.0 számára (felhő alapú adat, eszköz és érzékelő kapcsolat)



NDE az Ipar 4.0 számára

Üzemi műveletek és további NDE 4.0 előnyök



Hatékonyság növelése:

- Fő szempont: megtalálni az IT megoldások alkalmazásának módjait az üzemi biztonság és működési hatékonyság javítása érdekében.
- Kulcskérdés: annak megértése, hogy mi is az az ipari digitalizáció az NDE4.0 területén, és hogyan használható fel az üzemi műveletek teljesítményeinek a javítására.

NDE 4.0 további előnyei a következők:

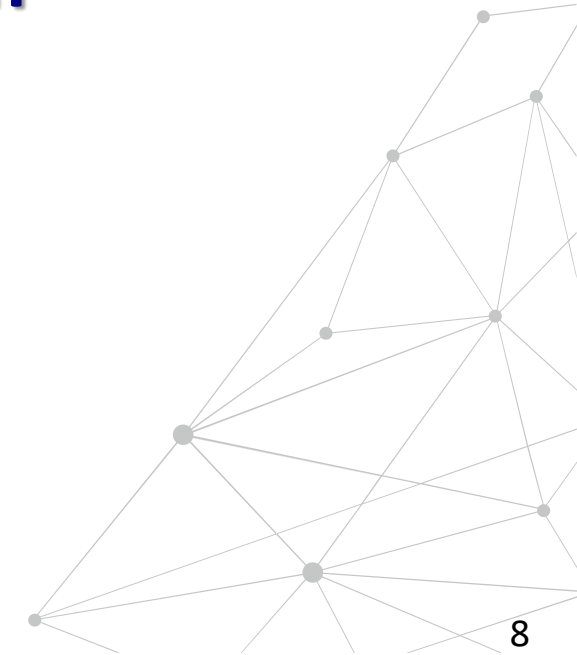
- 3D adatok létrehozása
- Nagy fájlok és nagy adatok kezelése
- A szerkezeti integritás valós idejű monitorozása
- Az alkatrészek megbízható ellenőrzése
- Pontos modellezésen alapuló tervezés és értékelés
- Távoli NDE és NDT ellenőrzések



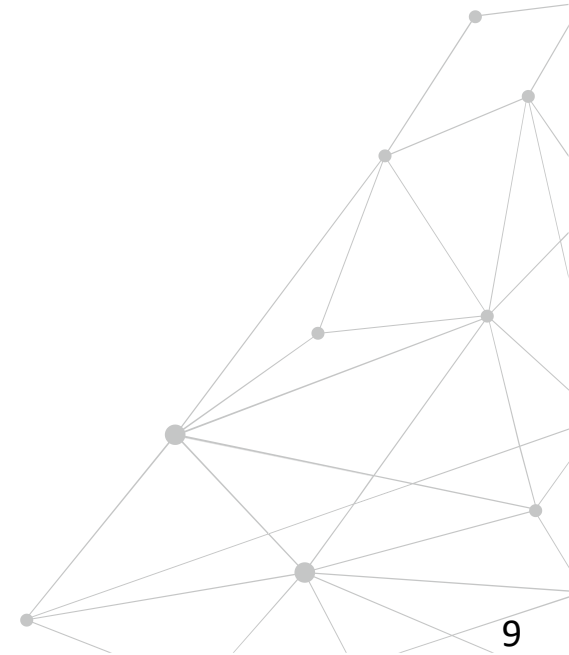
Hazai és nemzetközi ipari esettanulmányok

NDE 4.0 potenciális elemekre fókuszáltn

Kitekintés



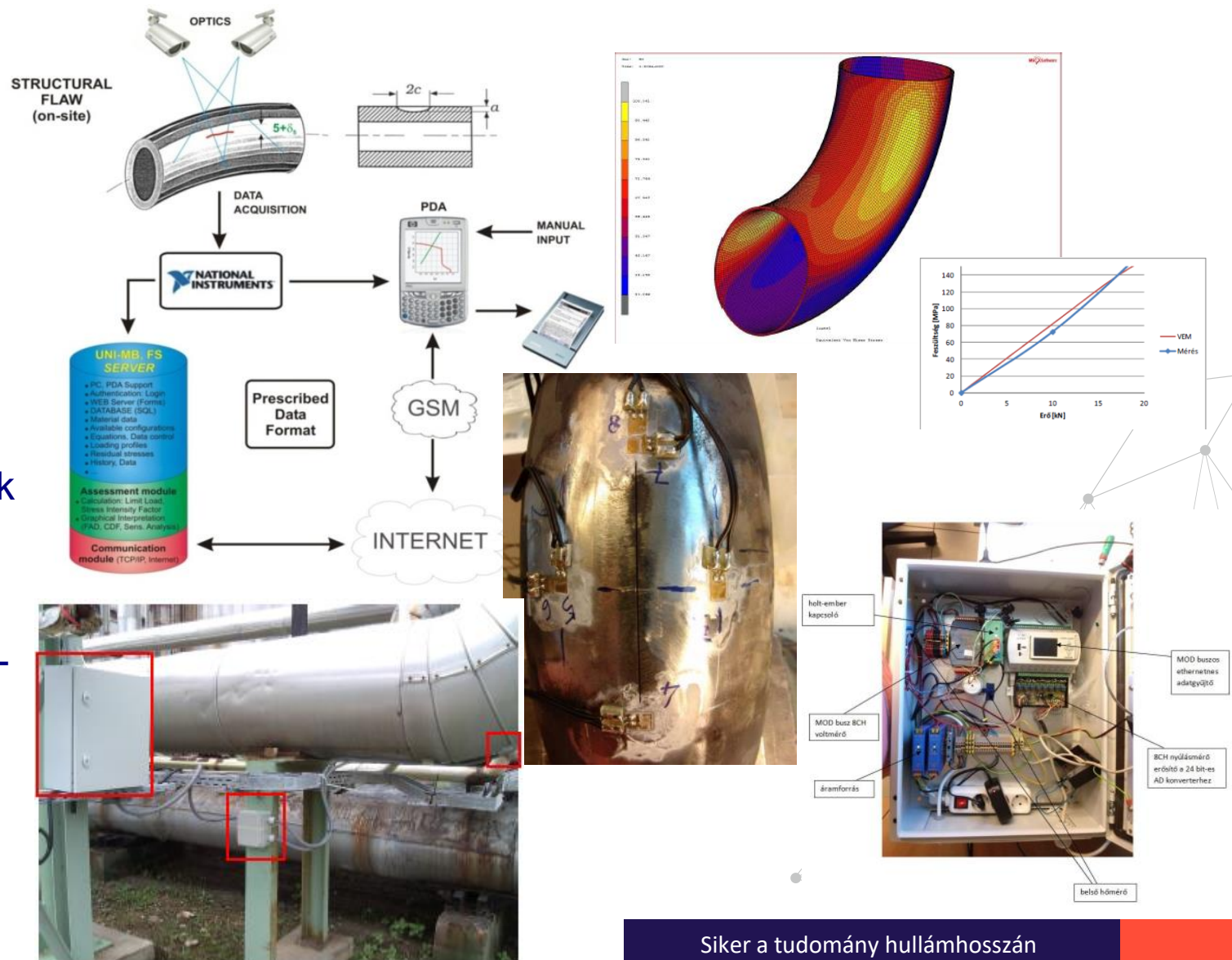
On-line monitoring és állapotellenőrzés



Szerkezetek és kifáradás on-line ellenőrzése

OLMOST - On-line Monitoring of Structures and Fatigue

- Szerkezeti elemek állapotfelméréséhez és élettartam becsléséhez alkalmazható on-line monitoring és ellenőrző rendszer.
- Jellemzői:
 - növelt hőmérsékleten történő lokális alakváltozás mérésére alkalmas mérőrendszer,
 - reaktorfedél leszorító csavar nyúlásának mérésére alkalmas mérőrendszer,
 - szerkezetintegritást elemző szoftver,
 - vezeték nélküli adatkommunikáció – on-line adatok
 - kritikus érték elérése esetén riasztás (SMS)
 - karbantartástervezés támogatása



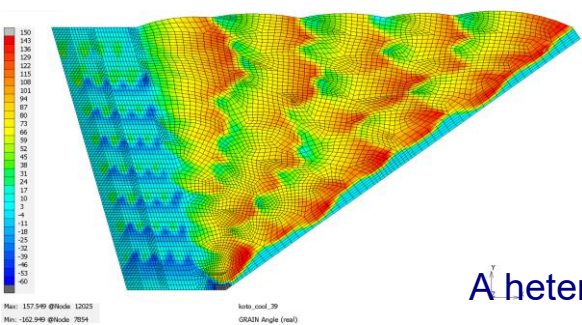
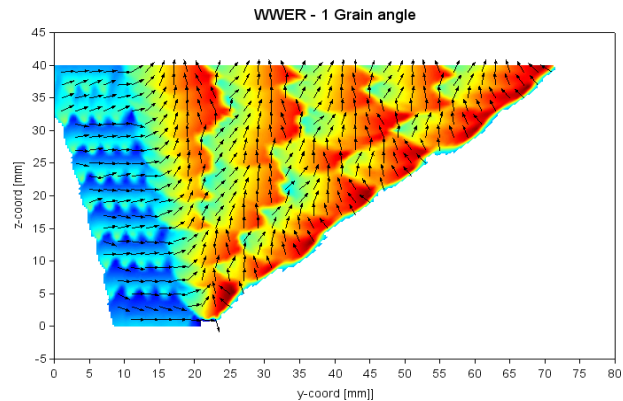
Vizsgálatervezés támogatása



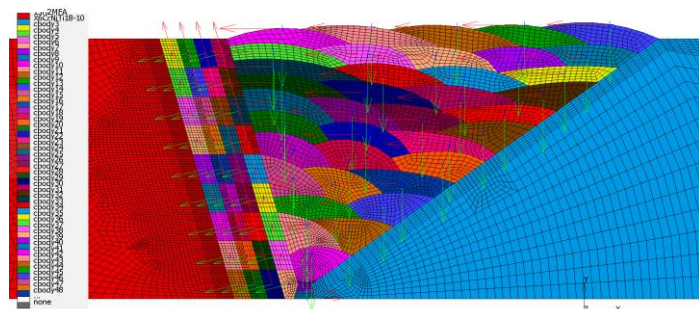
Vizsgálettervezés támogatása, DMW

Heterogén hegesztési varrat ultrahangos vizsgálattechnika támogatása modellezéssel

Szemcseorientáció és szemcseméret szimuláció (MSC.Marc)



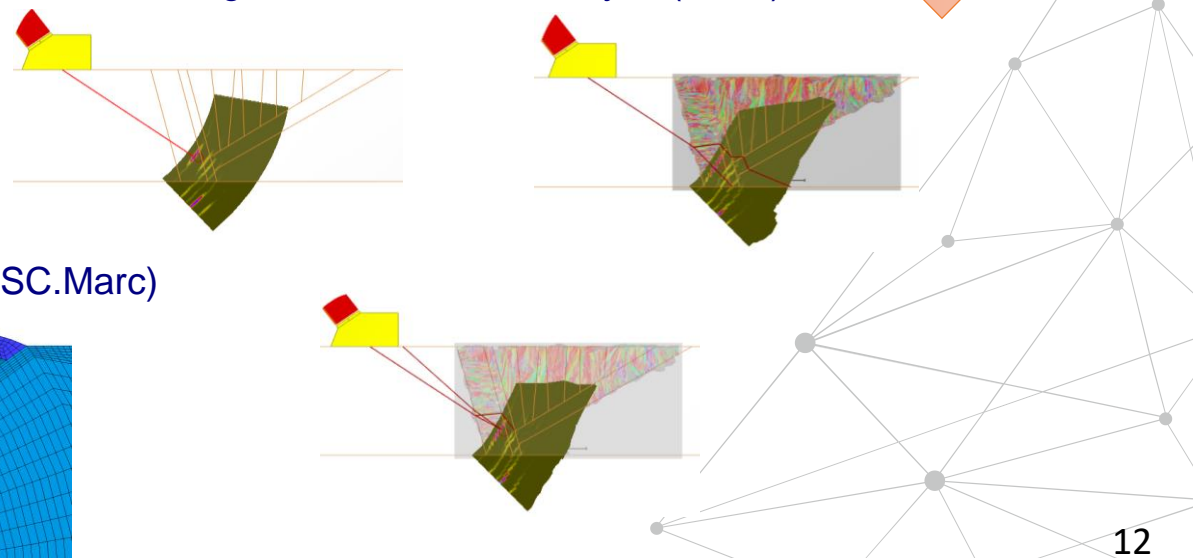
A heterogén varrat végeelem modellje (MSC.Marc)



A vizsgált darab geometriája, a varrat szegmensekre osztásával a különböző orientáltság és a hullám eltérülésének sematikus ábrázolásával (CIVA)



Ultrahang szimulációs eredmények (CIVA)



Vizsgálattervezés támogatása, nyomástartó edény

Ammónia konverter falában jelentkező repedés vizsgálattervezésének támogatása

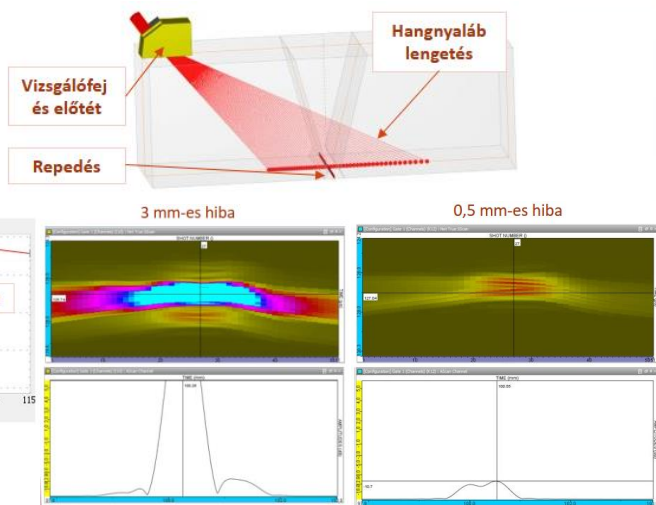
Cél:

- Vizsgálati helyek meghatározása
Végeselem modellezéssel – MSC Marc szoftver
- Töréshez tartozó repedésméret meghatározása
Kétparaméteres biztonsági diagram – BS7910 szabvány és a FITNET alapján
- A repedéskereső anyagvizsgálat előzetes tervezése
Ultrahangos vizsgálat modellezése – CIVA szoftver

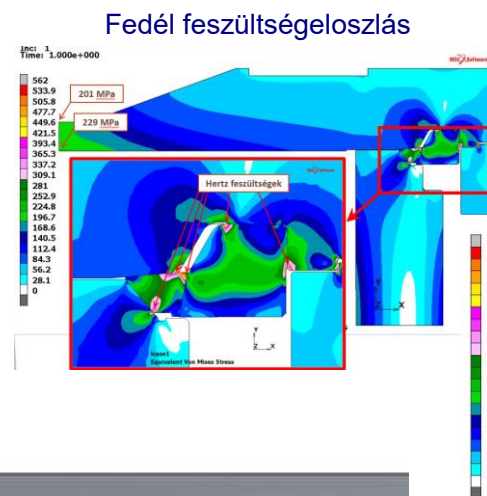
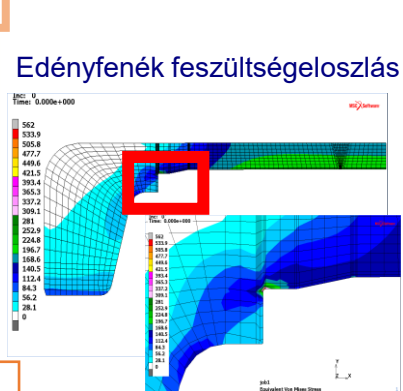
OK: Belső felületi repedések keresése a tartály megbontása nélkül

Vizsgálat nehézsége: Nagy falvastagság – 100 mm

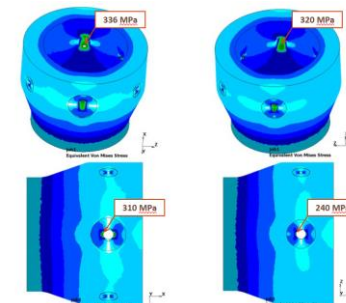
- Ultrahangos vizsgálattervezés, varrat



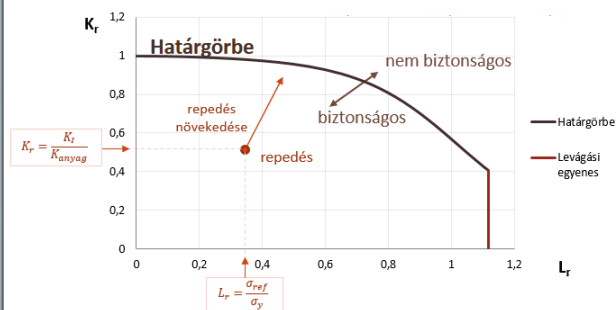
- Feszültséganalízis (VEM): kritikus helyek, feszültségeloszlás meghatározása



Csonkok, kivágások környezete feszültségeloszlás



- Tönkremenetelhez tartozó repedésméret meghatározása



Maximális repedésméretetek geometriára vonatkozóan					
Repedés irányítottsága	Repedés típusa	a [mm]	a/2c	a [mm]	2c [mm]
Axiális irányú repedés	Teljes keresztmetszeten átmenő	17,6			
	Belső felületi		0,5	31,1	62,2
			0,2	20,0	99,9
			0,1	17,5	175,2
			0,05	15,9	317,1
	0,025	15,1	603,8		
Kerületi irányú repedés	Teljes keresztmetszeten átmenő	19,9			
	Belső felületi		0,5	40,0	72,0
			0,25	18,7	74,9
			0,1	17,4	174,3
	0,05	15,4	308,3		
	Kiterjedt belső felületi	15,5			

AR / VR technológián alapuló integrált platform

Gyártásközi vizuális vizsgálat (VT)



1. Munkafolyamatok tervezéséhez, frissítéséhez szükséges keretrendszer



- A szoftver végigvezeti a technikust a VT munkautasítás-tervezésén, munkafolyamat definiálásán
- „Hotspotok” – a vizuális vizsgálatot felépítő pontok hozzárendelése a virtuális térben megjelenő képi, 3D modellekhez
- A létrejött munkafolyamatok bármikor módosíthatók, klónozhatók, operátorhoz rendelhetők, exportálhatóak szabványos formátumba

2. Üzemi- és munkafolyamatok tréningje és tesztelése – Virtuális Valóság / VR mód



- VR tréning platform, mellyel az operátorok az üzemben végzendő VT munkautasításokat először a virtuális valóságban felállított térben tesztelik, gyakorolják be és sajátítják el
- Nagyban csökkenthető az emberi tényezőből fakadó üzemi bizonytalanság
- A rendszer folyamatos visszamérést tesz lehetővé, a munkafolyamat folyamatosan elemezhető és fejleszhető

3. Üzemi- és munkafolyamatok végrehajtása – Kiterjesztett Valóság / AR mód



- Az operátorok a már előre meghatározott VT munkautasításokat a kiterjesztett valóságban hajtják végre
- Műveletről műveletre vezetődnek végig a teljes munkafolyamon (online / offline mód is lehetséges)
- A munkavégzés nyomon követhető, a teljes munka időben folyamatosan riportolódik.
- Értékek bevitele gesztusvezérléssel, hang alapú utasítással.

4. Online riportolás – online jelentések



- Mind a VR-ban, mind az AR-ben végzett munka valós időben, online dokumentálódik
- Az összegyűlt adatkészlet lehetőséget biztosít egyénre szabott riportok generálására
- Lehetőség van a munkafeladat során rögzített értékek átlátható elemzésére



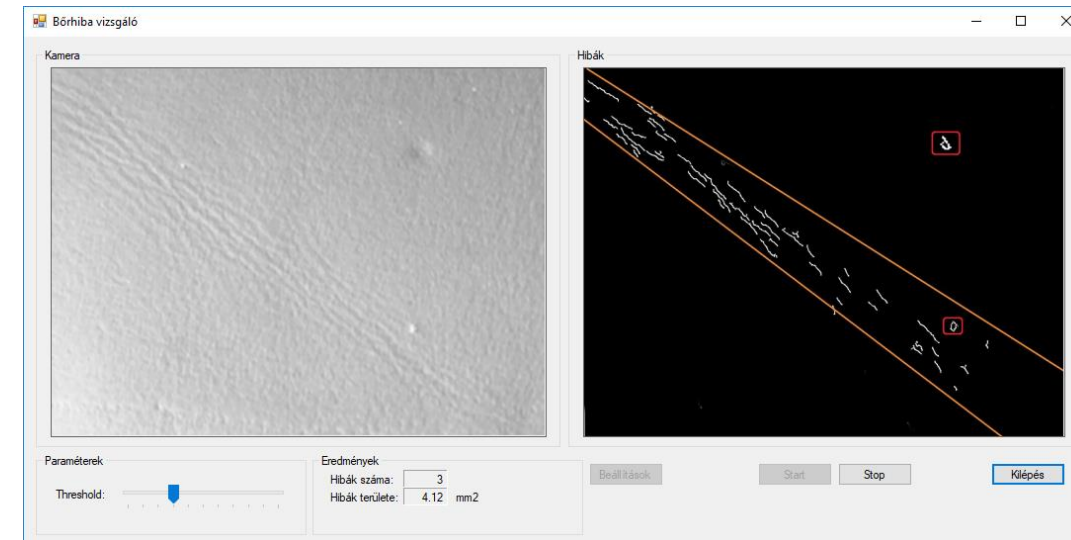
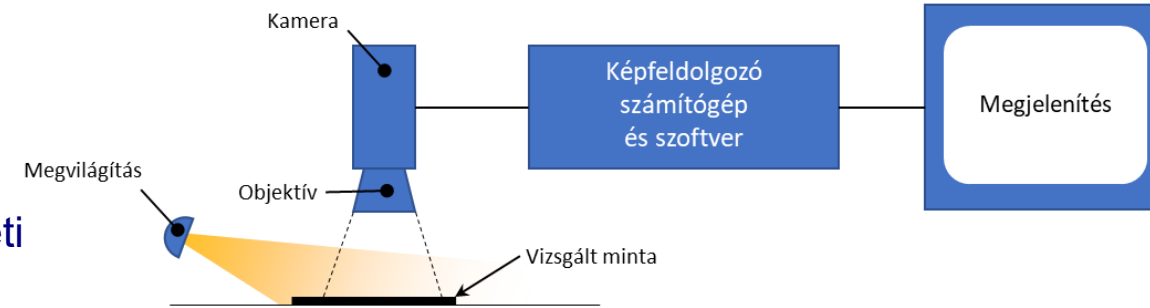
Gépi látáson alapuló hibadetektálás, minőségellenőrzés



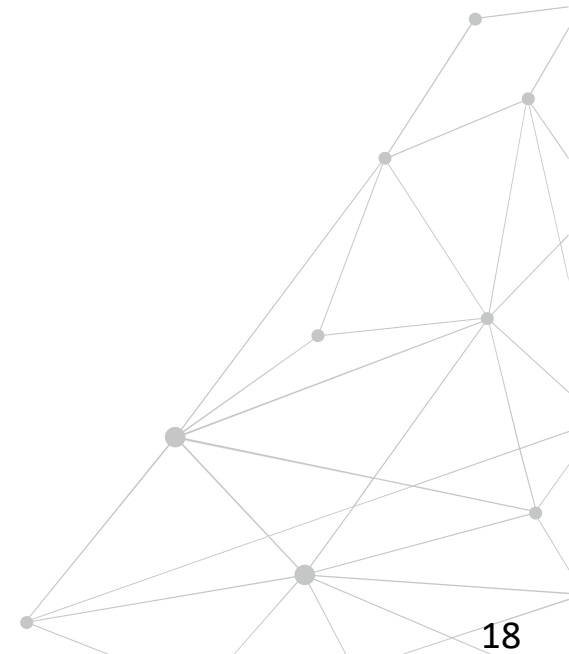
Gépi látás alapú minőségellenőrzési rendszer

Hibadetektálás, alkatrészdeformációk, anyaghiány elemzése

- A rendszer jellemzői:
 - Autóipari bőrtermék gyártásában alkalmazott bőrhiba - eltérés detektálása
 - Az autógyártó hegesztőüzemében legyártott alkatrészek felületi hibáinak detektálása, úgymint:
 - ellenállás ponthegesztés közben keletkező szikrák miatti fröccsöntési hibák → felületkezeléskor problémát okoz
 - különféle alkatrészdeformációk kiszűrése, anyaghiány, alkatrészhiány felismerése.
- A rendszer felépítése:
 - *képkalkoló rendszer*: kamera (fix vagy mozgó) + hozzá kapcsolódó optika (objektív) + a szükséges megvilágítás
 - *képfeldolgozó rendszer*: képes fogadni a kamera képét és a gépi látás alapú algoritmus segítségével ki tudja emelni a hibás részeket, illetve ezeket a megfelelő jelöléssel meg is tudja jeleníteni (hibák osztályozása öntanuló algoritmus alapján)



Structural Health Monitoring – CIVA EXTENDE



Szerkezeti állapotfelmérés a CIVA SHM moduljával

Structural Health Monitoring (SHM)

SHM szimulációs fejlesztésének okai:

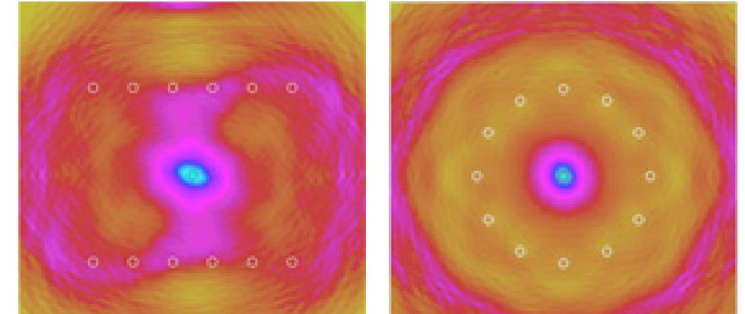
- SHM érzékelők a darabba vannak építve
- A telepítésük komplex feladatokat igényel és nagyon költséges
- Nagyon sok paraméter befolyásolhatja a megfelelő alkalmazását (amely függ a szenzoroktól, az elhelyezkedéstől, a darabban előforduló hiányok típusaitól, a környezeti tényezőktől)
- Továbbá a szenzorok egy élettartamra szólnak az adott berendezésben és az automatizált mérési folyamatnak köszönhetően egy biztos teljesítményértékelésre van szükség a döntési határok meghatározásához, hogy optimalizálni lehessen a hiba valószínűségét.



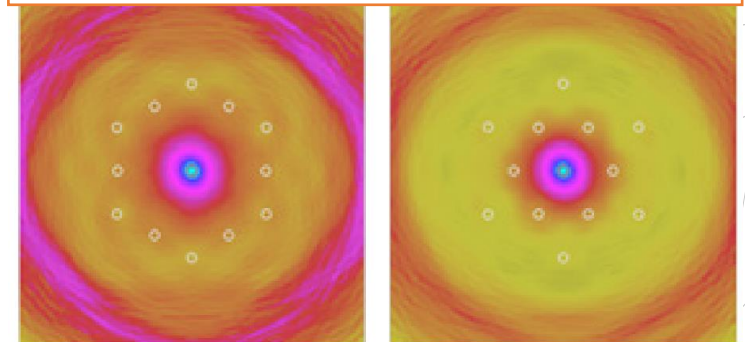
A SHM szimulációval történő optimalizálás lehetővé teszi:

- A befolyásoló paraméterek feltérképezését és értékelését POD görbékkel
- A megfelelő beállítások megtalálását
- Kipróbálni a különböző számú érzékelőt, geometriai eloszlást, gerjesztési típust stb.
- A hiba megjelenésekor a kapott jelek előrejelzését, például különböző hibatípusok, -méretek, -elhelyezkedés esetén

Folyamatos állapotfigyelés kritikus komponensek esetén

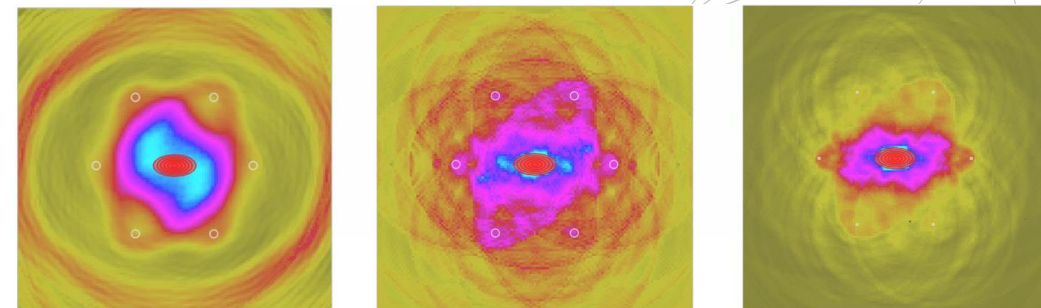


Szenzorok különböző elhelyezése

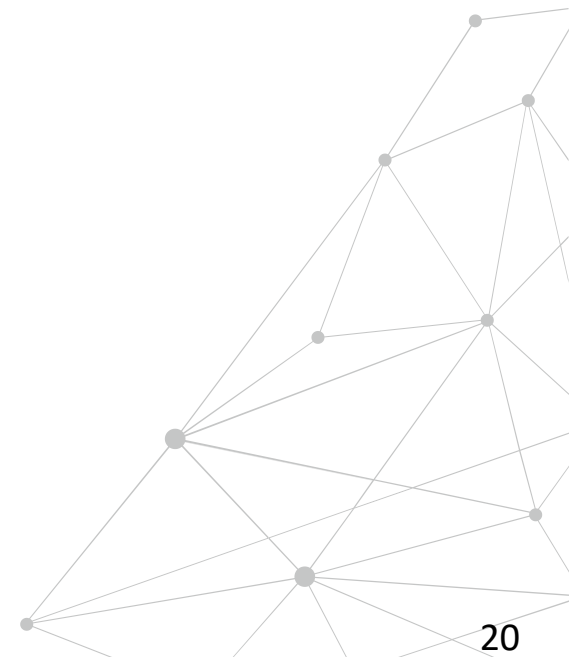


EXTENDE
CIVA
NON DESTRUCTIVE EVALUATION

Különböző szenzorok alkalmazása (méret – frekvencia)



TrainNDE UT / TrainNDE RT alkalmazások – EXTENDE



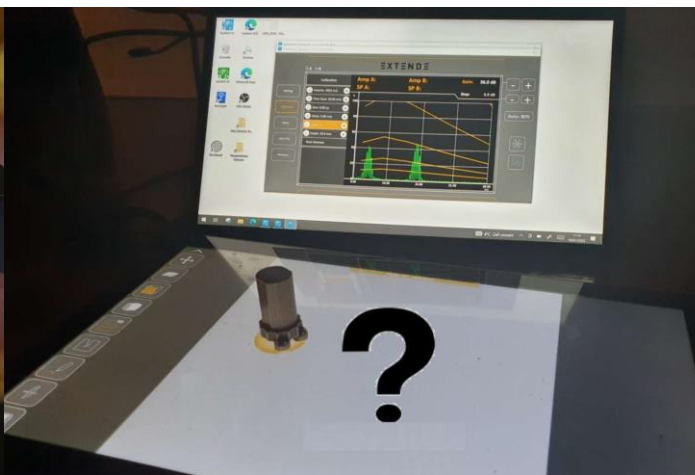
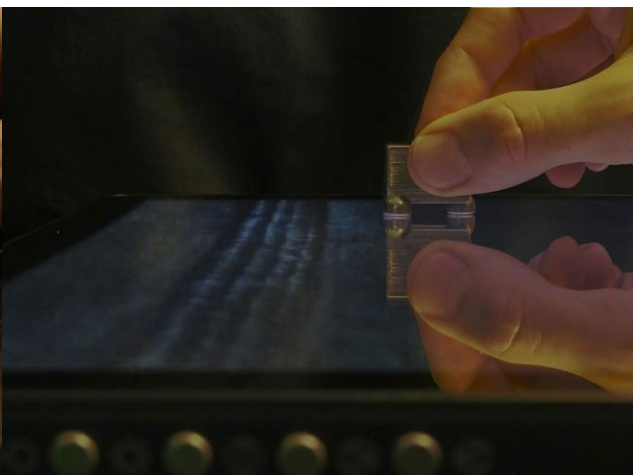
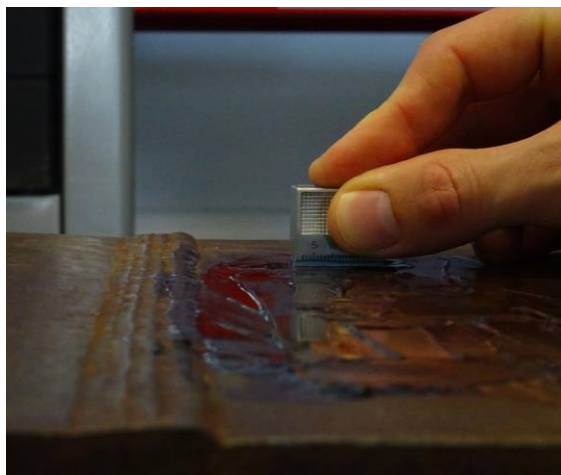
TraiNDE - NDT vizsgálók képzésére szolgáló új termék

TraiNDE UT és TraiNDE RT

- TraiNDE a virtuális oktatási eszközöknek köszönhetően javítja az NDT-oktatását
- Hozzájárul a vizsgálók képzéséhez, a tanúsításhoz, a folyamatos szakmai fejlődéshez és az NDT fizikájának a megértéséhez
- Az EXTENDE 10 éves nemzetközi tapasztalattal rendelkezik a NDT-szimuláció (UT, ET, RT) területén



- A TraiNDE UT egy virtuális eszköz, amely egy jeladatbázissal társítva szimulálja a valós vizsgálati körülményeket számos alkalmazáshoz (AV1 típusú blokk, DAC blokk, hegesztési varratok és lemezek).
- Ez a Région Nouvelle Aquitaine-ben (Franciaország) kifejlesztett NDT oktatási eszköz a képzési központoknak, egyetemeknek és a belső képzési és tanúsítási igényű vállalatoknak szól.
- Az oktatási funkciók: zóna lefedettség, szelvénynézet stb. segítenek az ultrahangos vizsgálat gyakorlati oktatásának hatékonyabbá tételében.



TraiNDE - NDT vizsgálók képzésére szolgáló új termék

TraiNDE UT és TraiNDE RT



TRAiNDE
BY EXTENDE



TRAiNDE^{RT}

- A TraiNDE RT egy virtuális valóság szoftver, amely számos alkalmazás (hegesztett csövek és lemezek, öntött minták, röntgen- és gammacsövek, több film...) vizsgálati körülményeit reprodukálja
- Minden gyakorlat úgy van felépítve, hogy tartalmazza az összes előkészítési fázist: az IQI kiválasztása, valamint a forrás kiválasztása, elhelyezése és tájolása.
- Közvetlenül a felvétel után egy jelentés áll rendelkezésre, amely jelzi az esetleges hibákat (IQI rossz megválasztása, hibás fizikai paraméterek (feszültség, intenzitás, expozíciós idő stb.), nem betartott, előírt geometriai elmosódás stb.)



TraiNDE RT dev-11.01.0

Category: Welded pipes

- Welded pipe 1 / Aluminum
- Welded pipe 1 / Copper
- Welded pipe 1 / Steel
- Welded pipe 2 / Steel
- Welded pipe 3 / Steel
- Welded pipe 4 / Steel
- Welded pipe 5 / Steel

Welded plates

- Welded plate 1 / Aluminum
- Welded plate 1 / Steel
- Welded plate 2 / Aluminum
- Welded plate 2 / Steel
- Welded plate 3 / Aluminum
- Welded plate 3 / Steel

The weld / Steel

Welding

- Shield / Tungsten
- Gas / Steel
- Step Wedge / Aluminum
- Step Wedge / Steel

Specimen

Type: Welded pipe

Material: Steel

Dimensions: Length: 300mm

Weld: Butt weld - T

Sources / Defectors

Source 1: X-ray tube

Beam shape: Circular BP

Voltage: 140, 160, 180, 200kV

Filter: Glass

- Filter 1: Type Industrie M100
- Filter 2: Type Industrie M0035
- Filter 3: Type Industrie 1300



NDE 4.0 Konklúzió SWOT elemzése

Erősségek	Gyengeségek
<ul style="list-style-type: none"> • A termékek egyénre szabhatók • Az NDT szempontjából releváns összes paraméter digitalizálva van, és minden érdekelt fél számára rendelkezésre bocsátható • Felhők és platformok állnak rendelkezésre a horizontális és vertikális információcseréhez • A nyersanyagtól a működésben lévő alkatrészekig minden feldolgozási lépés bevonása 	<ul style="list-style-type: none"> • A személy és a gépek közötti összekapcsolhatóság • A digitális kapcsolatok szabványosítása • Megfelelő képzettséggel rendelkező, rendelkezésre álló személyzet • A KKV vállalatok támogatásának hiánya • Személyi költségek és a berendezésekbe való beruházás költségei
Lehetőségek	Veszélyek
<ul style="list-style-type: none"> • A termelés növelése • Digitális kapcsolat minden belső és külső eljáráson belül • Teljesen automatizált NDT rendszerek • Valamennyi adat valós idejű elemzése, beleértve a nagy adatelemző algoritmusokat is • Erősségek és gyengeségek felderítése a fejlesztési, gyártási és ellenőrzési eljárásokban • Új szolgáltatási tevékenységek a szerkezeti állapotelemzés (SHM) révén • Új képzési és oktatási feladatok 	<ul style="list-style-type: none"> • A társadalom és az egyének általi elfogadás • A munkanélküliség növekedése • A know-how potenciális elvesztése a felhők és/vagy platformok internetes összekapcsolhatósága révén a versenytársak, beszállítók és ügyfelek számára • Képzett személyzet hiánya • Hackertámadások

Köszönjük a figyelmet!