

ELŐSZÓ

FOREWORD

Köszönjük az érdeklődést

Az Anyagvizsgálók Lapja 2008. évi 1. szám megjelenésekor – negyedévenként megjelenő folyóirat lévén – már igen csak túl vagyunk az újéven. Mégis szeretnék ez úton is boldog, sikerekben gazdag Újévet kívánni a Lap minden olvasójának és publikációszerzőjének Lap kiadója, a MAROVISZ elnöke, a Szerkesztő Bizottság és magam nevében.

Remélem ez a jókívánság sokakhoz eljut, mert a 2007 évi statisztikát megnézve örömmel állapítottuk meg, hogy a Lapnak legalább 3000 olvasója van, és a Honlapot több mint 32 000-szer nyitották, meg az érdeklődők 5 Terabyte-nyi információt töltve le. Ezek a számok azt mutatják, hogy van olvasói érdeklődés, ami a jelenlegi és potenciális szerzőket is arra fogja ösztönözni, hogy a publikációk megjelentetéséhez érdemes az Anyagvizsgálók Lapját választani. A még színvonalasabb publikációk pedig – remélhetőleg – még több olvasót fognak vonzani.

A későbbiekben tervezzük, hogy a rendelkezésre álló statisztikai adatokból egy részletesebb összeállítást, elemzést is közreadunk.

A jónak mondható látogatottság mellett a regisztrált olvasók száma viszonylag alacsony, alig haladja meg a 200-at, annak ellenére, hogy garantált, hogy a névsort a Lap bizalmasan kezeli, azt külső személyek számára nem adja át. Számunkra, a Szerkesztő Bizottság számára, azonban fontos, hogy képet kapjunk arról, hogy igazából kiknek a számára készül a Lap, milyen érdeklődésű az olvasótáborunk és ezt az információt megpróbáljuk érvényesíteni a szerkesztési munka során. A nyilvánosság előtt is kimerem jelenteni, hogy a regisztrációból senkinek nem származik, nem származhat hátránya, az adatokat megfelelő gondossággal kezeljük.

Ugyanakkor a regisztrálás néhány előnnyel jár. A regisztráltak megkapják az értesítést elektronikus Hírlevélként az új lapszám megjelenéséről, annak tartalom jegyzékével, igénybe vehetik az információs, segítségkérő „falunkat” és év végével postán megküldjük számukra a nyomtatásban megjelenő Válogatást is. Tervezzük további olyan szolgáltatások bevezetését, amelyeket csak regisztrált olvasóink vehetnek majd igénybe.

A külföldről megnyilvánuló érdeklődés, amely a Honlap megnyitásának 10 – 30 %-át teszi ki, egyre inkább felveti az egyidejűleg két nyelven megjelenő publikációk közreadását is.

A Lap hagyományait folytatva most a 2008. évi 1. szám is *célszám* a 24. DAS előadásaira alapozva. Egy átfogó beszámolót követően 4 előadás írott, szerkesztett változatát közöljük le – angol nyelven, magyar összefoglalással és ábra aláírásokkal. További három előadás a 2. számban jelenik meg. A Lapnak továbbra sincs lehetősége fordítatások készítésére, ugyanakkor meggyőződésünk, hogy egyfelől időről időre szükséges, hogy ne csak magyar szerzőknek adjunk teret, másrészt – szerencsére – egyre több olvasónknak nem jelent gondot az idegen nyelvű publikáció.

Célul tűztük ki, hogy a hazai anyagvizsgálattal kapcsolatos rendezvényekről az információ mind teljesebb legyen a Honlapon. Szeretnék tartalmasabbá tenni állandó Hír rovatunkat is, ehhez olvasóink segítségét is szívesen vesszük. Minden olyan információt, ami szakmánk, az anyagvizsgálat előrelépéséről, elismeréséről szól szívesen közreadjuk Honlapunkon. A hírek az info@anyagvizsgaloklapja.hu elektronikus postafiókon keresztül juttathatók el hozzánk.

Továbbra is szívesen vesszük minden olyan ötletet, ami a Lap színvonalát, olvasottságát emeli.

dr. Gillemot László
Felelős szerkesztő

Application of Time-Of-Flight Diffraction for Weld Inspections

A „Time-Of-Flight Diffraction” (TOFD) ultrahangos anyagvizsgálati módszer alkalmazása hegesztési varratok vizsgálatára

Michael Moles

Keywords: Time-Of-Flight Diffraction, TOFD, defect size measurement

Kulcsszavak: Ultrahang nyaláb elhajlása, TOFD módszer, hibaméret mérése

Abstract

Time-Of-Flight Diffraction (TOFD) is becoming widely used for weld inspections in the petrochemical and other industries. This unique ultrasonic technique has big advantages in speed, detection of midwall defects and is the most accurate defect sizing technique in general use. However, TOFD images require skilled interpretation, and TOFD has significant dead zones on the outside and inside surfaces. In general, it is most reliable in conjunction with standard pulse echo techniques. This presentation will describe the TOFD technique, its advantages and limitations, and give some examples. The latest news on TOFD codes, guidelines and interpretation manuals will be provided.

Introduction

TOFD (Time-Of-Flight Diffraction) was developed by the UKAEA Harwell (now AEA Technologies) in the late 1970's by Maurice Silk and associates [1]. Harwell developed an early automated ultrasonic system called Zipscan, which used signal averaging to improve the signal-to-noise ratio. TOFD came to the fore during the nuclear PISC II¹ and DDT² trials [2, 3], where it showed not only good detection (especially in the midwall regions), but also significantly better sizing than conventional UT (see Figure 1).

Since the early 1980's, TOFD has become standard practice in the nuclear industry. In the last few years, TOFD has also penetrated the petrochemical and other industries.

Olympus NDT

PISC II¹ Programs for Inspection of Steel Components

DDT² Program for Defect Detection Trials

JOURNAL Canada's National NDT Magazine, Vol. 27, 2006, No. 6. p. 6-13 megjelent publikáció Szerző által megküldött változata

Kivonat

A Time-Of-Flight Diffraction (TOFD) ultrahangos vizsgálati technika egyre szélesebb körben elterjedő módszer az olajiparban és más iparágakban. Ennek a különleges technikának a segítségével gyorsan és pontosan lehet a belső zónákban a hibákat kimutatni, illetve ezek méretét meghatározni. A TOFD képek értelmezése szakértelmet igényel, és a külső és belső felület közeli zónákban holttere van. Általánosságban elmondható, hogy a hagyományos impulzus-visszhang módszerrel együtt alkalmazva a vizsgálatok megbízhatóságát jelentősen javítja. Az alábbiakban ismertetjük a TOFD módszert, az előnyeit és korlátait, bemutatva néhány alkalmazási példát is. Ismertetjük a legfrissebb, a módszerhez kapcsolódó szabványokat és ajánlásokat, bemutatjuk a vizsgálatok által szolgáltatott adatok értelmezését.

Bevezetés

A TOFD technikát az UKAEA Harwell (jelenleg AEA Technologies) –nél dolgozó Maurice Silk és kollégái [1] kezdték kifejleszteni az 1970-es évek második felében. Megalkottak egy Zipscan névre keresztelt automata ultrahangos vizsgálóeszközt, amely a jelek amplitúdóinak átlagolásával javította a jel/zaj viszonyát. A TOFD előretörésére a nukleáris iparhoz kapcsolódóan a PISC II és a DDT [2,3] próbálkozásai során került sor. Itt nemcsak a jó detektálási (különösen a vizsgált anyag középső tartományában), de a hagyományos ultrahangos technikáknál jobb reflektor-méret meghatározási képessége is megmutatkozott (1. ábra).

A 80-as évek elejétől kezdve a TOFD az atomenergia-ipar egyik standard módszerévé kezdett válni. Az utóbbi néhány évben a TOFD az olajiparban és egyéb iparágakba is betört.

What is TOFD?

Diffraction is a general phenomenon in ultrasonics, as normal in wave physics. The tips of internal defects will diffract an ultrasound beam; this diffracted beam can then be detected and the arrival time accurately measured. The "standard" TOFD set-up is shown in Figure 2.

TOFD normally uses a pitch-catch arrangement with the probes symmetrically spaced across the weld. The wedges are angled to generate wide-angle, longitudinal waves (or L-waves), since these arrive first and don't confuse the interpretation. (Shear waves are also generated, and can be viewed if required by extending the gate). Four types of signals are detected:

Mi is a TOFD?

A diffrakció (elhajlás) jelensége az ultrahang technikában ugyanaz, mint a hullám fizikában. Az anyag belsejében elhelyezkedő hiba csúcsain elhajlanak ultrahang hullámok, melyet aztán a vevő fejjel érzékelni tudunk, pontosan megmérjük a futási időt. A 2. ábra mutatja egy szokásos TOFD vizsgálat elrendezését.

Normál esetben a TOFD vizsgálat a varrat két oldalán szimmetrikusan elhelyezkedő adó-vevő fejpárból áll. Az előtét-plexik kialakítása olyan, hogy a besugárzás széles szögtartományban, longitudinális hullámokkal történjen. A longitudinális (L) hullám a transzverzális (T) hullámnál nagyobb sebessége folytán elsőként érzékel meg a vevőre, és így az nem zavarja a kiértékelést (a T hullámok szintén jelen vannak, detektálásukhoz a futásidő-kaput növelni kell). A vizsgálat során négyféle hullámtípust detektálunk:

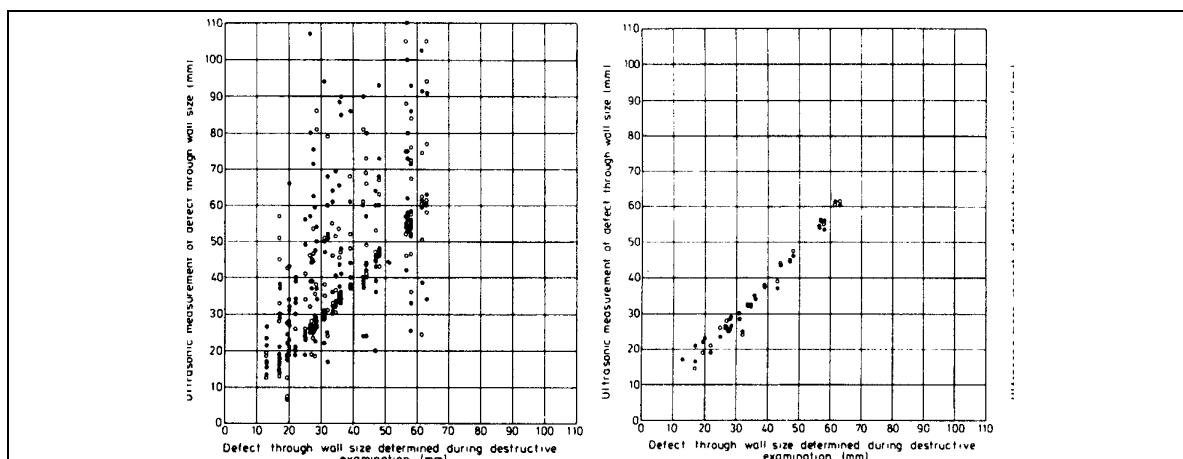


Figure 1: Left, defect sizing in DDT Trial plate 1 using all UT techniques; right, defect sizing using TOFD alone

1. ábra. Hibaméret-meghatározás a DDT próbetesten többféle UT technika alkalmazásával (balra), és ugyanez csak TOFD vizsgálat eredményeivel (jobbra)

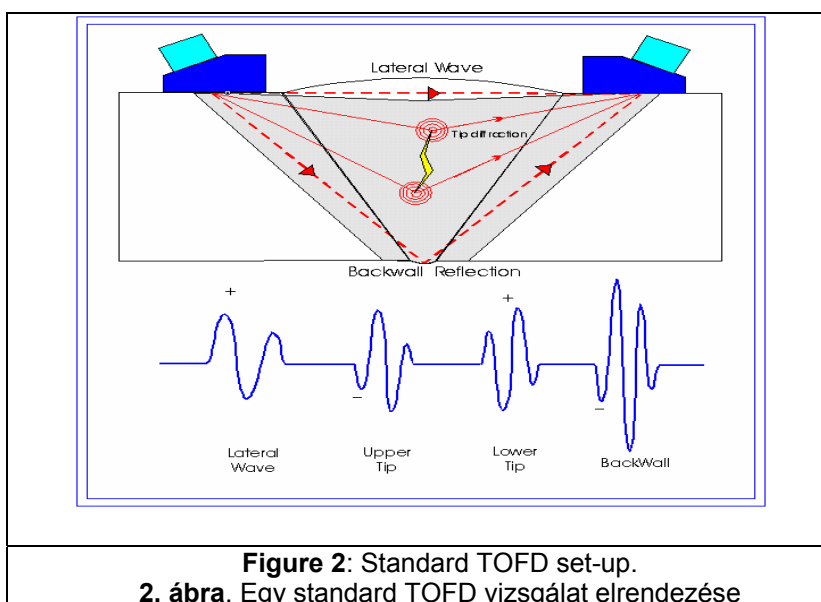


Figure 2: Standard TOFD set-up.
2. ábra. Egy standard TOFD vizsgálat elrendezése

- The **Lateral wave**: A sub-near-surface longitudinal wave generated from the wide beam of the transducer.
- The **Backwall reflection**: A longitudinal wave reflected from the back wall
- The **Reflected wave**: A longitudinal wave reflected by a lamellar planar defect
- The **Tip Diffracted wave**: A circular longitudinal (or L-wave) diffracted by the edge of a defect.

The lateral, backwall and tip-diffracted waves are visible in Figure 2.

Advantages of TOFD

TOFD is a very powerful technique, and allows:

1. Good midwall defect detection.
2. Accurate sizing of defects using the times of arrival of diffracted signals.
3. Defect detection even if defects are mis-oriented or located away from the weld centreline.
4. Rapid linear scanning (raster scanning not required)
5. Non-amplitude scanning and detection.
6. Set-up independent of weld configuration.

TOFD is very fast and economical; one transducer pair covers up to 50 mm (2") of wall thickness using high speed scanning. For thicker sections, more TOFD pairs are required. Alternatively, multiple TOFD transducer pairs can be used on sections less than 50 mm thick to provide increased Probability of Detection and/or improved defect positioning.

Limitations of TOFD

The limitations of TOFD can be summarized below:

1. Dead zone at top surface (OD).
2. Dead zone at bottom surface (ID).
3. Sensitive to very small defects with a risk of false calls if not combined with pulse echo.
4. Analysis can be difficult.
5. Specialist interpretation required.
6. Some sizing errors possible from lateral position of defect.
7. Low signal-to-noise ratio.

- **Felületi (laterális) hullám**: Közvetlen a felszín alatt terjedő longitudinális hullám. A nagy szögtartományú besugárzás következményeként alakul ki.
- **Hátfal-jel**: A hátfalról visszaverődő longitudinális hullám.
- **Refleksziós jel**: Réteges vagy sík hibáról visszaverődő longitudinális hullám.
- **Elhajló jel**: Egy hiba csúcsáról elhajló koncentrikusan terjedő hullám.

Felületi, hátfal, és a hiba csúcsán elhajló jelek a 2. ábrán láthatóak.

A TOFD előnyei

A TOFD technika hatékony az alábbiakban:

Az anyag közepén lévő hibák kimutatása.

Az elhajló jelek futásidő-különbségéből a reflektorok pontos méret-meghatározásához.

Detektálni még varrat hossz tengelyétől eltérő orientációjú, vagy a varraton kívül eső hibákat is.

Gyors lineáris szkennelés (raszteres szkennelés nem szükséges).

A visszhang-amplitúdótól függetlenül kimutatni és jellemezni a hibákat.

A hegesztési varrat konfigurációjától független a rendszer beállítása.

A TOFD gyors, gazdaságos vizsgálati módszer. Egy vizsgálófej-páros akár 50 mm (2") falvastagságot is képes lefedni, nagy sebességű szkennelés mellett. Nagyobb falvastagságokhoz több TOFD vizsgálófej-pár alkalmazására van szükség. 50 mm-nél kisebb falvastagságnál több, különböző mélységi zónára konfigurált fejpár alkalmazása növeli a detektálás megbízhatóságát és/vagy javítja a lokalizálást.

A TOFD korlátai

A TOFD módszer korlátai az alábbiak szerint foglalható össze:

1. Holttér a külső felületi zónában
2. Holttér a belső felületnél zónában
3. Nagyon érzékeny a kisméretű hibákra, és téves detektálást eredményez, ha nem kombináljuk a hagyományos impulzus-visszhang módszerrel.
4. A jelek kiértékelése bonyolult,
5. Speciális interpretáció szükség.
6. A reflektorok oldal irányú elhelyezkedése miatt méret-meghatározási hibák adódhatnak.
7. Alacsony jel/zaj viszony.

The main TOFD limitation is the dead zones. TOFD has two dead zones (ID and OD) where defects are typically not detected. These two dead zones are located near the Lateral Wave and near the Backwall reflection. The depth of these two dead zones depends on the TOFD configuration, frequency and damping. For example, at 7.5 MHz, the lateral wave (OD) dead zone is around 3 mm, while the backwall (ID) dead zone is ~1 mm. Lower frequencies and less transducer damping will generate bigger dead zones, while higher frequencies and increased damping produce smaller dead zones. TOFD frequencies are normally a few MHz higher than pulse echo frequencies; for example, AUT on pipelines may use 7.5 MHz for (shear wave) pulse-echo, while 10 MHz can be used for (longitudinal wave) TOFD.

To get full 100 % coverage, TOFD should be combined with the Pulse Echo technique. Pulse-echo has high defect detection rates for surface-breaking and near surface defects, but is poor on midwall defect detection. Conveniently, TOFD and PE are complementary; the strong features of pulse-echo are the weak points of TOFD, and *vice versa*. Combined TOFD and pulse-echo are used for pipelines and general weld inspections, with the advantages of both.

Alternative Diffraction Set-ups

Diffraction is a general ultrasonic phenomenon, and occurs under much broader conditions than just longitudinal-longitudinal diffraction as used in standard TOFD. This paper only refers to standard TOFD set-ups, i.e. longitudinal-longitudinal diffraction using separated transducers on either side of the weld on a plate, pipe or curved vessel. Other possibilities include:

- Shear-shear diffraction
- Longitudinal-shear diffraction
- Single transducer diffraction (called "back diffraction" or the "tip echo method" in Japan)
- Twin transducer TOFD with both transducers on the same side of the defect/weld.
- Complex inspections, e.g. nozzles.

Typical Images

TOFD images look like vertical through-sections of the weld. The lateral wave is essentially the OD; the backwall is essentially the ID; and any defects show as tip diffracted signals between these two. Figure 3 shows a typical example.

A fő korlátozó tényezőt a holtterek jelentik. A TOFD-nél két helyen jelentkezik holtter. A külső-és belső felület-közeli zónákban. Az itt elhelyezkedő hibákat általában nem sikerül kimutatni. Ezek a tartományok a TOFD képen a felületi hullám és a hátfal-jel közelébe eső területek. Kiterjedésük függ a vizsgálófejek konfigurációjától, frekvenciájától és csillapításától. Például egy 7,5 MHz-es kristályú fejpáros esetén a felületi zóna holtterének mélysége 3 mm, még a hátfal-zóna holttere kb. 1 mm. Alacsonyabb frekvenciánál kisebb csillapítású vizsgálófejekkel nagyobb, magasabb frekvencia és növelt csillapítás mellett kisebb holtteret érhetünk el. A TOFD vizsgálófejek frekvenciája általában néhány MHz-zel magasabb, mint az impulzus-visszhang technikánál használtaké. Pl. ahol csővezetékek hagyományos vizsgálatánál 7,5 MHz T hullámú fejet használhatunk, ugyanott a TOFD vizsgálófejek 10MHz L hullámúak.

A vizsgálandó tartomány 100% lefedettségéhez a TOFD-t a hagyományos impulzus-visszhang módszerrel kell társítani. Az impulzus-visszhang technika erőssége a hátfal-közeli és arra kifutó repedések detektálása, de gyengébb a közbenső zóna vonatkozásában. Ennek okán a két módszer erőssége éppen kiegészíti egymást. És ezért gyakran alkalmazzák őket együttesen csővezetékek vizsgálatánál és általában varratvizsgálatoknál.

Alternatív beállítások elhajló hullámokra

A hanghullámok lehasadása általános ultrahangos jelenség, és nem korlátozódik csak a standard TOFD vizsgálatok longitudinális-longitudinális elhajló hullámaira. Ez az ismertető csak a standard TOFD konfigurációval foglalkozik, azaz a 2. ábra szerinti elrendezésben a L-L hullámok detektálására beállított TOFD vizsgálattal, csővezetékek és tartályok varratainál. Egyéb lehetőségek a TOFD alkalmazására:

- Transzverzális-transzverzális elhajló jelek detektálása
- Longitudinális-transzverzális elhajló jelek detektálása
- Egyedülálló vizsgálófej elhajló jelek detektálására („elhajló visszhang” vagy japánban „csúcsjel-módszer”-nek hívják)
- Páros TOFD vizsgálófejek alkalmazása, ahol is mindkét fej a hibahely/varrat azonos oldalán helyezkedik el
- Komplex vizsgálatok, pl. becsatlakozó csöcsonkoknál.

Jellegzetes TOFD képek

A TOFD képek a hegesztési varrat függőleges irányú szeletei egymás mellé sorakoztatva. A felületi hullám a külső felületet jelképezi, a hátfaljel a vizsgálófejek letapogatási felületével ellentétes belső felületet. Minden, e két jel közé eső indikáció egy elhajló jel. A 3. ábra egy jellegzetes TOFD képet mutat.

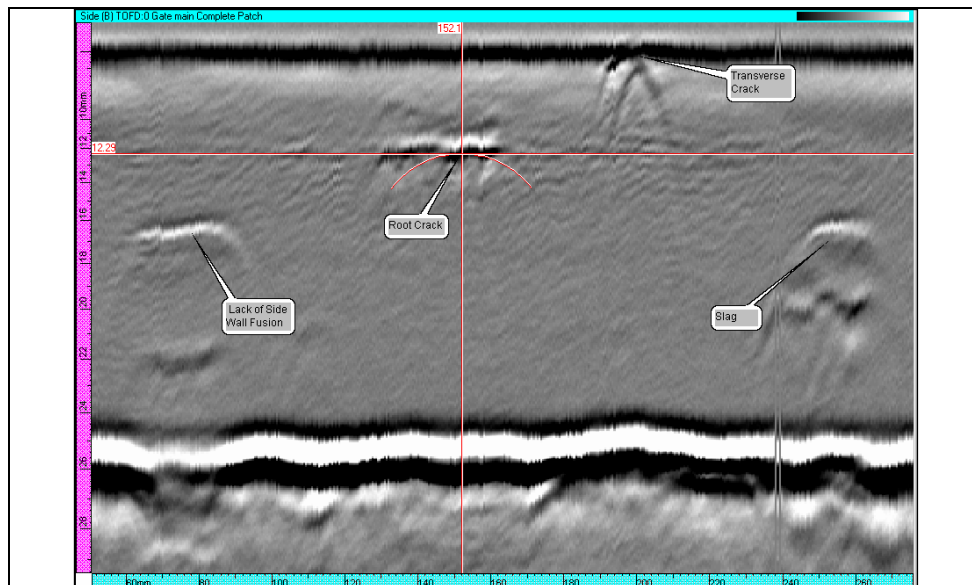


Figure 3: Typical TOFD image showing lateral wave (OD), backwall (ID) and four labelled defects.

3. ábra. Jellegzetes TOFD kép. A felső sáv a külső, az alsó a belső felületről jövő jelek összessége. A megjelenített tartományban négy (jelzett) hiba található.

TOFD images always use grey scale presentations and full RF waveforms to capture the phase information. As shown in Figure 2, signals are identifiable by their phase. The OD and ID have a phase reversal, as do the top and bottom of defects.

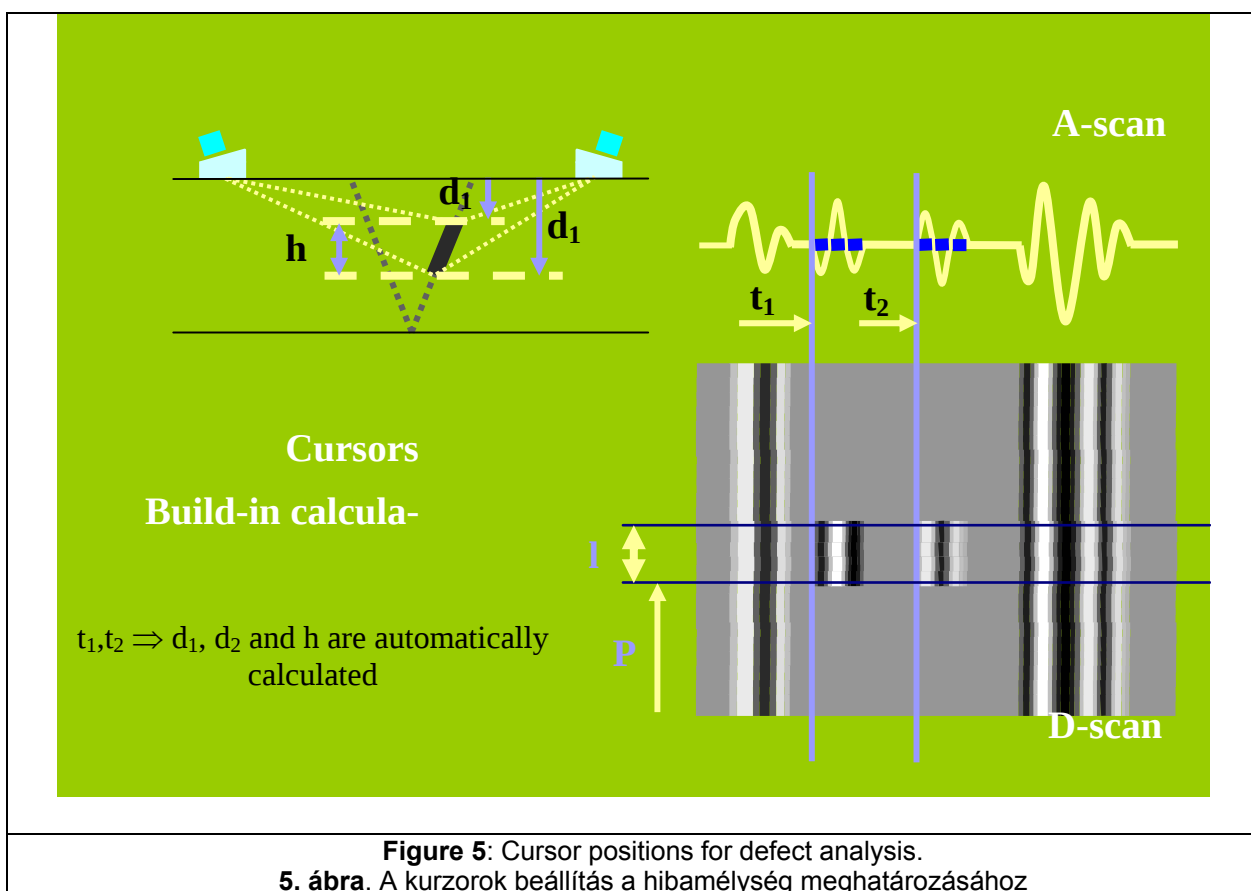
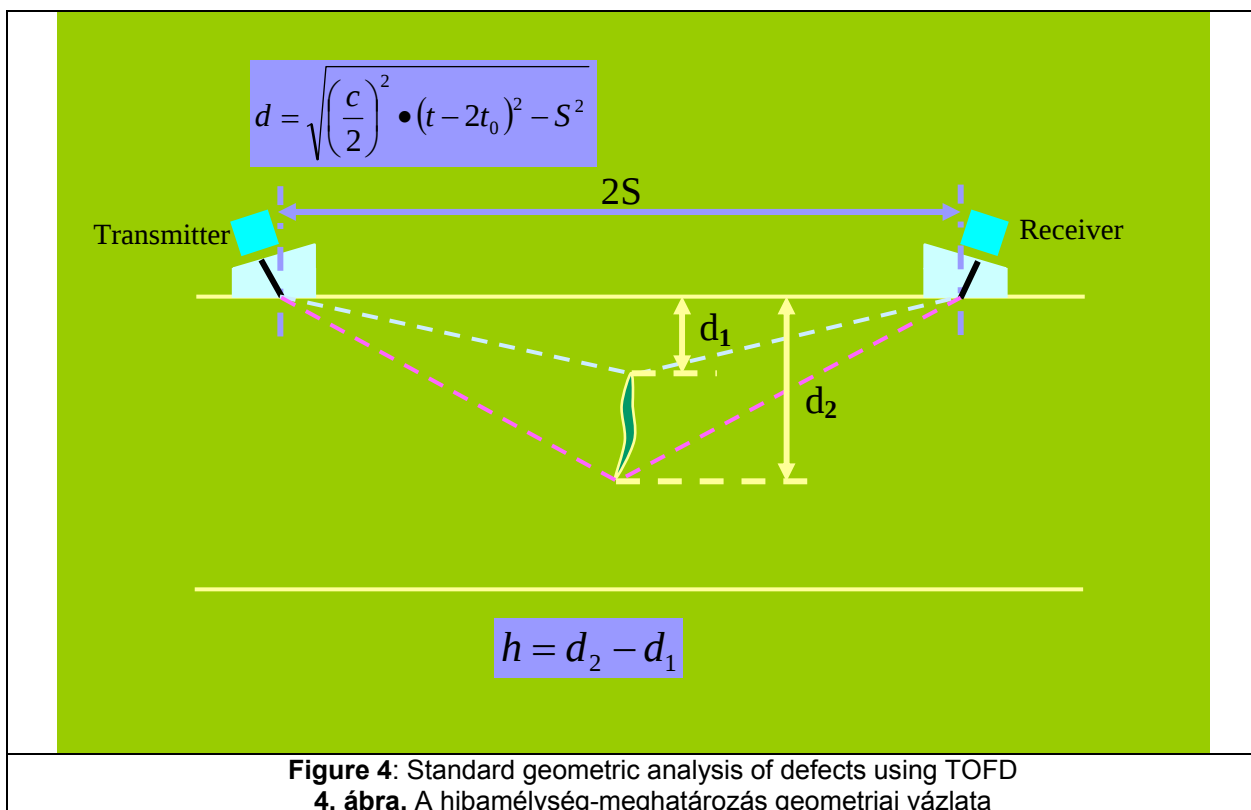
Defect Depth Measurement

While defects can be detected by signals on the screen, or perturbations of the lateral and back-wall, sizing is more complicated. If the defects are small (i.e. less than the ringing of the signal or ~3 mm), then it is not possible to detect the top and bottom signals. If the top and bottom diffracted signals can be reliably detected, then sizing requires cursors to measure the time of arrivals, and standard math formulae to calculate depth (see Figure 4). Figure 5 shows a standard approach for setting cursor positions for sizing.

A TOFD képek általában szürkeárnyaltos módon jelenítik meg a teljes RF hullámalakot. A hullámfázisra vonatkozó információt a sötétebb-világosabb árnyalatok hordozzák. Amint az a 2. ábrán látható, a hullámalakok fázisa is azonosítható, illetve a reflektorok csúcsai is azonosíthatóak a hullámok fázisa által. A felületi és a hátfaljel, valamint a hiba alsó-és felső csúcsának elhajló jelei is ellentétes fázisban vannak.

Hibamélység-mérés

Míg az anyagban lévő hibák jelenléte a képernyőn megjelenő hullámforma zavaraiból tisztán megállapítható, addig ezek kiterjedésének megállapítása már nehezebb feladat. Ha egy reflektor nagyon kicsi (az adóimpulzus lecsengési távolságánál kisebb ~ <3mm), nem vehető ki a felső és alsó csúcsáról elhajló jel. Ha ezeket el tudjuk különíteni egymástól, a köztük lévő távolságot, vagyis a futásidők különbségét a kurzorok segítségével mérni tudjuk, és egy egyszerű képlettel kiszámíthatjuk az adott hiba mélységét (4. ábra). Az 5. ábra egy sematikus vázlata ennek a TOFD képen történő megvalósítására.



Codes

At the time of writing, the ASTM TOFD ASTM E-2373-04 has been published.

ASME has a draft TOFD code, which is currently undergoing committee review.

There are two European "guides", BS7709 and EN583_6 [4, 5]. These are quasi-codes in the sense that they give considerable detail and direction, but are labelled "guides". Therefore, they do not have the force of law.

Lastly, ASME has approved a TOFD Interpretation Manual [6], Nonmandatory Appendix N. Many of the images shown here come from this Interpretation Manual.

Lack of suitable codes is one of the main limitations in the adoption of TOFD, and is being corrected. In practice, this means companies can specify TOFD, but typically cannot make legal decisions using TOFD.

To complicate this issue, ASME Code Case 2235 [7] permits TOFD, and gives acceptance criteria. This is the only AUT code in the world to date that implicitly accepts TOFD.

Some TOFD Examples

Inside Surface Breaking Defect:

This type of defect (see Figure 6) shows no interruption of the lateral wave, a signal near the backwall, and a related interruption or break of the backwall (depending on defect size). Defect depth can be measured using the formula above, or by using an OD-ID calibration technique.

Near Surface-Breaking Defect:

Near surface-breaking defects show perturbations in the lateral wave. The defect breaks the lateral wave, so TOFD can be used to determine if the defect is surface breaking or not. The lower signal can then be used to measure the defect depth. If the defect is not surface-breaking, i.e. just sub-surface, the lateral wave will not be broken. If the defect is near sub-surface and shallow (i.e. less than the ringing of the lateral wave or a few millimeters deep), then the defect will probably be invisible to TOFD. Fortunately, near sub-surface defects are usually reliably detected by pulse-echo.

The TOFD image in Figure 7 also shows a number of signals from point defects.

Szabványok

E cikk megírásának idején az ASTM TOFD ASTM E-2373-04 szabvány van érvényben.

Az ASME jelenleg egy TOFD szabvány vázlatot tartalmaz, mely éppen kodifikálási stádiumban van.

Két európai irányelv létezik, a BS7709 és az EN583-6 [4,5]. Ezek a kvázi-szabványok részletes útmutatást adnak a TOFD-vel kapcsolatban, de nem kötelező érvénnyel.

Az ASME elfogadott egy TOFD Interpretation Manual [6] iránymutató függelék (Nonmandatory Appendix N). Ebben a cikkben bemutatott ábrák is ebből a függelékből származnak.

A TOFD alkalmazásának egyik korlátja a megfelelő szabványok hiánya. Ezen hiányosság kiküszöbölése jelenleg is folyamatban van. Az anyagvizsgálattal foglalkozó cégek a TOFD ajánlásokat alkalmazzák, de jogi fennhatóság nélkül.

Jelenleg az egyetlen, általános érvénnyel, de nem hivatalosan elfogadott előírás az ASME 2235 [7] irányelve, melyet a világban a TOFD szabványaként elismernek.

TOFD példák

Belső felületre kifutó repedés

Ez a fajta hiba [6] a felületi hullám terjedését nem akadályozza. A hátfaljel folytonossága azonban a kérdéses helyen, a hiba hosszirányú kiterjedésével arányos szakaszon megszakad. Ekkor a hiba mélységét már a fent említett képlettel, vagy az anyagvastagságra való hitelesítéssel számíthatjuk.

Külső felületre kifutó repedés

Ez a hibatípus a felületi hullám terjedését gátolja. A TOFD képen látható a felületi hullám jelének megszakadása. Ez segít annak az eldöntésében, hogy a kérdéses repedés felületre kifutó repedés-e (ha a felületi hullám nem törik meg, és a repedés csak felület-közeli, de nem kifutó). A törési pontok közti hullámszakasz és a felületi hullám közti távolság arányos a repedés mélységével. Egy repedés, akár kifut a felületre, akár közvetlen a felszín alatt helyezkedik el, de kis mélységű (1-2 mm), akkor a TOFD jelek számára láthatatlan marad. Szerencsére az ilyen, felületközeli hibák a hagyományos ultrahangos technikával általában jól kimutathatóak.

A 7. ábrán egy ilyen fent vázolt hiba TOFD vizsgálata látható.

Midwall Defects:

Midwall defects show complete lateral and backwall signals, plus diffraction signals from the top and bottom of the defect (see Figure 8). The defect tip echoes give a very good profile of the actual defect, as many studies have shown. Defect sizes can be readily measured from these two signals. Note the phase inversion: top echo is white-black-white, while the lower echo is black-white-black.

Also note the hyperbolic curve easily visible at the left end of the top echo; this is similar to the effect from a point defect, and permits accurate length measurement of defects.

If the midwall defect is shallow, i.e. less than the transducer pulse ring-down (a few millimeters), the top and bottom signals cannot be separated. The TOFD B-scan will look like the interpass lack of fusion in Figure 15. When it is not possible to differentiate the top and bottom of the defect, the inspector can only say that the defect is less than the ring-down distance (which depends on frequency, damping etc.) Nonetheless, TOFD can definitively confirm the presence of the defect.

TOFD is very suitable for detecting and sizing midwall cracks, such as centerline cracking in long seam welds shown in Figure 9.

Lack of Root Penetration:

Lack of root penetration is similar to the inside surface breaking defect above. This defect gives a strong diffracted signal (or perhaps more correctly, a reflected signal) with a phase inversion from the backwall (see Figure 10). Note that whether signals are diffracted or reflected is not important for TOFD characterization: the analysis and sizing is the same. This root cracking and burnthrough can be sized using the same technique.

Concave root defects are similar to lack of root penetration (see Figure 11). The top of the defect is visible in the TOFD image, as well as the general shape. The backwall signal shows some perturbation as expected.

Sidewall Lack of Fusion:

The TOFD image of sidewall lack of fusion in Figure 12 is similar to the midwall defect above, with two differences. First, the defect is angled along the fusion line; TOFD is effectively independent of mis-orientation, so this is not a problem for TOFD. Second, the upper defect signal is partly buried in the lateral wave for this particular defect. In this instance, the upper tip signal is detectable since the lateral wave signal amplitude is noticeably increased. However, if this were not the case, then the inspector would be unable to accurately measure the defect depth.

Középső zónában elhelyezkedő hibák

Az anyag középső tartományában elhelyezkedő hibák esetén a felületi és a hátfal jelek sértetlenül megjelennek a képernyőn (8. ábra). Ezek a jelek nagyon jól kirajzolják a kérdéses hiba profilját. A mélységi méretét közvetlenül a csúcsokról elhajló jelek közti távolság mérésével megkapjuk. A felső csúcs mindig fehér-fekete-fehér, az alsó mindig fekete-fehér-fekete sávként rajzolódik ki.

A TOFD képen a repedés csúcsáról kapott (felső) sáv bal szélénél látható egy hiperbolikus görbe jellegű hullámsáv. Ez hasonló a pontszerű hibákról kapott indikációhoz, és lehetővé teszi a hiba hosszának pontos meghatározását.

Ha a belső hiba orientációja hasonlós a 15. ábrán láthatóhoz, és/vagy mélység irányú kiterjedése kicsi (kisebb mint az ultrahangos impulzus lecsengésének hangútja, néhány mm), a felső és alsó csúcsokról jövő jelek nem különíthetők el egymástól. A TOFD kép ilyenkor összeolvadási hiány képét mutatja. A méretet ebben az esetben nem lehet meghatározni. Az értékelést végző személy ilyenkor azt tudja csak mondani, hogy a hiba kisebb, mint az adóimpulzus lecsengési távolsága (ami a frekvencia, csillapítás, stb. függvénye).

Az ilyen típusú (9. ábra) hosszú varratoknál a TOFD igen hatékony technika a belső zónában elhelyezkedő hibák detektálásához és méretének meghatározásához.

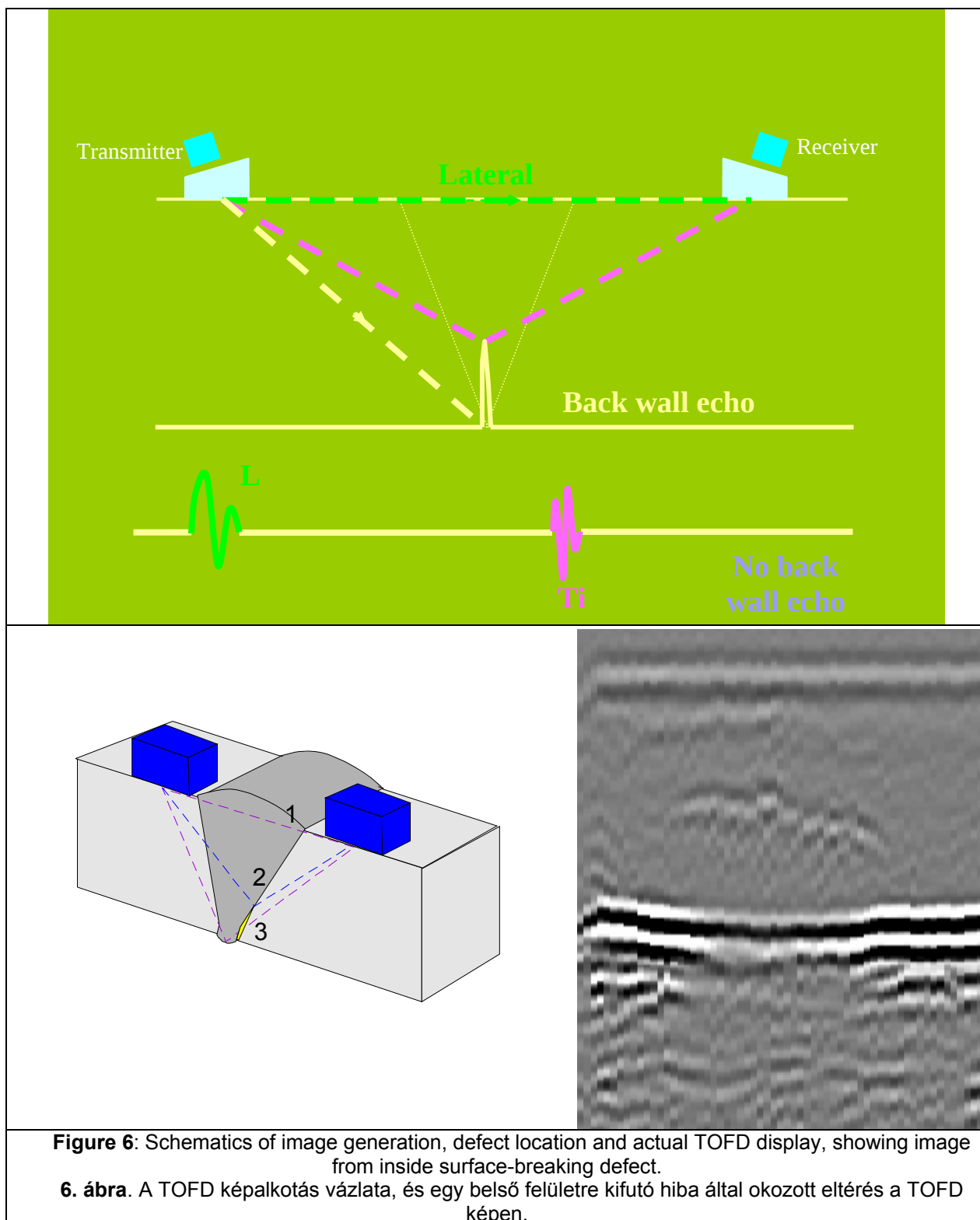
Gyök-összeolvadási hiány

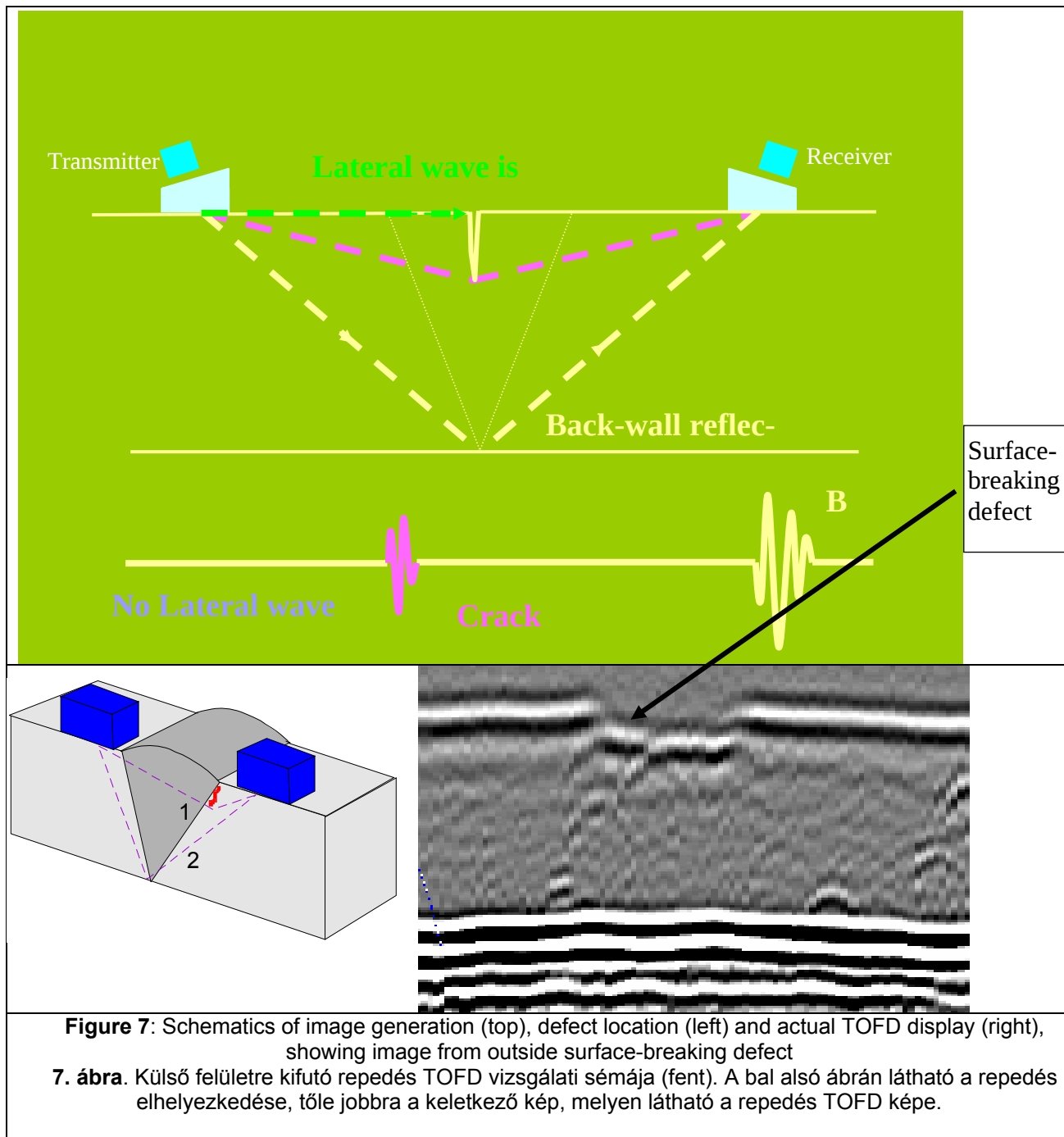
A TOFD szempontjából ez a fajta hiba hasonlós a fentebb említett belső felületre kifutó repedéshez. A hiányos gyök erős elhajló (vagy pontosabban fogalmazva visszaverődő) jelet kelt. Ennek a jelnek a fázisa ellentétes a hátfaljelhez képest (10. ábra). Hogy ez a jel elhajló, vagy visszaverődő, annak a TOFD jellemzés szempontjából nincs jelentősége, a vizsgálat és méret szempontjából az eredmény azonos.

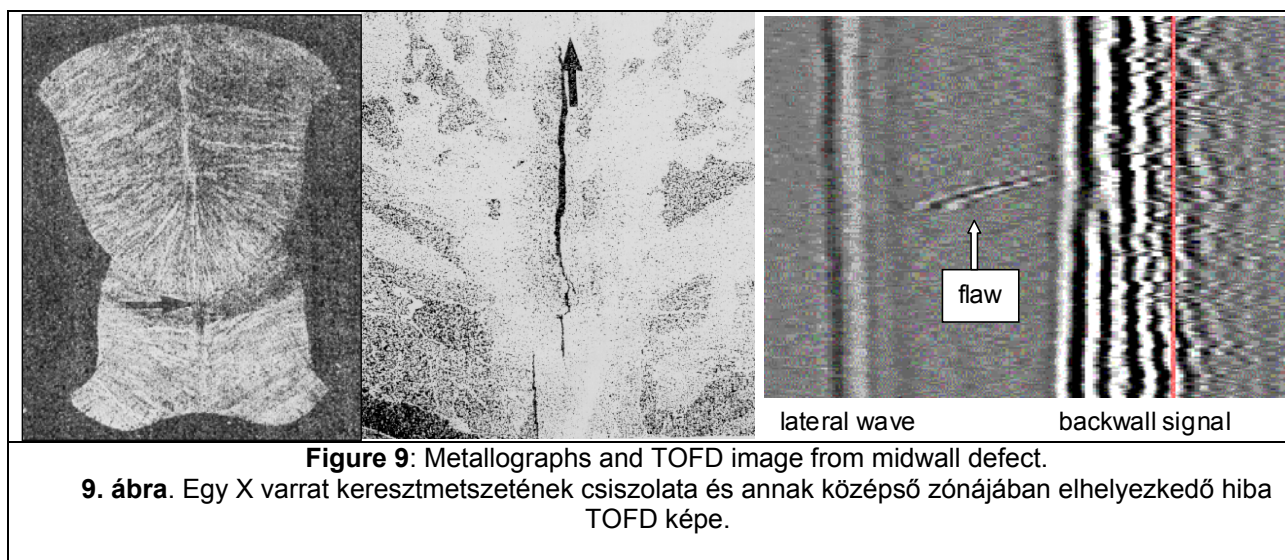
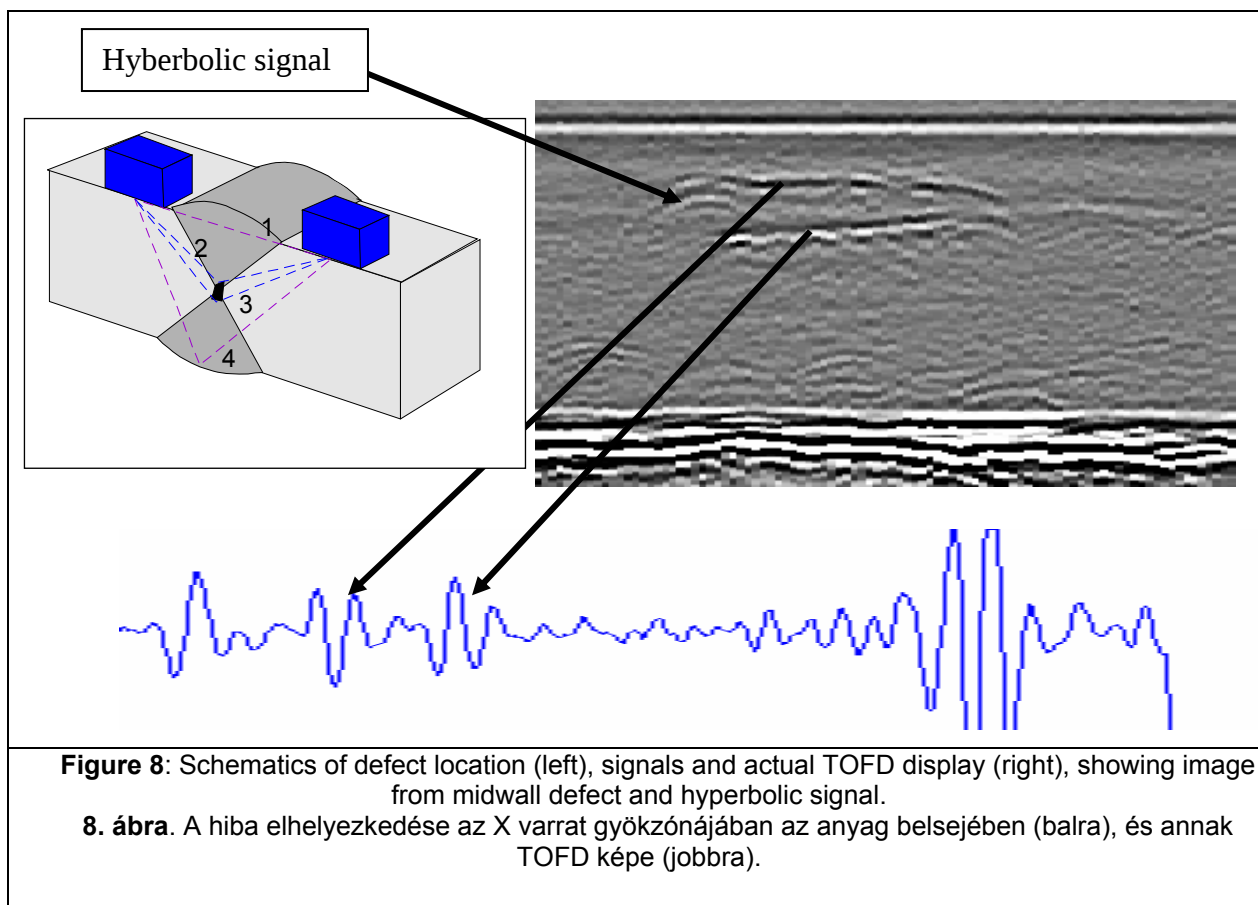
A konkáv felületű gyökhibák (gyök-beszívódás) a gyök-összeolvadási hiánnyal hasonló képet adnak (11. ábra). A hiba csúcsa és az általános képe megjelenik a TOFD képen. A hátfaljelen kisebb zavarok látszanak – amint az várható is.

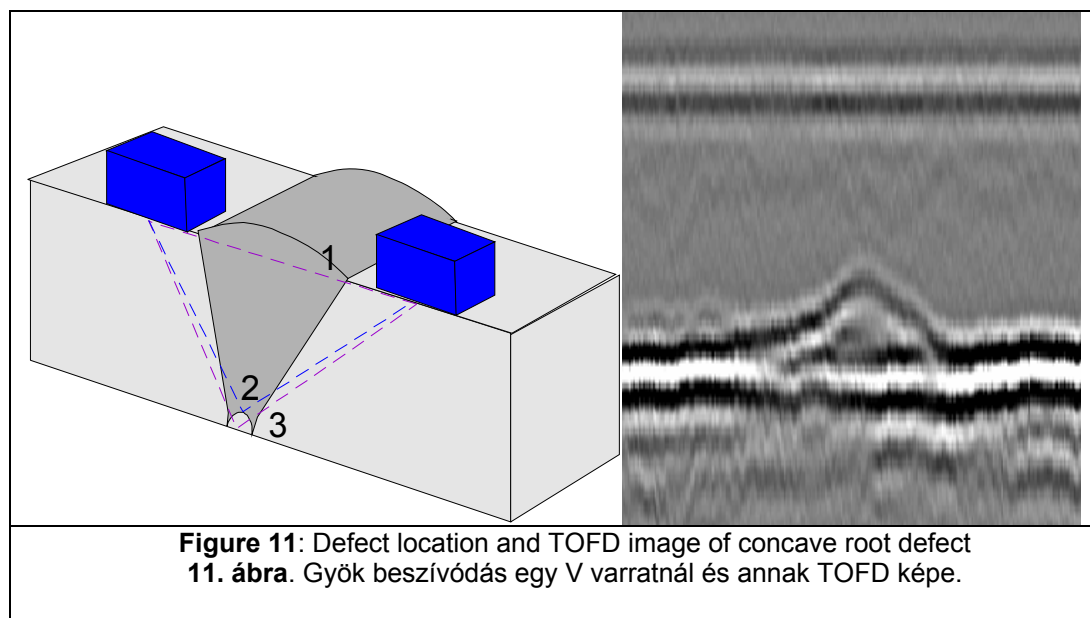
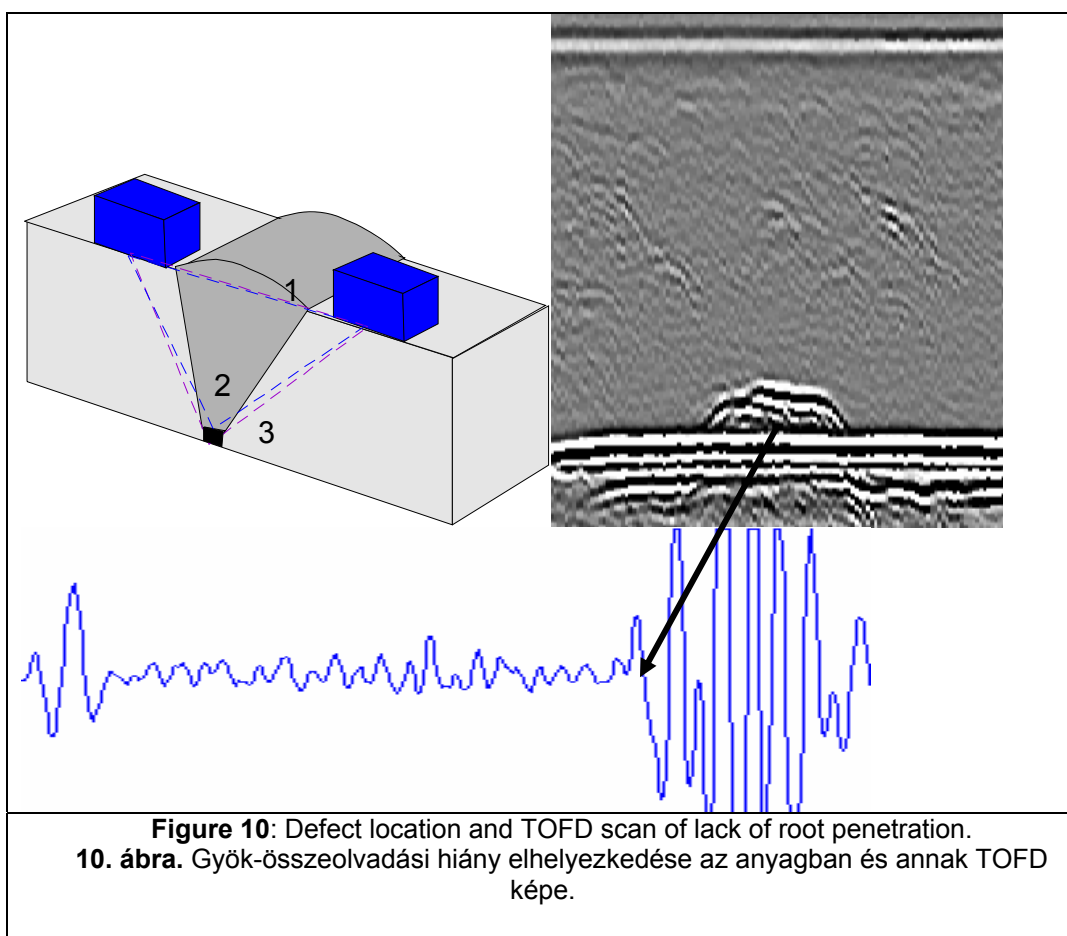
Összeolvadási hiány az összeolvadási zónában

A varrat összeolvadási hiba (12. ábra) hasonló TOFD képet mutat a középben elhelyezkedő hibákhoz két eltéréssel. Az első, hogy a hiba az alapfém hegesztési elkiképzésnek megfelelő orientációjú. E hiba ferde síkja a TOFD számára nem jelent akadályt. A második, hogy a hiba felső csúcsáról kapott jelrészlegesen beleolvadhat a felületi hullám jelébe, mint az ábrázolt esetben is. Ennél a példánál a felső hibacsúcs jele kivehető, mert a felületi hullám-jel amplitúdójára szuperponálódik, megnövelve azt. Ha nem így lenne, a kiértékelő nem lenne képes a hiba mélység meghatározására.









Porosity:

Porosity shows as a series of hyperbolic curves of varying amplitudes (see Figure 13), similar to point defects. The TOFD hyperbolic curves are superimposed since the porosity is close. This does not permit accurate analysis, but the unique nature of the image permits characterization of the signals as "multiple small point defects", i.e. porosity.

Transverse Cracks:

Transverse cracks are uncommon, and not detected by standard pulse-echo techniques using scanning parallel to the weld. (Transverse cracks can be detected using transverse imaging in pulse-echo.) The TOFD image in Figure 14 shows a known transverse crack, which is similar to a point defect in the image. The TOFD B-scan shows a typical hyperbola. Normally, it would not be possible to differentiate transverse cracks from near-surface porosity using TOFD; further inspection would be needed.

Interpass Lack of Fusion:

Interpass lack of fusion is essentially undetectable with shear wave pulse-echo since it is parallel to the surface. TOFD shows interpass lack of fusion as a single, high amplitude signal in the mid-wall region (see Figures 15 a and b). If there is length to the signal, it is easily differentiated from porosity or point defects. It is not possible to distinguish the top and bottom, as these don't exist as such. Note the expected phase change from the lateral wave. Interpass lack of fusion signals are typically strong.

Interpass lack of fusion is generally a benign defect. It can be readily detected by normal beam pulse echo if the weld crown is removed.

Typical Problems with TOFD Scans

As with all NDE techniques, "things can go wrong". The following is a sample list of problems.

- Incorrect gain levels (to high or too low)
- Incorrect gate positions
- Incorrect transducer separation
- Poor coupling
- Noise interference

Porozitás

A porozitás sorozatos hiperbolikus jellegű, változó amplitúdójú görbék formájában mutatkozik meg a TOFD képen (13. ábra), hasonlóan a pontszerű hibákhoz. A porózus anyag közelálló, kisméretű légbuborékainak jelei összeadódnak. Ez az egyes pontszerű hibák jellemezhetőséget rontja, de a porozitás jellegét egyértelművé teszi.

Keresztirányú hibák

A varrat hossztengetyére (közel) merőleges síkban elhelyezkedő hibák nem igazán jellemzőek a hosszvarratokra. Hagyományos ultrahangos módszerrel, a varratra merőleges besugárzási irányú letapogatással nem is igazán lehet őket kimutatni. A 14. ábra TOFD képen látható az ábrázolt keresztirányú repedés tipikus megjelenési formája. Ez a pontszerű hibához hasonló karakterisztikát mutat hiperbolikus jellegű karakterisztikát mutat. E kép alapján nem lehet megkülönböztetni egy keresztirányú repedést és egy felületközeli porozitást. Ennek megállapításához további, kiegészítő vizsgálatok szükségesek.

Varratsorok közti összeolvadási hiány

Többsoros hegesztési eljárás esetén az egyes varratsorok közt a felülettel párhuzamos síkú összeolvadási hiány alakulhat ki. Ezt a jellegzetes hibát transzverzális hullámú impulzus-visszhang módszerrel nem tudjuk kimutatni. A TOFD képes erre. Ez a hibatípus jellegzetesen egy önálló, nagy amplitúdójú jelként jelentkezik a felületi-és hátfaljel közti tartományban (15. ábra). Ha enne a jelnek a hosszirányú kiterjedése elég nagy, akkor egyértelműen megkülönböztethető a porozitástól, vagy pontszerű hibától. A repedéscsúcsok nem különülnek el egymástól, mivel ezek vertikális irányban közel azonos helyen vannak. A képen megfigyelhető a felületi hullámmal ellentétes hullámfázis is.

Szerencsére ez a hibatípus nem annyira veszélyes, mint a felületre merőleges elhelyezkedésű hibák. Hagyományos, merőleges besugárzással történő impulzus-visszhang módszerrel jól kimutatható, ha a varratkoronát leköszörülték.

Jellegzetes TOFD szkennelési problémák

A többi ultrahangos módszerhez hasonlóan a TOFD szkennelésnél is előfordulhatnak nehézségek. Néhány fő dolog ezek közül:

- Nem megfelelő erősítés (túl kicsi vagy nagy)
- Rossz kapubeállítások
- Nem megfelelő vizsgálófej-szeparáció (az adó-és vevő vej közötti távolság)
- Rossz csatolás
- Erős zaj

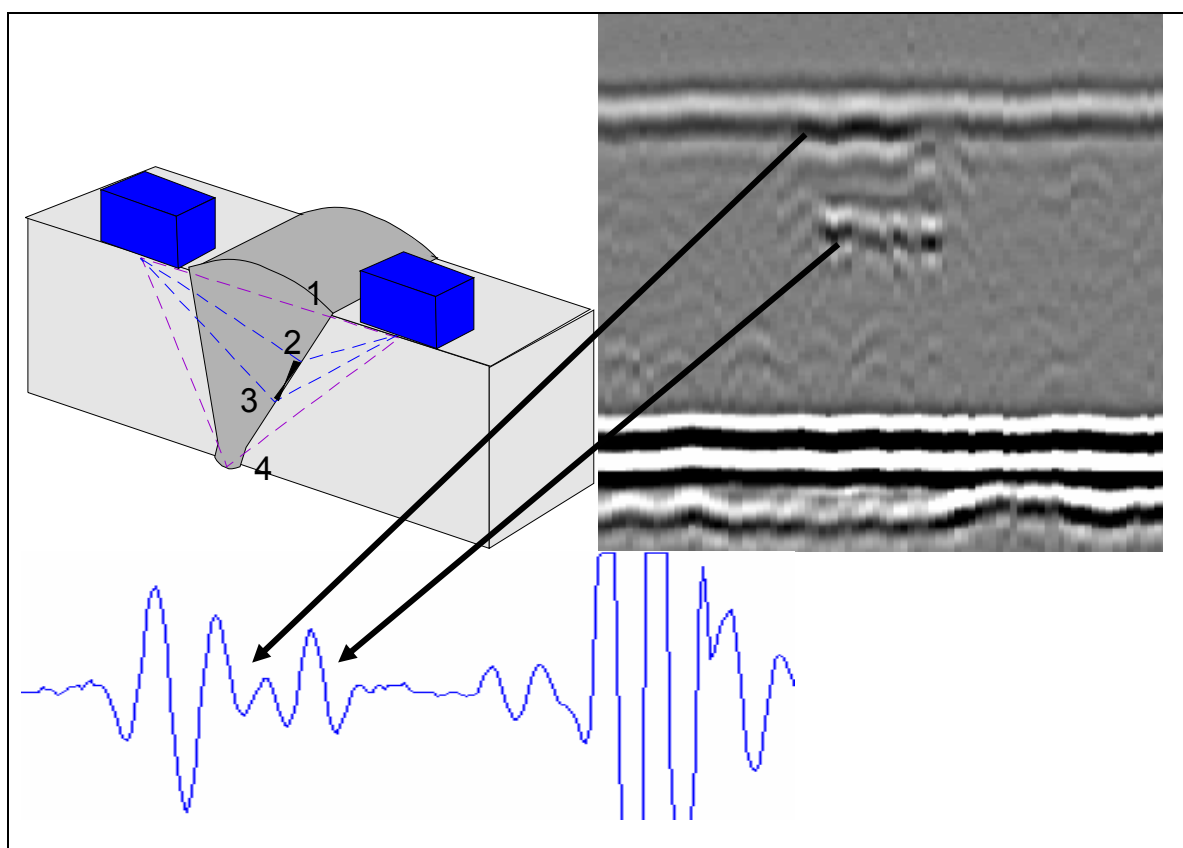


Figure 12: Midwall lack of fusion defect, showing defect location and TOFD image
12. ábra. Az összeolvadási hiány elhelyezkedése az alapfém és a varratanyag között a falvastagság középső tartományában, és ennek TOFD képe.

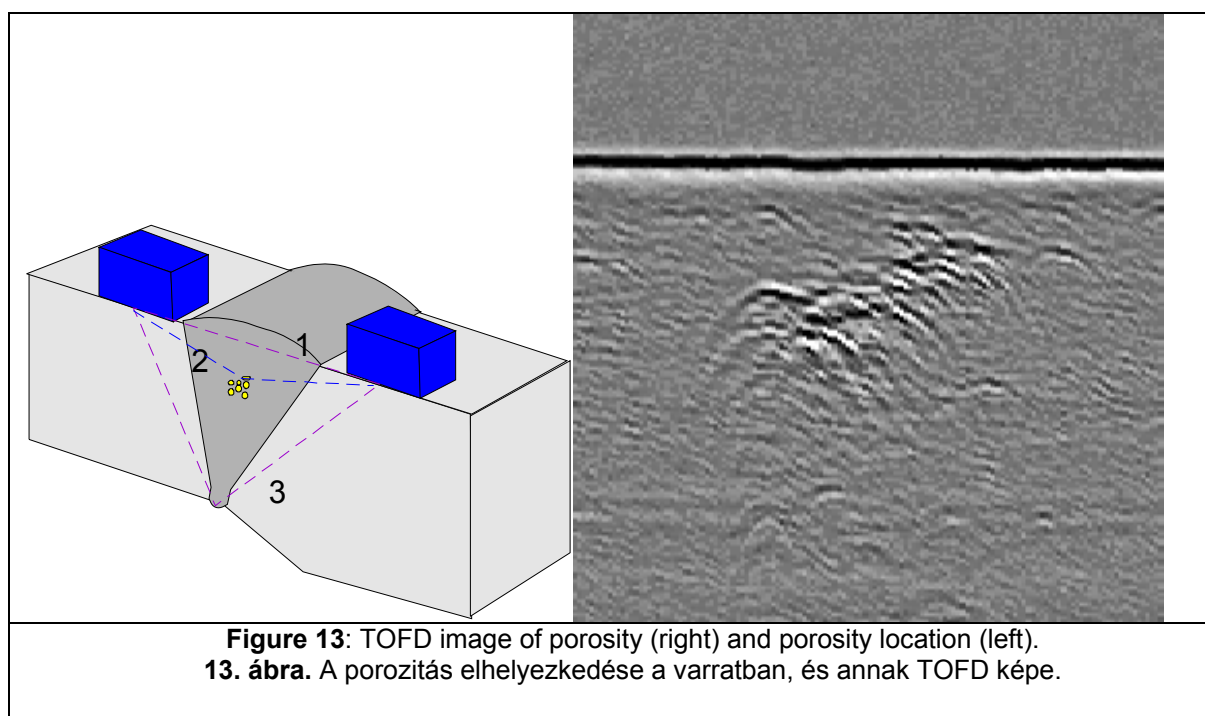


Figure 13: TOFD image of porosity (right) and porosity location (left).
13. ábra. A porozitás elhelyezkedése a varratban, és annak TOFD képe.

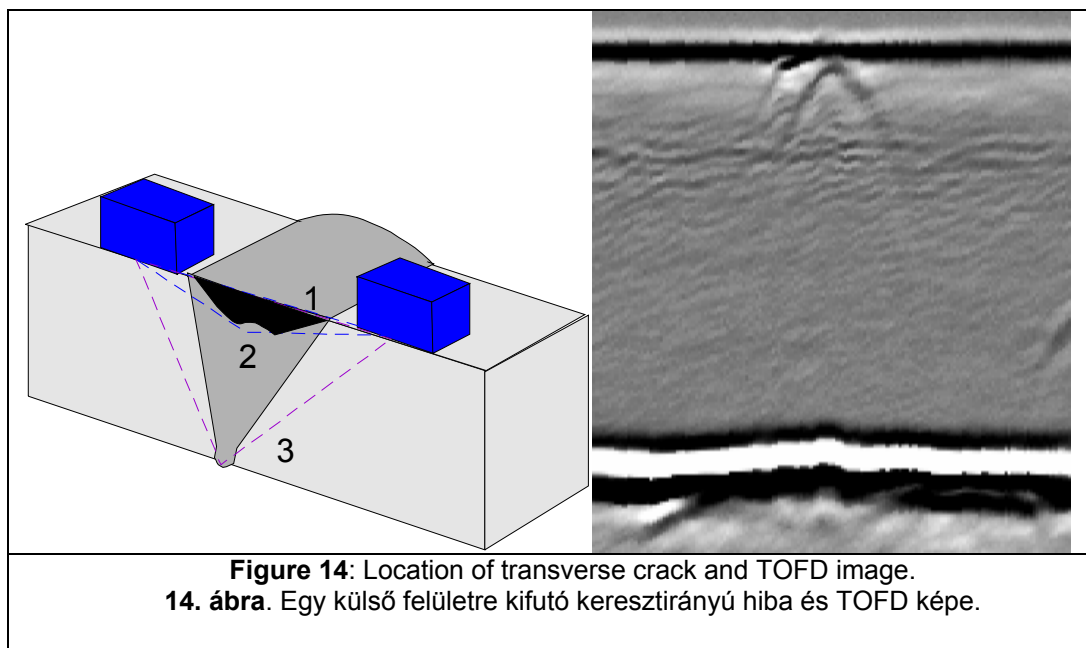


Figure 14: Location of transverse crack and TOFD image.
14. ábra. Egy külső felületre kifutó keresztirányú hiba és TOFD képe.

Summary

TOFD (Time-Of-Flight Diffraction) offers major advantages for inspecting welds and related components. TOFD is a very powerful technique, and allows:

1. Good midwall defect detection.
2. Accurate sizing of defects using the times of arrival of diffracted signals.
3. Defect detection if defects are mis-oriented or located away from the weld centreline.
4. Fast linear scanning.
5. Non-amplitude related inspections.
6. Set-up independent of weld configuration.

TOFD is very fast and economical; one transducer pair covers up to 75 mm (3") of wall thickness using high speed scanning. For thicker sections, more TOFD pairs are needed.

Like all inspection techniques, TOFD has limitations that the inspector should be aware of. The primary concern is the two dead zones (ID and OD) where defects are typically not detected. These two dead zones are located near the Lateral Wave and near the Backwall reflection. The depth of these two dead zones depends on the TOFD configuration, frequency and damping. Lower frequencies and less transducer damping will generate bigger dead zones, while higher frequencies and increased damping produce smaller dead zones. TOFD frequencies are normally a few MHz higher than pulse echo frequencies.

Összefoglalás

A TOFD technika hatékony vizsgálati módszer. A varratok és azok hőhatás övezetének vizsgálatakor a következő fő előnyöket kínálja:

1. Jó hiba-kimutatási képesség az anyag belső zónájában.
2. Pontos hibaméret-meghatározás a elhajló jelek futásidőjének különbsége alapján.
3. Jó detektálási képesség a ferdén elhelyezkedő és/vagy a varratközéptől távolabb eső hibák esetén is.
4. Gyors lineáris szkennelés.
5. Amplitúdó-független értékelés.
6. Varratgeometriától független beállítás.

A TOFD technika gyors és gazdaságos, egy vizsgálófej párossal akár 75 mm-es (3") falvastagságot is le lehet fedni. Nagyobb falvastagságú anyagok vizsgálata is lehetséges több vizsgálófej-pár alkalmazásával.

A többi vizsgálati technikához hasonlóan, a TOFD-nek is vannak korlátai, melyekkel a vizsgálatot végzőknek tisztában kell lenniük. Elsődleges korlát a külső-és belső felület közeli tartományokban jelentkező holtter, ahol is a hibák általában nem mutathatók ki. Ezeknek a holttereknek a tartománya függ a TOFD beállításoktól, frekvenciától, csillapítástól. Alacsonyabb frekvencia és kis csillapítás nagyobb, magasabb frekvencia és nagyobb csillapítás kisebb holtteret eredményez. A TOFD-nél alkalmazott vizsgálófejek frekvenciája általában néhány MHz-zel magasabb, mint a hagyományos technikáknál használatos fejeké.

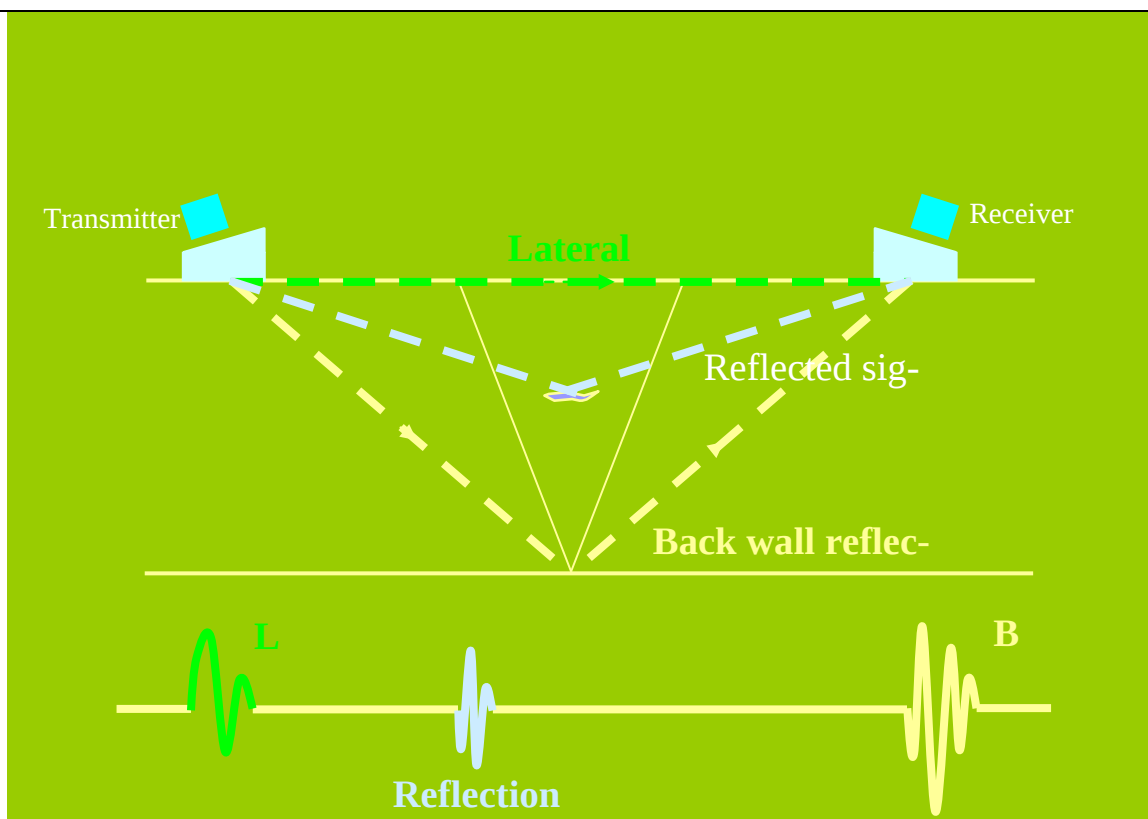


Figure 15a: Schematic showing generation of TOFD signals from interpass lack of fusion
15a. ábra. A varratsorok közti összeolvadási hiányon képződő TOFD jel elvi ábrája

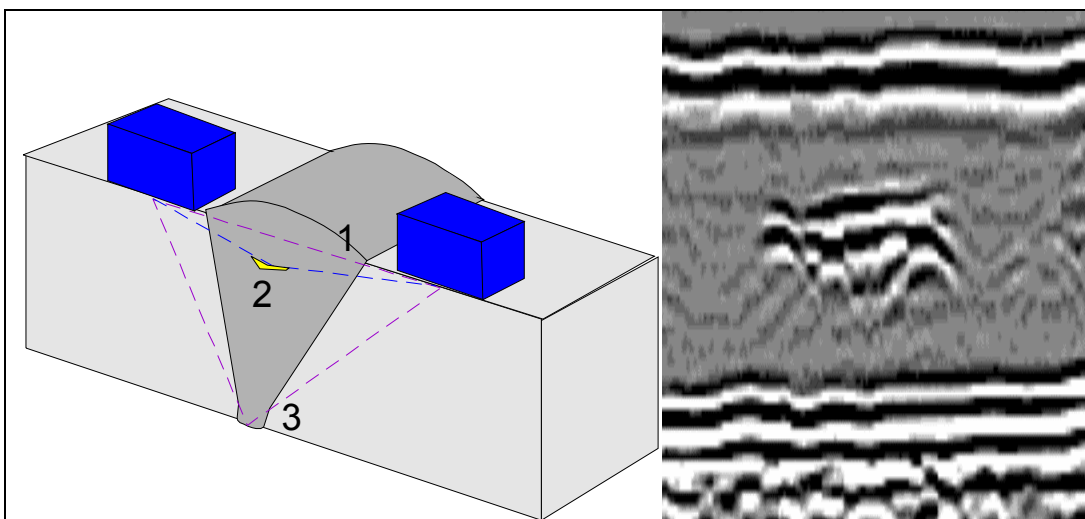


Figure 15b: Location of interpass lack of fusion (left) and appropriate TOFD image (right).
15b. ábra. A varratsorok közti összeolvadási hiány elhelyezkedése és annak tipikus TOFD képe.

The limitations of TOFD can be summarized below:

1. Dead zones near top and bottom surface
2. Sensitive to very small defects with a risk of false calls if not combined with pulse echo
3. Analysis can be difficult
4. Specialist interpretation required
5. Setup requires attention to detail
6. Errors if defect is located away from transducer centreline.

Low signal-to-noise ratio. References

- [1] Silk M.G., 1979, "Defect Sizing using Ultrasonic Diffraction", British Journal of NDT., p. 12.
- [2] PISC, 1997, Welding Research Council Bulletin 420, Abstracted by S.H. Bush, Ch. 7.
- [3] Charlesworth J.P. and J.A.G. Temple, 1989, "Ultrasonic Time of Flight Diffraction", Research Studies Press.
- [4] BS7706, "Guide to Setting Up and Calibration of the Ultrasonic Time-Of Flight Diffraction (TOFD) Technique for the Detection, Location and Sizing of Flaws", BSI

A korlátozó tényezők összefoglalása:

Holttér a külső-és belső felületközeli zónákban. Nagyon érzékeny a kisméretű hibákra, a téves detektálás elkerüléséhez ajánlatos együtt alkalmazni az impulzus-visszhang módszerrel.

A TOFD képek értelmezése bonyolult, szakértelmet igényel.

A beállításokat igen körültekintően kell elvégezni.

A középsíktól távol elhelyezkedő hibák méret-meghatározási pontatlanságot eredményeznek.

Alacsony jel/zaj viszony.

- [5] EN583_6, "Nondestructive testing – Ultrasonic examination - Part 6 : Ultrasonic time-of-flight diffraction technique as a method for defect detection and sizing".
- [6] ASME Version of Article 4 (Draft 2), Nonmandatory Appendix N, "Time-Of Flight Diffraction (TOFD) Interpretation". In progress.
- [7] ASME Code Case 2235-4, "Use of ultrasonic examination in lieu of radiography Section I and section VIII, Divisions 1 and 2", November 30, 2001.

BESZÁMOLÓK

REPORTS

MAROVISZ Közgyűlése

Közgyűlés programja

2008. március 6-án tartotta évi rendes Közgyűlését a Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (MAROVISZ) az alábbi napi rendi pontokkal:

1. Vezetőség beszámolója a 2007. évi tevékenységről
2. Bizottságok jelentése
3. 2008. évi munkaterv és költségvetés előterjesztése
4. 2008. évi tagdíj megállapítása
5. Alapszabály módosítása
6. Vezetőségi tag kooptálásának megerősítése
7. Új tagok felvételének véglegesítése

A MAROVISZ vezetősége az alábbi beszámolót terjesztette elő a Szövetség 2007. évi tevékenységéről:

Beszámoló témakörei

Érdekvédelem, érdekképviselés

A roncsolásmentes vizsgálatok ajánlott árainak rendszere témában háttér munka folyt, és megkezdődött az elemzéshez szükséges információk gyűjtése.

A szakmai érdekképviselési rendszer erősítése céljából a MAROVISZ belépett a Nemzeti Akkreditáló Testületbe (NAT-ba).

Rendszeresen képviseltük a roncsolásmentes vizsgálók érdekeit a társ szakmai szervezetekben (MHE, MSZT, GTE), valamint az Európai Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (EFNDT) hivatalos fórumain és rendezvényein.

Kidolgozásra és bevezetésre került a Szövetség Etikai Kódexe.

Tájékoztatás, publikáció

Biztosítottuk a honlap folyamatos aktualitását (rendszeresen friss híreket, rendezvény információkat, szabványok megjelenését, stb. lehetett és lehet a honlapon olvasni).

Anyagvizsgálók Lapja kiadása (a szűk statisztikai adatok a következők: négy elektronikus, egy nyomtatott szám; 29 rovat, 48 cikk, 255 regisztrált olvasó, legalább 3000, de valószínűleg 4-5000 olvasó, 32.000 megnyitás, 5 Terabyte letöltés).

Az elhunyt Lehofer Kornél felelős szerkesztő helyét Gillemot László vette át.

A Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Módszerek (kézikönyv) készítése vontatottan haladt. Csak egyes fejezetek elkészültéről lehet beszámolni.

Számos publikációt jelentettünk meg, amelyek a roncsolásmentes vizsgálat jelentőségét méltatták (az Anyagvizsgálók Lapján kívül, pl. a következő folyóiratokban: GÉP, Hegesztés-Technika, TECHNIKA).

Rendezvényeinkről (egri és budapesti konferencia, monori jubileumi ülés) beszámoltak az EFNDT, valamint a DGZfP és az ÖGfZP újságjai, honlapjai.

Rendezvények

V. RAKK lebonyolítása (Eger, 2007. március 6-9.): A konferencia úgy a látogatottság, mint az előadások színvonala, a viták élénksége és a szociális program színvonala vonatkozásában sikeres volt. A konferenciával egyidejűleg került megrendezésre a 2007. évi közgyűlés is.

Világkonferenciának voltunk hazai megrendezői 2007. október 8 és 10 között Budapesten (6th International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity of Nuclear and Pressurized Components). A konferencia a résztvevők értékelése alapján a konferencia sorozat eddigi egyik, ha nem a legjobb rendezvénye volt. Jelentősen emelte a MAROVISZ szakmai elismertségét világszerte, és emellett figyelemre méltó gazdasági eredménnyel is járt.

Részt vettünk a DGZfP „Certification and Standardisation” 5. nemzetközi konferenciáján, Berlinben (Tarnai György képviselte a MAROVISZ-t).

Csoportos tanulmányutat szerveztünk tagjainknak a „European NDT Days in Prague 07” rendezvényre. A rendezvénnyel egy időben, Prágában került megrendezésre az EFNDT éves közgyűlése, amelyen a Szövetség elnöke képviselte a MAROVISZ-t.

Emlékező rendezvénnyel ünnepeltük meg a MAROVISZ megalapításának 10 éves jubileumát (Monor, 2007. november 30.). A jubileumi ülésen emléklapok kerültek átadásra az alapító tagoknak, valamint első ízben került odaítélésre a MAROVISZ Díj (Becker István kapta).

A hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálati eredményeivel szemben támasztott követelmények értelmezése témában klubdelutánt szerveztünk (két alkalommal), amelynek előadója

Rittinger János, a GTE Hegesztési Szakosztályának elnöke volt.

Egyebek

A Szövetség anyagilag támogatta Gillemot László professzor mellszobrának felállítását a Műegyetem kertjében, ezzel is kifejezve tiszteletét a hazai radiográfiai vizsgálatok elindítója előtt.



Megállapodást kötöttünk a Hungexpo Vásár és Reklám Zrt-vel kollektív részvétel megszervezésére az Industria Nemzetközi Vásáron. A kollektív megjelenés nem valósul meg, mert nem sikerült a kedvezményt jelentő alapterület megtöltése.

Programot készítettünk a Szövetség Gazdaság Fejlesztési Programjának kialakítására és megvalósítására (ennek részleteiről a 2008. évi munkatervben számolunk be).

Vezetőségi tag kooptálása

Munkahelyi elfoglaltságára hivatkozva **EINREINHOF Attila** vezetőségi tagsága alól felmentését kérte.

A távozó vezetőségi tag – a végzett munkája elismeréséül megkapta az EFNDT elismerő oklevelét.

A megüresedett helyre az elnökség **SKOPÁL Istvánt** kooptálta, akit a Közgyűlés 2008.03.06-án tisztségében megerősítette.

dr. Gillemot László

Beszámoló
a XXIV. Duna - Adria – Szimpózium (kísérleti mechanika tárgykörű)
nemzetközi konferencia munkájáról
2007. szept. 19 - 22, Sibiu (Nagyszeben), Románia.

1. Előzmények.

Ez évben - évenkénti rendszerességgel – immár 24. alkalommal került megrendezésre a *Duna-Adria Szimpózium*, ezúttal Romániában, Nagyszebenben, amely város a konferencia idején Európa Kulturális Fővárosa címet viselte. A rendezvénynek az Egyetem adott otthont, szállásra a közeli – igen különböző árfekvésű – szállodák adtak lehetőséget a résztvevők számára. Hazánkat ebben az esztendőben a Szervező Bizottságban – a tekintettel a minden esztendőben növekvő anyagi terhekre, melyek a bizottsági tagokat egyaránt érintik – csak egymagam tudtam képviselni.

2. A konferencia munkája

A rendezvényen *mindösszesen 126 bejelentett előadás (megtartott mintegy 100)*, időben egymást követő szekciókban hangzott el, azaz a rendezvény valamennyi előadást mindenkinek lehetősége volt követni.

Ebben az esztendőben a Szervező Bizottság ismét változtatott az előadások rendjén. Mindösszesen 12 db szóbeli előadást választottunk a tavaszi ülésen, így a résztvevő országokból egy-egy Bizottság által kiválasztott munka került 15 percben bemutatásra (ezt követte 5 percben a vita), míg a többi, hagyományainknak megfelelően, 3 perces poszter előadásként (max. 3 db Power-Point dia) került bemutatásra. Az így szóban is elhangzott poszterek további megvitatására minden szekciónak az előadásokat követően másfél óra állt rendelkezésére.

A rendezvény szakmai résztvevőinek száma 90 fő, míg a külföldi kísérők száma ebben az esztendőben 12 fő volt. A résztvevők országonkénti megoszlását az 1. míg a bejelentett előadások szakterületek szerinti megoszlását a 2. táblázat mutatja:

Magyarország 9 előadással képviseltette magát a rendezvényen, amelyek közül egy plenáris előadás volt. A szám annál is inkább figyelemreméltó, miszerint a házigazdák részéről ebben az esztendőben mindössze 34 bejelentett előadásból 19 került megtartásra, míg az általunk bejelentettek közül valamennyi elhangzott. A magyar fél által bemutatott prezentációk anyaga, színvonala és megjelenése minden tekintetben

kiállta a velük szemben támasztott követelményeket.

1. táblázat

Ország	Jenlévők	Kísérők
Ausztria	11	-
Csehország	23	3
Horvátország	6	1
Észtország	1	-
Németország	5	-
Magyarország	9	-
Irán	1	-
Olaszország	3	1
Japán	2	1
Lengyelország	22	6
Románia	34	

2. táblázat

Szakterület	Előadások száma
Kísérleti eljárások:	22
Optikai és roncsolásmentes eljárások	11
Mérések, érzékelők és szimulációk	10
Biomechanika:	18
Lágy részek és fogak	11
Csontok és ízületek	7
Anyagok:	35
Nem-fémes anyagok és kompozitok	14
Fémes anyagok	21
Szerkezetek, rendszerek és elemeik:	36
Gépészmérnöki alkotások	21
Építőmérnöki alkotások	15

A rendezvényhez kapcsolódóan a Szervező Bizottság két alkalommal, a Konferencia megkezdése előtt, illetve a konferencia közben ülésezett, a konferencia aktuális kérdéseinek, valamint a jövőbeni teendők megtárgyalása tárgyában. Ezek között a legjelentősebbnek tekinthető kérdés a rendezvénysorozat „Alapszabályának” (Statútum) ismételt áttekintése, valamint új jelentkezőként Szerbia belépési kérelmének elbírálása volt.

A Statútum kérdése, melyről már az elmúlt esztendőben említést tettem, azért tekinthető rendkívüli jelentőségűnek, mert a rendezvény alapítása óta (1983) gyakorlatilag a rendezvénysorozat működését szabályzó előírások hivatalos változtatására mindössze egy alkalommal,

1994.-ben került sor. Ezt követően – bár voltak előterjesztések – lényegi módosítás nem történt, miközben a működésben – különösen Hazánk Unió csatlakozását követően – drámai változások álltak elő.

A változások eredményeként az együttműködés korábban kialakított formái napjainkra gyakorlatilag betarthatatlanná váltak (pl. Statutum szerinti lehető legalacsonyabb részvételi díj, alacsony szállásköltségek, alapító Tagegyesületek – Hazánkban a GTE – hathatós támogatása úgy a résztvevőknek, mint a szervezőknek, a Szervező Bizottság tagjai számára díjmentes részvétel, az előadások kiválasztásának rendje - tekintettel a felduzzadt létszáma, stb.).

Alapszabályunkat (Statutum) egy kis létszámú bizottság 2006. májusában Bolognában Freddi Professzor Úr vezetésével átdolgozta, és végső formájában döntéshozásra a Szervező Bizottság elé terjesztette.

Az új alapszabály csak a legszükségesebb előírásokat tartalmazza (általános és megengedő jelleggel). A működéssel kapcsolatos egyéb konkrét tennivalókat működési szabályzat jellegű mellékletekben (jelenleg mindösszesen 6 db) találhatjuk. A mellékletek tartalmazzák többek között:

- az egyéb, hasonló tématerületű szervezetekhez (PL. IMEKO TC 15) való viszonyunkat;
- a bevezetett „Elnöki rendszer” lényegét; az újonnan csatlakozni kívánóktól elvárt teendőket;
- a Szervező Bizottságunk nagytiszteletű tagjait (Honorary Member);
- rögzítve van a web-oldalunk (melynek a Bécsi Műszaki Egyetem adott otthont), ahol rendezvénysorozatunkkal kapcsolatosan évekre visszamenően minden fontos információt (beleértve az elhangzott előadások kiadványban megjelent szövegét) megtalál az érdeklődő (<http://das.tuwien.ac.at>).

Rendezvénysorozatunk 2006 óta kiemelten szoros együttműködést alakított ki az IMEKO szervezetével, melynek TC15 munkabizottsága úgyszintén a kísérleti mechanikával foglalkozik. A TC 15 elnökét is évek óta a DAS munkabizottsága jelöli. Ezen az összejövetelünkön Freddi professzor úr utódjául - számomra igen nagy megtiszteltetésként – engem választottak, így 2007 ősztől személyemben először van magyar elnöke az IMEKO ezen szakmai bizottságának.

A Szervező Bizottság tagjai ebben az esztendőben is valamennyi elhangzott előadást értékelték meghatározott szempontok alapján, aminek eredményeként – szakterületi bontásban – különböző nemzetközileg is elismert folyóiratokban mintegy 25 db válogatott előadás írásos

megjelenítésére nyílik lehetőség. Ebben a sorban találjuk idén az Anyagvizsgálók Lapjának soron következő elektronikus számát, amelyben a szűkebb értelemben vett anyagvizsgálati témákat bemutató előadások legjava került kiválasztásra.

3. A konferencia szakmai anyagára vonatkozó érdemi megállapítások

3.1. A konferencián teljesen újszerűnek mondható, máshol még nem publikált munka ez évben sem került ismertetésre. Ismét hallottunk az úgynevezett „Digital Image Correlation” módszerről a kísérleti eljárások között, amely az igen kis deformációk (μm nagyságrend, vagy kisebb) optikai úton történő meghatározását teszi lehetővé, kiegészítve a makro rendszereknél használatos átlag feszültségek és nyúlások meghatározásának elvi lehetőségével és gyakorlati megoldásával. Ebben az évben is rendkívül alaposan kimunkált, igen magas technikai szinten kidolgozott számos vizsgálatot láthattunk, különösen az optikai eljárások, mikro-, nano-technológiák, valamint az anyagtudományok területén.

A szóbeli előadások rendkívül felkészült, fiatal kutatók megalapozott munkáiról adtak számot.

3.2. A korábbiakhoz képest további előrelépés tapasztalható a mikró, időnként nanó-szintű kérdések megoldására irányuló területeken. A bemutatott előadások háttérében a tönkremeneteli folyamatok lefolyásának minél pontosabb ismeretére való törekvést találjuk, így ezek az előadások a megbízhatóság növelése érdekében kifejtett erőfeszítések kérdéskörébe sorolhatók.

4. A résztvevők munkahely szerinti megoszlása

A rendezvényen az iparban dolgozók közül - hasonlóan az utóbbi időben Európában megfigyelhető tendenciához – igen kevesen vettek részt. Jelen rendezvényen is mindössze néhány „ipari” szakember, elsősorban reklám célokból bemutatott előadását hallgathattuk. Ugyanakkor elmondható, hogy a bemutatott előadások a korábbi években megszokottnál nagyobb számban foglalkoztak ipariban felmerült kérdések megoldásával. Mindazonáltal a rendezvényt elsődlegesen idén is a felsőoktatásban dolgozó oktatók, kutatók, doktoranduszok látogatták.

A rendezvényhez – hasonlóan az elmúlt esztendő megítélésem szerinti negatív gyakorlatához - ebben az évben sem társult érdemi kiállítás, műszer bemutató.

5. Változások a Szervező Bizottság személyi összetételében

A Szervező Bizottság személyi összetételének vonatkozásában két változás állt be ebben az évben. Jacek Stupnicki Professor Úr, Lengyelország delegáltja, 2005. decemberében váratlanul elhunyt. Nagytudású, szerény, szolgálatkész kollégát ismertünk meg személyében, hiányát megérezzük, emlékéit megőrizzük. Helyét Dietrich Lech Professor Úr foglalta el, a Lengyel Tudományos Akadémiáról. Freddi professor Úr hazája képviseletét – visszavonulása okán - átadta Francesca Cosmi számára, a Triesti Egyetem professzorának. Hazánkat jelenleg Dr. Thamm Frigyes visszavonulását követően egyedül képviselem a rendezvényen.



6. Kulturális program.

Hagyományos programként tekinthető a Szimpózium munkájában az adott ország régiójának kultúrájával, szokásaival, ipari adottságaival való megismerkedés. Bár a Statumunk átdolgozásakor kimondtuk, hogy a költségek csökkentése érdekében a Szervező Bizottság dönthet un. kulturális program, vagy technikai látogatás mellőzésétől, idén – ha szerény formában is – városnézés csatlakozott a rendezvényhez.

A rendezvénysorozat hagyományai szerint a Szervező Bizottság tagjai az utolsó napon az előadó teremben, vagy az előtt fényképezésre összegyűlnek, idén erre a Szervező Bizottság záró ülése biztosította munka alkalmából került erre sor.



Végezetül két felvétel a rendezvény gála vacsorájáról, valamint a Szervező Bizottság üléséről.

Dr. Borbás Lajos
A GTE főtitkára,
a DAS Szervező Bizottság magyar tagja

Studies on Buckling of Panels with Initial Deformations Made of Composite Materials *

Kiinduló deformációval készült kompozit panelek kihajlási viselkedésének elemzése

Ionel Chirica¹, Elena-Felicia Beznea¹, Raluca Chirica,¹Doina Boazu¹,
Alexandru Chirica¹, Carl Christian Berggreen²

Keywords: Composite panels, Buckling, Postbuckling, FEM method, experimental method
Kulcsszavak: Kompozit panelek, kihajlás, kihajolt állapot, FEM módszer, kísérleti módszer

Összefoglalás

A hajófedélszetek lemezborításának viselkedése számos tényező függvénye, úgy, mint geometriai méretek, terhelési körülmények, korróziós hatások, kifáradási tényezők által okozott elhasználódások, stb. Jelen dolgozat a síkjában egytengelyű igénybevétellel terhelt, befogott, laminált, négyzet alakú kompozit lemezek viselkedését mutatja be. Az analízis kiterjed a gyártási egyenlőtlenségek hatásaira, bemutatja a peremfeltételek sajátosságait. Az analízis összeveti a számított, és méréssel meghatározott eredményeket a lemezek viselkedésének feltárására.

Summary

The behaviour of ship deck plating normally depends on a variety of influential factors, namely geometric/material properties, loading characteristics, initial imperfections, boundary conditions and deterioration arising from corrosion and fatigue cracking. The analysis is presented for a uniaxially in-plane loaded, clamped, composite laminated quadratic plate. The imperfection is considered as the initial deformation due to the manufacturing operations: cosine shape in both of the longitudinal and transverse direction. Usually, the initial deformation mode appears in the form such as the fundamental mode of the buckling or vibration. The boundary conditions are considered, as the usual condition of the structural composite ship panels. At the side $x=a$, the plate is loaded with the uniform pressure. Variation of the maximum transverse displacement regarding the inplane load (displacement controlled after nonlinear buckling analysis) for three cases, obtained so numerically and experimental, are performed.

Introduction

In the actual shipbuilding industry, the increasing interest in minimum weight designs for ship structures has generated important studies in the analysis of the elastic buckling and post-buckling behavior of structures subjected to in-plane compressive loads. Due to their high strength and stiffness-to-weight ratios, laminated composite materials are increasingly being used in the shipbuilding industry.

The overall failure of a ship hull, considered as a girder, is normally governed by buckling and plastic collapse of the deck, bottom or sometimes the side shell stiffened panels. Therefore, the relatively accurate calculation of buckling and plastic collapse strength of stiffened plating of the deck, bottom and side shells is a basic requirement for the safety assessment of ship structures. In stiffened panels, local buckling and collapse of plating between stiffeners is a primary failure mode, and thus it would also be important to evaluate the buckling and collapse strength interactions of plating between stiffeners under combined loading.

The behavior of ship plating normally depends on a variety of influential factors, namely geometric/material properties, loading characteristics, initial imperfections (i.e., initial deflections and residual stresses), boundary conditions and deterioration existing local damage related manufacture imperfection or fatigue cracks.

For thin homogeneous (metallic) plates, classical plate theory predicts deformations and inplane stresses that are comparable to those of three-dimensional elasticity. In thin plates, transverse stresses are generally small compared to in-plane stresses, and thus, both classical theory and first-order shear deformation theory give satisfactory results. However, since both theories are two-dimensional, they are not accurate enough to predict transverse stresses directly.

* A 24. Duna-Adria Szimpóziumon elhangzott előadás szerkesztett változata

¹ University Dunarea de Jos of Galati, Romania

² Technical University of Denmark, Denmark

Generally, composite plates support greater compressive load beyond the buckling load. Therefore, buckling and post-buckling behaviors of composite plates are very important factors of structural designs. There are more studies of buckling behavior than those of post-buckling behavior of composite plates. VandenBrink et al. in [1] investigated post-buckling behavior of graphite/epoxy composite plates of $[q_n-q_n]_s$ layup with a hole. Englestad et al. in [2] analyzed post-buckling response and failure of graphite/epoxy panels with and without holes. In this paper, a progressive failure (buckling) analysis was introduced into the nonlinear finite element analysis. Post-buckling behavior and compressive strength of composite plates was studied through analyses.

Parametric studies were performed in order to investigate the effects of initial deformation sizes on buckling load and post-buckling compressive strength.

Buckling and post-buckling analysis are essential to predict the capacity of composite plates carrying considerable additional load before the ultimate load is reached, and manufacturing-induced geometric imperfections often reduce the load-carrying capacity of composite structures. The nature of initial geometric imperfection induced during manufacturing is accounted for in the analysis. The stiffeners presence induces the cosine shape of the initial deformation. Examples of post-buckling analyses of symmetric cross-ply, angle-ply are presented, and the accuracy and performance of the method are examined. The numerical methodology presented can be used as an accurate and efficient tool for post-buckling analysis of imperfect composite plates.

Numerical and experimental analysis

Numerical and experimental studies were performed on the buckling and post-buckling behavior of the imperfect ship hull plate. In this case, the initial deformation is in the form given by the first buckling modal shape for the same plate but considered as a perfect one.

As it is seen in figure 3, the coordinate system has the origin in the middle of the plate.

Maximum initial deformation magnitude is considered as a rate from the thickness, t , that is

$$w_0 = \alpha t.$$

In the analysis, for the rate α , the following values were chosen: 0.002, 0.32 and 0.96.

The FEM model, composed of shell elements, for geometric representation of a plate sized (axb) 320×320, thickness of 10 mm, having an initial deformation, was made.

Table 1 Plate lay-up

Layer type	θ	t [mm]
Biaxial	+45°	0.195
	-45°	0.195
UD	$4 \times 0^\circ$	2.360
Biaxial	+45°	0.195
	-45°	0.195
UD	$6 \times 0^\circ$	3.540
Biaxial	-45°	0.195
	+45°	0.195
UD	$4 \times 0^\circ$	2.360
Biaxial	-45°	0.195
	+45°	0.195

The material used for the plate has the characteristics:

- E-glass/epoxy

$E_1 = 46 \text{ GPa}$, $E_2 = 13 \text{ GPa}$, $E_3 = 13 \text{ GPa}$;

$G_{12} = 5 \text{ GPa}$, $G_{13} = 5 \text{ GPa}$, $G_{23} = 4.6 \text{ GPa}$;

$\mu_{12} = 0.3$, $\mu_{23} = 0.42$, $\mu_{13} = 0.3$;

- UD layers: $t_1 = 0.59 \text{ mm}$;

- Biaxial layers: $t_2 = 0.39 \text{ mm}$, modeled as two UD layers having thickness $t_2/2$, at $\pm 45^\circ$;

- lay-up is presented in Table 1.

Numerical studies, non-linear analysis (large displacements), were performed with COSMOS/M code. Boundary conditions introduced were as the plate is clamped on the all sides, except x-translation on $x=a$ edge.

For numerical analysis, before to perform the calculus, a study on the optimum mesh and optimum type element was made.

The results are presented in the figures 1 and 2. As it is seen, the variation of the buckling pressure is about a constant, starting from the mesh having 64 elements per plate side.

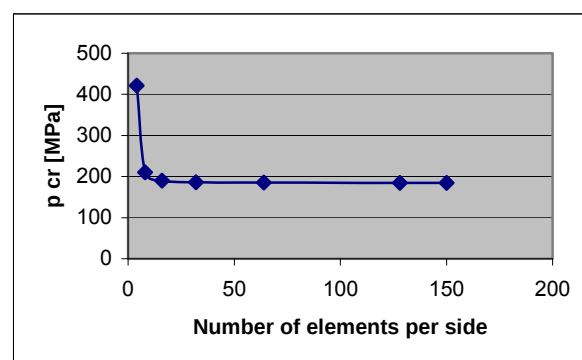


Fig. 1. Variation of the buckling pressure function of number of elements

1. ábra A kihajlást okozó nyomás változása az elemek számának függvényében

From figure 2 it is seen a good accordance between the shell type elements. So, For FEM analysis, 3-node structural layered shell element (SHELL3L) were used.

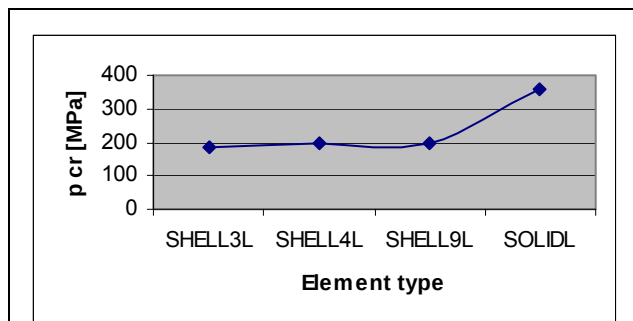


Fig. 2. Variation of the buckling pressure function of element type

2. ábra A kihajlást okozó nyomás változása az elemek típusának függvényében

For the perfect plate, the critical value, obtained by FEM calculus, is $p_{cr}=181.66\text{MPa}$.

Buckling load values obtained, so numerically and experimental, for the three cases of imperfect plates are presented in Table 2.

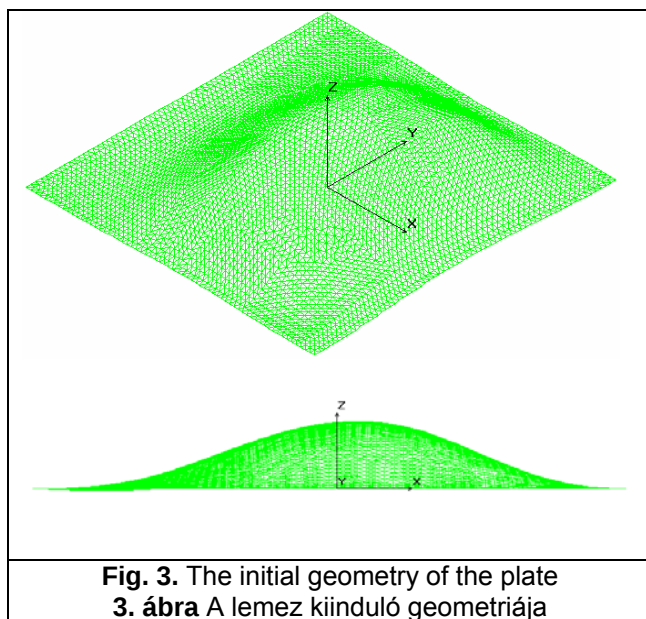


Fig. 3. The initial geometry of the plate
3. ábra A lemez kiinduló geometriája

In figures 5, 6 and 7, the post-buckling behaviour of the imperfect plate for the three cases are presented. The results obtained after non-linear analysis show that the collapse does not occurs at buckling load value. The vertical dashed line corresponds to the buckling load for the perfect plate (181.66MPa).

As it is seen, the buckling load is increasing with the increasing of the initial deformation.

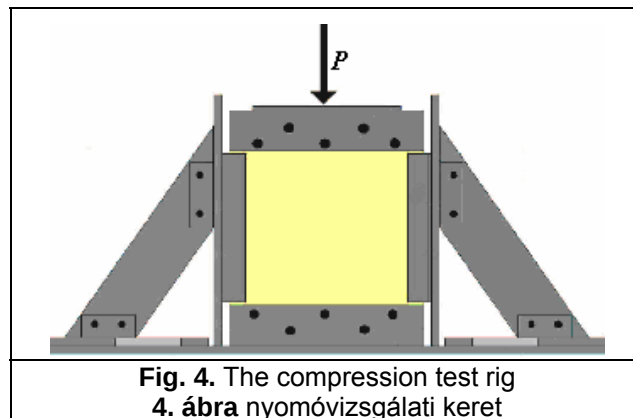


Fig. 4. The compression test rig
4. ábra nyomóvizsgálati keret

Table 2 Buckling load

Case		Buckling load p_{cr} [MPa]	
Perfect		analytic	277.00
		num.	181.66
		exp.	179.00
Imperfect	Case 1: $w_0=1.06\text{mm}$	num.	183.66
		exp.	189.00
	Case 2: $w_0=3.2\text{ mm}$	num.	201.99
		exp.	199.00
	Case 3: $w_0=9.6\text{ mm}$	num.	285.22
		exp.	295.00

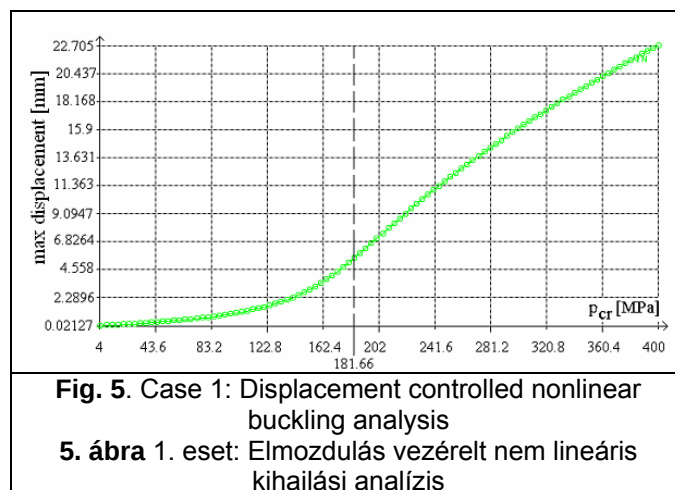


Fig. 5. Case 1: Displacement controlled nonlinear buckling analysis
5. ábra 1. eset: Elmozdulás vezérelt nem lineáris kihajlási analízis

Conclusions

Based on the numerical and experimental results, there can be derived out the following conclusions of this study:

Values of the buckling load, p_{cr} , are increasing with the increasing of the initial deformation. That is, the stiffness of the plate is increasing with the increasing of the initial deformation.

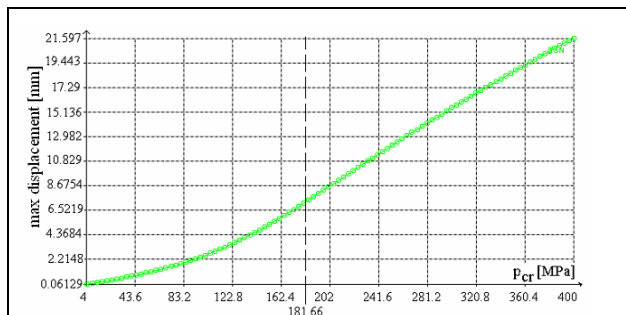


Fig. 6. Case 2: Displacement controlled nonlinear buckling analysis

6. ábra 2. eset: Elmozdulás vezérelt nem lineáris kihajlási analízis

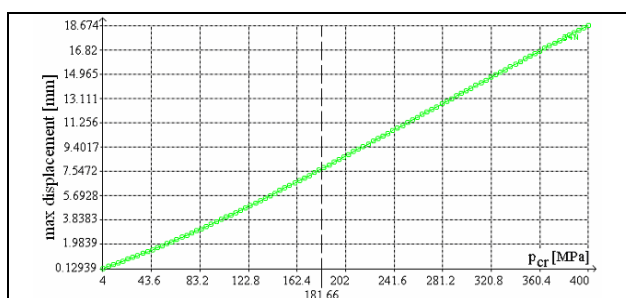


Fig. 7. Case 3: Displacement controlled nonlinear buckling analysis

7. ábra 3. eset: Elmozdulás vezérelt nem lineáris kihajlási analízis

Studies made for the nonlinear buckling analysis show that the collapse does not occurs at buckling load value, and are in accordance with the experiments.

The displacement controlled nonlinear buckling analysis shows that, at the same post-buckling load, the maximum displacement are decreasing with the increasing of the initial maximum displacement.

The FEM models can deliver the whole range of the eigen modal buckling for the panel structure.

Acknowledgements

The work has been performed in the scope of the project MARSTRUCT, Network of Excellence on Marine Structures, which has been financed by the EU through the GROWTH Programme under contract TNE3 – CT – 2003 - 506141 (Task 4.3), (www.mar.ist.utl.pt/marstruct/).

References

- [1] VandenBrink, D. J. and Kamat, M. P.: Post-Buckling Response of Isotropic and Laminated Composite Square Plates with Circular Holes, *Finite Elem. Anal.&Design*, 3:165–174, 1987.
- [2] Engelstad, S. P. and Reddy, J. N.: Post-buckling Response and Failure Prediction of Graphite-Epoxy Plates Loaded in Compression, *AIAA J.*, 30:2106–2113, 1992
- [3] Chirica, I., Beznea, E.F., Chirica, R.: *Orthotropic Plates*, The University Dunarea de Jos Publishing House, Galati, 2006

Examination of Delamination in Carbon-Epoxy Laminate by the Method of Resistance Change Measurement*

Karbon-epoxi kompozitok nyúlásainak vizsgálata ellenállás változás mérésével

Paweł Pyrzanowski¹, Agnieszka Jarzębińska-Dziegciar²

Kulcsszavak: karbon-epoxi kompozitok, ellenállás változás mérése, húzófeszültség mérése

Keywords: carbon-epoxy composite, resistance change measurement, determination of tensile stress

Összefoglalás

Karbon erősítésű epoxi bázisú kompozitok jelentősége a szerkezetépítésben egyre nagyobb, napjainkban már teherviselő elemekként is egyre nagyobb a jelentőségük, elsősorban az autóipar, de egyéb más, pl. repülés, hajózás területein is. A teherviselő elemek többségében a jellemző igénybevétel a húzás, valamint a nyírás (megfelelő szálelrendezés megléte esetén). A dolgozat egy új eljárás, az ellenállás változás mérésének lehetőségét mutatja be, különböző rétegrendű kompozitok esetén, azok húzó igénybevételeikor keletkező feszültségek meghatározására.

1. INTRODUCTION

Carbon-epoxy laminates have still-growing application in various branches of industry, especially in aviation and shipbuilding. They are applied not only in elements subjected to moderate load, but – to a growing extent – in the crucial elements of high-strength structures. One of the most frequent defects in the composites is delamination occurring between individual layers of multi-layer structures made of fabrics. For this reason, it is purposeful to develop a quick and effective method that would allow for detecting delamination, and for evaluating its size and location.

In this paper, the authors describe the research on forced delamination of six-layer synthetic fabric of various kinds of fiber lay. The present research are preliminary studies aimed at confirming usefulness of resistance change measurement method for examining the delamination process, and finding the best placement of electric contacts.

* A 24. Duna-Adria Szimpóziumon elhangzott előadás szerkesztett változata

¹ Warsaw University of Technology, Institute of Aeronautics and Applied Mechanics, Ph.D., D.Sc.

² Warsaw University of Technology, Institute of Aeronautics and Applied Mechanics, Ph.D.

2. METHOD OF RESISTANCE CHANGE MEASUREMENT

For measuring properties of composite materials, as well as for examining defects of their internal structure – such as delamination – one can use standard experimental methods, similar to those applied for other materials, especially measurements of rigidity changes and ultrasonic detection. One of such methods, applied in the reported research, is the method based on measurement of electrical properties – specifically the changes of electrical resistance. It allows for measuring the quantities we are interested in by using very simple sensors and instrumentation. The measurements can be taken on-line without the need of having a permanent access to the measured object, and this is one of the advantages of this method over the most popular ultrasonic method.

2.1. Method description

Carbon-epoxy composites are made of two materials – carbon fabric and epoxy resin – whose electrical properties significantly differ. Carbon fibers, being the main component responsible for material strength, are a relatively good conductor, while the resin, constituting the matrix that supports the fibers, exhibits the characteristics of a good insulator. In an ideal composite, the carbon fibers should be unbroken, straight and separated one from another by a layer of the matrix. Such a composite would conduct electric current only along the fibers. In reality, arrangement of fibers depends on the method of composite production. Usually, the fibers do not lay along straight lines, and there are contacts between the fibers both within the fabric (in the case of a composite made of a fabric), and between the layers. Consequently, the whole structure has the features of a poor conductor, and the directivity of specific resistance is consistent with that of mechanical properties, although it is closer to an isotropic distribution than the latter one. Because electrical resistance of a composite depends on the existence of contacts between the fibers, one observes an increase of

resistance in the cases when the fiber fractures and delamination or micro-delamination takes place.

Resistance of an arbitrary conductor can be calculated from the following formula

$$R = \int_0^L \frac{\rho}{A} dl$$

where ρ – characteristic resistance, A – section area, and l – length of current flow path.

In the case of large-scale delamination (like that in the reported investigations), there are significant changes first of all in the shape and length of the current flow path L , and in the section area of the specimen' conducting part, A . In the cases of micro-delamination and fractures of fibers, there are also changes in characteristic resistance ρ .

The usefulness of resistance measuring method in examining destruction processes in carbon-epoxy composites has been widely confirmed by many investigations, examples of which are reported in the works [1÷7].

3. EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS

The experimental investigations were carried out on simple specimens, for which one could easily determine the influence of defects on the change of resistance. After constructing adequate mathematical models, one will also be able to perform such tests on elements of actual structures. At this stage of investigations, however, only simple, quasi-static tests were performed.

3.1. Specimen characteristics

Investigations on composite delamination were carried out on two sets of specimens, consisting of 5 or 6 specimens each, so that it was possible to perform simple statistical analyses. The specimens of each set were cut out of one, bigger piece of the laminate. This gave us a guarantee that the technological process was identical for all specimens. The possible differences of test results could only be caused by parameter variability – normal for the composites. All the specimens were six-layer ones, made of synthetic carbon fabric 452T of basic weight 200 g/m², with matrix of epoxy resin EP6011. The volumetric reinforcement factor was approx. 60%. The dimensions of specimen surface were 160 x 10 mm, and the thickness was 1.25 mm. In the first set, one assumed the lay of layers 45°/0°/45°//45°/0°/45°, and that in the second set it was 0°/45°/0°//0°/45°/0° (the symbol // between the layers denotes the section of delamination under test). The angle of 0° was the direction consistent with the longer side of the specimen. An initial delamination of 35 mm length

was introduced at the stage of making the specimens. The general view of the specimen after completion of delamination is shown in Fig. 1.

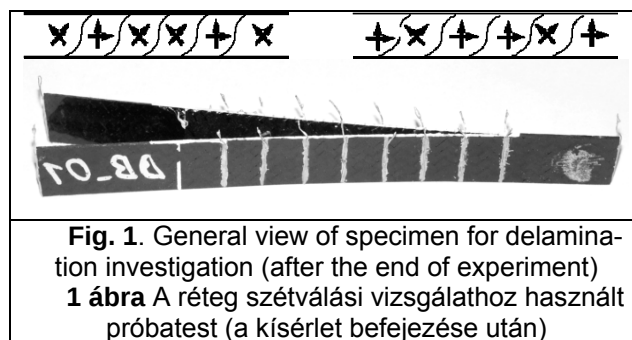


Fig. 1. General view of specimen for delamination investigation (after the end of experiment)
1 ábra A réteg szétválási vizsgálathoz használt próbatest (a kísérlet befejezése után)

3.2. Making contacts and resistance measurements

The key issue when applying the resistance measurement method is ensuring that there are adequate electrical contacts between the investigated specimen made of composite, and the measuring system. The important problem is to properly allocate the measuring points and make the contacts in the way that ensures low, stable in time, and insensible to external influences electrical resistances between the leads and the fibers. Different methods can be used for this purpose. In the reported tests, we made the contacts with the use of conducting glue. This method was chosen taking into account the possibility of making the contacts in specimens prepared in advance. However, it required that a direct access to the carbon fibers would be available.

Short, thin conductors were glued to mechanically-cleaned contact surface by using a conducting glue on silver base. Then, measuring leads were soldered to these wires using low-melting Wood's alloy. In this way, we managed to obtain resistance between the measuring points not greater than 100 Ω (including the composite resistance) for any possible combination of the leads. For resistance measurement, we used a precise 6½-digit multimeter type Agilent 34401A. In the measuring range of 1.2 k Ω , with measurement current of 1 mA, the instrument ensured measurement uncertainty lower than $\pm 0.03 \Omega$.

Nineteen measurement points were made on each specimen, three of them on external borders (denoted as 0÷2), and eight on each side of the specimen in delamination zone (denoted as 3÷18). Due to such a placement of contacts, the connection between the composite and the ohmmeter extended over the whole width of specimen, which ensured greater sensitivity of measurement. The dimensions of contacts (approx. 0.5÷0.8 x 10 mm), used in these experiments, did not influence the

accuracy of measurement, because the longer side of contact was parallel to the front of the developing delamination (perpendicular to the longer side of specimen). Allocation of measuring points and the applied denotations are shown in Fig. 2. The contacts 1 and 2 were placed on each of the borders separated by the initial delamination. These contacts provided electrical connection to three layers of the fabric, while contact 0 extended the whole thickness of specimen, i.e. over six layers of the fabric. The contacts 3÷18 were located on the surface of specimen.

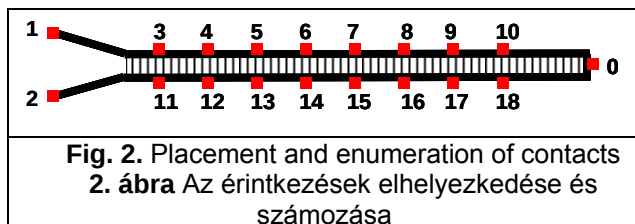


Fig. 2. Placement and enumeration of contacts
2. ábra Az érintkezések elhelyezkedése és számozása

The delamination test was performed on a specially designed experimental stand (Fig. 3) by means of a movable wedge made of non-conducting material. During the tests, one registered the length of delamination and the changes of electrical resistance, according to the test protocol shown in Table 1. In order to increase measurement accuracy, one measured actual delamination length in the specimen instead of displacement of the wedge. Due to the fact that delamination was a stepwise process (each 0.5÷1.5 mm, depending on the step), these two values were not identical. The resistance was measured each time the delamination length increased by approx. 2 mm.

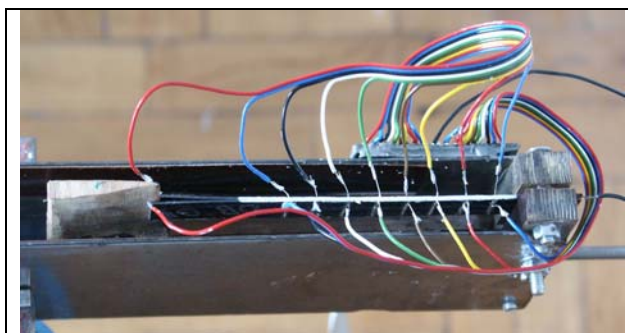


Fig. 3. Test stand for delamination examination
3. ábra A szétválási vizsgálat elrendezése

3.3. Test results

The results are shown below in Fig. 5 as graphs of changes of resistance between measurement points 0 and 1 (measurement A), and between points 0 and 2 (measurement B) for the first and second set of samples (in Figs. 5a and 5b, respectively). In each configuration of contacts, the current flowed along the length of specimen. There-

fore, one could primarily detect the defects that produce discontinuities in the perpendicular plane, i.e. across the specimen. In order to facilitate comparison of results, identical scales were applied in both graphs. The results of the two measurements, A and B, can be treated jointly, because of full symmetry of the system.

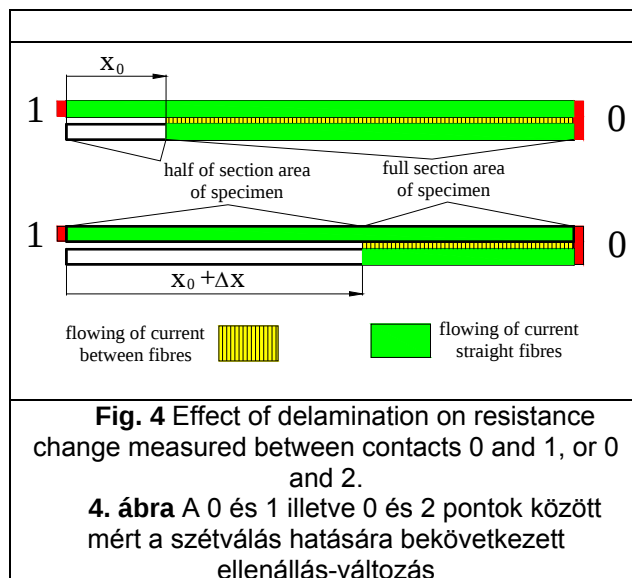


Fig. 4 Effect of delamination on resistance change measured between contacts 0 and 1, or 0 and 2.

4. ábra A 0 és 1 illetve 0 és 2 pontok között mért a szétválás hatására bekövetkezett ellenállás-változás

Table 1 Protocol of resistance change measurement

Measurement denotation	Measurement of resistance between contacts No.	
	First	Second
A	0	1
B	0	2
C	1	2
D	3	11
E	4	12
F	5	13
G	6	14
H	7	15
I	8	16
J	9	17
K	10	18
L	3	10
M	4	9
N	5	8
O	6	7
P	11	12
Q	13	14
R	15	16
S	17	18

The results showed that the changes of resistance between points 0 and 1, and between 0 and 2, were small in all examined specimens, and remained approximately proportional to the increase of delamination length. The reason, as it seems,

was that the defects caused by micro-delamination and fiber fractures did not appear in the composite. Small changes of resistance could be the result of reduction (due to large-scale delamination) of specimen's section area through which flows the current, as it is explained in Fig. 4.

The graphs in Fig. 6 show the changes of resistances between measurement points 1 and 2 (measurement C) in the first and the second set of specimens (Figs. 6a and 6b, respectively). Also in these graphs, the scales are identical for both sets of specimens.

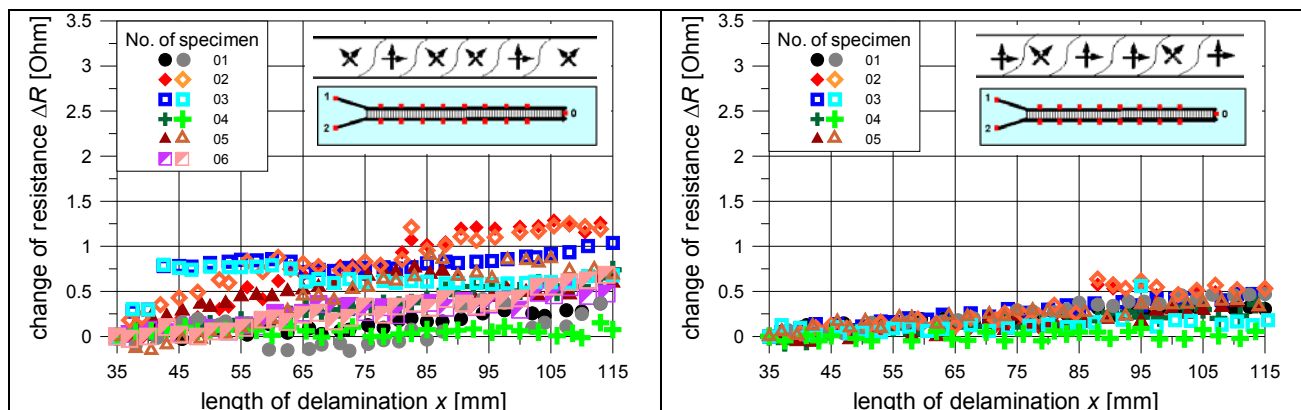


Fig. 5. Change of resistance measured in delamination tests between points 0 - 1, and 0 - 2
5. ábra A 0 és 1 valamint a 0 és 2 pontok között mért a szétválás hatására bekövetkező ellenállás-változás

a) in the first set of specimens
a) a próbatetek első sorozata esetében

b) in the second set of specimens
a) a próbatetek második sorozata esetében

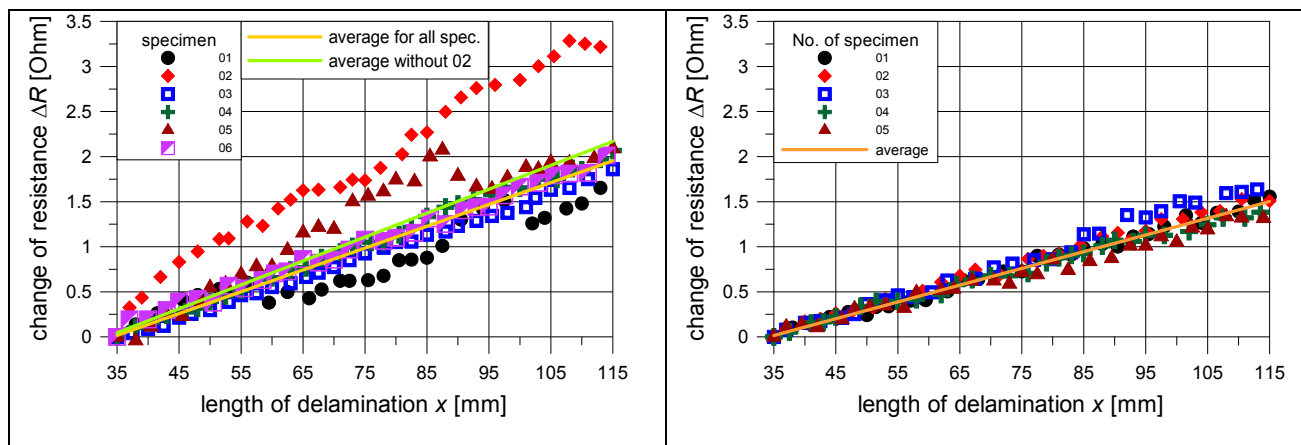


Fig. 6. Change of resistance between measurement points 1 and 2 in delamination test
6. ábra Ellenállás változás az 1 és 2 pontok között a réteg szétválási vizsgálat során

a) for the first set of specimens,
a) a próbatetek első sorozata esetében

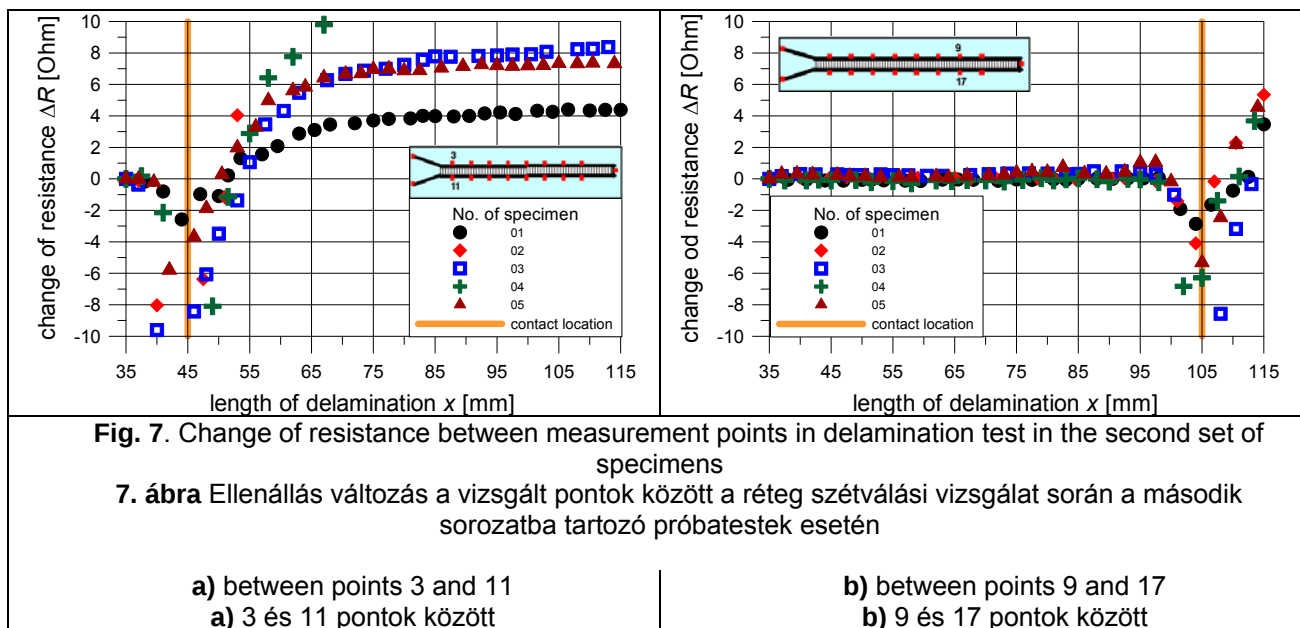
b) for the second set of specimens
a) a próbatetek második sorozata esetében

The changes of resistances between points 1 and 2 (on both sides of the developing delamination) were significant in all specimens. In the part of specimen where delamination already took place the current flowed only along the specimen, i.e. between contacts 0 and 1 or 0 and 2, similarly as in the previous case. In the remaining part of the specimen, not yet delaminated, the necessary flow of current between the layers was possible only through the contacts between the fibers (let

alone the short-circuit between layers caused by contact 0). This flow can be disturbed in the result of micro-delamination between the fibers in a single layer of the fabric, or by a large-scale delamination between the layers. Because the measurements in configurations A and B showed that the influence of delamination was insignificant, the observed changes could only result from the controlled delamination between the layers 5 and 6 of the composite. The course of resistance change is a linear function in both examined sets of speci-

mens, because the area of the current-carrying section changes linearly. In the first set of specimens, Fig. 5a, one observed a greater dispersion of results, and the inclination coefficient of the line $\Delta R(\Delta x)$ was equal to approx. $a = \Delta R / \Delta x = 26.5 \Omega/\text{m}$, if one took into account all the specimens. If one neglected specimen No. 02, the results for which were apparently outlying – which could result from a deviation of technological parameters – this coefficient dropped to the value of $a = \Delta R / \Delta x = 24.2 \Omega/\text{m}$. On average, this coefficient

was assumed as $a = \Delta R / \Delta x = 25 \pm 2 \Omega/\text{m}$. In the second set of specimens, variability of results was much lower, and the analogous coefficient was $a = \Delta R / \Delta x = 18.5 \pm 1 \Omega/\text{m}$. The difference might result from a lower resistance of delaminated part of specimens in the second set ($1/3$ of directly-conducting fibers in the first set, versus $2/3$ of the fibers in the second set), or a slightly different course of delamination process. A definite answer to this question could be found in further investigations.



Besides of resistance measurements taken along the specimen, we also performed a series of such measurements across the specimen, perpendicularly to the developing delamination (measurements D÷K), and for the contacts glued to the surface of specimen (measurements L÷S). In both sets of specimens, in which similar configurations of contacts were assumed, these measurements gave similar dependencies. For this reason, only a couple of example results pertaining to the second set are presented below.

Fig. 7 shows the graphs illustrating changes of resistance in transverse measurements between contact points 3 and 11 (measurement D in Fig. 7a), and between contacts 9 and 17 (measurement J, in Fig. 7b). Fig 8 depicts similar results of resistance measurements between surface contacts – measurement points 5 and 8 (Fig. 8a), and points 7 and 8 (Fig. 8b). Here again we assumed identical scales in the graphs to facilitate comparison of results.

Both kinds of measurements, across the specimen and between surface contacts, gave

very interesting results. The drop of resistance, reaching the value of approx. 10Ω , begins when delamination front is about 5 millimeters before the contact. The drop continues until the front occurs right under the contact, and then the resistance starts increasing, exceeding its initial value by several ohms. The drop of resistance is probably caused by the decrease of section area of the conducting part of the sample, similarly as it was in measurements of resistance between contacts 1 and 2 (Fig. 6). The tests on an analogous composite specimen, where the applied load was similar to that acting in this specimen, but no delamination was evoked, gave very similar result of resistance decrease at the place where specimen's curvature increases in the result of bending. Therefore, this effect is most probably the result of permanent changes in composite structure. The drop of resistance could be caused by a reversible effect of contact improvement between fibers inside the composite, or the effect of change in interaction between the contact itself and the specimen. A more precise explanation of this effect would need further investigations.

4. SUMMARY

The results presented in this paper confirm the usefulness of the resistance change measurement method in investigations on delamination of carbon-epoxy composites. The measurement of resistance between contacts placed in unloaded part of the specimen indicated an evident growth of this resistance with the increase of delamination magnitude. The function of resistance growth versus delamination magnitude is linear, and its departure from linearity is very small. The measurement of resistance between contacts placed within the loaded zone did not allow, at that time, for delamination measurement, because of sensitivity of the resistance to the specimen's curvature.

Further investigation should make it possible to define the placement of contacts on the basis of knowledge of the element's shape, the load and the expected situation of delamination. It is also necessary to create a mathematical model allowing for calculation of the influence of delamination on the change of the measured resistances, and, what is even more important from practical point of view, for calculating the magnitude and determining situation of delamination on the basis of the measured changes of resistances between contacts.

The ultimate goal of the research should be prognostication of safe exploitation period for elements and structures made of the composites.

References

- [1] Angelidis N., Khemiri N., Irving P.E.: Experimental and finite element study of the electrical potential technique for damage detection in CFRP laminates. *Smart Mater. Struct.*, **14**, 147–154, 2005.
- [2] Hou L., Hayes S.A.: A resistance-based damage location sensor for carbon-fibre composites, *Smart Mater. Struct.*, **11**, 966–969, 2002.
- [3] Irving P.E., Thiagarajan C.: Fatigue damage characterization in carbon fibre composite materials using an electrical potential technique. *Smart Mater. Struct.*, **7**, 456–466, 1997.
- [4] Pyrzanowski P., Jarzębińska-Dziegciar A. – Investigation of delamination of carbon composites by usage the electrical resistance-based method, – *Proc. of 24th Danubia-Adria Symposium on Experimental Methods in Solid Mechanics, Sibiu Romania, September 2007*, 71–72, 2007.
- [5] Todoroki A., Tanaka M., Shimamura Y.: Measurement of orthotropic electric conductance of CFRP laminates and analysis of the effect on delamination monitoring with an electric resistance change method. *Compos. Sci. Technol.*, **62**, 619–628, 2002.
- [6] Todoroki A., Tanaka Y.: Delamination identification of cross-ply graphite/epoxy composite beams using electric resistance change method. *Compos. Sci. Technol.*, **62**, 629–639, 2002.
- [7] Wang S., Shui X., Fu X., Chung D.L.: Fatigue damage in carbon-fibre composites observed by electrical resistance measurement. *J. Mater. Sci.*, **33**, 3875–3884, 1998.

Some Comparisons of Residual Stress Measurements on Pressurized Pipes by the Hole Drilling and Magnetoelastic Methods*

Vláclav Linhart¹, Jana Sigmundová¹⁾, Vladislav Ochodek²

Kulcsszavak: csövek nyomás alá helyezése, maradó feszültség mérése, lyukfúrás, magneto-elasztikus módszer
Keywords: pipe pressurizing, residual stress measurements, hole drilling, magnetoelastic methods

Összefoglalás

Magas folyáshatárú hegesztett gázcsövezetékek acélcsöveinek megmunkálásakor jelentős maradó feszültségek kialakulásával kell számolni. A feszültségek csökkentésének lehetősége a csövek előzetes nyomás alá helyezése (akár egészen a folyáshatárig). A folyamat paramétereinek optimalizálása érdekében végrehajtott maradó feszültség vizsgálatok eredményeit mutatják be a szerzők cikkükben.

Summary

Residual stress measurements on pressurized pipe-bodies made of X70 steel have been realized. Measurements after pressurizing by the hole drilling and magnetoelastic methods gave in most part of cases comparable values of stresses and they were similar their courses.

Pressurizing close above the yield point gave relevant decrease of stress level, pressurizing close under this point gave less favourable results.

Introduction

During manufacturing of welded pipes for gas pipelines made of steels with high yield point, the formation of high residual stresses comes about. They can often reach up to the yield point value. Since the thermal stress relieving would contribute to degradation of strength properties, an important approach to their decreasing is pressurizing of pipes up to yield point. Plastic deformation, which occur during this operation lead to the decreasing and redistribution of stresses. To optimize this pressurizing process, which is often called "stress test", some data from measurements of residual stress are needed to be obtained, to optimize conditions for this operation.

Material of the pipes

Measurements were carried out on pressurized bodies (length app. 4m), prepared of spiral welded pipes DN 500, made of thermo-mechanically treated steel L485MB (X70) – $R_{t0.5} = 493$ MPa, $R_m = 605$ MPa.

Methods for residual stress measurements

Hole drilling strain gage method is described in ASTM Standard [1] and in other documents, e.g. [2]. On drilling a small ($\varnothing 1,5$ mm) and shallow (2 mm) hole a stress balance on the pipe surface will be changed. Deformations being formed are measured using special strain gage rosettes. Of the three strain measured components, the main stress σ_{max} and σ_{min} are then evaluated according to [2]. From measured strains, orientation of the planes σ_{max} and σ_{min} can be also evaluated.

Magnetoelastic method

Method utilized changes the Barkhausen magnetic noise in stress field. On acting magnetic field on material an orientation change of Weiss domains comes about. In a coil surrounding magnetized metal these changes manifest themselves like current impact. These current impacts can be observed acoustically like so called Barkhausen noise. Basic principle of the method is known for a long time, but only in the last years, proper sophisticated instrumentation was successfully developed, e.g. [3].

The method was successfully used for measuring of residual stresses in research works of VŠB - Technical University Ostrava [5].

*A 24. Duna-Adria Szimpóziumon elhangzott előadás szerkesztett változata

1)SVÚM a.s., Praha, e-mail: linhart@svum.cz

2)VŠB - Technical University Ostrava, e-mail: vladislav.ochodek@vsb.cz

Results of stress measurements on pressurized pipe-bodies after stress tests [4,7]

Pressurizing up to value $\sigma_v^1) = 0,96 R_{t0,5}$, dwell time 5 minutes

This level of pressurizing is usually used by producer of pipes, with dwell time 45 s. Results of residual stress measurements by hole drilling method are on Fig.1, by the magnetoelastic method on Fig.2.

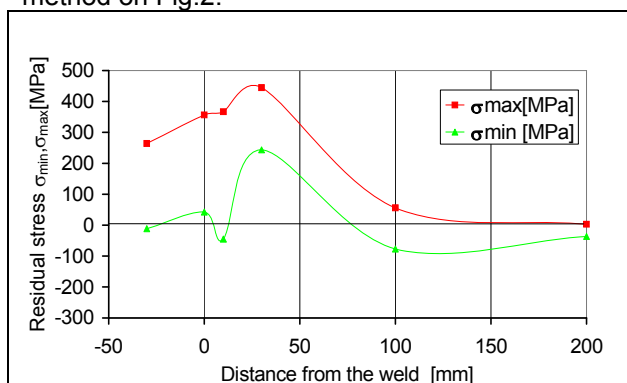


Fig.1 Hole drilling method, results of residual stress measurements (pressurizing up to $\sigma_v = 0,96 R_{t0,5}$ ($p = 21,7$ MPa) 5 minutes)

1. ábra Lyukfúrásos módszer, visszamaradó feszültségek mérése (nyomás alá helyezés $\sigma_v = 0,96 R_{t0,5}$ ($p = 21,7$ MPa) 5 percig)

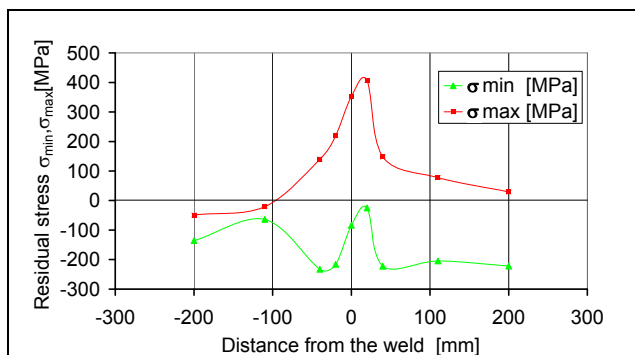


Fig.2 Magnetoelastic method, results of residual stress measurements (pressurizing up to $\sigma_v = 0,96 R_{t0,5}$ ($p = 21,7$ MPa) 5 minutes)

2. ábra Magnetoelasztikus módszer, visszamaradó feszültségek mérése (nyomás alá helyezés $\sigma_v = 0,96 R_{t0,5}$ ($p = 21,7$ MPa) 5 percig)

The course of stress components by both methods is similar not only in the course, but also in max. stress values in the weld vicinity -

$\sigma^1) = \sqrt{\sigma_\phi^2 + \sigma_L^2 + \sigma_\phi \cdot \sigma_L}$ = stress intensity
HMH

σ_ϕ = circumferential stress σ_L = longitudinal stress

$\sigma_{max} = +400$ to $+450$ MPa. Level σ_{max} in places far from the weld tends to zero value. Stress component σ_{max} acts in plane approximately parallel to the spiral weld.

The second stress component σ_{min} which acts approximately in the plane perpendicular to the weld is low : $+200$ MPa or -30 MPa, alternatively.

It was showed that even after this pressurizing stress level σ_{max} in weld area is still unfavourably high.

Pressurizing firstly up to $\sigma_v = 1,01 R_{t0,5}$, 1 hour, and secondly subsequently up to $\sigma_v = 0,92 R_{t0,5}$ 30 minutes.

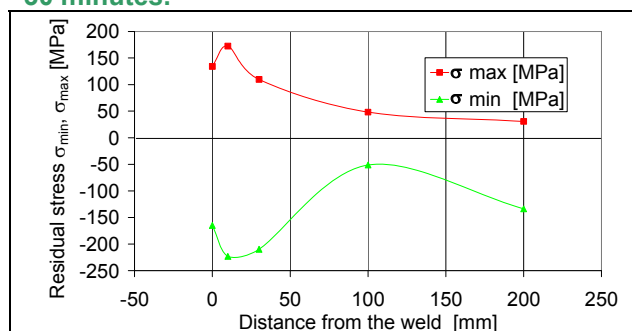


Fig.3 Hole drilling method, results of residual stress measurements (pressurizing up to $\sigma_v = 1,01 R_{t0,5}$ 1 hour and $\sigma_v = 0,92 R_{t0,5}$ 30 minutes)

3. ábra Lyukfúrásos módszer, visszamaradó feszültségek mérése (nyomás alá helyezés $\sigma_v = 1,01 R_{t0,5}$ 1 óra és $\sigma_v = 0,92 R_{t0,5}$ 30 percig)

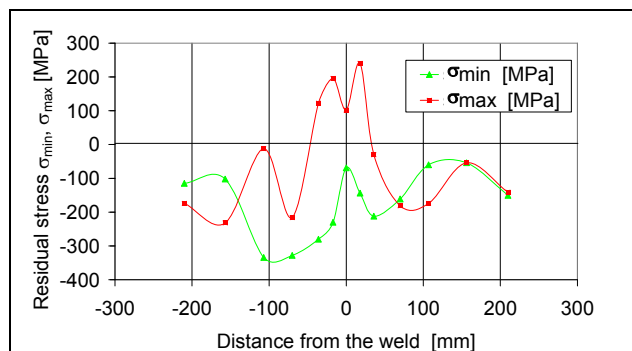


Fig.4 Magnetoelastic method, results of residual stress measurements (pressurizing up to $\sigma_v = 1,01 R_{t0,5}$ 1 hour and $\sigma_v = 0,92 R_{t0,5}$ 30 minutes)

4. ábra Magnetoelasztikus módszer, visszamaradó feszültségek mérése (nyomás alá helyezés $\sigma_v = 1,01 R_{t0,5}$ 1 óra és $\sigma_v = 0,92 R_{t0,5}$ 30 percig)

Such type of pressurizing is used at stress tests of pipelines. Results of measurements with both methods are on Fig.3 and Fig.4. The courses of stress components σ_{max} in shape are similar in both cases. The highest values reached according

to first method are $\sigma_{\max} = +180$ MPa, according to the second method approximately +230 MPa. At the distance of 200 mm from weld, appropriate levels are low : +30, and -130 MPa respectively.

The courses of components $\sigma_{\min}$ are similar in character by both methods. They reach values from -170 to -250 MPa in the weld by hole drilling method, and from -80 to -220 MPa by magnetoelastic method. At the distance of 200 mm from the weld they reach values

$\sigma_{\min} = -180$ and /or -140 MPa using the second method.

Pressurizing up to $\sigma_v = 1,05 R_{t0,5}$, 1 hour

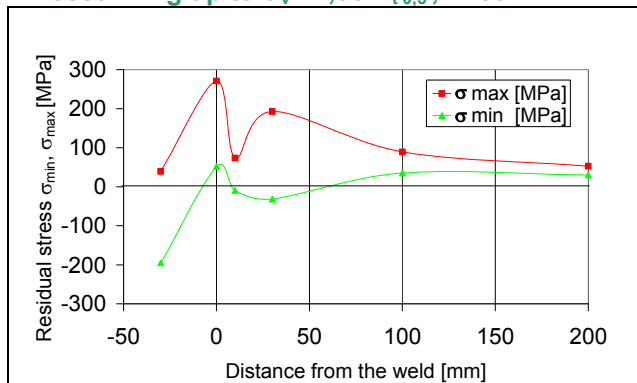


Fig.5 Hole drilling method, results of residual stress measurements (pressurizing up to $\sigma_v = 1,05 R_{t0,5}$ 1 hour)

5. ábra Lyukfúrásos módszer, visszamaradó feszültségek mérése (nyomás alá helyezés $\sigma_v = 1,05 R_{t0,5}$ 1 óra)

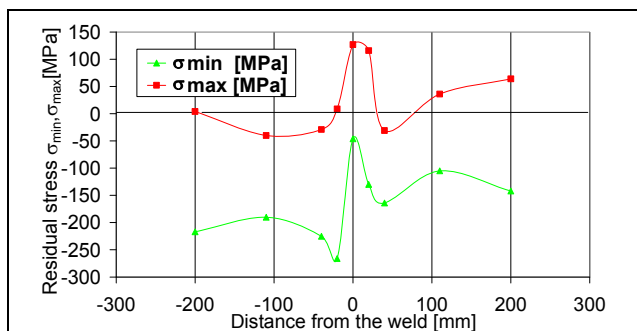


Fig.6 Magnetoelastic method, results of residual stress measurements (pressurizing up to $\sigma_v = 1,05 R_{t0,5}$ 1 hour)

6. ábra Magnetoelasztikus módszer, visszamaradó feszültségek mérése (nyomás alá helyezés $\sigma_v = 1,05 R_{t0,5}$ 1 óra)

Results of residual stress measurement after pressurizing are in Fig.5 and Fig. 6. Stress courses determined by both methods are similar though measured values $\sigma_{\max}$ in the welds show differences. By hole drilling method the highest value of these stresses is +270 MPa, by the magnetoelastic

method only +125 MPa. At the distance 200 mm from the weld they decreased to approx. 50 MPa.

Stress $\sigma_{\min}$ attain at both methods low values, approx. ± 50 MPa in the weld, and -200MPa, respectively -260 MPa out of this region.

Discussion on some deviations in results of both methods

Because two used methods work on quite different principle, an agreement of results cannot be expected to be complete.

At drilling method average stresses in surface layer (to the depth 2mm) assert themselves in the results. For used magnetoelastic method the results are stress characteristics in thinner surface layer (≤ 1 mm). Incidental interference by this thin surface layer condition, e.g. influence of surface treating by grinding, can be expected.

At the magnetoelastic method definite deviations of measured values in material with different structure cannot be eliminated - e.g. welds and their vicinity. Influence of these changes can be described by calibration very hardly, especially in thin transient areas.

At hole drilling method are needed to be expected higher deviations in stress values from real ones have to be expected, on the other hand, if residual stress components exceed $65\% R_e$ [6].

Hole drilling method results from simple and evidential measuring of strains. Measuring results obtained at individual drilling depth are control indicators of correctness of measuring.

Conclusion

1. Both methods gave comparable values of stress level in the weld and in adjacent places for most part of our measurements on spiral welded pipes pressurized up to yield point.
2. Also stress courses have similar character in dependence on location from weld.
3. Some deviations in measurement results of both methods are discussed.
4. Residual stress measurements showed favourable influence of pressurizing close above $R_{t0,5}$ level on the overall decrease of stress level in pipes.
5. Pressurizing close under $R_{t0,5}$ gave less favourable results.

References

- [1] "Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole Drilling Strain Gage Method ". Standard ASTM E 837-01, 2002

- [2] „Measurement of Residual Stress by Hole Drilling Method“ Vishayś Techn. Note Nr. TN- 503-5, 1985
- [3] Devices for magnetoelastic measurement : Rollscan 200 (producer Strestech Oy, Finland) and Meb-2c (producer Mag-Lab Sc. Poland)
- [4] V. Linhart, I.Černý, J. Sigmundová : „Evaluation of sensibility to SCC and residual stress determination on X70 gas pipes“. Technical report No.530 0278 /1, SVÚM a.s. Prague, 2006
- [5] V. Ochodek: „Measurement of residual stress by magnetoelastic method on X70 gas pipes“. Research report of VŠB-Technical University Ostrava , Ostrava , 2006
- [6] Y.C. Lin, C.P. Chon :“Error induced by local yielding around hole in hole drilling method for measuring res. stress of material“. Material Science and Technology, 6, V.11, 1995
- [7] V. Linhart, J. Sigmundová, V.Ochodek :“Some comparisons of residual stress measurements..a.c.“24th Danubia-Adria.Symposium on Developments in Exp.Mechanics.2007 p.79,80

Acknowledgement

This research was carried out within the project MPO FT-TA/091

Félévszázad az anyagvizsgálatban Visszaemlékezések

Becker István

Az első emlékek

Gyerekkorom emléke az, hogy a vonat indulása előtt egy ember, hosszúnyelű kalapáccsal, minden egyes kerékre ráütött. A kalapácsütés hangjából megállapíthatta, hogy a kerékabroncs repedt-e?

A háziasszonyok a pohár csengéséből megállapíthatják a pohár repedtségét. A „repedt fazék” hang is azt mutatja, hogy a **füllel hallható hang** is lehetőséget nyújt a hibák, főleg repedések jelenlétének kimutatására.

Ezek voltak az én első roncsolásmentes anyagvizsgálati élményeim.

Radiográfia

A **műszaki röntgenvizsgálatokat Gillemot László** kezdte el Magyarországon, amikor disszertációját készítette a hegesztések röntgenvizsgálatáról, még a II. Világháború előtt. Szerencsére a háború után megmaradt az a Seifert gyártmányú készülék, amely segítségével a disszertáció röntgenfelvételei készültek. Ez akkor egyben az egyetlen készülék volt az országban.

1948-ban, amikor gyakornok, majd demonstrátor lettem a Budapesti Műszaki Egyetem Mechanikai Technológia Tanszékén, **Konkoly Tibor** tanársegéd rögtön a műszaki röntgenvizsgálatokba vezetett be. Már az első héten egy teherautón kiszállítottuk a készüléket a Georgiu Dej Hajógyárba (Ganz Hajó).

A Seifert Isovolt készülék 2 db kg. 50-50 kg tömegű transzformátorból, 2 db nagyfeszültségű kábelből, olajszivattyúból és a röntgensővet magába foglaló burkolatból állt. Ehhez jött még kb. 3 mm vastag, 1 x 2 m-es méretű, a sugárvédelmet szolgáló ólom-paraván. Összsúly: kb. 2 q!!! A röntgenvizsgálat akkor nemcsak szellemi, hanem fizikai munka is volt. A hajógyárban a szovjet jóvátételre gyártott több száz tartálykocsi hegesztési varratait röntgeneztük hónapokon keresztül.

A MAROVISZ 10 éves jubileumi ülésén (2007.11.20, Monor) elhangzott előadás szerkesztett változata

A háború következményeként energiahány keletkezett az országban, mert az erőművek „tönkrementek”. Elkezdődött ezek javítása, illetve Hatvan város mellett Lőrinciben egy új, a „Mátravidéki Erőmű” építése. a kazánok, főgőzvezetékek, kamrák, tartályok, stb. hegesztési varratait röntgenvizsgálattal kellett ellenőrizni. Mivel a tanszék röntgenkészüléke volt az egyetlen üzemképes az országban, ez az oktatáson kívüli munka szinte egész évben folyt. A röntgenvizsgálatok a „KK” (költségvetésen kívüli) elszámolás révén jövedelmet hoztak a tanszék dolgozóinak (nemcsak azoknak, akik a röntgenezést végezték!).

Emlékezetes „bakim” volt a győri Wilhelm Pieck gyárban (Vagon és Gépgyár), ahol a Sztálin (a mai Árpád híd) alsó övlemezeinek varratait kellett röntgenezni. A próbafelvétel „lelövése” után a filmet bevittem a 3 – 400 m távolságban lévő sötétkamrában előhívni. A film lemosása után megdöbbsentem, mert a felvételen nem látszott a hegesztési varrat. Bosszúsan visszamentem a hídműhelybe és különös gonddal helyeztem fel a filmet a varratra. Az előhívás után ismét nem látszott a varrat! Mint kevés tapasztalattal rendelkező, akkor jöttem rá, hogy az alsó öv varratdudorai le lettek köszörülve és a varratban sem volt hiba, így az nem is kellett volna látnom a felvételen.

Győrben volt még egy emlékezetes esetem. Elveszett a képélességet jelző tűsor, amelyet annak idején magunk készítettünk úgy, hogy sebtapaszba ragasztottuk a különböző átmérőjű acélhuzalokat (0,1 – 0,7 mm). 0,1 mm-es huzalt sehol sem tudtunk beszerezni. Végül Szabó Ödön laboratóriumában találtunk fényesen csillogó 0,1 mm átmérőjű huzalt. Az első felvétel után elképedtem, mert az első (0,1 mm) huzal világosan (szinte fehéren) látszott, a második és harmadik nem, csak a negyedik (0,4 mm) huzal volt felismerhető. Utóbb kiderült, hogy felvételen fényesen „világító” vonal platina dróttól származik.

A berentei erőműben (később Borsodi Hőerőmű) épültek az első nagy kazánok (100 t/ó gőz), amelyeket a keletnémetek szállítottak és az ő vezetésük mellett magyar „nemzeti vállalatok” (NV) szerelték. (Akkoriban az államosított vállalatokat

nevezték „nemzeti vállalatnak”). A szerelési munkákat a „TÜ der DDR” (Technische Überwachung = az NDK Műszaki Felügyelete) szakembere Erich SEIFERT ellenőrizte. A hegesztési varratok röntgenvizsgálatát a BME Mechanikai Technológia Tanszéke végezte. A felvételek kiértékelését a németek is ellenőrizték. A mi Seifert gyártmányú röntgenkészülékünk nem volt alkalmas a főgőzvezetékek varratainak vizsgálatára (két falon át kb. 40 mm acélvastagság). Az Erőmű Beruházási Vállalat (ERBE) a csehektől rendelte meg a varratok izotópos vizsgálatát. Akkor még csak természetes izotóppal rendelkeztek (mezothorium). A vizsgálatokat Soucek Zbinyek radiográfus végezte. A „kemény” sugárzóval készített felvételeket mi alig tudtuk kiértékelni a kontraszt szegénysége miatt. A preparátum veszélyessége miatt puskás őr vigyázott a „prepíre” a hosszú expozíciós idők (órás nagyságrend!) alatt. Egyszer a preparátum mégis eltűnt. Egyszer a preparátum mégis eltűnt. Nagy riadalom támadt. A Rendőrség, az Államvédelmi Osztag (ÁVO), Izotópindezet (Bozókai László) sugázmérőkkel keresték az erőmű területén. Végül az egyik dolgozó ágyában találták meg. „Biztos nagyon értékes dolog lehet, amire puskás őr vigyáz!”

1954-ben a TRAKISZ-ban (Transzformátor Kisszövetkezet) **Varga Géza** mérnök készített az első magyar, hordozható, egytankos röntgenkészüléket. A készülék egyenrangú volt az akkori nyugati készülékekkel (Seifert, Müller, Balteaux, Andrex, stb.). Saját tapasztalatom is megerősíti, hogy az Egyiptomban épült El Tabbini Erőmű (4 db kazán) röntgenvizsgálatát, extrém körülmények ellenére is, el lehetett végezni 3 db készülékkel.

Mesterséges radioaktív izotóppal (Co60, felezési idő 5,6 év) már 1955-ben, a rákos Mátyás Művekben (a volt Weisz Manfréd Gépgyár, később Csepel Művek) Varga Károly kezdett radiográfiai vizsgálatokat végezni, első sorban öntvényeken és kovácsdarabokon. Az Ő munkáját Fenyvesi Ede folytatta.

A hegesztési varratok vizsgálatához a Co60 izotóp túl „kemény” sugárzó volt, ezért az ERŐKAR (Erőmű Javító és Karbantartó Vállalat) anyagvizsgáló laboratóriuma Cs137 izotópot szerzett be a Szovjet-unióból. A szovjet szállító cég folyadék állapotban, egy kis ampullában szállította le a 150 mCi (millicurie) összaktivitású izotópot. A megrendelés ugyanis nem specifikálta se a halmazállapotot, se a méretet! Sikertelenül a KFKI-ban (Központi Fizikai Kutató Intézet) egy radiokémikust és egy radiofizikust találni, akik hivatalos megbízás alapján vállalták a preparátum bepárlását. A laboratórium saját tervezésű ólomtartójának elkészülte után, egy 126 mCi

összaktivitású 3 x 3 mm méretű, 33 év felezési idejű izotóppal **Semadam Jenő** elkezdhetette a hegesztési varratok radiográfiai vizsgálatát 1956 elején.

1956 tavaszán Konkoly Tibor azzal a kéréssel fordult az ERŐKAR Anyagvizsgáló Laboratóriumához, hogy szeretne Cs137 izotóppal is feketedés görbét felvenni. (Co60 izotóppal már készített Csepelen). Az ERŐKAR akkor még nem rendelkezett izotóp laboratóriummal, így a felvételezést, a sugár veszély miatt, csak a „légó-pincében” lehetett lefolytatni. A „légó-pincét” a háború óta nem használták, nem takarították. Az egyik helyiség kitakarítása után kezdődhetett a felvételezés. Az egyes felvételek több órás expozíciós időt igényeltek. Az utolsó felvétel munkaidő, 17 órakor ért véget. A preparátum ólomtokba helyezése és a filmek eltevése miatt saját magam mentem a légó helyiségbe, melyet nagy megdöbbenésemre nyitva találtam, pedig én magam zártam be azt korábban. Az izotópot és filmet is elmozdították, tehát valaki hozzányúlt! A légó-pince belsejéből emberi hangokat hallottam. Aggódva kérdeztem az ott takarítókat, hogy hogyan kerültek oda? A légóparancsnok elvtárs elrendelte a pince kitakarítását” (10 év óta először, pont azon a napon!?), tőle kapták a kulcsokat is. Megkérdeztem tőlük, hogy mennyi ideig tartózkodtak az izotóp közelében, hol fogták meg, stb.? Fejben gyorsan kiszámítottam, hogy mennyi dózist kaphattak az emberek. Szerencsére maximum annyit, amennyi egy orvosi átvilágítás egyharmada. A dolgozók megkérdezték, hogy mi az oka az én igazgatott kérdéseimnek? Sajnos elmagyaráztam nekik az atom szerkezetét, az izotópok tulajdonságait, stb.

Kb. 1 hét múlva, parancsoló hangon hívatott az ERŐKAR igazgatója, Barta Béla. Felelőségre vont, amiért nem számoltam be a laboratóriumban bekövetkezett „sugár-balesetről”. Telefonon értesült a Szabolcs utcai kórházból, 3 dolgozónak sugárártalom szempontjából végzett vizsgálatáról. Én részletesen beszámoltam az eseményekről és nyugodt lelkiismerettel állítottam, hogy sugárbalet nem történhetett.

Az történt ugyanis, hogy a 3 ember másnap „elhencegte” az én ismertetésem alapján, hogy ők már „látták az atomot”. Pechemre jelen volt egy a vegyvédelmi alakulattól éppen akkor leszerelt katona is, aki hallott a sugárzásnak a nemi potenciára gyakorolt hatására. Az egyik férfiú, aki különösen hiú volt képességeire, egy kevésbé sikeres este után azzal érvelt a feleségének, hogy őt „tönkretették”. Az újabb pechem az volt, hogy a feleség a Belügyminisztériumban dolgozott. Másnap berohant az ERŐKAR-ba és kiabálva közölte, mivel tönkre tették a férjét „Ő majd megmutatja”

A 3 embert az üzemorvos (Rajágh László tüdőgyógyász) a Szabolcs utcai kórházba utalta sugárártalom felülvizsgálatra. A szegycsontból vett minták nem mutattak ki sugárártalmat.

A feljelentés elment. Behívtak a Tolnai Lajos utcai „karitatív” intézménybe (ÁVÓ) kihallgatásra. Az ÁVO sugaras szakértői a legmodernebb sugárártalmérővel kimérték az izotóp aktivitását és a tanúvallomások alapján ők is kiszámították a lehetséges dózist. (Bevallom irigyletem a sugárártalmérő műszereiket). 1 hétre rá a légvédelem szakértői is kiszálltak az ERŐKAR-ba, hasonló célból. A diagnózisuk azonos volt, ami nagy megkönnyebbülést hozott számomra. Ezek után még 2 hónapig kellett izgulnom, amíg megjött a felmentő ítélet azzal a megállapítással, hogy baleset nem történt, de történhetett volna! Ez sajnos igaz!

Van egy említésre méltó IIW emlékem is (IIW = International Institute of Welding = Nemzetközi Hegesztési Intézet). A sugárvédelem megtárgyalása alkalmával szót kértem. Büszkén ismertettem a Magyar Népköztársaság nagyvonalú gondoskodását a radiográfus dolgozóiról: 36 órás heti munkaidő (48 óra/hét helyett), 30 % veszélyesség pótlék, pótszabadság, nyugdíjkorhatár kedvezmény. felszólalásom után a mellettem ülő német delegátus értetlenül megkérdezett: „Mondja Becker Úr! Maguknál nem követnek el mindent, hogy a radiográfusokat ne érje sugárártalom?”

Hazaérkezésem után végig telefonáltam az összes műszaki radiográfiai laboratóriumot, érdeklődve a sugárártalmú megbetegedések előfordulása után. A nemleges válaszokat követően az orvosi laboratóriumoknál is érdeklődtem a sugaras munkák esetleges negatív hatásai iránt. Csak ott merültek fel anomáliák, ahol nem tartották be a sugárvédelmi előírásokat.

Ezek után úgy gondoltam, hogy jobb has csendben maradok, ha nem akarom a radiográfus társadalmat magam ellen fordítani.

Radiográfusok képzése

A Gépipari Tudományos Egyesület (GTE) Anyagvizsgáló Szakosztályának Roncsolásmentes Szakbizottsága kezdte el a „röntgenesek” képzését. + kiváló szakembernek köszönhető, hogy az elméleti és a gyakorlati oktatás európai színvonalú volt. megérdemlik, hogy hálás szívvel emlékezzünk rájuk:

Dobrova László Ganz Mávag,
Molnár Zoltán Röck István Gépgyár (később Április 4 Gépgyár)
Semadam Jenő ERŐKAR Anyagvizsgáló Laboratórium = EKAVI

Az eddig említett személyeken kívül emlékezzünk meg azokról is (a teljesség igénye nélkül), akik szaktudásukkal, becsületes munkájukkal, emberi magatartásukkal hozzájárultak a radiográfiai munkák sikeréhez, a minőség eredményes ellenőrzéséhez, végső fokon a magyar radiográfus munkák nemzetközi elismeréséhez.

Dénes Miklós Nehézipari Műszaki Egyetem (NME) Mechanikai Technológia Tanszék
Szendi testvérek Ganz Mávag
Méhes Géza Röck István Gépgyár (Április 4 Gépgyár)
Kottra Rezső Wilhelm Pieck Vagon és Gépgyár
Német Emil Lenin Kohászati Művek, Diósgyőr
Szabó Aladár Lenin Kohászati Művek, Diósgyőr
Fülöp Mihály Sztálinváros (Dunai Vasmű)

Folyadékbehatolások repedésvizsgálata

A folyadékbehatolások repedésvizsgálat öse a petróleumpróba. Az öntvényeket, kovácsdarabokat több órán át petróleumba merítették. A felületek letörlése után mésztejjel (vagy krétával) kenték be a vizsgált környezetet. A petróleum lassan kidiffundált a repedésekből, elszínezve a mésztejes fehér felületet.

A II. Világháborúban a német Junkers repülőgépgyárban Klumpf mérnök szabadalmaztatta a ma is alkalmazott „Farbeindring Verfahren” (festék behatoló eljárást). A háború végén az amerikaiak hadizsákmányként, vagy jóvátételként a szabadalmat „magukhoz vették”. Magát a repülőgépgyárat lerombolták. Kb. 10 év múlva az európai piacon is megjelent az amerikaiak által gyártott Met-L-Check vizsgáló folyadék hármassal: tisztító (lemosó) – penetráló – előhívó.

Én 1962-ben, az NDK-ban, a ZIS-Halle/Daale „Központi Hegesztéstechnikai Intézetben” találkoztam először az általuk előállított „ZIS-Prüfrot” elnevezésű penetráló anyaggal és a folyadékbehatolások vizsgálatával. Kértem az Intézetet, engedje meg, hogy 1 üveg ZIS-Prüfrot-ot hazavihessek kipróbálás céljából.

Az üveget gondosan ledugóztam, viasszal körülöntöttem, mert a ZIS-Prüfrot penetránsan bűdös volt. Hazaérkezve, kinyitottam a kofferemet, majd elájultam a bűztől, pedig az üveg is, a dugó teljesen ép volt. Ez egyben bizonyíték volt a ZIS-Prüfrot diffúzióképességéről.

A METRIMPEX külkereskedelmi vállalat a Met-L-Check folyadékokon kívül más, olcsóbb, de hasonlóan jó vizsgáló folyadékokat is importált.

A folyadékbehatolásos repedésvizsgálatok rohamos elterjedését a leninvárosi (ma tiszaujvárosi) olefinmű szerelési munkáinak köszönheti. Az olefinművet szállító nyugatnémet Linde cég a Met_L-Check folyadékot írta elő a repedésvizsgálatokhoz. Az ötvözt, repedésérzékeny acélok hegesztési varratait folyadékbehatolásos vizsgálattal is ellenőrizni kellett.

A MALÉV-nál Somlai István végezte a repülőgépek karbantartását illetve javításánál szükséges repedésvizsgálatokat.

Az ERŐKAR Vállalat javította és karbantartotta a hazai turbinákat. Egyik turbinát azért hozták be az erőműből, mert nagyon „rázott” (rezget). Felmerült a rotor (forgórész) repedésének gyanúja. Folyadékbehatolásos vizsgálattal sikerült megtalálni a repedést. Akkoriban még nem tudtak forgórész-testeket hegesztéssel javítani. A turbina kiesése komoly energiahányt okozott a magyar villamos rendszernek. Értesítettük a turbina osztály vezetőjét, aki csak 1 óra múlva tudott megjelenni. Közben az indikáció elmosódott. A vizsgálatot meg kellett ismételni. A turbina osztály vezetője kétségbeesetten azonnal hívta a Főmérnököt. Mire ő is megjelent, az indikáció megint elmosódott. Ez az ismétlés is sikeres volt. Mire a mai Magyar Villamos Művek (MVM) elődjének műszaki igazgatója is eljött a repedés megtekintésére, az ismétlés nem sikerült. nagyon leégtünk a műszaki igazgató elvtárs előtt! Saját bőrünkön kellett megtapasztalnunk, hogy a folyadékbehatolásos vizsgálat nem ismételhető meg többször. Az előhívó szuszpenzió krétapora a repedésben felgyülemlik és megakadályozza a penetráló folyadék behatolását.

Mágnesporos repedés vizsgálat

A mágnesporos repedésvizsgálat csak ferromágneses anyagok vizsgálatára alkalmas, szemben a folyadékbehatolásos módszerrel, amellyel minden szilárd, nem porózus anyagot (üveget, porcelánt, saválló acélt) is lehet vizsgálni. A Mechanikai Technológia Tanszék röntgenvizsgálatai során (1954) felmerült a mágneses repedésvizsgáló beszerzésének szükségessége, mivel közismert, hogy a radiográfiai munkák „gyenge pontja” a repedés. Gillemot professzor azzal utasította el a javaslatot, hogy „az” nem tudomány.

Egyes üzemek rendelkeztek olyan stabil mágneses repedésvizsgáló „géppel”, amelyekkel egymásra merőleges kétirányú teret lehetett létrehozni (mágnestér illetve több ezer amper áramátfolyás). A vizsgálat sikeres a mágnestértől, a jelzőfolyadéktól és felület tisztaságától függött.

Az ERŐKAR Vállalat a működő erőművek turbinái számára gyártotta a karbantartási munkák turbinalapát szükségletét. A Láng Gépgyár csak a

saját maga által gyártott, új turbinák lapátjait készítette az ERŐKAR-éval azonos alapanyagból. Ennek ellenére az ERŐKAR repedésvizsgálatai 2 – 3 % selejtet mutatott ki, míg a Láng Gépgyárban nem volt selejt. Az ERŐKAR főmérnöke Zólyomi Lajos megkért, hogy tanulmányozzam a másik üzem „sikerét”. Hosszasan figyeltem a stabil repedésvizsgáló működését. feltűnt, hogy az áramátfolyásos vizsgálati fázis után nem szállt fel gőz az érintkezési felületről. A turbinalapátok sem melegedtek fel. Tehát nem ment áram át a lapátokon, így keresztirányú mágnestér sem keletkezhetett. Végül fény derült arra, hogy a készülék mágnestér és áram mutatói órái, ugyan mutattak „valamit”, mágnesteret, áramerősséget nem. Mágnestér nélkül „nincs repedés”, nincs selejt.

Itt sem mulasztom el példaképül állítani **Kajdi Gyula** bácsit, aki szakkönyvek írásával, fiatal vizsgálók oktatásával szerzett elévülhetetlen érdemeket.

Ultrahangos vizsgálatok

1954-ben érkeztek be nyugatról az első ultrahangos készülékek (Kretz, Lehföldt, Krautkrämer). A nyugati deviza hiánya gátolta volt az ultrahangos vizsgálatok gyors elterjedését. (Ez sajnos az egyéb roncsolásmentes vizsgálati műszerek beszerzésére is igaz volt). Az akkori készülékek 15 kg súlyúak voltak, kis képernyővel, csekély szonda készlettel.

A Rákos Mátyás Művekben (Csepel) **Barna Gábor** sok előkísérlet és előtanulmány után, sikeresen vizsgálta az öntvényeket és a nagy kovácsdarabokat.

A hegesztések ultrahangvizsgálatát az ERŐKAR Anyagvizsgáló Laboratóriuma kezdte el 1956-ban. A rutinszerű vizsgálatok bevezetése **Kovács Sándor** érdemes volt.

A MÁV Északi Járműjavító Vállalatban a vasúti tengelyek és sínek vizsgálatát végezték (Végh István, Kecskés Péter). Itt az ultrahang készülékek javításával és karbantartásával is foglalkoztak.

A Sztálinvárosi Vasműben (Dunai Vasmű) a spirálhegesztésű csövek varratainak ultrahangos- és röntgenvizsgálatát (képerősítő ernyővel) Tar József irányította.

Évekig tartott – különösen a hatósági felügyelet alá tartozó területeken – az ultrahangos vizsgálatok elfogadtatása. Tulajdonképpen érthető, mert az ultrahangos vizsgálatnál nincs azonosítható dokument. A képernyőn megjelenő jelekből, a szonda fajtájából, helyzetéből, beállításából kellett a vizsgáló személynek „absztrahálni”, következtetni a reflektáló felületre (pl. repedés).

Sajnos előfordult olyan eset is, hogy a vizsgáló

semmilyen vizsgálatot nem végzett, csak jegyzőkönyvet szerkesztett. Azon bukott le, hogy a varratok közelében a csatoló folyadéknek semmi nyoma nem volt.

Szemrevételezéses felületvizsgálatok

Anyagvizsgáló munkáim kezdetén csak nagyítók, tükrök segítettek a tárgyak felületének vizsgálatát. Itt is, mint a folyadékbehatolásos és a mágneses repedésvizsgálatoknál előfeltétel a kellő megvilágítás (pl 400 Lux) és a vizsgáló személy „éleslátása”.

Belső felületek (csövek, kazánkamrák) vizsgálatát az 50-es években üvegszál-optikával lehetett csak elvégezni. Az első vizsgálatokhoz a „Néphadsereg”-től kértünk kölcsön készülékeket. Ők az ágyúcsövek belső felületét vizsgálták ezekkel.

Az üvegszál optikai képet továbbító kötege 100 – 400 000 db „rendezett”, hajszálvékony üvegszálból áll. A fényt továbbító üvegszál-köteg rendezetlen.

Összehasonlítva a mai endoszkópokkal az üvegszál-optika csak néhány méter hosszú lehetett, 10 – 30 mm átmérőjű, nehezen hajlítható, hogy a többi hátrányt ne is soroljam.

A fényképezés lehetővé tette a szemrevételezés dokumentálását. A műszaki fényképezés csúcsát a Linhof kamerák és a Hasselblad fényképezőgépek jelentették. Fényképezőgépet használtak a folyadékbehatolásos és mágneses repedésvizsgálatok dokumentálására is. A színes fényképezés a korróziós felületeket érzékletesen mutatta ki.

Spektroszkópos fémelemzés

A II. Világháború alatt a győri vagongyárat pusztító légítámadás érte. A raktárban az acélrudak összekeveredtek. Török Tibor, Bardócz Istvánnal olyan hordozható spektroszkópot (TB-2) szerkesztett, mellyel a homológ vonalpárok elvén, az ötvözők félkvantitatív meghatározása ált lehetéssé, így az egyes ötvözött acélrudakat a szabványok szerint be lehetett sorolni. A 60-as években, az egyre kisebb spektroszkópok (Metascope) lehetővé tették a kazánok ötvözött csöveinek (Cr, Mo, V ötvöztetésű túlhevítők, főgőzvezetékek, kamrák) helyszíni ellenőrzését is.

A tiszaplankyai hőerőműben egymás után több túlhevítő csőkiégő szakadt fel. Az EKAVII laboratórium vizsgálatai minden esetben az mutatták ki, hogy a felszakadás oka „anyagcsere”, azaz a Cr-Mo ötvözet (13CrMo44) helyett ötvöztelen acél csőszakaszt (hegesztéstől hegesztésig) építettek be a csőkiégőbe.

A kazánok gyakori leállása miatt az energiahelyzet annyira kritikus lett, hogy szükségessé vált a csőkiégők leszerelése és minden egyes csőszakasz spektroszkópos vizsgálata.

A helyszíni spektroszkópos vizsgálatot már több mint egy hete folyamatosan végezték anélkül, hogy egyetlen ötvöztelen csőszakasz előfordult volna. Selmeczi Lajosné már azt vetette fel, hogy valószínűség szerint nincs több ötvöztelen csőszakasz. A roncsolásos vizsgálatok eredményei alapján én kénytelen voltam ragaszkodni a vizsgálatok folytatásához, azaz az összes csőszakasz spektroszkópos ellenőrzéséhez. Sajnos igazam lett, mert a folytatás során 3 további ötvöztelen csőszakaszt találtak, ami 3 kazán leállást jelentett volna.

A spektroszkópos vizsgálatokhoz nemcsak jó szem, jó megfigyelőképesség, hanem nagy gyakorlat is kell.

A hazai színképelemzés kifejlesztésének és elterjesztésének fáradhatatlan vegyészai voltak: **Zimmer Károly, Kéthelyi József, Szakács Ottó és Gregus Ernő**. Az erőműi gépész vonalon **Krasznay László** (Röck István NV) és **Selmeczi Lajosné** (ERŐKAR) jeleskedett.

Replika (roncsolásmentes metallográfia)

Az elektronmikroszkópiában már korábban alkalmazott replika módszerrel **Müller Zoltánné és Németh Endréné** (EKAVI) a kazánanyagok szövetszerkezetét, kristályszerkezetét a helyszínen, próbadarab kimunkálása nélkül, azaz roncsolásmentesen vizsgálta. Túlhevülések, interkristallin korrózió, stb. kimutatása nagy segítséget jelentett a szerkezet élettartamára, illetőleg javítására vonatkozóan.

Záró gondolat

A MAROVISZ 10 éves jubileuma alkalmat adott nekem arra, hogy a több mint félévszázados anyagvizsgálati múltamra visszatekintsek. Ebből állítottam össze egy kis csokrot, ami természetesen semmilyen értelemben nem lehet teljes.

Őszintén irigylem a mai anyagvizsgáló kollégáimat, akik a technika fejlődése révén – nekem álomszerű – korszerű műszerekkel végezhetik a minőséget ellenőrző és biztosító munkáikat.

ESEMÉNYNAPTÁR

CALENDAR OF EVENTS

Rendezvények 2008. II. negyedében

Az Anyagvizsgálók Lapja célkitűzései között szerepelt és szerepel, hogy minél több információt juttasson el az olvasókhöz. Ennek keretében megújítottuk a Rendezvény Naptárunkat is. A Lap hasábjain a közeljövő, az előttünk álló negyedév rendezvényeiről fogunk hírt adni, míg a Honlap hosszabb távon is igyekszik is információt adni.

A Honlapon az év elején elkészített éves Naptár szerepel, elsősorban a nemzetközi és külföldi rendezvényeket tartalmazza. Ebbe csak azok a rendezvények kerültek bele, amelyek témaköre, időpontja, és helye már jó előre ismert volt.

A kisebb kört érintő hazai rendezvényekről (szakmai napok, termék bemutatók, "mini" kiállítások) a végleges döntés általában csak jóval később születik meg, ezek nem szerepelnek, nem szerelhetnek az éves programban. Az utólagos beírásuk nem látszik célszerűnek, mert várhatóan elvesznének a többi, esetleg már többször átböngészett rendezvény között.

Ezt az ellentmondást próbáljuk meg feloldani a gyakran frissített és a Honlapra egyedileg felvitt rendezvényekkel. Ilyen kiemelten csak a hazai rendezvények, a magyar szervezéssel lebonyolított külföldi események és azok a társ szervezetek által szervezett konferenciák szerepelnek, amelyekre külön megkeresést kaptunk.

A Lapban leközölt eseményekről általában részletesebb információk állnak rendelkezésre a Honlapon, illetve nagyon sok esetben onnan egy kattintással át lehet lépni a rendezvény szervezőjének Honlapjára.

Ebből következik, hogy az alábbiakban közölt eseménynaptár elsődleges célja a figyelem felhívása, az érdeklődés felkeltése.

2008.03.26

Szakmai Nap és Készülék Bemutató az az elektronikai ipar szakemberei számára

A rendezvény témaköre:

- Galvanikus bevonatok vizsgálata, rétegvastagság-mérés, galvánfűrdő elemzés, RoHS megfelelés mérése
- Környezeti szimulációs kamrák: (élettartam vizsgálat, hősokk és rázóvizsgálat UV és napfény szimuláció, mesterséges öregítés).
- 2D-s röntgenvizsgálat alapjai, ólommentes forraszkötések röntgenvizsgálatának lehetőségei.

- 3D / CT ipari röntgen berendezések (ipari tomográf) alkalmazási területei

2008.04.01-2008.04.02

Fázisvezérelt ultrahangos vizsgálat gyakorlati alkalmazása

A Workshop célja a következő:

- A fázisvezérelt ultrahangos vizsgálat foglalkozó szakemberek tudásának felfrissítése, illetve elmélyítése,
- Gyakorlati jártasságuk erősítése, és
- Konzultációs lehetőség biztosítása a téma tapasztalt szakembereivel.

A Workshop lehetőséget fog nyújtani hozott vizsgálati darabok vizsgálatára és az eredmények egyéni vagy csoportos értékelésére és megvitatására. A Workshop lényege az instruktorok és a résztvevők aktív együttműködése.

2008.04.15-2008.04.17

VEKOR Korrózióvédelmi Konferencia

A konferencia célja:

A korszerű, hatékony korrózióvédelmi ismeretek elterjesztése. Lehetőség biztosítása a tapasztalatcserére és az új termékek széleskörű megismertetésére. A továbbképzés része lehet a minőségbiztosítási, minőségirányítási rendszerekben és a Magyar Mérnöki Kamara által megkövetelt szakmai oktatásnak.

2008.05.14-2008.05.17

7th Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics

2008.05.15-2008.05.17 - 12th INTERNATIONAL WELDING CONFERENCE

12. NEMZETKÖZI HEGESZTÉSI KONFERENCIA

A konferencia fő tárgykörei

- Új szemlélet a műszaki biztonsági szabályzat tükrében, EU előírások alkalmazásának tapasztalatai;
- A gyártók felelőssége az új műszaki biztonsági szabályozás között;
- A hegesztés biztonsága, munkavédelme, ergonómiaja és humanizációja.

2008.05.27-2008.05.30

Industria Kiállítás

2008.06.04-2008.06.05

4. Anyagvizsgálat a Gyakorlatban (AGY) Szakmai Szeminárium

Az Anyagvizsgáló Szakmérnöki Kör (AVI-SZAK), együttműködve a MAROVISZ-al együttműködve 2008. június 4-5-én rendezi meg a

4. Anyagvizsgálat a Gyakorlatban (AGY) Szakmai Szemináriumot.

A Szeminárium helyszíne az Aranyhomok Hotel, Kecskemét.

A hagyományoknak megfelelően, a rendezvény részeként, 2008. június 5-én üzemlátogatásra kerül sor, melynek helyszíne a Magyar Honvédség Légijármű Javító Üzem, Kecskemét. Az üzemlátogatás során a számos látnivaló és az alkalmazott anyagvizsgálatok megtekintésén belül lehetőség lesz a Gripen harcászati repülőgép megtekintésére és egy rövid ismertető meghallgatására is.

Az előző AGY rendezvényekről információk a www.avi-szak.hu honlapon láthatók.

Információ a szervező bizottság tagjaitól kérhető:

Dr. Somogyi György: 06-30/992-56-34

Fodor Olivér: 06-30/959-82-90

Harnisch József: 06-20/935-35-74

(A rendezvény kiírása még nem készült el)

2008.06.30-2008.07.02

51. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés

A Magyar Kémikusok Egyesületének Spektrokémiai Társasága együttműködve az MTA Spektrokémiai Munkabizottságával, az MTA Környezetkémiai Bizottságával, a Magyar Kémikusok Egyesületének Tömegspektrometriai Társaságával és a Nyíregyházi Főiskolával 2008. június 30 – július 2. között rendezi meg az 51. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlést Nyíregyházán. A rendezvény fórumot biztosít az atom- és a molekulaszpektroszkópia elméleti kérdéseivel és gyakorlati alkalmazásaival foglalkozó szakemberek véleménycseréjéhez és továbbképzéséhez.

Gillemot László
Felelős Szerkesztő