

Digitális képképzés és csővezeték-ellenőrzés¹

Ken Altman² – Richard Linder³

Bevezetés

A vizuális vizsgálat a roncsolásmentes anyagvizsgálat legrégebbi ága, de napjainkban – a vizsgálóeszközök fejlesztésének eredményeként – egyre nagyobb a jelentősége és a szerepe az állapotellenőrzésben.

Ismeretes, hogy a merev szárú, egyszerű boroszkópok, illetve a korszerű videoboroszkópok és videoendoszkópok alkalmazási köre elsősorban a kis méretű nyíláson hozzáférhető és viszonylag kis térfogatú zárt terek – turbinák, auto- és repülőgépmotorok, kisebb tartályok, palackok, csőszelvények, csőcsomók stb. – vizuális vizsgálatára korlátozódik, ám a legújabb típusokkal helyzet- és méret-meghatározó méréseket is végezhetünk, illetve csatlakoztatható tartozékaival kivehetünk és behelyezhetünk tárgyakat.

Ugyanakkor növekvő az igény – különösen a föld alatti – nagy térfogatú és kiterjedésű zárt terek: tartályok, csővezetékek, közműcsatornák (szennyvíz-, kábel-, lég- és egyéb csatornák) megbízható, idő- és költségkímélő vizuális ellenőrzése iránt. Ezen feladatok elvégzésére távműködtetésű illetve távvezérlésű, videokamerával és megvilágítással felszerelt vizsgálóberendezéseket (remote visual inspection angol kifejezés után röviden: RVI berendezéseket) fejlesztettek ki.

Cikkünkben röviden áttekintjük ezeket az RVI berendezéseket és a velük szerzett alkalmazási tapasztalatokat különös tekintettel a föld alatti ún. infrastruktúra ellenőrzésre.

RVI vizsgálóberendezések

Az RVI vizuális vizsgálattechnika az első boroszkóptól a teleszkópos rúdra szerelt vagy áttolható videokamerákon és az önjáró robotkamerákon át az egyedi tervezésű berendezésekig terjed. Alkalmazásuk a vizsgálati feladattól, a zárt tér méreteitől (átmérőjétől, hosszától) és környezetétől (sötétség, nedvesség, mérgező gázok és egyéb veszélyek) függ.

A standard RVI berendezések néhány jellemzője

Önjáró vizsgálórobotok: videokamerával és lámpákkal felszerelt, távvezérelt kis járművek; könnyen behelyezhetők a befoglaló méretüknek megfelelő keresztmetszetű, vízszintes csővezetékbe, csatornába, és változó környezeti viszonyok között is megbízhatóan működnek. A **Rovver** robotcsalád – egyik tagja az 1. ábrán látható – járműve összerakéghajtású és kormányozható. A **Rovver 400** a legalább 100 mm

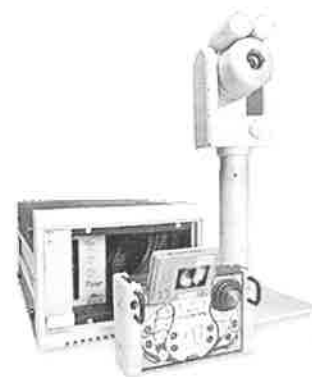


1. ábra. A Rovver 600 típusú önjáró vizsgálórobot

(4"), a **Rovver 600** a legalább 150 mm (6"), míg a **Rovver 900** legalább 230 mm (9") belső átmérőjű csővezeték állapotellenőrzésére alkalmas. Hatótávolságuk: 180 m. Az utóbbi kettőnek a nagy felbontású, változ-

tatható fókuszú (6 mm – ∞), színes CCD kamerája pásztázó és billenő mozgást is végezhet. A kábeldobhoz csatlakoztatott – vízálló kivitelű – robotok funkciói kívülről, a vezérlőegységről működtethetők, illetve az ellenőrzött tér videóképe a monitoron szemlélhető és szükség szerint elmenthető.

Pásztázó–billenő–zoom–videokamerák (PTZ-kamera – pan-tilt-zoom): a teleszkópos rúd végéhez csatlakoztatott kamera bemeríthető aknáknak, tartályok, reaktortartályok és egyéb zárt terek búvónyílásán és a kamerát célszerűen, távműködtetve mozgatva a belső felületek állapotáról gyors áttekintést kapunk. Az ellenőrzött felület videóképe a monitoron szemlélhető és elmenthető a kamera helyzetkoordinátaival és egyéb jegyzőkönyvezendő adattal együtt. Egy ilyen, korszerű vizsgálóberendezés látható a 2. ábrán.



2. ábra. A pásztázó–billenő–zoom–videokamerás rendszer

Áttolható videokamerák.

Ezeket eredetileg úgy tervezték, hogy a merev kábel végére szerelt, kis átmérőjű kamera mélyen betolható legyen a bojlercsővekbe. A vizsgálóeszköz hamar népszerű lett, ezért továbbfejlesztették (ennek részleteire még kitérünk), és ma már számos területen, például közüzemi szennyvízvezetékek és hosszú ipari csővezetékek gyors ellenőrzéséhez használják, mint például a 3. ábrán látható **BTX QuickLook** készüléket, amelynek 29 mm átmérőjű, saválló acél tokozású, vízálló szondájában hét db izzólámpa, állítható fókuszú lencse és színes CCD kamera van. A részletgazdag videóképet a 4"-os színes LCD monitoron szemlélhetjük. Működési hossza: 50 m.



3. ábra. A BTX QuickLook áttolható videokamera

Alkalmazási tapasztalatok

Az elmúlt évtizedben a RVI vizsgálattechnika használói bizonyítottan időt és költséget takarítottak meg, és mindehhez biztonsági előnyök is járultak. Nyilvánvalóan költségtakarékos dolog munkáscsoport helyett csak egy vizsgálószemélyt kiküldeni a kamerával, hogy felderítsen egy csődugulást. De emellett egészségügyi előnyök is származnak abból, ha nem kell a munkásnak a potenciálisan veszélyes zárt térbe bebújni. Az utcai csatornahálózatok kívül a RVI vizsgálattechnikát más üzemelő vagy újonnan épített föld alatti rendszerek (pl. csőhálózatok, duzzasztógáták, pincék) állapot- vagy minőség-ellenőrzéséhez, üzemzavarai okok felderítéséhez is használják.

¹ A Korszerű technológia a föld alatti infrastruktúrában konferencián (Washington D. C., 2001. december 3–4.) elhangzott előadás szerkesztett változata.

² Az Everest VIT környezetvédelmi értékesítés igazgatója, illetve

³ marketing elnökhelyettese.

KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK

Ma már a közüzemi ellenőrök fel vannak szerelve a RVI berendezésekkel. Alkalmazási tapasztalataikból idézünk néhányat:

Steve Snawder a televíziós kábelcsatorna ellenőre a Louisville Fővárosi Kerületi Csatornaműveknél, Kentucky államban a Rovver 400 robotot használja a kábelcsatorna üzemzavarainak kivizsgálásához. Amint fogadja a hibabejelentést, Snawder fogja a „tv-felszerelést” és a kisteherautóval a helyszínre megy. „Rendszerint 45 perccel a hívás után képet kapok a hibáról, és meghozom a döntést.”

Charlie Borash, közüzemi karbantartási ellenőr Eagan városban (Minnesota), szintén Rovver-t használ. „Betesszük egy búvónyílásba és megvizsgáljuk a helyszínt. A kerekeket oldalanként ellentétes irányba forgatva a robot egy tízcentesen megfordul. Tetszik a kép minősége és az egész berendezés, nem megy tönkre és egyszerű javítani.” [“Portable CCTV Equipment Improves Quality, Cost of Sewer Inspection” („Hordozható CCTV berendezés: javuló minőség, csökkenő költség a csatorna-ellenőrzésnél”), Rehabilitation Technology, February 2001]

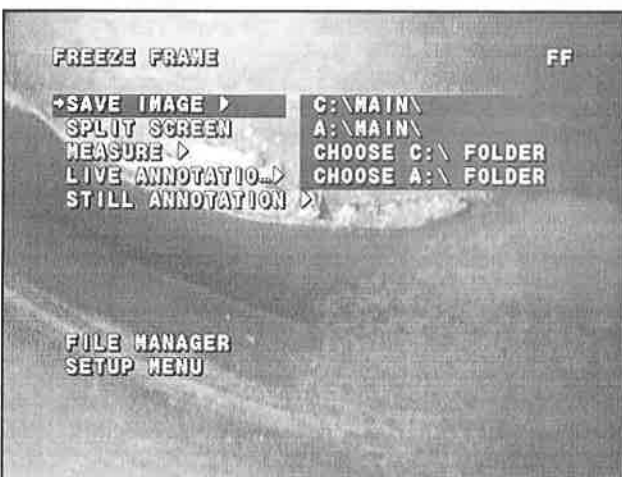
Az áttolható videokamerák fejlesztése

Az áttolható kamerák – mint említettük – kezdettől fogva népszerűvé váltak a föld alatti infrastruktúrát ellenőrzők körében. Ugyanis a készülék könnyen betolható a közüzemi szennyvízcsatornába vagy az elektromoskábel-csatornába; gazdaságosan, könnyen kezelhető, sokoldalú vizsgálóeszköz.

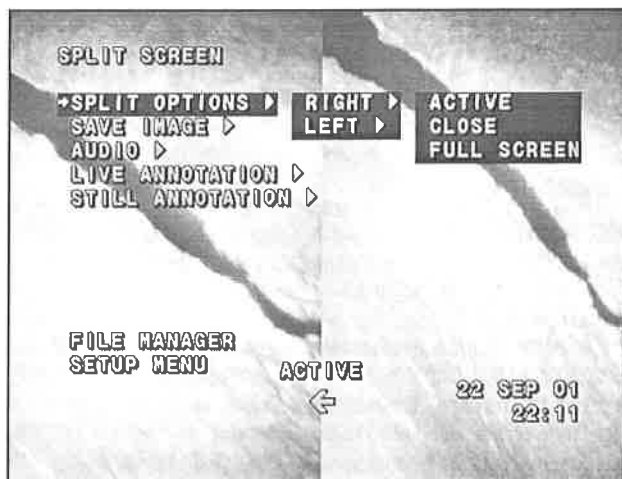
Az első áttolható kamerákhoz, a 1980-as évek végéig, fekete-fehér képcsöves technikát használtak. Ezt váltotta fel a közelmúltban az új, színes CCD (töltéscsatolt félvezetés) kamera. Ezzel ellenállóbb kamerarendszert lehetett megvalósítani, mivel a CCD-k általában jobban elviselik az ütéseket, a durvább kezelést. Ezen kívül a CCD chipek kisebbek és olcsóbbak lettek, így az áttolható kamerák köré lámpákat is lehetett szerelni és a fej átmérője 75 mm (3”) alatt maradt. A kisebb átmérőjű kamerák a kis átmérőjű csővezetékek 90°-os ívein is átjutottak, ami növelte a lehetséges vizsgálatok körét.

Az áttolható kamerák második generációja. Az 1990-es évek közepén az Imaging and Sensing Technology Corporation cég mutatta be az új, MiniViper modellt, amelynek a kisebb átmérőjű (1,25”) kamerafeje bevezethető volt a 2” átmérőjű csövekbe és 90°-os íveibe is, kiterjesztve a vizsgálóeszköz alkalmazhatóságát a kis átmérőjű ipari és lakossági csővezetékekre például környezetvédelmi ellenőrzések céljából. Ahogy a berendezés fejlődött, a CCD chipek utat nyitottak a számítógépesített (digitális) képfeldolgozás és tárolás számára (3. ábra).

Az áttolható kamerák következő generációja. Az utóbbi idők szoftver- és hardver-fejlesztése megnövelte a föld alatti infrastruktúrák leg- alapvetőbb vizsgálóberendezésének, az áttolható kameráknak a használhatóságát, mivel a jobb minőségű vizuális adatokból több információt nyernek az ellenőrök, még gyorsabb, könnyebb és testre szabotabb a vizsgálat többletköltség nélkül. A vizsgálószemélyzet a mai



4a. ábra. A tároló menü



4b. ábra. Osztott képernyő és a feliratozó menü



4c. ábra. A beállító menü

kamerákat kezelő tanfolyam nélkül is gyorsan és könnyen működtetni tudja, az új változat tartós kivitelű és ergonómiai szempontból is megfelelő, jobb a kép minősége, és mérni is lehet vele.

A fejlett képfeldolgozásra kifejlesztett, új processzorok alkalmazásával a RVI berendezések képezelése és -tárolása korszerű. Például a képek vagy a videoképek digitalizálhatók, megoszthatók, továbbá hangfelvétel és kiegészítő adatok is csatolhatók a képhez és – a korábbi VHS rendszer fejlesztésének eredményeként – mindez lemezre menthető

vagy e-mail-ben elküldhető. A video- vagy az állóképeken a méretek pontosan lemérhetők, és a szükséges megjegyzések is közvetlenül a képre helyezhetők (4a.–4c. ábrák).

Ez az új RVI berendezés, a RECON (5. ábra) tartósan illeszthető a terepi viszonyokhoz, és előnyös adottságai révén többet nyújt a felhasználó számára. Mivel a videoképek rögzítése számítógépesített, a frissített szoftverek könnyen telepíthetők növelve a fejlett technológia alkalmazási lehetőségét.



5. ábra. Az áttolható videokamera legújabb generációja: a RECON Digital Inspection System™

Az RVI jövője

A távvezérelt vizuális vizsgálati rendszerek fejlesztése a hozzáilleszhető, mozgatható és minőségileg újat adó elemek irányába folytatódik. A jövőben egyetlen kábelt használhatunk majd, amely hardverfejlesztés nélkül csatlakoztatható számos rendszerhez. Forgó kamera vagy az egyedi igények szerint megépített speciális kamera is csatlakoztatható lesz a jelenlegi rendszerhez. A kulcs az intelligencia, ahogy a szoftver és a hardver kisebbé, olcsóbbá és hatékonyabbá válik. A kamerarendszerek képesek lesznek hibák azonosítására is, és alkalmasak lesznek a vizsgálat levezetésére ellenőrzés nélkül és/vagy más technológiákkal együttműködni, s így több vizsgálati adatot szolgáltatni. A lehetőségek valóban korlátlanok, ám a jó hír az, hogy a kifejlesztett különleges szolgáltatások hétköznapivá válnak és az árak is csökkennek.

Összefoglalás

A távvezérelt vizuális vizsgálatok a video- és optikai alapú berendezések széles körét igénylik. Ezek használata számos ipar számára lehetővé teszi a bepillantást a gépek, szerkezetek és az ún. infrastruktúra rendszerek belsejébe biztonságosan, hatékonyan és eredményesen. Ahogy a videoalapú berendezések elérhetőkké váltak az 1980-as

évek végén a távvezérelt vizuális vizsgálati technológia alapvető gyakorlattá lépett elő sok iparág területén, beleértve a föld alatti csatorna- és egyéb infrastruktúra rendszerek állapotellenőrzését. Ahhoz, hogy a RVI berendezések széles választékából a vizsgálati feladat és igény, nemkülönben a költségek szempontjait figyelembe véve választani tudjunk, érdemes néhány gyakorlati tanácsot is szem előtt tartani:

A pásztázó-billenő-zoom-videokamerák legalkalmasabbak a zárt terek általános ellenőrzésére, illetve a nagy átmérőjű (kb. 1-2 m) terek felületeinek részletes vizsgálatára. A zoom-kamera nagy felbontású képet ad, megvilágító tartozékkal kiegészítve pedig a sötét, föld alatti terek vizsgálatára is alkalmas. Ezeknek a kameráknak az ára 10 000 és 30 000 \$ között változik.

Az önjáró vizsgálórobotok masszív és sokféle környezeti ártalomnak ellenálló kivitelűek; akár 200 méternyi utat is meg tudnak tenni. Ezek rendszerbe szervezése a gyártónál időigényesebb, és árak 35 000 és 65 000 \$ között van.

Az áttolható videokamerák multifunkcionális "igásló" eszközök. Számos változatban kaphatók az olcsó, a csőszerelő munkáját segítő változattól – ez csak a cső belsejének képét közvetíti – a technikailag fejlett – kép- és videokép rögzítési és feliratozási lehetőséggel – állapotellenőrzésre alkalmas modellekig. Árak 5500 és 15 000 \$ között van.

A MiniPal hordozható, energiadisziperzív röntgenfluoreszcens spektrométer

Joó Katalin*

Bevezetés

A röntgensugárzás felfedezése óta a röntgenemissziós analízis (REA) az elemek minőségi és mennyiségi meghatározásának alapvető módszerévé vált. Olyan analitikai módszerek tekintik, amely különböző anyagok főalkotóinak és nyomelemeinek meghatározására egyaránt alkalmas. Számos változata ismert, melyek a gerjesztés és jelfelbontás módjaiban térnek el egymástól. A szekunder emissziós röntgenanalízis, vagy más néven röntgenfluoreszcens spektrometria (XRFS) azért vált széles körben alkalmazott módszerré, mert alkalmazásával – néhány kis rendszámú elem kivételével – az összetevők néhány, vagy néhány tized ppm-től 100%-ig terjedő koncentrációban határozhatók meg. A kimutathatósági határokat befolyásolja a mátrix, az alkalmazott módszer és a meghatározandó elem rendszáma, de nagy előnyt jelent, hogy a spektrum viszonylag vonalszegény és különösen az egykristállyal történt jelfelbontás esetén (hullámhosszdisziperzív röntgenspektrometria /WDXRFS/) csaknem interferenciamentes. A sokcsatornás jelfelbontást alkalmazó energiadisziperzív röntgenspektrométerek (EDXRFS), amelyek családjába tartozik a Philips cég által kifejlesztett PW 4025/00 típusú MiniPal készülék is, a kalibrálást követően a különféle ásványi, ipari és környezeti, szilárd vagy folyékony minták gyors és roncsolásmentes elemzését teszik lehetővé [1],[2],[3],[4], [5], [6], [7].

A MiniPal röntgenspektrométer

A Philips cég által kifejlesztett röntgenspektrométerek közül figyelmet érdemel a MiniPal energiadisziperzív, kisméretű és kis tömegű (215x530x495 mm, 26 kg), asztali készülék, amely terepi mérésekre is alkalmas, mivel működtetéséhez mindössze 220 V-os áramforrás és egy laptop szükséges. Felépítését tekintve nagy előnye a Rh (vagy igény szerint más, pl. Cr) anódú, 9 W-os röntgenszó, amely kis teljesítménye miatt nem igényel hűtést. Továbbá, szemben a radioaktivizotóp-ger-

jesztésű asztali készülékekkel, a sugárforrás, a röntgenszó élettartama gyakorlatilag korlátlan, és a készülék nem ÁNTSZ-engedélyköteles.

A MiniPal készülék (fotója a címlapon látható) elvi felépítését az 1. ábra szemlélteti vázlatosan. A 12 minta befogadására alkalmas, automata mintaváltó elemzési helyzetbe forgatja a mintát, amelynek felületi rétegét, annak atomjait az oldal ablakos röntgenszóból kilépő és a célszerűen (a vezérlő szoftverrel) megválasztott szűrőn áthaladó röntgensugár gerjeszti karakterisztikus röntgensugárzás kibocsátására. Ezt észleli a Si-PIN félvezetős detektor, amely nagy felbontású: 250 eV @ 5,9 keV.

Az adatfeldolgozást a 2048 csatornás (MCA) analízátor végzi. Az analitikai program a mintán belüli elemek szimultán mérését teszi lehetővé a Na-U elem- és a ppm-100% koncentráció-tartományban. A könnyűelemek (Na, Mg, Al) detektálhatóságát javítja a beépített hélium-átöblítő rendszer működtetése. A mérési idő általában 100-300 s, a mérendő elemek koncentrációjától függően. (Ha célszerű, akkor elemzés közben a minta forgatható is.) A szoftver gondoskodik a spektrum háttér-korrekciójáról, az egymásra eső vonalsúcok szétválasztásáról és a nettó intenzitásértékek elemkoncentráció értékekké konvertálásáról egy olyan algoritmus segítségével, amely empirikus tényezőket és többváltozós regresszió-számítást alkalmaz. Egyidejűleg különböző spektrumok megjelenítése és összehasonlítása is lehetséges. Az elemzési feladatra kalibrált készülékkel a rutinmérés mindössze az ismeretlen összetételű minták behelyezéséből és a mérés elindításából áll. A szoftver Windows 2000 alatt fut, amelyhez IBM kompatibilis számítógép, Pentium processzor és CD-ROM ajánlott.

A MiniPal készülék előnyös tulajdonsága az is, hogy az ismeretlen összetételű mintáról 10 s alatt minőségi felvételt szolgáltat, azaz tájékozódhatunk a mintában jelenlévő elemekről és megállapíthatjuk a főalkotókat. Ennek ismeretében a már meglévő, kalibrált elemzőprogramjaink közül célszerűen választva percek alatt mennyiségi elemzést is végezhetünk.

A MiniPal készülék sokoldalú alkalmazhatóságát segítik a **mintaelőkészítő berendezések**. Az ásványok és a hasonló minták finom szemcséjű porrá őrölhetők és homogénizálhatók a **MiniMill** berendezésben.

*Testor Kft.