

## REFLEKTOR 3D anyaghiba adatbázis megjelenítő program

Czibula Mihály\*

Bár a gyakorlati tapasztalataim eddig a Siemens SAPHIR – DEA kiértékelő rendszerére vonatkoznak, mégis megpróbálok ettől elvonkoztatva általánosságokban írni a kiértékelés távlatáról, anyagvizsgálati szakértői rendszer elméletéről, az ipari adatbázisok nyújtotta lehetőségekről és magáról a REFLEKTOR 3D programról.

A gépi ultrahangos anyagvizsgálat nagy előnye, hogy a mérések a vizsgálandó felületre rögzített koordinátákhoz köthetők. Tetszőleges vonatkoztatási rendszer, tetszőleges felbontású mérési raszterháló választható, amit csak a mechanika és a vezérlés adottságai korlátoznak. Az anyagvizsgáló szabadsága így igen nagy, megfelelő ultrahangos fejekkel a vizsgálati technológiát a feladatra specifikusan tudja elkészíteni.

A gépi vizsgálatok reprodukálhatósága messze meghaladja a kézi vizsgálatokét. Az ultrahangos fejeket a fejtartó mechanikája szorítja a vizsgálandó munkadarabra, ezért a csatlós ingadozása lecsökkenthető, az emberi tényező minimális szerepet játszik. Ilyen körülmények között van értelme a mérések összehasonlításának. Az eredmények persze így is mutatnak eltérést, de ez már kezelhető szóródást mutat. Az egy állandó reflektor sorozatosan ismétlődő gépi mérésének ábrázolásával a jól ismert Gauss-görbe alakja akkurátusan kirajzolódik.

A gépi mérésnek négy változó értéke van: a felület X, és Y koordinátái, a hangút (s) és a mért dB érték (E). E változókból a számítógép a mélységkiegyenlítési algoritmus, és az állandó paraméterek – az erősítés, az X, Y korrekciók, besugárzási szög, hangsebesség... – segítségével származtatja a számunkra szükséges értékeket. Választott vonatkoztatási rendszerünkben értelmezett függvény:

$$f(X, Y, s, E) \Rightarrow f(X, Y, Z, E)$$

Ez az f függvény az anyagot térfogatában írja le, E változójában annak homogenitását jellemezve. Képe háromdimenziós térben vagy annak vetületein ábrázolható, rendre X,Y,Z koordináták szerint. Így a hangnyomás (E) értékéhez színeket rendelve vetületes ábrázolásban kirajzolódnak az anyag inhomogenitásai. Ezen az elven működik a Paksi Atomerőműben is használt SAPHIR-DEA kiértékelő rendszer is. Ha a mérési pontokat kellően sűrűn vesszük fel (azaz a letapogatás lépéstávolsága kisebb, mint a regisztrálási határ kétszerese), akkor letapogathatók a regisztrálási határt meghaladó méretű reflektorok az anyagban.

Ha nagy reflektorról van szó, akkor az eljárása világos: letapogatással a 6 dB-es törvényt használva meghatározható a hiba mérete. Ha azonban kis reflektorról van szó – azaz az adott mélységben a hangnyaláb vezérsugarára állított merőleges sík és a hangnyaláb metszete nagyobb, mint a reflektor – nem ilyen egyértelmű a helyzet. A hangnyalábban a hangnyomás nem homogén, ezért a reflektor letapogatása akkor is eredményez csúcspontot, ha a nyalábméret a reflektorhoz képest relatív nagy – azonban ebben az esetben a valós méretnél nagyobb és elmosódottabb kép lesz jellemző.

A dB értékekhez megfelelő színiskálát választva az f(X,Y,Z,E) függvényt ábrázolva képet kapunk a reflektorok valódi alakjáról. Itt a mért dB

értékek a kézi vizsgálatól eltérően már nem közvetlenül határozzák meg a méretet, hanem a 6 dB-es törvényt alkalmazva a zajból kiemelkedő terület lépésköz felbontású meghatározására képesek a színiskála segítségével. Így lehetséges általános, nem a célra fókuszált ultrahangos fejekkel is közelítő méret-meghatározás.

A kapott eredményeket jelenleg kiértékelő értékeli személyes tapasztalatai, intuíciói alapján. Ez a munka nagy gyakorlatot igényel és rendkívül felelősségteljes. A kiértékelés azonban akár számítógépen megvalósítható algoritmusokkal is leírható, fázisai programozhatók. Találhatók olyan típusesetek, amiket egy kiértékelő szoftver is képes felismerni. A probléma a határesetekkel van, amit az ember intuitív képességének segítségével old meg. Az intuíció tulajdonképpen a személyes tapasztalatok alapján felgyülemlett tudás használata, analógiákra való ráérzés az adott helyzet és az életben már tapasztalt helyzetek között. Az ember ezek segítségével képes felismerni és megoldani az adódó problémát, legyen ez akár egy kiértékelendő mérési eredmény. Egy számítógép nem lehet intuitív. Azonban egy nagy adatbázis, ami létező reflektorok paraméterei és róluk kapott mérési eredmények között teremt kapcsolatot, reményt ad arra, hogy legalább típusok, és méret szerint képes legyen a gép egy új mérési adathalmazt a memóriájában meglévő sémákra leképezni. Ha a gép a sémái között megtalálja a leghasonlóbbat a vizsgálandó adatokhoz, akkor jó eséllyel azt is elmondhatjuk, hogy a talált reflektor valami hasonló, mint az amit számunkra a gép adatbázisából előhúzott. Egy ilyen adatbázis az egész mérőrendszert kalibrálja, elkészítéséhez sok etalonhibára és mérésre van szükség. Elkészítése csak visszatérő állapotfelmérő vizsgálatok esetén értelmes (pl. atomerőművekben).

A szoftveres értékelés nagy előnye, hogy a reflektorokat komplexekben képesek „látni” mint az emberek, ugyanis az emberi értékelést korlátozza, hogy maximum négydimenziós függvényt képesek érzékelni – ez egy ultrahangos fej egy besugárzását jelenti egy adott felületen –, de ezt is már csak vetületes, színiskálás ábrázolással. Azonban a számítógép képes a reflektorról érkező összes jel globális kezelésére, ami például az atomerőműben a reaktortartály falának vizsgálata során több mint 30 is lehet (az egyhez képest ez igen sok).

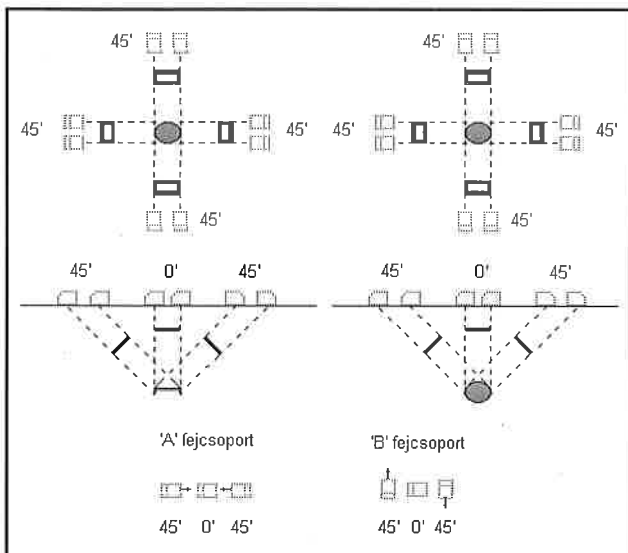
Adataink sokkal pontosabb képet adnak az anyaghibákról, mint ami érzékelni tudunk. A reflektorokat a különböző ultrahangos fejek és besugárzási irányok más-más nézetben látják. Ezek ideális esetben a kiterjedés besugárzási irányra és szögére vett merőleges síkmetszetei. E képek összességéből elvileg megrajzolható lenne az egész térfogat. A humán kiértékelő azonban egyszerre csak egy képet tud értelmezni. Helyzete hasonló a három vak ember és az elefánt esetéhez. Az a vak, aki az elefánt ormányát tapogatta meg csőnek látta, aki a farkát fogta kötélnak gondolta, aki a lábába kapaszkodott oszlopnak érezte. Az összképet, hogy valójában milyen is az elefánt egyikük sem tudta felfogni. Erre csak egy látó ember képes. Az anyagvizsgálat területén ilyen látó lehet egy szakértői rendszer, amely matematikai módszerekkel képes lehet a különböző fejek által szolgáltatott képeket globálisan kezelni, modellezni a reflektor valós kiterjedését. Azonban egy ilyen háromdimenziós modell készítése nem egyszerű feladat. A mérések, a különböző jeladók egyéni karakterisztikájából adódóan egymástól eltérő eredményeket adnak ugyanarról – a térben és időben (kis időintervallu-

\* Atomix Kft.

mot tekintve) – állandó anyaghibáról. Ezen felül méréseinknek – mint minden mérésnek – van egy természetes pontatlansága, hibája is. Így kapunk egy létező reflektorról sokfajta képet, ami közül mégsem állítjuk egyikről sem, hogy a valóságot írja le.

A '3D reflektor' program egy jól használható, egyszerű demonstráció arra, hogy a különböző ultrahangos fejek milyen helyzeti, méret- és alak eltéréssel határozzák meg egy-egy reflektor kiterjedését és helyét az anyagban. Mint már szó volt róla, a jeladók a reflektornak az ultrahangnyaláb sugárzási irányára merőleges síkra vett vetületeit érzékelik. A programban ezek a vetületek az egyszerűség és a kezelhetőség érdekében a kiértékelés során meghatározott dX, dY, dZ befoglaló téglalest átlósíkjával kerültek megjelenítésre. Erre az átlósíkra igaz az, hogy merőleges a besugárzásra.

Az átlósíkok – azaz a valós reflektorról kapott képek – minden esetben téglalapok. Átlóik metszéspontjainak egy pontba kéne esniük, mégpedig a valós reflektor középpontjába. A valóságban ez persze másképpen van. E kitért pontok a térben szóródnak. Az X, Y síkon ennek elsődleges oka lehet a hibás korrekció, ami még kiszűrhető, azonban a nyalábeltolódásból, szemcsézettségéből, és még egyéb okokból bekövetkező torzulás korrigálása már nem megoldható feladat. Azonban a statisztika segítségével egy egyszerű súlyozott átlaggal – ahol a súlyokat az ultrahangos fejek megbízhatósága szerint kalkulálhatjuk, pl.: a 0 fokos fej feltehetőleg elég pontosan határozza meg az X és az Y koordinátákat – meghatározhatjuk a kitért pontok eredőjét. Ezek után az így kapott pontba eltolva a síkvetületeink átlómetszéspontjait már egy elég jó becslést kapunk a reflektor valós helyéről.



1. ábra

A térbeliség érzékeltetésére a következő módszert használjuk. A téglalapok csúcspontjaira – mint a reflektor felszíni pontjaira – burkoló felületet feszítve megkapjuk annak háromdimenziós modelljét. A probléma az, hogy a reflektort nem tudjuk a három fő irányból (X, Y, Z) megvizsgálni, vetületi képeink egy szokásos vizsgálati elrendezéssel csak a felületének egy részét képesek látni.

Az A és B fejcsoportokkal vizsgálva az anyagot ezt a két eltérő típusú reflektort például ugyanolyannak érzékeljük (1. ábra). Ha a 45 fokos fejek helyett fázisvezérelt fejeket használunk különböző szögekkel, nézőpontjaink és vetületeink megsokasodnak, így a kialakuló kép is pontosabb lehet.

A program adatbázisban tartalmazza a reflektorok adatait (2. ábra). A rekordszerkezet alapján a Siemens által készített SAPHIR ultrahangos

C:HEIDRUFF\FEKTORT\HT1.ADA																	
№	X	Y	Z	Fej	15.0g	Hud	15.0g	Fej	Zs	CUK	IRIS	ES	GY	KZ	IPKS	IPKA	Megj
1	117.7	522.4	32.6	5-129.45	L	+0	39	39	40								R103 2
2	151	511.8	31.9	5-129.45	L	-0	43	33	40								R103 1
3	147.9	527.4	31.3	5-129.45	L	+0	38	39	40								R103 1
4	147.9	527.4	32.6	5-129.45	T	-0	50	39	45	10.8	12.4	1.3					R103 1
5	147.9	527.4	31.3	5-129.45	T	-0	51	41	45	12.5	8.4	1.2					R103 1
6	149.6	522.4	32.6	5-129.45	T	+0	42	37	54								R103 15
7	148	511.8	30.52	5-129.45	T	+0	53	43	55								R103 18
8	243.5	522.4	28.6	5-129.45	L	+0	42	35	40								R103 2
9	248	511.8	31.5	5-129.45	L	-0	44	33	40								R103 3
10	248	511.8	30.4	5-129.45	L	-0	42	33	40	34.8	12.8	1.1					R103 4
11	248	527.4	32.6	5-129.45	L	-0	51	39	45	10.2	12.4	1.1					R103 5
12	273.3	527.4	35.1	5-129.45	T	-0	51	41	45	3.1	8.4	1.9					R103 6
13	273.3	527.4	31.6	5-129.45	T	-0	45	41	42								R103 7
14	248	527.4	32.6	5-129.45	T	+0	46	37	54	10.2	12.8	1.1					R103 15
15	248.2	522.4	32.6	5-129.45	T	+0	50	41	62								R103 14
16	245.5	527.4	31.6	5-129.45	T	+0	55	43	65	11	12.4	2.7					R103 18

2. ábra

gépi anyagvizsgáló rendszer regisztrálási határt meghaladó reflektor listája adja, de nem kizárólagosan. A forráskód kisebb módosításával használható szinte bármilyen felépítésű adatállomány. A Paksi Atomerőműben az adatbázisok a reaktortartályok, az összesen 24 gőzfejlesztő hideg és meleg ági kollektorok osztósíkjait, varratait, az NA 500-as csővezetékek varratait, és a mesterséges anyaghibákat tartalmazó etalonok reflektorait dolgozhatják fel (példaként a Gépi ultrahangos rendszerek regisztrátumainak feldolgozási tapasztalatai... című cikkünk 4.–6. ábráira utalok, amelyek a TR1 etalon hibáiról készültek).

A rendszer képes a vizsgált gépelemek műszaki rajzain reflektor térkép ábrázolására. A vizsgálati technológia készítése során választott vonatkozási rendszerben helyezi el a szoftver a reflektorokat a műszaki rajzon. A rajzot bármilyen tervezői rendszerben el lehet készíteni, természetesen méretarányban.

A Paksi Atomerőműben az elmúlt évek gépi ultrahangos anyagvizsgálatai nagy adatmennyiség felhalmozódásához vezettek. Ezek az adatok gyakorlatilag ugyanazokról a megszámlálható számosságú reflektorokról szólnak. Egy-egy ilyen reflektorról szinte minden évben keletkezik adat azonos, vagy más-más tulajdonságokkal bíró ultrahangos fejekkel végzett vizsgálatokból. Ezek az adatok pedig egymáshoz képest eltérést mutatnak. A program által kínált térbeli megjelenítés lehetőséget ad a mérőrendszer hibáinak kiküszöbölésére, a reflektorok változásának időbeni nyomon követésére. Az eredmények megértése és feldolgozása megköveteli a szemléletességet, hiszen az ember vizuális természet, könnyebben feldolgozza a képi információt, mint a száraz számsorokat.

Az egyre inkább felhalmozódó mérési eredmények kezelésére hasznos segítség lehet a program. Kijelölhető szempontok, megadható kritériumok alapján az adatbázisból részadathalmazok hozhatók létre, amelyek segítik az elemzést. A képábrázolás térben történik, (pl. a 4/a. ábra a 62. oldalon) perspektívkusan a látást modellezve. Ez a módszer azért előnyös, mert képes képet ad és a rövidülésekkel, él összetartásokkal érzékeltethető a távolságok a síkra vetített képen (képernyőn) is. Ennek ellenére mégiscsak a kapott kép forgatásával kaphatunk teljes fogalmat a reflektorok egymáshoz viszonyított valódi helyzetéről. A kapott kép az értelmes ábrázolás határáig tetszés szerint nagyítható, kicsinyíthető, illetve a függőleges és a vízszintes gördítősávokkal mozgatható.

A berendezések anyaghibáinak szemléletes megjelenítéséhez nagyon jó lehetőséget ad a gépelem műszaki rajzára a valós fizikai helyre felrajzolt reflektorállomány (pl. az 5. ábra a 63. oldalon). Így globális képet kapunk a berendezés állapotáról. A rajz a berendezés sík képét mutatja a gépi ultrahangos mérés során rajta felvett koordináta-rendszerrel.

Az anyaghibák pontos vizuális elhelyezéséhez szükség van azok síkvetületeinek ábrázolására is. A vetület ablak a kivágtott téglalest és a benne elhelyezkedő anyaghibák X-Y, X-Z, Z-Y síkokra vett vetületeit mutatja (pl. a 4/b. ábra a 62. oldalon). A program nyomtatási funkcióinak használatával színvonalas reflektor-csoport dokumentációk készíthetők, érthetőbbé téve ezáltal a vizsgálati jegyzőkönyveket.