

Központelvű mérés technikák

Dr. Greguss Pál*

Jelenleg, az anyagvizsgálatban használatos mérés technikák, függetlenül attól, hogy a jelmin-tahordozó elektromágneses vagy mechanikai (ultrahang) hullám- ϵ , – különösen, ha a mérés-technika képkalkotáson, azaz kétdimenziós in-tenzitáseloszlás kiértékelésén alapszik, – ön-kénytelenül is az ún. „ablakon át nézés” koncep-ciójából indulnak ki: akaratlanul is utánozzák szemünk képkalkotási módszerét, vagyis Des-cartes-féle koordináta-rendszerre alapoznak. Ez a képkalkotási módszer azonban meglehetősen korlátozott látószöggel rendelkezik, vagyis a há-romdimenziós környezetről nemhogy nem tud 360 fokos, azaz panoramikus képet szolgáltatni, hanem a mérés alapjául szolgáló „kép” is csak a háromdimenziós tér egy részének olyan vetüle-te, amely nem a tér három dimenzióban létező geometriai viszonyainak kétdimenziós váza.

Központelvű leképezés

A központelvű leképezésnek is nevezett képal-kotás viszont szakít a fenti szemlélettel, és a tényleges háromdimenziós fizikai teret nem gömbszerű, hanem olyan hengeres látótérnek tekinti, amelyet egy kétdimenziós felületre torzít-ásmentesen lehet vetíteni, méghozzá úgy, hogy a síkbeli kép pontjai közt ugyanazon 1:1 megfele-lés legyen, mint a valóságban. Ilyenkor a há-romdimenziós térről olyan gyűrűalakú kép jön létre, ahol a gyűrű szélessége megfelel a pano-ramikus képkalkotás horizontjára merőleges látó-szögnek, míg a koncentrikus gyűrűk változó víz-szintes látószöget jelentenek egy adott „függőle-ges” térszögben (azaz az optikai tengelyre megőleges térszögben). Ezen leképezési stra-tégia következtében az ilyen, ún. „síkra vetített hengerpalást perspektívát” (angolul „Flat Cyl-inder Perspective, FCP) mutató képek csak egyet-len távolponton rendelkeznek, mint ahogy azt a *borítólap ábrája* szemlélteti, amelyen a Buda-pesti Műszaki Egyetem központi épülete és Du-na-parti környezete látható.

Mivel nem vagyunk hozzá szokva, hogy a ben-nünket körülvevő teljes teret egyszerre lássuk, az ilyen, polárkoordinátákat használó, gyűrűs képet első pillanatra nehezen értelmezzük, mi-vel a Descartes-i koordináta-rendszerben való gondolkodáshoz szokott perspektíva-érzetünk következtében több, egy egyenesen elhelyez-kedő távolponton keresünk, míg ennél csak egyetlen egy van: a koncentrikus gyűrűk közép-pontja. Továbbá, az ilyen képeken egyszerre jelenik meg a „normálisnak” tartott, szokványos perspektíva (vagyis amikor a távolabbi tárgyak kisebbnek tűnnek, mint az elől lévők) s ennek ellentéte, a „fordított perspektíva”. Az ilyen képen való tájékozódást hamar meg lehet tanulni, pl. azzal, hogy a gyűrűalakú panoramikus képet középpontja (origója) körül lassan forgatjuk, vagy ha függőlegesen felfelé, egy sík mennye-zetre vetítjük. Így az addig zavaró pszichológiai hatás megszűnik, mivel ahhoz már hozzá va-gyunk szokva, hogy felfelé tekintve „körben” lás-sunk.

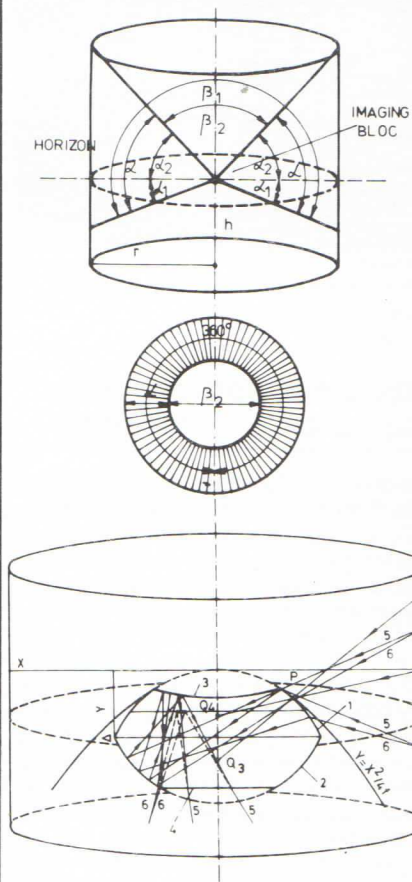
Az említett pszichológiai hátrányt nagy mérték-ben kompenzálja az a tény, hogy a központelvű

leképezés pásztázás nélkül olyan 360 fokos pa-noramikus képet szolgáltat, amelynél, egyetlen távolponton lévén, képkalkotáskor nem lépnek fel olyan, csak igen nehezen vagy egyáltalában nem ellensúlyozható torzulások, mint pl. az ún. halszem-optikáké. Ez igen alkalmassá teszi kü-lönböző mérési feladatokat elvégzésére.

Történeti előzmények

Az első, központelvű leképezést pásztázás nél-kül lehetővé tevő optikát 1878-ban *Mangin* fran-cia csillagász szerkesztette. Az azóta eltelt időszakban több tucat megoldás született, meg-felelő kompromisszumot keresve a mindenkori képmínőség és a műszaki gyárthatóság, vala-mint a gazdaságosság paramétereit között, de nem sok sikerrel, mivel nem találták meg, hogy mikor és hogyan lehet az elméletileg megkívánt aszférikus felületeket szférikus felületekkel ki-váltani.

Az 1983-ban hazai és számos külföldi ország-ban szabadalmat nyert képkalkotó optika, ame-lyet angol nevének rövidítéséből (Panoramic An-nular Lens) PAL-optikának emlegetnek a szak-i-rodalomban, úgy tűnik, sikeresen oldotta meg ezeket a problémákat. Külön érdekessége e képkalkotó tömbnek, hogy az őt körülvevő három-dimenziós térről *magában* a tömb belsejében

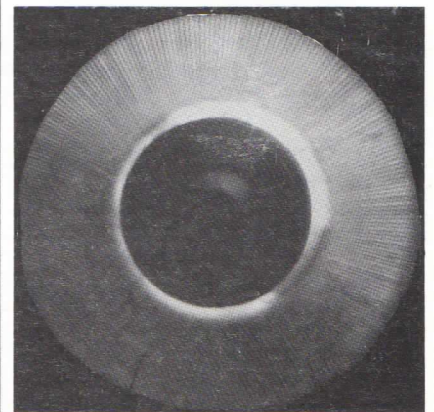


1. ábra A fénysugár útja a központelvű leképezést megvalósító PAL-optikában

alakul ki egy virtuális kép, – mint ahogyan ez az 1. ábrán feltüntetett sugármenetből jól kivehe-tő –, és így az ilyen optikák mélységélessége az optika felületétől a végtelenig gyakorlatilag azonos. Továbbá, a panoramikus kép kialakulása-kor található a tömbben, közvetlenül az optikai tengely körül, egy olyan hengeres térfogatrés, amelynek magában a képkalkotásban nincs sze-repe, és így felhasználható különböző egyéb, másjellegű feladatok megoldására. Végül, de nem utolsósorban a PAL-optika nagy előnye más, központelvű leképezést adó megoldásokkal szemben, hogy könnyen miniatürizálható; az eddig elkészült változatok közül a legkisebb át-mérője 6 mm.

Panoramikus metrológia

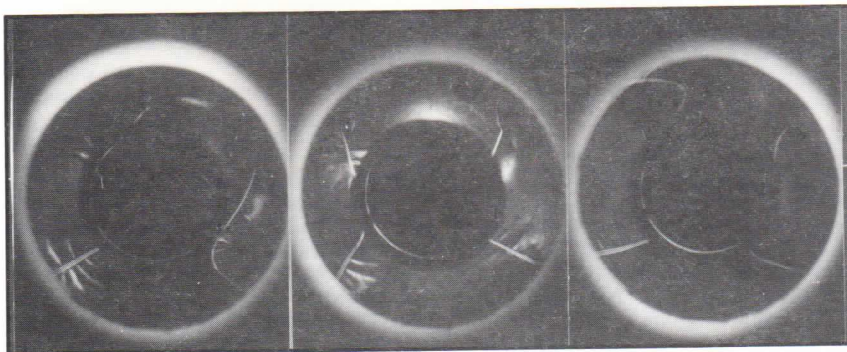
A PAL-optikára több, az elmúlt évek során kidol-gozott mérés-technikai eljárás alapul. A legegy-szerűbb központelvű leképezést alkalmazó eljá-rás az a módszer, amikor üregek belső felületé-nek korróziós állapotát optikai úton, pásztázás nélkül, valós időben figyelik meg. Ilyenkor a megfelelően méretezett PAL-optikát csupán egy kellő felbontású CCD kamerával kell összekap-csolni, hogy a monitoron azonnal láthatóvá vál-jék az üreg belső fala. Mivel, mint már említettük, a panoramikus kép a képkalkotó tömb belsejében keletkezik, az összekapcsolásnak egyetlen kriti-kus pontja van csupán, mégpedig a PAL-optiká-ban keletkezett képnek a CCD kamera érzé-kelőjére való igen pontos kivetítése. Ebben az esetben ugyanis a felbontó képességet kizáró-lag a CCD kamera targetjének felbontó képes-sége határozza meg. Ezt a technikát többek közt sikeresen használta a NASA ahhoz, hogy raké-tahajtóművek belsejének korróziós állapotát vizsgálják, mint ahogyan a 2. ábra mutatja.



2. ábra Síkravetített hengerpalást perspektívát mutató panoramikus kép egy RL-10 rakétahajtómű belsejének korróziós állapotáról.

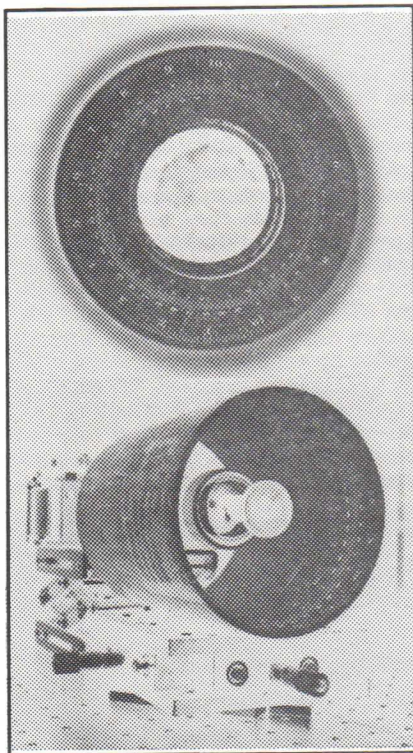
Igen érdekes panoramikus mérés-technikai fel-adat volt annak megállapítása, hogy miképpen viselkedik a varrat egy olyan légszák belsejében, amelyet az autóban ülők biztonságának növelésére kívántak felhasználni. A 3. ábra há-rom képe jól szemlélteti, hogy különböző nyo-mási viszonyok között miképpen alakul a varrás körüli gyűrődések és a varrócéma helyzete. Ez-

* OPTOPAL Panoramikus Mérés-technikai Szolgálat, Budapest



3. ábra Egy légszák belső felületének és varratainak alakulása nyomásváltozás hatására.

zel a képpel kapcsolatban ismételten fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a PAL-képek *nem keresztmetszetet* mutatnak, hanem az üreg belső falának az optikai tengelyre merőleges síkba egy nyújtási művelet segítségével beforogtatott képét, mint ahogyan ezt a 4. ábra jól szemlélteti.

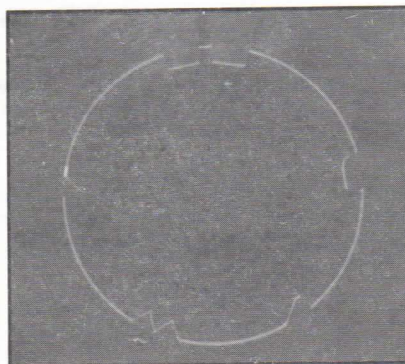


4. ábra A PAL-képek nem keresztmetszetet mutatnak, hanem az üreg belső falának az optikai tengelyre merőleges síkba beforogtatott képét.

Radiális metrológia

A PAL-optikára alapozott profilométer alapjait a Alabama állambeli Hunstville egyetemének kutatóival együttműködve dolgozta ki a szerző, melynek lényege, hogy egy lézer ki nem tágított sugara egy 90 fokos prizmán halad keresztül, amely egy átlátszó üvegkorongra oly módon van felszerelve, hogy a lézersugár egy elülső felületű forgó tükörről a vizsgálandó üreg belső felületére vetődik. Az így létrejövő fénynyomvonal –

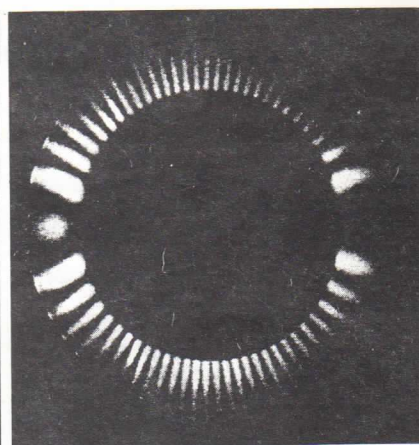
amely szabályos, hengeres üreg vagy cső belsejében értelem szerűen kör – a PAL-optika és egy segédlencse segítségével egy CCD-kamera targetjére vetődik. Mivel a lézersugár követi az üreg belső falának alakját, – mint ahogyan azt az 5. ábra szemlélteti, – a lézernyomvonal képe ha nem tökéletes hengerről van szó, el fog térni a körtől. Az így kapott képek kiértékelése különösebb nehézség nélkül lehetséges, csupán a derékszögű és hengeres koordináta-rendszer egymásba való átváltását kell megfelelő módon figyelembe venni. Ezt a módszert a NASA-díjjal ismerték el, és bevezetésre ajánlották, mint NASA standard eljárást.



5. ábra A radiális metrológia mérési elve

Koherens-optikai mérési eljárások PAL-optikával

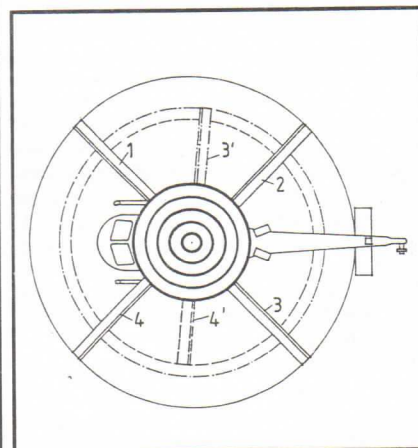
Mivel a PAL-optika üregek belsejéről panoramikusan képet szolgáltat, megnyitja a lehetőséget, hogy multiplexálás nélkül 360 fokos hologramokat rögzítsünk, és így akár valós időben panoramikusan holografikus interferometriai méréseket végezzünk. Az egyik megoldásnál két egymással szembenéző, de ugyanazon optikai tengelyen lévő PAL-optikát használnak, ahol az egyik az üreg megvilágítására szolgál, míg a másik, az így megvilágított üregről, egy segédoptika segítségével, termoplasztikus holokamerára vetíti a gyűrűalakú képet. A referencianyaláb ebben az esetben oldalról és ugyanabból az irányból érkezik a hologramsíkra, mint a tárgy hullám. Mivel a termoplasztikus rögzítőanyag az üreg hologramja rövid idő alatt rekonstruálható módon kialakul, minden feltétele megvan a valós idejű holografikus interferometriának. A 6. ábra egy terhelés alatt álló cső interferogramját mutatja.



6. ábra Egy terhelés alatt álló cső valósidejű panoramikusan interferogramja.

További mérés technikai lehetőségek

E néhány példával kívántuk illusztrálni, hogy a PAL-optika segítségével, központelvéű leképezést alkalmazva, milyen különleges mérés technikai problémákat lehet megoldani, s egyben arra is utalni kívánunk, hogy a lehetőségek még távolról sincsenek kiaknázva. Így pl. ez a mód-



7. ábra Forgólapátok kúponfutásmérésének elve PAL-optikára alapozva

szer igen alkalmas lehet forgó lapátok kiegyensúlyozottságának megállapítására, mint pl. helikopter-rotorok kúponfutásának mérésére. A forgólapátos rendszereknél ui. a lapátok hosszúsága általában azonos, így helyes kiegyensúlyozottság esetében a lapátvégek ugyanazon körön futnak. Ha mármint a PAL-optikával felszerelt műszer optikai tengelye egybeesik a forgó lapátok tengelyével, úgy a gyűrűalakú képen az egy síkon forgó, azaz kiegyensúlyozott lapátok végei egyetlen körön jelennek meg, mint ahogyan ezt a 7. ábra szemlélteti (1, 2, 3, 4 sz. lapátok), illetve kiegyensúlyozatlanság esetén különböző körökön (3', 4' sz. lapátok).

933 073 124