

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Nagy Péter

2024



DUNAÚJVÁROSI EGYETEM



**TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI
DOLGOZAT**

*Vasúti sínek hibaanalízise akusztikus
pásztázó mikroszkópos eljárással*

Témavezető:

DR. PÓR GÁBOR

Hallgató:

NAGY PÉTER D2K366

GÉPÉSZMÉRNÖKI

2024

Rezümé

A Dunaújvárosi Egyetem (DUE) Dr. Pór Gábor vezette Magyar Akusztikus Ipari Diagnosztikai Laboratóriumában (MAIDLAb) ismerkedtem meg az ott fejlesztett pásztázó akusztikus mikroszkóppal, a MAIDScan-nel, amelyet a korszerű roncsolásmentes anyagvizsgálatokban használnak. Számomra ez a terület nem idegen, munkámból kifolyólag, mivel acélszerkezetek gyártásával és automatizált gépek beállításával foglalkozom munkahelyemen. A bemutatott kutatásban vasúti sínek vizsgálatát tűztem ki célul. Eredetileg is több mintadarab rendelkezésre állt. Ezek a darabok olyan sínszeletek voltak, amelyeket különböző anyagfajtákból hegesztettek össze. Az volt a célkitűzés, hogy az összehegesztésekben és környezetükben esetlegesen előforduló hibákat detektáljuk és a lehető legjobb képben jelenítsük meg azokat. A test térfogata szépen ki is rajzolódott. A hegesztésnél, ahol a különböző sűrűségű anyagok találkoztak, kis határvonal jelent meg. Arra következtettünk, hogy ez bizonyára a két különböző anyagsűrűség miatti enyhe visszaverődés eredménye. Egyéb hibát nem találtunk, ezért kihasználva a hegesztésben való jártasságom, célul tűztem ki, hogy olyan hegesztést végezzek egy sínszeleten, amiben biztosan lesz hiba, mivel ilyen mintadarabot terveztem és készítettem. A roncsolásmentes pásztázó berendezéssel végzett kiértékelés során ez sikeresnek bizonyult. A vizsgált darabban több helyen is igazoltam az anyagfolytonossági hiányok helyét és mértékét, amivel sikerült megmutatnom ezen, relatíve új eljárás használhatóságát hibás sínhegesztési hibák vizsgálatában. Ezután a különböző beállítások megváltoztatásával és különböző vizsgálófejek alkalmazásával vizsgáltam azt, hogy ezeket a hibákat, hogy lehetne a legjobban megjeleníteni a vizsgálati eredmények bemutatásában.

Az eredmények ma még kezdetinek tűnhetnek, de biztatóak, annak ellenére, hogy hazánkban először került sor vasúti sínhegesztések pásztázó akusztikus ultrahangos berendezéssel történő vizsgálatára, amelynek eredményei igen ígéretesek a jövőre nézve.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
1.1. Ultrahangos vizsgálatok az iparban	1
2. A vizsgálati módszer bemutatása	4
2.1. A MAIDSCAN gép leírása.....	5
2.2. A MAIDScan feldolgozó modulja	5
3. A vizsgálat előkészületei:	7
4. Mérési eredmények	11
4.1. Különböző anyagminőségű sínek hegesztésének vizsgálata	11
4.2. Három, szikraforgácsolóval végzett bemetszéssel ellátott síndarab vizsgálata ..	14
4.3. Saját készítésű hegesztett sín értékelése.	17
5. Összefoglalás	24
Irodalomjegyzék	25

1. Bevezetés

A pásztázó akusztikus mikroszkóppal (SAM) való ultrahangos vizsgálatok egy viszonylag fiatal vizsgálati módszer. Ezért a sínek összehegesztésénél eddig nem túlzottan alkalmazták. Ez ma még egy kutatási-fejlesztési terület. TDK munkámban először bemutatom a SAM módszertanát és a Dunaújváros Egyetem MAID Laboratóriumában fejlesztett SAM berendezést, a MAIDScan-t. Majd bemutatva az általam készített hegesztett sínmintákat, ismertetem a berendezéssel kapott mérési eredményeket. Ezek elemzésével rámutatok arra, hogy az eljárás használható, de még számos tisztázni való kérdés merült fel, amelyekre választ kell találnunk ahhoz, hogy az anyagfolytonossági hiányokat megbízhatóan tudjuk regisztrálni.

1.1. Ultrahangos vizsgálatok az iparban

Elöljáróban szeretném pár mondattal ismertetni magát az ipari ultrahangozást.

Ez egy roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárás, amit egy adott szilárdtest, legyen akár műanyag, fém, stb. belsejében esetlegesen előforduló hibák (repedések, zárványok, üregek, belső elváltozások) kimutatására használunk, de alkalmas az adott minta vastagságának meghatározására is.

A vizsgálat során nagyfrekvenciájú hanghullámokat bocsátunk a vizsgált anyagba, és a visszaverődő hullámokat elemezzük. Általánosságban ezek a hangok 2-30 MHz között lévő modulált egyfrekvenciát jelentenek így az emberi fül számára hallhatatlanok. Ezek a hullámok az anyagban különböző módon viselkedhetnek: szóródhatnak, elnyelődhetnek, visszaverődhetnek. Például, ha egy homogén anyagban a hang egy kisebb sűrűségű részből egy nagyobb sűrűségűbe lép át vagy esetleg fordítva, a hang sebessége megváltozik. Ez azért van mert más a két anyagban a jellemző hangimpedancia. Ez egy anyagra jellemző fizikai mennyiség, ami megmutatja, hogy a hang, hogy terjed az adott anyagban.

Az impedanciát az anyag sűrűsége (ρ) és a hang terjedési sebessége (c) alapján meghatározhatjuk.

$$Z = \rho \cdot c$$

A hangimpedancia (Z) mértékegysége $\frac{kg}{m^2 \cdot s}$.

A sűrűség (ρ) mértékegysége $\frac{kg}{m^3}$.

A hang terjedési sebesség mértékegysége $\frac{m}{s}$.

A hangimpedancia az ultrahang hasznosítása folyamán nagy jelentőséggel bír. Ha két anyag hangimpedanciája eltérő, a hanghullám egy része visszaverődik a két réteg határvonalán, egy bizonyos része pedig továbbjut a másik anyagrészbe. Ez a mérték függ az impedancia különbség arányától. Ezért is fontos a csatolóközeg alkalmazása, hogy ezek az impedanciai különbségek ne legyenek túl nagyok a fej és a vizsgálandó anyag között.

A készülék állhat egy adó (transzducer) és egy különálló vevő vagy akár egy adó-vevő fejből.

Különálló adófejnél a generált hanghullámok áthaladva az anyagon akár a másik oldalon elhelyezett vevőhöz jutnak (transzmissziós vizsgálat) vagy szögben visszaverődve jutnak a szögben elhelyezett vevőhöz. Az adó-vevő fej esetében ugyanaz a piezokristály generálja a hullámokat a vevőként pedig a visszaverődött hangokat érzékeli. A fej tartalmaz egy piezoelektromos anyagot (piezokristály), amely a vevőként visszaverődött hangokat érzékeli. A fejbe visszaérkező hullámok nyomást gyakorolnak a kristályra, ami ilyenkor elektromos jelet generál.[\[1\]](#) Ezek a jelek kerülnek feldolgozásra. Az iparban számos fej használatos, amiket különféle alkalmazási célokra specializáltak. Alábbiakban pár szóval bemutatok néhány általánosságban használatos vizsgálófejet.

-Immersion (merülőfej): Ezek a fejeket kifejezetten víz alatti használatra tervezték. A hanghullámok merőlegesen hatolnak az anyagba.



1. ábra Immersion ultrahang vizsgáló fejek

- Szögfejek: Lehetővé teszik, hogy az ultrahanghullámokat egy adott szögben sugározzák az anyagba. Jellemzően 30°, 45°, 60°, 70°.



2. ábra Ultrahangos vizsgáló szögfejek

A szögfejek jól alkalmazhatók pl. hegesztési varratok vizsgálatánál vagy olyan esetben amikor egy repedés ferdén, vagy merőlegesen (de nem párhuzamosan) helyezkedik el az anyag síkjához képest.[\[2\]](#)

2. A vizsgálati módszer bemutatása

Az általam választott kutatási irány a vasúti sínek hegesztéseiben és környezetükben előforduló, repedések, anyagfolytonossági hiányok felderítésével, képi megjelenítésével kapcsolatos. Vizsgálataimat a MAID laboratórium által megépített MAIDScan akusztikus pásztázó mikroszkóppal végeztem. A hagyományos „kézi” ultrahangozással szemben számos előnye van az automatizált pásztázásnak. A fej mindig egy előre meghatározott útvonalon halad, így az apróbb hibák a feldolgozás során nagyobb eséllyel kimutathatók. A feldolgozott adatokat tárolni tudjuk, így azok bármikor újra megtekinthetőek egy esetleges prezentálás folyamán. A feldolgozás során egy 3D modellt kapunk a vizsgált anyagról és benne levő hibákról, X, Y és Z tengelyen így a jellegük, helyzetük és kiterjedésük is látható, következtethető.

A munkadarabokat egy erre a célra kialakított plexi medencébe helyezzük, ami vízzel van feltöltve. A víz a hagyományos kézi ultrahang vizsgálatoknál is használatos úgynevezett csatolóanyagként játszik szerepet. A levegőhöz képest kiváló akusztikai tulajdonságokkal rendelkezik, sűrűsége nagyobb, mint a levegőé így nagyobb hangsebességet elérve minimalizáljuk az ultrahang fej és a vizsgálandó anyag közötti veszteségeket. Vizsgálatok során Immersion fejeket használtam, amik kifejezetten vízben történő ultrahang vizsgálatokra alkalmasak. A megfelelő fej választása fontos a vizsgálatok során.

A vizsgálatok során az anyagba juttatott ultrahang és annak visszaverődésének mértéke és az ez alatt eltelt idő (hang útja) alapján megállapítható, hogy az anyagban milyen mértékű, illetve elhelyezkedésű a hiba.

2.1. A MAIDSCAN gép leírása



3.sz. ábra. MAIDSCAN akusztikus pásztázó mikroszkóp

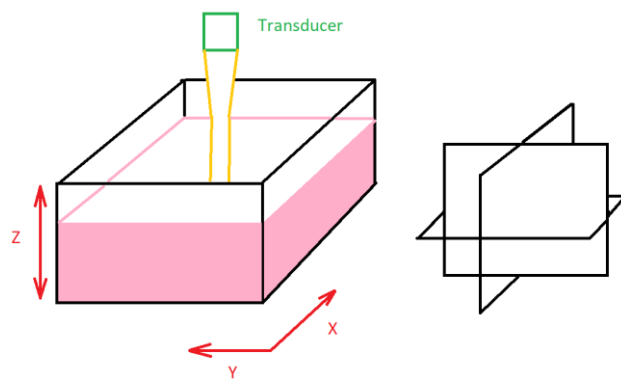
2.2. A MAIDScan feldolgozó modulja

A feldolgozást végző szoftver felületén látható „Signal” ablakon a visszaverődések amplitúdójának nagysága, illetve ideje látható. Ezt nevezik „A” (Amplitúdó) képnek.

A „Section X” ablakban, az ultrahang kibocsátásával merőlegesen kapott képet látjuk, ami színekkel különbözteti meg az „A” képen kapott amplitúdók erősségének megfelelően a visszaverődéseket. A képen a hiba X-Y tengelyen való elhelyezkedése látható. Ezt nevezik „B” (Brightness)- képnek.

A „Section Y” és „Section X” ablak úgynevezett keresztmetszeti képek. „C” (Cross) - kép A section Y ablakban (Z-tengely) az látható, hogy a hang mekkora utat tett meg (ns-ban), így láthatóvá válik, hogy a hiba milyen mélységben helyezkedik el, illetve mekkora az X és Z tengelyirányú kiterjedése.

Az X-ben pedig (Y-tengely) szintén a Z-tengely távolságot látjuk (balról-jobbra). Így ezen a képen a vizsgált térben a hiba Y és Z tengelyen való kiterjedését mutatja.



4.sz. ábra. A pásztázott tömb és metszeti síkjai.

3. A vizsgálat előkészületei:

A Felület:

Mi elsősorban sínvizsgálatokkal foglalkoztunk. Ebben az esetben a felületnek, ahol az ultrahang behatol fontos szerepe van.

Fontos, hogy a vizsgálni kívánt anyag lehetőleg tiszta felülettel rendelkezzen. A felületi minőség mérvadó a jó eredmények eléréséhez. Mivel vízben könnyen rozsdásodó anyagokról beszélünk, tapasztalatok alapján fontos, hogy eltávolítsuk a felületi rozsdát, ha van, hogy minél jobb felületi érdességet kapjunk. Az egyenetlen felület könnyen befolyásolja az ultrahangok szóródását, és visszaverődésének irányát. Így a különböző szögben és sebességgel visszaverődött hullámok befolyásolhatják a kiértékelés pontosságát vagy akár megtévesztő információkat is adhatnak egy feldolgozás során. A rozsdás porózus szerkezete miatt az ultrahanghullámok elnyelődhetnek így az anyag belsejébe jutó hullámok energiája lecsökken, így a mélyebben elhelyezkedő visszaverő felületek gyengébben vagy esetleg nem is válnak láthatóvá.

Fémek esetében:

- durva felületi érdességnek számít: ($R_a > 6,3 \mu\text{m}$)
- közepes érdesség: ($R_a: 1,6 \mu\text{m} - 6,3 \mu\text{m}$)
- optimális érdesség: ($R_a \geq 1,6 \mu\text{m}$)

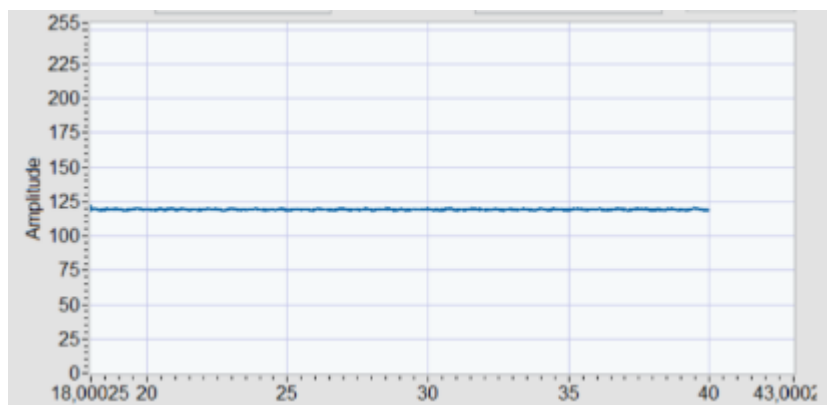
Az fej megválasztása.

Különböző frekvenciájú (MHz) –es fejeket alkalmazhatunk, itt figyelembe kell vennünk az anyag vastagságát és azt, hogy milyen mélységben szeretnénk az anyagba hatolni.

A magasabb frekvenciájú fejekkel (30 MHz vagy felette) finomabb részletek is kimutathatók a rövidebb hullámhossz miatt. Viszont az anyagban ezek a hullámok jobban csillapodnak így a behatolási mélység lecsökken. Tehát a magasabb frekvenciájú rövid hullámhosszú fejek inkább vékonyabb anyagok vizsgálatára alkalmasak.

Az alacsonyabb frekvenciás fejek (pl. 2,4,5 MHz) mélyebbre hatolnak és kevésbé csillapodnak viszont kisebb felbontást érnek el. Tehát a finomabb részletek kimutatására kevésbé alkalmasak. Így a fej megválasztása mérvadó a vizsgálat folyamán. Meg kell választanunk, hogy melyik oldalról vizsgáljuk, illetve mi legyen az a terület, amit pásztázunk. A kezelő felületen az „A” Amplitúdó képet látjuk, ami segítségével be tudjuk állítani a legjobbnak ítélt paramétereket.

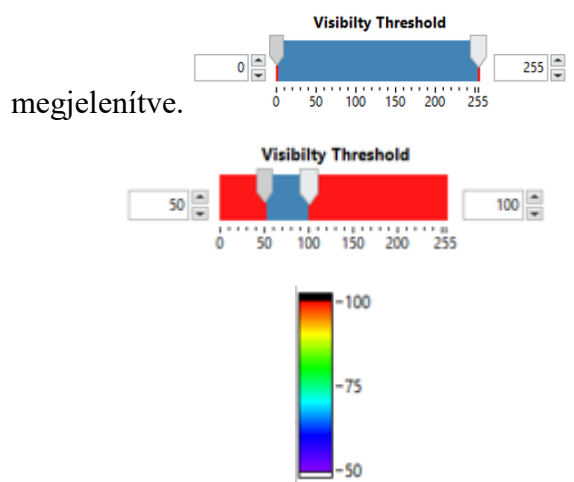
Be kell állítanunk egy időablakot, hogy hány nsec-től hány nsec-ig tartson a feldolgozandó kép. Ez arra értendő, hogy az ez alatt az időintervallum alatt beérkező visszaverődések fognak csak feldolgozásra kerülni, így elkerülhetjük a nem kívánt részleteket, mint például a hátfalon túli visszaverődéseket, ismétlődéseket. Ezzel a feldolgozandó anyagmennyiség is optimalizálható.



5.sz. ábra. A kiértékelő szoftver amplitúdó képe

Beállíthatunk még többek között, erősítést, hullámszélességet, átlagolást. Ezek a beállítások az adott vizsgálathoz vannak optimalizálva. Például, ha nagyobb az átlagolások száma akkor a vizsgálat több időt fog igénybe venni viszont pontosabb, részletesebb a mérési eredmény. Viszont, ha kevesebb az átlagolások száma gyorsabb lesz a vizsgálat viszont nem lesz olyan jó a felbontás. Tehát el kell döntenünk, hogy mi a cél, és ennek tükrében végezni a beállításokat.

Kiértékelésnél fontos beállítani az amplitúdó intervallumot, amit a Display fülnél tehetünk meg. Lehetőség van beállítani, hogy a képen mekkora minimális amplitúdóval rendelkező visszaverődések mekkora maximális amplitúdójú visszaverődésekig legyenek



6. sz. ábra. Az amplitúdó intervallum és a hozzá tartozó megjelenített színskála

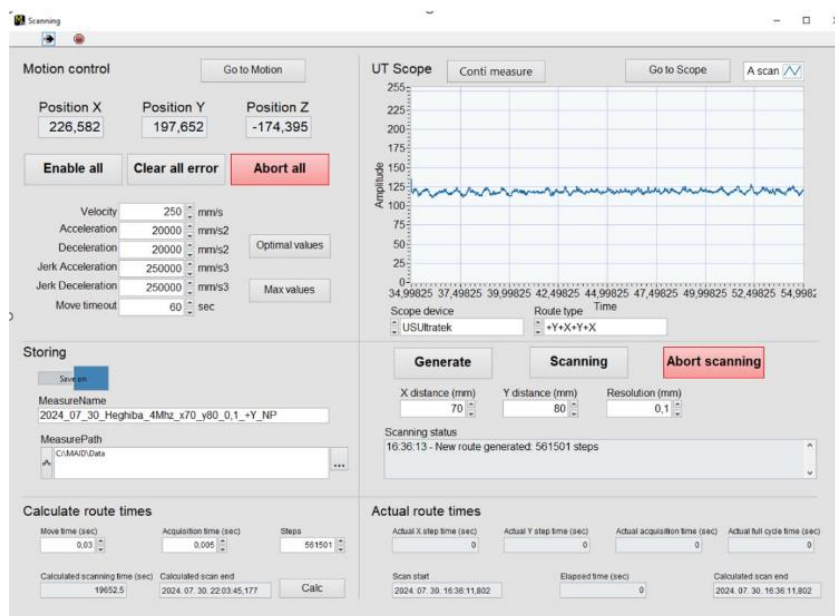
Az így szabályozott kontraszt fontos a kiértékeléskor. Ha az alsó határérték túl alacsony sok zaj és nem reális jel is megjelenhet, ami megnehezíti a kiértékelést. Ha a felső határérték túl magas akkor viszont a finomabb részletek elveszhetnek. A határok szűkítésével a finomabb részletek, apróbb hibák is nagyobb kontrasztban megjeleníthetők így jobban láthatóak a szem számára is. Fontos megtalálnunk a megfelelő kontrasztot.

Fontos lelet még a visszavert hangoscilláció előjelének beállítása a kiértékelés folyamán.



7.sz. ábra. A hullámformák előjelének beállítása

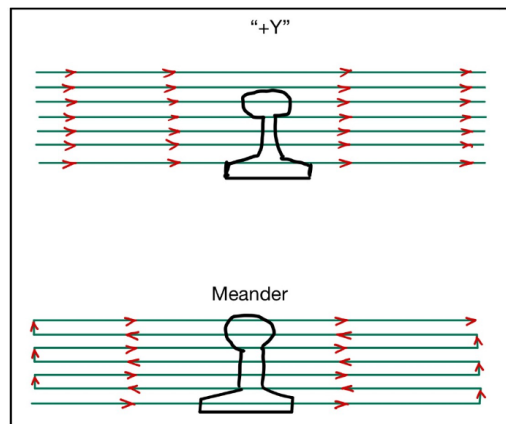
„Full” üzemmódban a teljes hullámforma feldolgozása megtörténik. Ebben a módban a hullámok pozitív és negatív részei is láthatóak lesznek, ami részletesebb képet adhat a visszaverődött jelekről. A 127-es érték a 8-bites rendszer középvértékét jelenti egy 0-255 tartományon belül. Az Avg Half Length az átlagolási ablak félhosszát jelenti. Ha a félhossz 2 akkor az ablak teljes hossza 4 mintapont. Ez segíthet a zaj csökkentésében viszont a részletgazdagságot is befolyásolhatja.



8.sz. ábra. Pásztázás indítását, és beállítását szolgáló ablak

A pásztázás elindítása előtti utolsó beállítások:

A 8. sz. ábrán látható ablak felületén tudjuk beállítani a mozgási sebességeket, a tartományt, amin maga a pásztázás történjen, azt, hogy milyen módban történjen a pásztázás. Erre két lehetőség van, az egyik a Meander mód amikor Y irányban végigmegy az előre meghatározott távolságon X irányban lép egyet és –Y irányban visszamegy aztán újra X irányban lép és így tovább. Lásd a következő 4. sz. ábrán. A másik mód amikor Y irányban szintén végigmegy a kívánt hosszon, de nem lép a végén X irányban és halad visszafelé, hanem miközben lép X irányban, a fej visszaáll az Y nullpontra így a pásztázás mindig egy irányban történik.



9.sz.. Pásztázási módok. [Saját ábra]

Továbbá itt állíthatjuk be a „Resolution” felbontást, ami azt jelenti, hogy mekkora távolságonként (mekkora lépésekkel) történjen a beállított mintavételezés. A korábban tárgyalt átlagolások ezekben a lépésekben történnek. Pl., ha 0,1 a resolution és 10 az átlagolás akkor 0,1 mm-ként 10 szer ismétli meg a mintavételezést. A felbontás beállításánál figyelembe kell venni a fej átmérőjét a megfelelő átfedések érdekében.

4. Mérési eredmények

4.1. Különböző anyagminőségű sínek hegesztésének vizsgálata

Első vizsgálatom alkalmával egy 1.4550 ausztenites saválló közbetéttel összehegesztett R350HT anyagminőségű sín szelettel foglalkoztam.

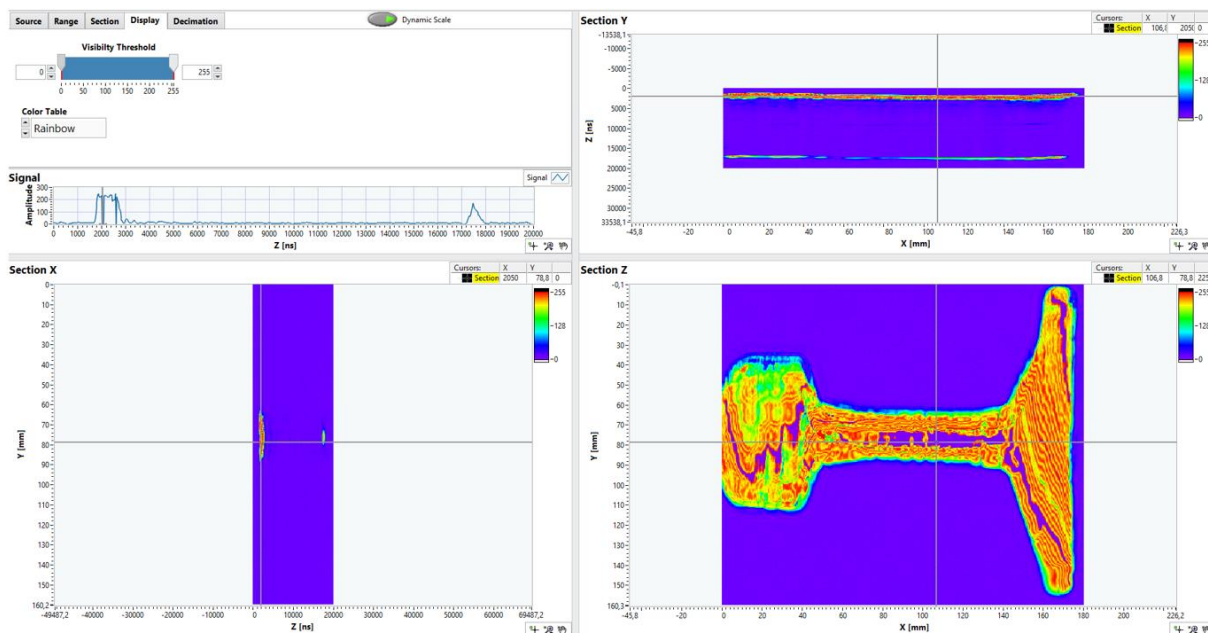
Alkalmazott fej: 5MHz- es immersion merőleges adó fej.



10. sz. ábra. A saválló közbetéttel összehegesztett síndarab

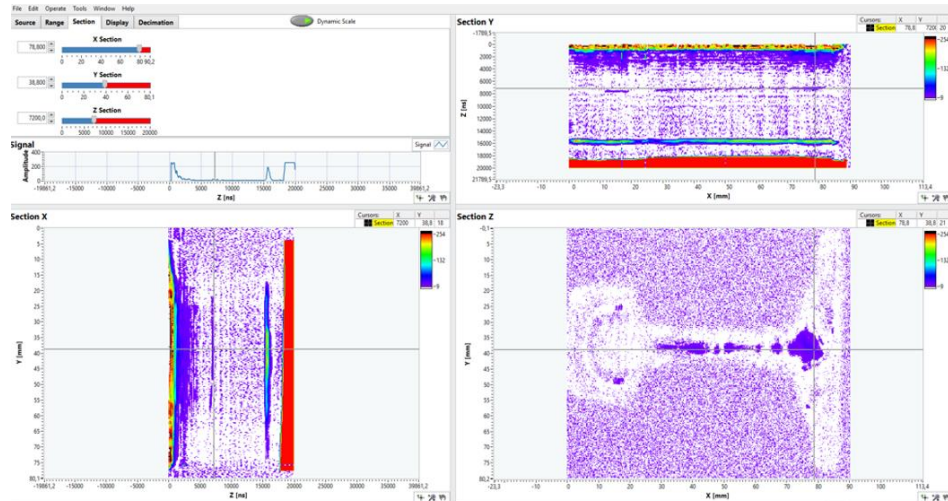
Az ultrahangozott terület X-tengelyen 180mm Y- tengelyen 160mm. Az anyag vastagsága 50mm.

A 11.sz. ábrán a vizsgált sínszelet homlokfala látható. A test kontúrja szépen kirajzolódik.



11.sz. ábra. A 2D metszetek a különböző acélminőségű hegesztés ultrahangos vizsgálatáról

A 12. sz. ábrán jól látható kb. 7000 (ns)-nál a folytonos vastagabb vonal. Ez az a réteg, ahol a saválló és a szénacél anyag összehegedt kb. 20 mm mélységben.



12.sz. ábra. A hegesztés mélységében látható metszeti képek

Section Z ben azt a képet látjuk, amit X és Y irányban az ultrahang fej bejárt. Mintha felülről tekintenénk az anyagra, illetve az anyag különböző mélységi síkjaira.

A Section X ben pedig mintha elmetszenénk az anyagot teljes keresztmetszetében és X0 felé tekintenénk. Jól látható, hogy a hegesztés az anyag teljes szélességében megjelenik. Véleményem szerint a 3 anyag teljes keresztmetszetében összehegedt, nem látható repedés, zárvány, üreg, anyagfolytonossági hiány, ami nagy visszaverődést eredményezne.

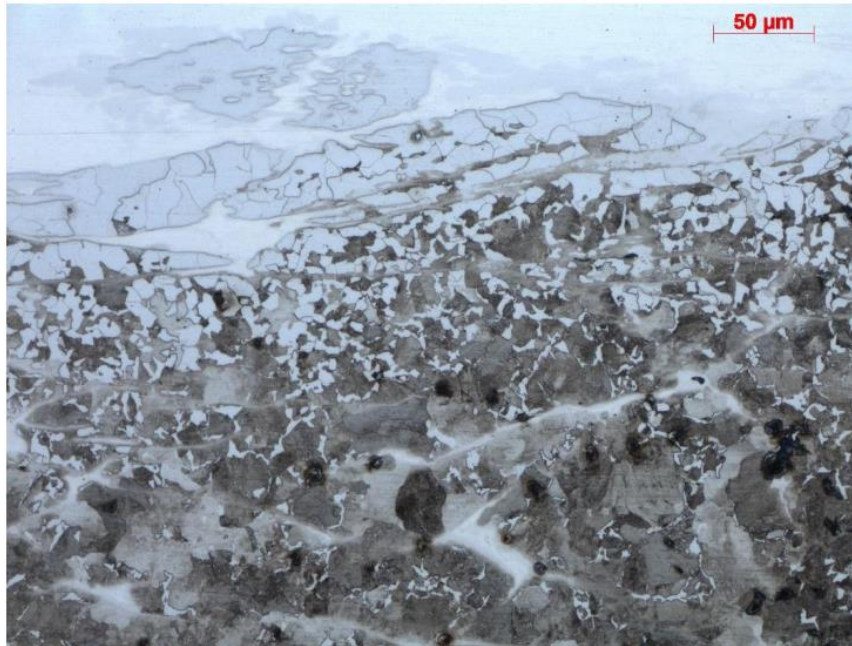
Egy szintén saválló (1.4550 ausztenites) közbetéttel hegesztett sínről metallográfiai vizsgálat készül. A hegesztési eljárás leolvasztó tompahegesztés. Az 5 különböző helyről vett minta egyikében sem igazolódott kötési hiba, repedés, törés, zárvány.

A sín anyagszerkezetének vizsgálata:



13.sz. ábra. Mintavételezési pontok a metallográfiai vizsgálathoz.

A hegesztés és annak nagy hőmérséklete hatására a finom perlites szerkezet durva szemcsés perlitté alakulhat. Az ausztenites szerkezet viszonylag stabil marad viszont az átmeneti zónában a korrózióállósága lecsökken a keveredett szerkezetek miatt.

Átmeneti zóna:

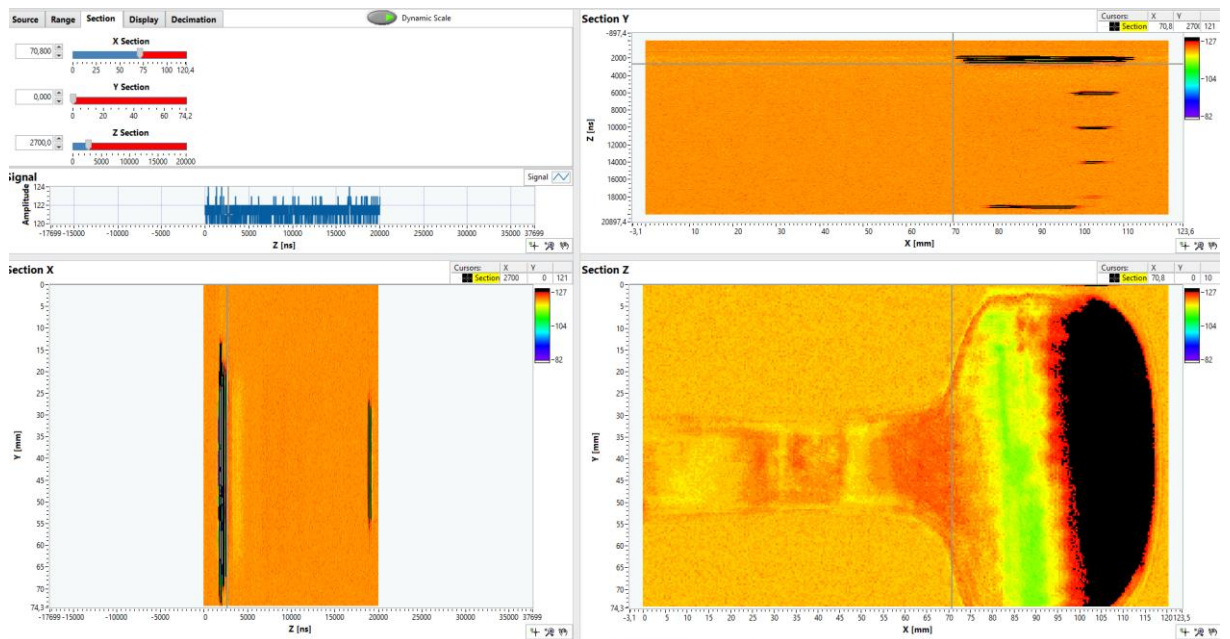
14.sz. ábra. Egy nagyított kép az átmeneti zóna vizsgálatáról.

Számunkra ennek a képnek azért van jelentősége, mert az átmeneti zónában, illetve a határfelületeken és a hőhatás övezetben is mind-mind más hangimpedanciával rendelkező struktúrák alakulnak ki. Ezekben a zónákban a szerkezet megváltozásával a sűrűségük is változik, így a hangvezető képesség változás miatt a kiértékelés folyamán egyenetlen visszaverődések sora figyelhető meg ezeken a területeken.

4.2. Három, szikraforgácsolóval végzett bemetszéssel ellátott síndarab vizsgálata

Következő vizsgálat alkalmával egy olyan sínszeletet választottam, amibe 3 bevágás történt egy huzalszikra forgácsoló gépen. Két bevágás a fejen, az anyag homlokfelületével párhuzamosan, a másik 45 fokban a hátoldal felé a harmadik bevágás a gerincen, ami 45 fokban helyezkedik el a talp irányában.

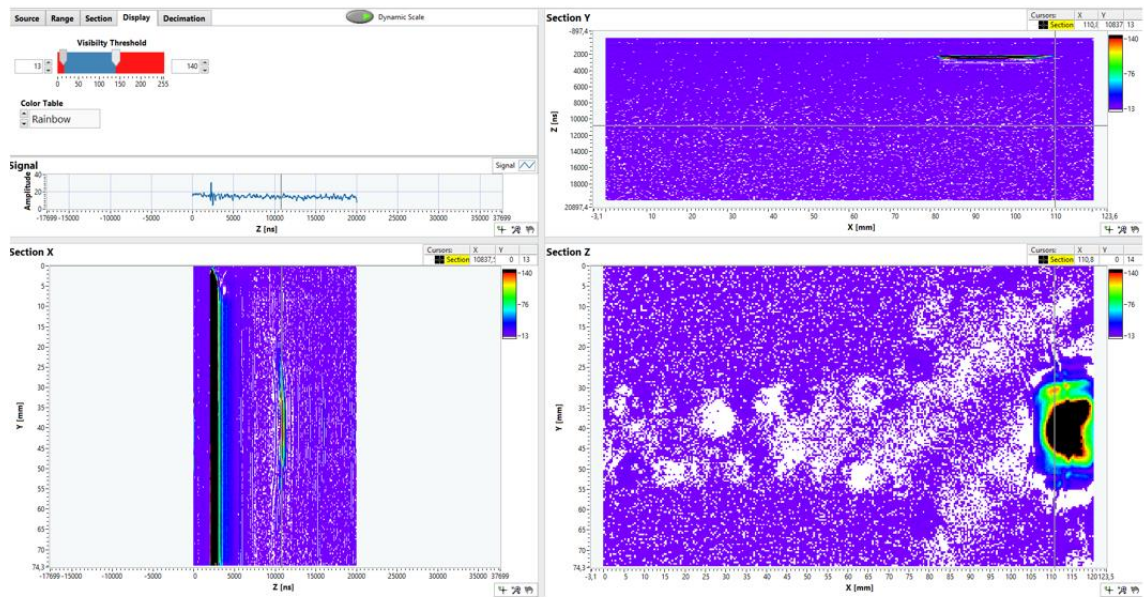
Használt fej: 5Mhz es immersion adó fej. Merőleges besugárzással.



15.sz. ábra. Ismétlődések a kiértékelésen.

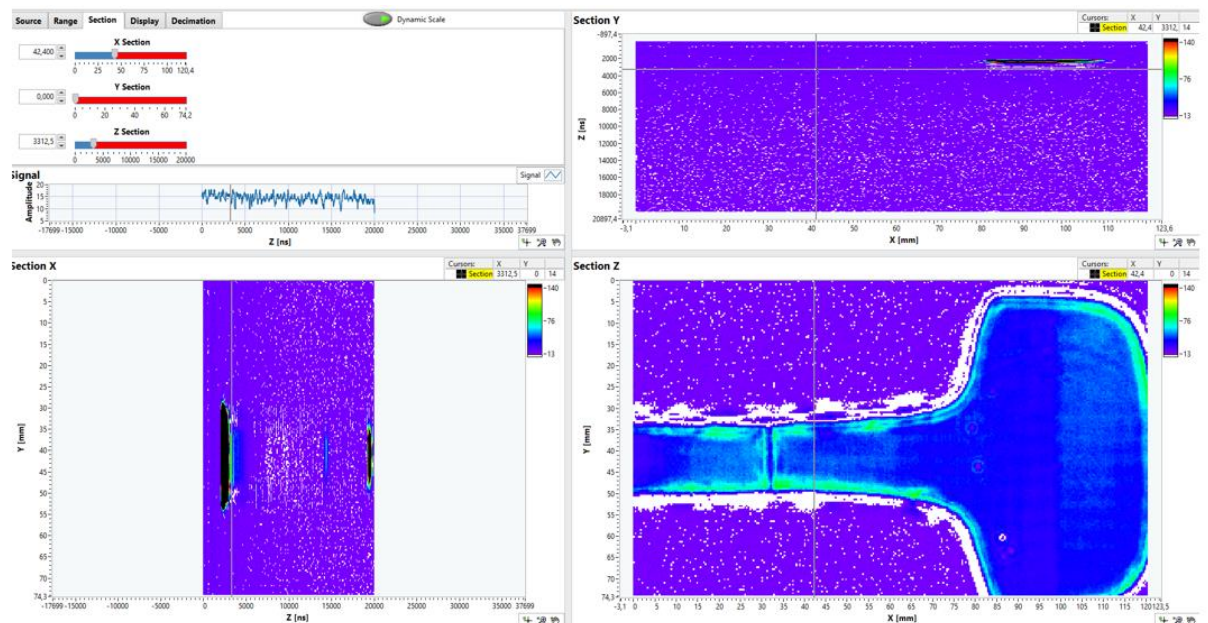
A 15. ábrán lévő képen jól látható a fejben levő vízszintes bevágás és annak ismétlődései. Ismétlődés alatt azt értjük amikor a fejből érkező hanghullám elér egy visszaverő felületre, visszapattan visszaér a fejbe és utána újra lejátszódik ez a folyamat. És mivel ugyanarról a hullámról beszélünk így a képi megjelenítés folyamán ezek ciklikusan ugyanazokkal a távolságokkal egymástól egyre mélyebben helyezkednek el. Fontos, hogy felismerjük ezt a jelenséget a téves megállapítások elkerülése miatt.

Ezen a képen a mélység alapján a 45 fokos bevágás visszaverődése látható. Az iránya ezen a képen nem egyértelmű, de ha a metszeti képpel tovább haladunk az anyagban, erre is tudunk következtetni.



16.sz. ábra. 45 fokos bemetszés.

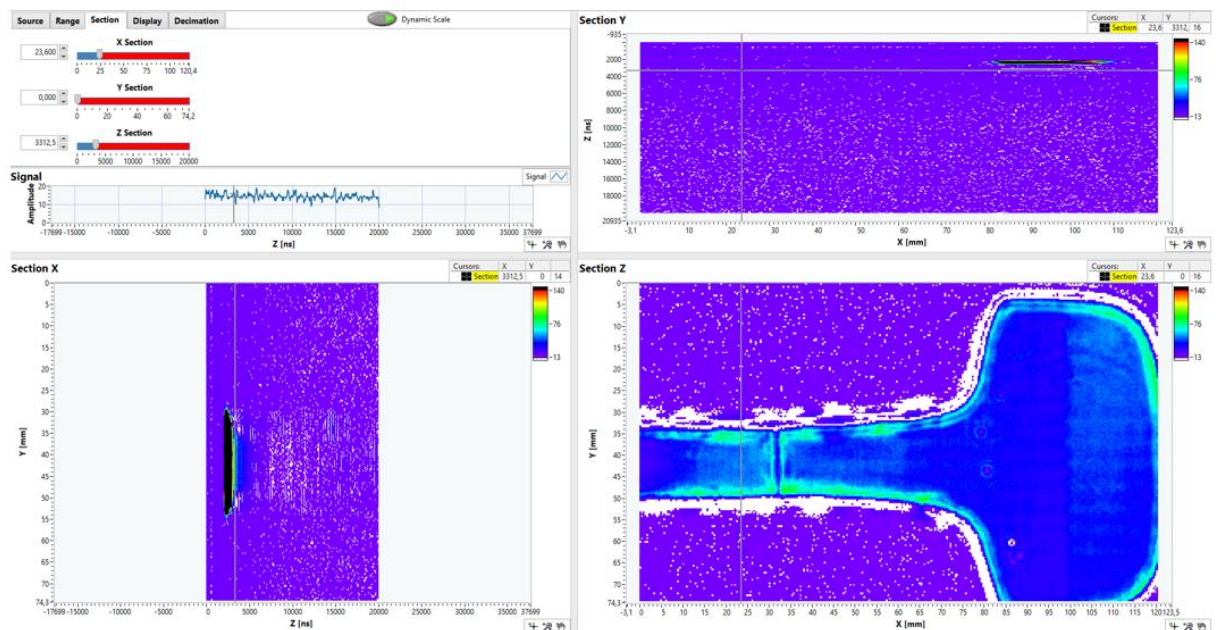
A 17.sz. ábrán megfigyelhetjük a gerincen levő bevágást a homlokfal magasságában a section Z ablakban. A Section X képen a bevágás alsó pontja jól látható. Megfigyelhetjük, hogy a hátfal visszaverődése élesen látszik szintén a Section X ablakban (ezalatt az ablak jobb oldalán levő fekete függőleges sávot értem). A bal oldali fekete sáv a homlokfal.



17.sz. ábra. Gerincen levő bevágás

A 18.sz. ábrának az az érdekessége, hogy a metszeti képet eltoltam a talp irányában és eltűnt a hátfal a Section X ablakban. Ebből arra tudok következtetni, hogy a bevágás iránya a talp felé mutat. A vágás határfelületén visszaverődött hanghullámok nem jutottak el a

hátfalig így az nem is jelent meg a képen. Eltűnt a fekete sáv, majd a talp felé haladva visszatért.



18. sz. ábra. 45 fokos bemetszés a gerincen.

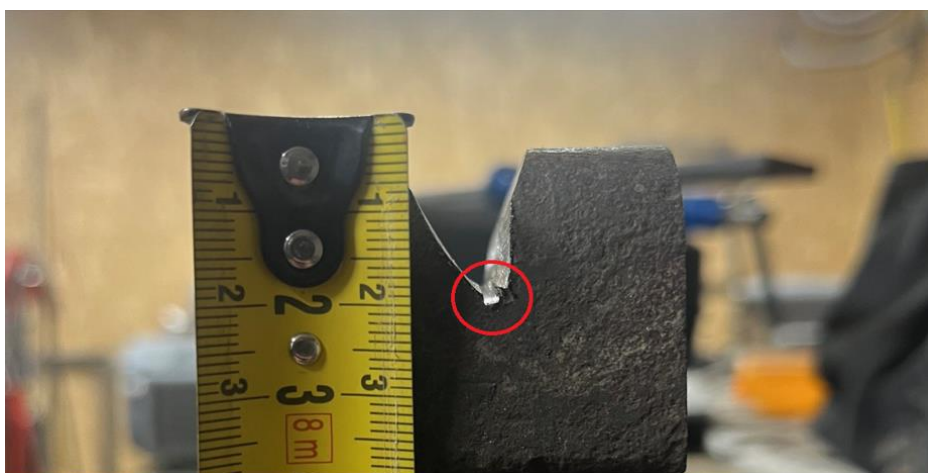
4.3. Saját készítésű hegesztett sín értékelése.

Szerettem volna egy olyan hegesztett sánt készíteni, amiben tudatosan hegesztési hibákat vétek, hogy a vizsgálat során miként mutatkoznak ezek meg, és mennyire kimutathatóak különböző beállítások mellett.

Pár előkészületi kép a sínről:



19.sz. kép. A bevágás.



20.sz. ábra. A bevágás mélysége.

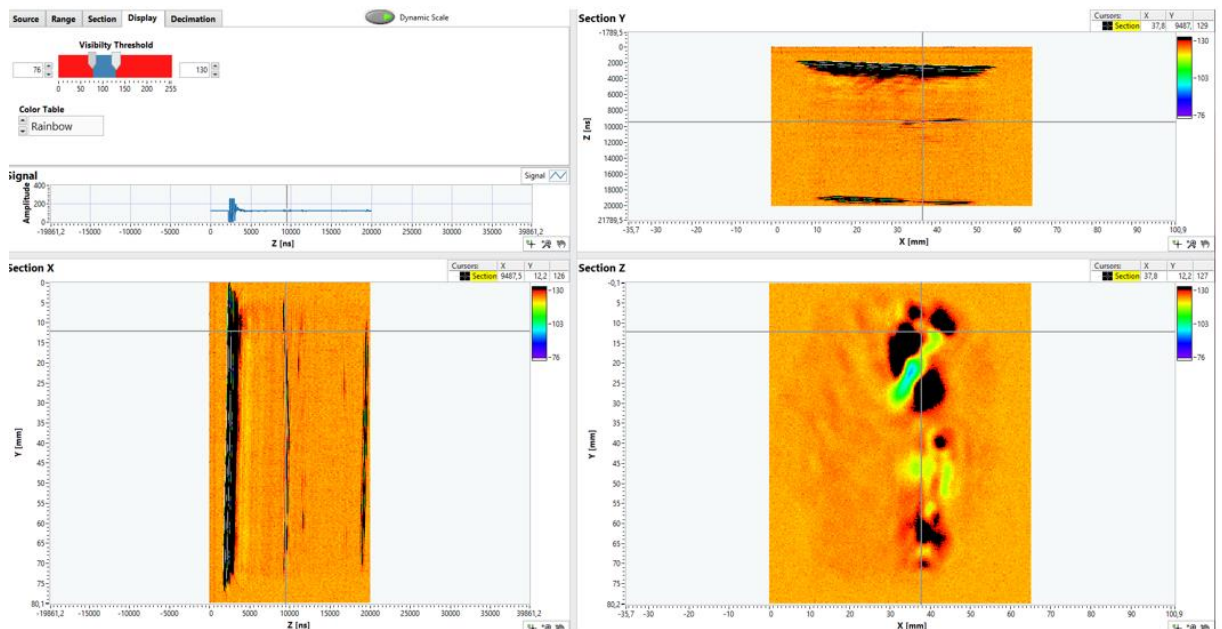
A V alakú bevágás (ami nem sikerült túl szabályosra) alján egy mm-es vágókoronggal 1-2 mm-el még mélyebbre vágtam, hogy a hegesztés folyamán ne történjen meg teljesen a beolvadás. Hegesztési eljárás: Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés. A sín alapanyaga nem ismert. Hegesztés után a varratot lamellás csiszolókoronggal a sín eredeti méretére visszacsiszoltam.

A 20.sz. ábrán látható mm-es koronggal történő bevágás ferdén egyik oldalra mélyül.

Használt fej: 4Mhz Immersion merőleges besugárzással.

Mérési eredmények:

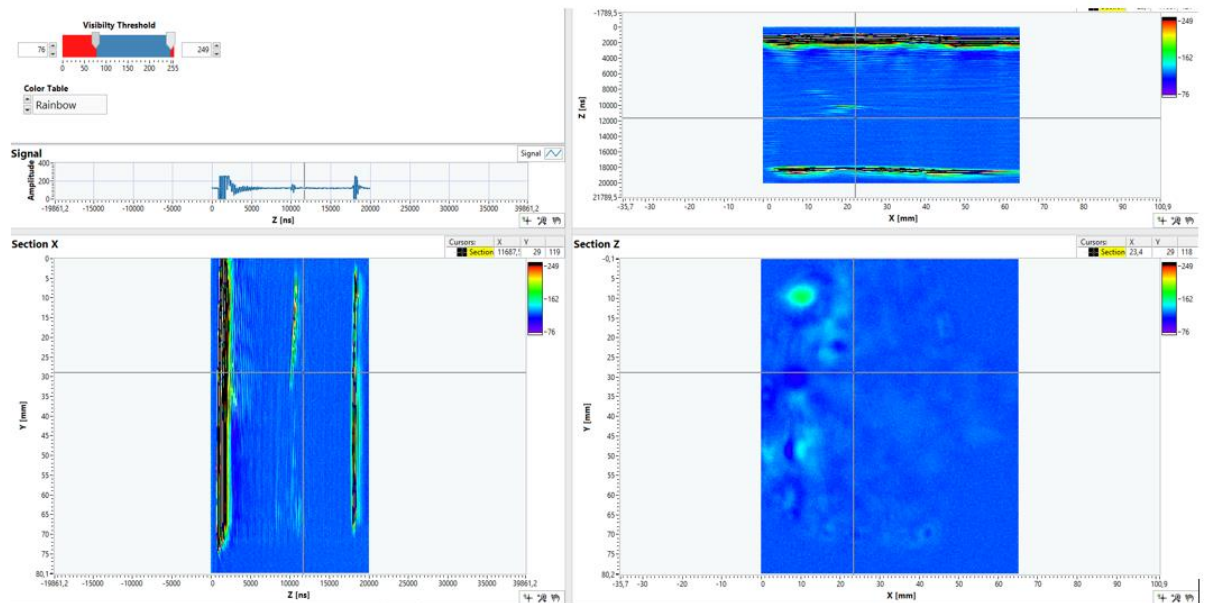
A fej teljes szélességében látszik az elváltozás. Korábban tárgyaltak alapján a különböző anyagminőségek keveredésének következménye, hogy a visszaverődő hangok iránya és sebessége is változhat így a kiértékelésen teljesen nonfiguratív képet alkot.



20.sz. ábra. Összeolvadási hiba.

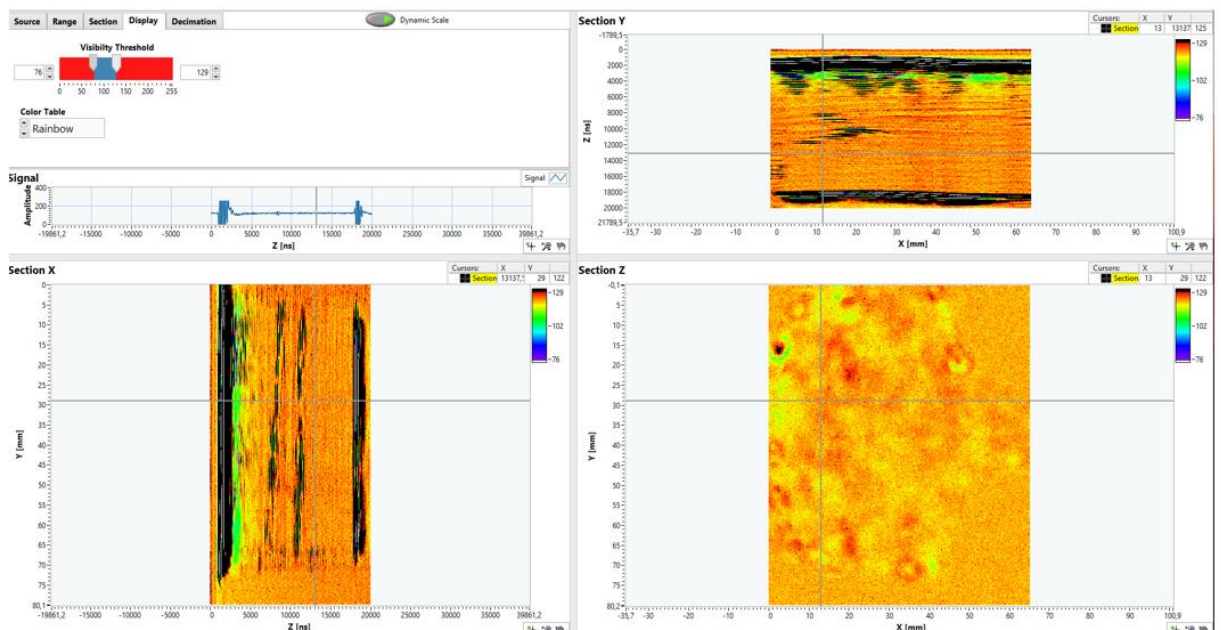
A 22.sz. ábrán jól látszik a mm-es korong féloldalas bevágása a Section X ablakban.

A Section Y ablakban (jobb oldalt felül) megfigyelhető a "V" alakú kivágás határfelülete.



22.sz. ábra. Mm-es bevágás láthatósága.

A 23.sz. ábrán "FULL" (teljes hullám) kiértékelt képen mindkét metszeti képen jól látszik a bevágás jellege. Korábban említettem, hogy a teljes hullámot átlagolás nélkül kiértékelve részletgazdagabb képet kaphatunk viszont a kiértékelést is megnehezíti mert sok irreleváns adat is megjelenítésre kerül. A Section- Y ablakban a homlokfal alatti zavart sáv is megjelent. Így azt gondolom érdekesebb lehet egy más módban kezdeni a kiértékelést, hogy kiszűrjük a zavaró információkat, és utána finomítani a részleteken.



23.sz. ábra. Finomított részletek.

4. Második általam készített hegesztési hibás sín kiértékelése:

Készítettem egy másik hegesztett síndarabot is, amin a bevágást a fejen merőlegesen végeztem az előzőhöz képest.

2 db 5 mm átmérőjű fúróval megfúrtam a fejet és a talpat. Az egyik furat a sín fejében a hossz tengelyével merőlegesen, a másik a talp részen tengelyvonallal párhuzamosan. Mindkét furatot hegesztéssel lezártam, hogy a víz ne hatoljon bele, így elkerülve a rozsdásodást.

Hegesztési eljárás:

Wolframelektrodás védőgáz (argon) ívhegesztés.

Pár kép az előkészületekről:



24-25.sz. képek. A bevágásról és az első hegesztési sor alatt maradt beolvadási hiányról.



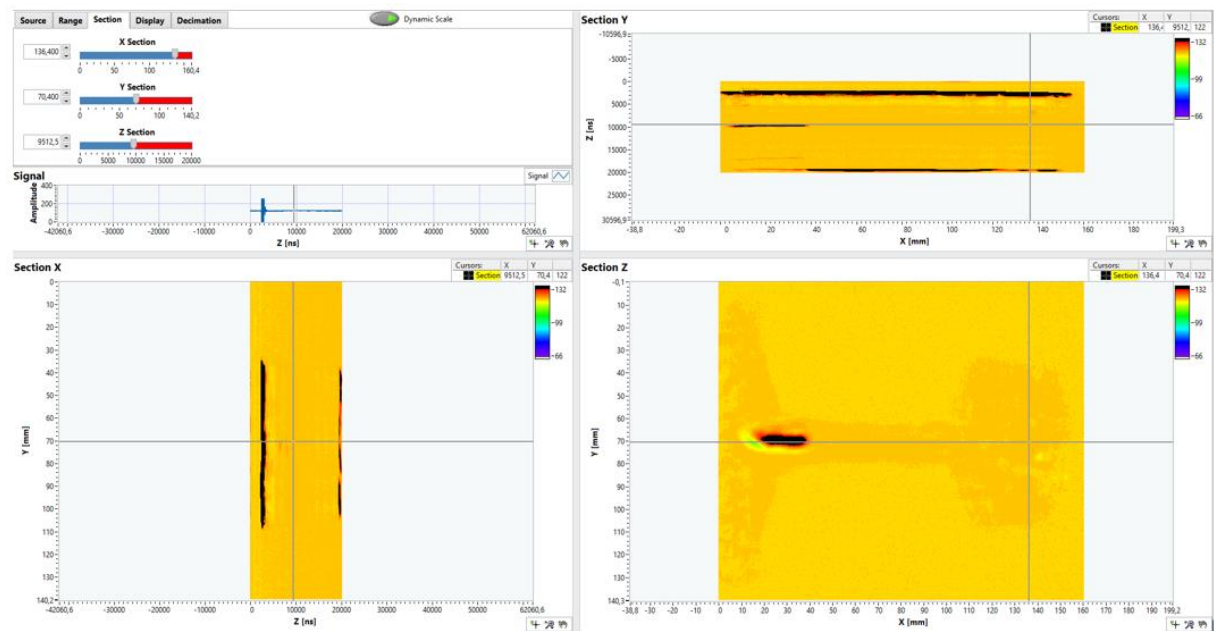
26-27. sz. képek. Egy kép a hegesztésről és az utána keletkezett hőhatásövezetről.

Alkalmazott fej:

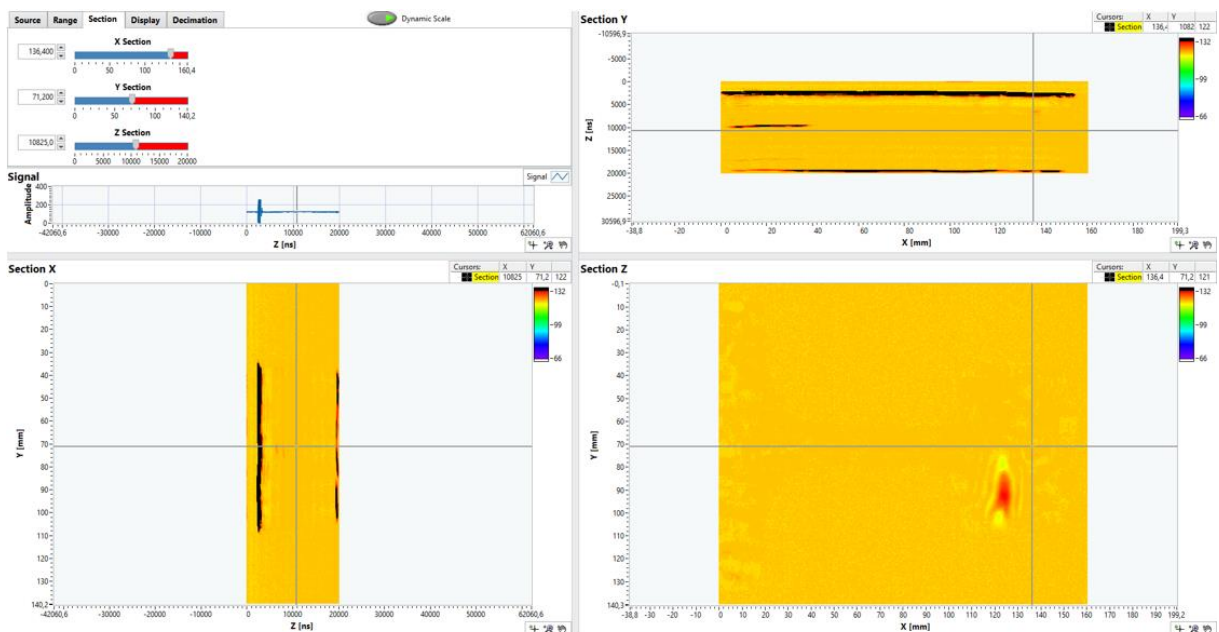
4MHz Immersone merőleges besugárzással

Mérési eredmények:

A talpon levő furat teljes hosszában látszik mind a Section Y és Z ablakokban.



28.sz. ábra. A talp furat láthatósága.



29.sz. ábra. A fejben levő furat.

A fejben levő furat nem rajzolódik ki olyan határozottan, mint a talp részen található, de azért látható. A hegesztésben csak apró pontszerű hibák ábrázolódnak ki, ennek oka lehet, hogy jobban sikerült a hegesztés, mint szerettem volna, illetve az eljárás is miszerint az awi hegesztés jobb beolvadást nyújt, mint a fogyóelektrodás. Illetve a hegesztőpálca anyagi összetétele közel azonos lehet magával a sín anyaggal így a csekély impedancia különbség miatt nincs a határfelületeken értékelhető visszaverődés.

5. Összefoglalás

A TDK dolgozatomban bemutatott kutatás során vasúti sínek hegesztéseiben és azok környezetében előforduló hibák akusztikus pásztázó mikroszkópos (SAM) módszerrel történő vizsgálatát végeztem. Dolgozatomban ismertettem a MAIDScan vizsgálógép működési elveit, részleteiben tárgyaltam az általam vizsgált síndarabok mérési eredményeit.

A kiértékelés folyamán megállapítható, hogy a módszer alkalmas a hegesztési hibák mérete és helye detektálására. A kutatás alatt igazolódni látszott, hogy a háromdimenziós képi megjelenítéseknek köszönhetően pontosabb, részletesebb eredményekhez juthatunk a hagyományos ultrahangos módszerekkel szemben. A mérések során saját kézzel előállított mintadarabokon lehetőség nyílt az érzékenységet és a felbontást optimalizálni különböző beállítások megváltoztatásával. A jövőben szeretném kutatásomat kiterjeszteni más minőségű anyagok hegesztéseire, illetve más alkatrészek vizsgálatára, ami kihívást jelenthet a hibadetektálások során. Sok megválaszoltalan kérdés merült fel, amikre megszeretnénk találni a megoldást a lehetőségekhez mérten legjobb kiértékelés érdekében. Bízom benne, hogy ezzel a technológiával hozzájárulhatok a hegesztési folyamatok minőségéhez és biztonság.

Irodalomjegyzék

- [1] <https://www.nde-ed.org/NDETechniques/Ultrasonics/index.xhtml>
- [2] <https://www.olympus-ims.com/en/ultrasonic-transducers/>