

A roncsolásmentes anyagvizsgáló személyzet megbízhatóságának mérése

Fücsök Ferenc*

Bevezetés

A roncsolásmentes anyagvizsgálat eredményei alapján hozott döntéseknek súlyos következményei vannak. A hibásnak ítélt szerkezeti elem cseréje jelentős költség az üzemeltetőnek, ennek elmulasztása pedig ipari katasztrófa veszélyét idézi fel. De egy új alkatrész beépítése előtt elvégzett roncsolásmentes vizsgálat eredményei is döntőek lehetnek a szerkezet élettartamára, függetlenül attól, hogy egy régi, üzemelő berendezésbe, vagy egy új szerkezetbe szerelik be.

A roncsolásmentes vizsgálat eredményeinek megbízhatósága sok tényezőtől függ. Vitan felül áll, hogy ezek közül legfontosabb a vizsgálatot végző személy. A személyzet megbízhatóságát szakmai tudása, lelkiismeretes munkavégzése, etikus viselkedése döntően befolyásolja, de pillanatnyi idegállapota, fáradtsága, személyes problémái ronthatják is azt.

A vizsgálat eredményeinek megfelelő megbízhatósági szintjére természetesen hatással vannak külső körülmények a vizsgáló eszközök és anyagok is. Ezért a megbízhatóság mérése esetén egy többváltozós függvény kezelését kellene megoldani. A mérés és értékelés egyszerűbb tétele érdekében olyan feladatokat választottunk, ahol a mérési körülményeket és eszközöket nem kell változónak tekinteni, ezért a személyzet értékelése egyszerűbben végezhető el.

Az értékelésre sok módszert próbáltak ki és alkalmaznak. Közös jellemzőjük, hogy több mérést végeztenek el a személyzettel és az eredményeket statisztikai módszerekkel értékelik. Tapasztalati úton meghatározható, hogy az elvégzett vizsgálatok eredménye és a mérések szórása mekkora tűréssel fogadható el. A tűrésen kívül teljesítő személyzetet pedig ismeretfeljuttató képzéssel és gyakorlással hamar megfelelő megbízhatósági szintre lehet fejleszteni.

A következőkben egyszerű módszereket fogunk bemutatni. Az ismertetésre kerülő megoldásokat az Erőkar Rt.-ben alkalmazzuk és minden roncsolásmentes labornak ajánljuk.

Statisztikai alapelvek

A kondicionálni szándékozott személyzettel, az adott vizsgálati módszer gyakorlására feladatot kell kijelölni, és ezt a feladatot többször el kell végezteni. Most csak olyan feladat értékelését ismertetjük, ahol számszerű eredményt kell meghatározni, például hordozható keménységmérő eszközök használata, és ultrahangos falvastagságmérés.

Egy mérési sorozat eredménye egy számhalmaz, aminek statisztikai jellemzőit kell meghatározni. A fenti feladatok eredményeinek leírására legalább egy középértéket és egy ingadozásmutatót kell alkalmazni.

A középértékek az adathalmaz közös, tipikus, jellegzetes általános vonásait adják meg egy-egy szám segítségével. A leggyakrabban használt középérték a számtani közép, melynek kiszámítása az ismert módon történik:

$$\bar{a} = \frac{1}{n} (a_1 + a_2 + \dots + a_n)$$

ahol:

a_i = a halmaz tagjai, $i = 1 \dots n$

n = a halmaz elemszáma.

A középértékeknek átlagoló, elmosó hatásuk van, ezért rossz az a gyakorlat, amely csak a középértékek megadását választja. A

középérték csak egy oldalról jellemzi az adathalmazt és nem biztos, hogy adott esetben éppen a számtani átlag a legjobb az eredmények jellemzésére.

Az ingadozásmutatók a mérési eredmények egyedi, különös, eltérő vonásait, speciális jellegzetességének mértékét mutatják be. Skálár mérési eredmények esetén a leggyakrabban alkalmazott ingadozásmutató a szórás. Kis adatszám esetén, ha a mérések száma kisebb mint 30, a korrigált tapasztalati szórást szokásos alkalmazni.

Számítása:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum (a_i - \bar{a})^2$$

ahol:

a_i = az adathalmaz tagjai

$\bar{a}$ = a halmaz számtani átlaga

n = a halmaz elemszáma

A minőség irányába forduló társadalom és gazdaság velejárója a differenciáltság növekedése, ennek mérésére pedig az ingadozásmutatók alkalmasak. A nagyszámú mérési adat jellegzetességeit fentiek alapján legalább egy középértékkel és egy ingadozásmutatóval lehet statisztikailag jellemezni. Mérések esetén feltételezhető, hogy az adatok eloszlása ún. normál eloszlás, ezért az eloszlás alakjára vonatkozó mérőszámokkal most nem foglalkozunk.

Az emberi tényező

Az anyagvizsgálatban alkalmazott berendezések növekvő bonyolultsága, az automatizálás előrehaladása és az újabb mérési módszerek fejlődése miatt a személyzet szerepe nagyon felértékelődik. A vizsgálónak önállóan kell döntéseket hoznia, a mások, vagy saját döntéseit felül kell vizsgálnia és diagnózist kell készítenie. Ezért a vizsgálószemélyzet megbízhatóságának mérésére olyan módszert kell alkalmazni, ami nem csak meghatározza a megbízhatóságot, hanem megmutatja, hogy hol szükséges annak fejlesztése. A megbízhatósági mérés végén meg kell határozni a gyenge pontokat, kijelölni a továbbképzés és gyakorlás területeit, valamint új mérésekkel meg kell figyelni a javulás mértékét.

A vizsgálati módszer a fentiek szerint irányulhat közvetlenül az ellenőrzött rendszerek megbízhatóságának javítására, vagy megkísérelheti megállapítani, néhány indirekt eszköz segítségével, annak valószínűségét, hogy a vizsgáló hibát követ el.

A szokásos módszerekre jellemző a hibaszázalék használata, amikor a mérési eredményeket csak egy bizonyos tartományban fogadják el. Ez a tűrési tartomány a gyakorlatban önkényes és előfordulhat, hogy túlzottan szigorú, vagy engedékeny. Ezért ez a módszer nem ad elég információt.

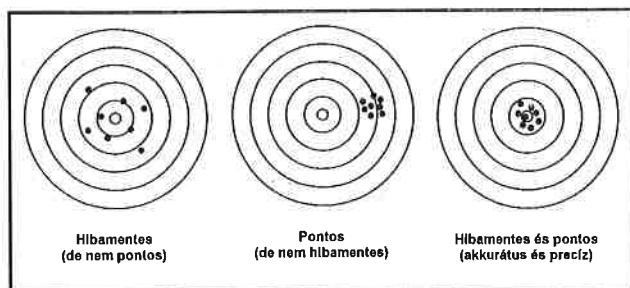
A mérési módszer hibáinak javítására W. McEwan és szerzőtársai [1] egy tárgyilagos statisztikai eljárást dolgoztak ki. Ez a módszer a roncsolásmentes anyagvizsgáló gyakorlatban is ismert jel/zaj viszonyt alkalmazza a személyzet megbízhatóságának mérésére.

Az általunk is kipróbált módszer hasznos jelnek tekinti a vizsgált jellemző valódi értékét és zajnak az ettől való eltérést. Ezzel egyszerre tudja mérni a vizsgált személy hibamentes munkáját és pontosságát.

A hibamentesség és pontosság fogalmának meghatározása fontos lehet, mert közel azonos tulajdonságot jellemeznek. A fogalmakat legjobban egy céltáblán elért eredményekkel lehet bemutatni. Az 1. ábrán

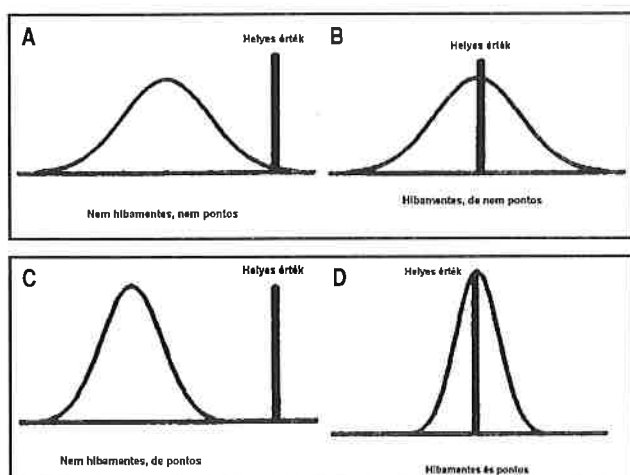
* ERŐKAR Rt. Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Laboratórium

jól elkülönül a hibamentes, de nem pontos, a pontos, de nem hibamentes és a hibamentes és pontos lövész teljesítménye.



1. ábra Grafikus példa a hibamentes és a pontos mérésre

A mérések eredményeinek jellemzésére általában a normál eloszlás függvényt alkalmazzuk. Ennek megjelenési formája a jól ismert haranggörbe. A haranggörbe alakjával és a helyes értékhez viszonyított helyzetével általánosságban jobban magyarázható a hibamentesség és pontosság fogalma. A magyar nyelvben ezeket a fogalmakat gyakran szinonimaként használjuk. Talán hasznos, ha jövevényszavakkal is próbáljuk magyarázni a köztük lévő különbséget: a hibamentes vizsgálatot vagy mérést akkurátusnak is szoktuk emlegetni, a pontos munkavégzést pedig precíznek tiszteljük. Összegezve, egy mérésnek hibamentesnek és pontosnak, azaz akkurátusnak és precíznek kell lennie.



2. ábra Eloszlásgörbék hibamentes és pontos méréseknél

A 2.a. ábrán bemutatott mérési eredmény eloszlása azt mutatja be, hogy a mérés sem hibamentes sem pontos nem volt, ezért a haranggörbe lapos és középpértéke távol van a helyes értéktől. A 2.b. ábrán hibamentes mérés görbéje látható, középpértéke azonos a helyes értékkel, de nem pontos, nagy a terjedelme, ezért a görbe lapos és széles.

A 2.c. ábra eloszlásán az látszik, hogy a mérés nem hibamentes, de a görbe magasabb és karcsúbb a pontosabb mérési eredmények miatt. A 2.d. ábrán az ideális eset látható, a pontos mérés karcsú haranggörbéjének középpértéke a helyes értékkel egybeesik, ezért a mérés hibamentes is volt.

A gyakorlatban problémát okozhat, hogy mit tekinthetünk valós, pontosan fogalmazva helyes értéknek. Szakirodalmi [2] meghatározás szerint valós érték nem létezik, ez csak egy elvi lehetőség a valódi méret lehető legpontosabb becslésére. Szabványos megnevezése a „helyes érték”, amit más néven egy mennyiség megegyezékes (konvencionális) valódi értéke. Definíciója szerint a helyes érték valamely meghatározott mennyiségnek tulajdonított olyan érték, amely az alkalmazás céljának megfelelő bizonytalanságú.

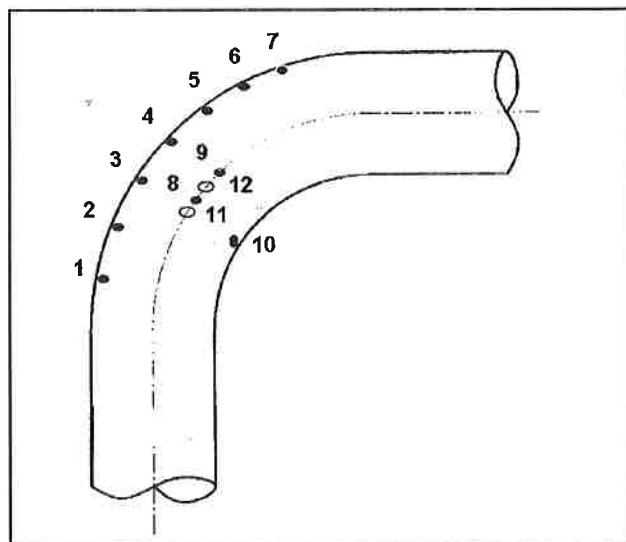
Gyakorlatban ez a definíció úgy értelmezhető, hogy egy olyan módszer eredménye a helyes érték, amelyik egy nagyságrenddel pontosabb eredményt ad, és bizonytalansága, például szórása is lényegesen kisebb az ellenőrzött mérés eredményeinél. Gyakorlati példa lehet egy mérőszalagos mérési sorozat helyes értékének tekinteni tolmérővel végrehajtott mérések eredményét, vagy a tolmérő helyes értékét mikrométerrel meghatározni.

Másik példának tekinthetjük a roncsolásmentes vizsgálatok eredményeinek ellenőrzését roncsolásos vizsgálatokkal. Ebben az esetben két, elvileg más mérés eredményét vetjük össze, így a nagyfokú eltéréseket is elfogadjuk és magyarázni tudjuk. A lényegesen más körülmények között végzett mérések összevetését bíráltni is lehet. Jogos az a felvetés, hogy az ilyen összevetésnek nincs értelme és nincs fizikai tartalma, ezért más jellemzőket kell találni a vizsgálószemélyzet minősítésére. A hegesztési varratokban található folytonossági hiányok roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálati eredményeinek összevetése esetén érdemes bevezetni a megbízhatóságot minősítő jelzőszámokat. Ilyen jelzőszám például az észlelés valószínűsége, a PoD (Probability of Detection).

A következőkben az Erőkar Rt. Laboratóriumában két fajta, hordozható keménységmérővel és egy ultrahangos falvastagságmérővel végzett tréning eredményeit értékeltük. A Krautkrämer Microdur keménységmérővel homogénra hőkezelt, 80 mm átmérőjű korongok keménységét mérte minden anyagvizsgáló. A vizsgálat értékelésénél a korongok hagyományos módon mért Vickers-keménységét tekintjük helyes értéknek.

Az Equotip keménységmérő visszapatánason alapuló mérési módszerrel használ, alkalmazásának gyakorlását nagy méretű alkatrészekon végeztük. Ezeknek a munkadaraboknak Vickers-mérését nem lehetett a laboratóriumi keménységmérő gépeken elvégezni. A Poldi-féle mérés lényegesen nagyobb szórást adott, mint az Equotip műszer, ezért helyes értéknek az összes mérés átlagát vettük. Ebben az esetben nem a módszer, hanem a személyzet minősítése volt a cél, ezért ezt az egyszerűsítést elfogadhatónak tartjuk.

Ugyanilyen problémát jelentett a falvastagságmérő tréning eredményeinek értékeléséhez használható helyes érték meghatározása is. Az ultrahangos falvastagságmérés eredményét könnyű ellenőrizni tolmérővel, ha a mérést síkpárhuzamos felületekkel rendelkező munkadarabon végeztetjük. Azonban az ilyen egyszerű feladatot, amit minden roncsolásmentes anyagvizsgáló könnyen meg tud oldani, és esetleg sértőnek, vagy nevetségesnek tart, nem érdemes gyakoroltatni. Csak kissé nehezebb feladat a falvastagságmérést egy csőíven gyakorolni. Esetünkben a feladat a 3. ábrán látható 12 mérési pont fal-



3. ábra Falvastagságmérések csőíven

vastagságának megállapítása volt tízszer egymás után. Ilyen feladat esetén a helyes érték megállapítása a csőív esetleges elvágása után is nehezen végezhető el. Ezért ebben az esetben érdemes helyes értéknek tekinteni a számtani átlagot. Esetünkben az 1–7, valamint a 8, 9, 11, 12 mérési pontok átlagait számítottuk ki, és ezeket tekintettük helyes értéknek. A 10. pont eredményét nem értékeltük, mert, mint Murphy mondja: egy mérésnek nincs szórása...

A személyzet minősítésének számításához McEwans ajánlása [1] szerint a következő lépéseket végeztük el. Minden személy mérési eredményéből kiszámítottuk az eltérések négyzetes középértékét:

$$\Delta = \frac{1}{n} \sum (x_i - V)^2$$

ahol:

x_i = a mért érték

V = a helyes érték

n = a mérések száma.

Matematikailag bizonyítható, hogy megfelelő feltételek esetén, amit valós mérések esetén megvalósítunk, a négyzetes középértékre hatással van a középérték és a szórás is. Ezért ez az egy jellemző, a négyzetes középérték (Δ), tartalmazza a mérés összes jellemzőjét.

Az Δ értelmezése a gyakorlati szakember részére nehézkes, ezért a jel/zaj viszonyhoz hasonlóan decibelben is kifejezhetjük. Így a hasznos jel a helyes érték, a zavaró jel pedig az elkövetett hiba.

A jel/zaj viszony:

$$JZ = -10 \log (\Delta) \quad [\text{dB}]$$

ahol

JZ = jel/zaj viszony

Δ = négyzetes középeltérés

A fentiek szerint számított JZ , a jel/zaj viszony decibel skálán mutatja a vizsgáló megbízhatóságát.

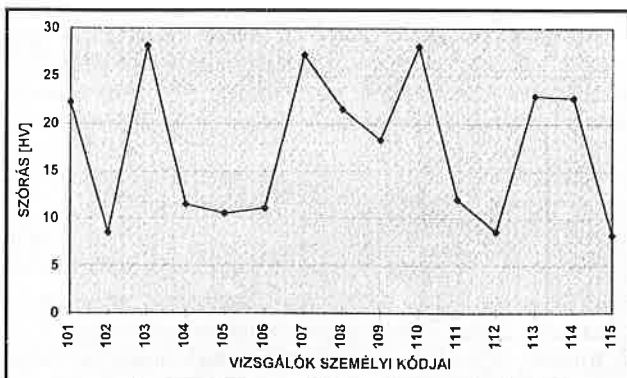
Példának tekintsük, hogy a vizsgáló a falvastagság mérése közben a helyes értéknek tekintett átlagtól tíz mérés mindegyikében + vagy – értékben 0,01 mm-rel, azaz 10^{-5} m-rel, eltér. Ekkor az ő megbízhatósága dB skálán kifejezve:

$$JZ = -10 \log \left[10(10^{-5})^2 / 10 \right] = -10 \log 10^{-10} = 100 \text{ dB}$$

Nagyobb hiba esetén a jel/zaj viszony kisebb lesz, így a decibelben kifejezett nagyobb megbízhatósághoz nagyobb számérték tartozik. A gyakorlatban szerencsére nem fordul elő, hogy a mérést hiba nélkül végezze valaki, így a nem értelmezhető log 0 kifejezés nem fordulhat elő.

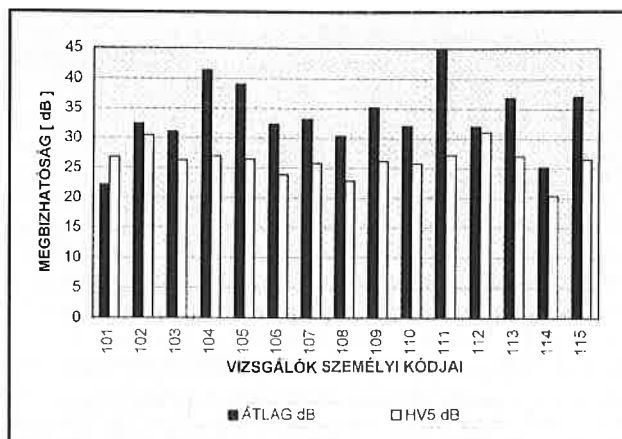
A tréning értékelése

A laboratóriumban elvégeztük nyolc homogénra hőkezelt acélkorongon a keménységmérést. A mérési eredmények szórása a 4. ábrán látható. Jól megfigyelhető, hogy a különféle hatásokra érzékeny mérési módszerrel különböző személyek milyen nagy szórású méréseket végeztek.



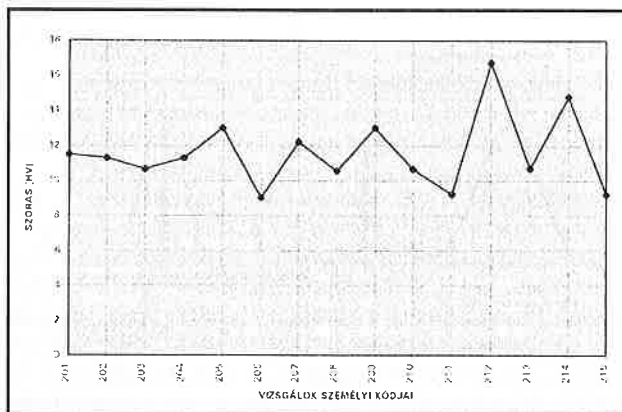
4. ábra A Microdur keménységmérés szórása

A mérési eredmények értékelését az előzők szerint elvégezve a 5. ábrán látható megbízhatósági értékeket kaptuk. Az ábrán minden személyi kódhoz két oszlop tartozik. A magasabb oszlopot, nagyobb dB értékkel akkor kaptuk, amikor a személyi eredményeket az összes mérés átlagához, azaz saját magához viszonyítottuk. Az alacsonyabb oszlopok a Vickers HV5 méréshez viszonyított megbízhatósági adatokat tartalmazzák. Meghatároztuk a HV10 és HV30 adatokat is, de azokkal összehasonlítva a Microdur méréseket, még kisebb megbízhatósági értékek adódtak, így itt nem ábrázoltuk őket.

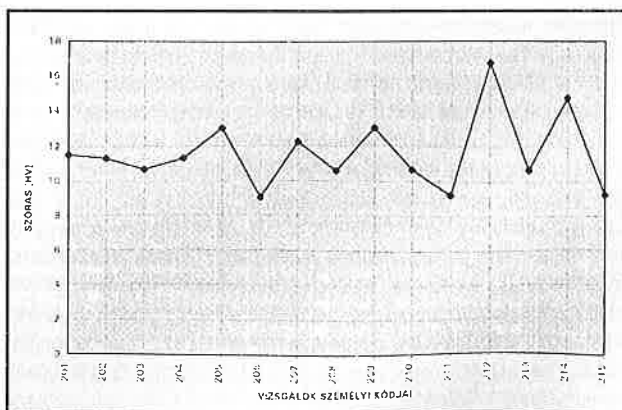


5. ábra A Microdur mérések megbízhatósága

Az ábrán látható, hogy a személyek megbízhatósági értékei között nagy a különbség, ezért újabb tréning elvégzését javasoltuk. A két módszer összehasonlítása azt mutatja, hogy a Microdur műszerrel csak kis megbízhatósággal határozható meg a Vickers-keménység, ezért csak önmaga mérési eredményeihez érdemes hasonlítani.

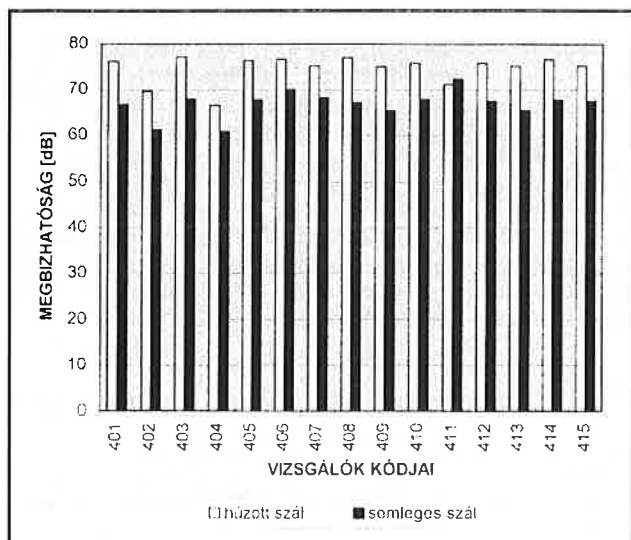


6. ábra Az Equotip keménységmérés szóródása



7. ábra Az Equotip mérések megbízhatósága

A 6. ábrán az Equotip keménységmérő mérési eredményeinek szórását mutatjuk be. Látható, hogy a módszer jól reprodukálható, kis szórású adatokat szolgáltat. Az előzőekben ismertetett okok miatt ezt a módszert még nem ellenőriztük hagyományos keménységméréssel.



8. ábra A falvastagságmérések megbízhatósága

A 7. ábrán látható, hogy nagyobb megbízhatósággal tudott vele dolgozni a személyzet, ez a műszer könnyű kezelhetőségét és a környezeti hatásokra való érzéketlenségét bizonyítja. Külön vita tárgyát képezheti, hogy a személyes megbízhatósági értékek megfelelőek-e, és hogy kit kell újabb gyakorlatra kötelezni.

A 8. ábrán látható, hogy a falvastagságmérést végezte el a személyzet a legnagyobb megbízhatósággal. Érdekes, hogy a külső, húzott szálon végzett mérések megbízhatósága, egy személy kivételével jobb, mint a semleges szálon végzett mérések. Meggyőződésünk, hogy a személyzet által teljesített megbízhatósági szint megfelelő.

Összefoglalás

A bemutatott módszerek egyszerű mérési eredmények értékeléséhez adnak gyors és jól áttekinthető megoldást. Ha a mérési eredményeket egy megfelelően szerkesztett táblázatkezelő programba írjuk be, akkor a tréninggel egy időben eredményt lehet hirdetni.

A hegesztési varratokban lévő hibák értékeléséhez más módszereket is fel kell használni, például az észlelés valószínűségének számítását. Ezekről a módszerekről a cikk folytatásában fogunk beszámolni.

Hivatkozások:

- [1] W. McEwan, N. Belavendram, M. Abou-Alli: Practical Guide to Statistical Process Control in NDT, The British Journal of NDT Vol 34 No 4. April 1992. 183-189 pp (f.14. t.5. r.4.)
- [2] Útmutató a mérési bizonytalanság kifejezéséhez, B függ., B.2.4 pont, 41. oldal. Országos Mérésügyi Hivatal, Innova Press Bt. 1995.



**Legyen tagja a
MAGYAR MINŐSÉG
TÁRSASÁGNAK,**

amely nemzetközileg tanúsított
tudományos, társadalmi és oktatási nonprofit szervezet

1091 Budapest, Üllői út 25. III. em.
Tel.: 215-6062, 218-3011
1450 Budapest 9. Pf.: 24.
Fax: 218-0267



A TÁRSASÁG SZOLGÁLTATÁSAI:

Informál hazai és nemzetközi minőségügyi eseményekről, hírekről
Kapcsolatot tart nemzetközi szervezetekkel
Együttműködik hazai szervezetekkel
Tagjai részére díjkezdményt nyújt
Tagnyilvántartást vezet
Minőségügyi szakértőket nyilvántartja és közzéteszi
Tanácsadói tevékenységet folytat
ISO 9000 szabványsorozat alapján tanúsított szervezetek
névjegyzékét és kiadványait összeállítja és közzéteszi
Rendezvényeket és kiállításokat szervez
Koordinálja országos szinten a minőségügyi rendezvényeket
Szakmai tanfolyamokat rendez és oktatási anyagokat készít
Szakmai kiadványokat megjelentet, terjeszt
Havonta megjelenteti a Magyar Minőség Társaság folyóiratát a
Magyar Minőség-et
A folyóiratban hirdetésekkel jelent meg
Reklám és propaganda tevékenységet végez
Könyvtárat és folyóirattárat működtet

**A Társaság tagjai részére a folyóiratot havonta díjmentesen
megküldi.**

**LEGYEN TAGJA A MAGYAR MINŐSÉG TÁRSASÁGNAK ÉS
VEGYE IGÉNYBE SZOLGÁLTATÁSAIT!**



**MAGYAR MINŐSÉG
TÁRSASÁG**

nemzetközileg tanúsított
tudományos, társadalmi és oktatási nonprofit szervezet,
együttműködve hazai és külföldi partnerekkel, valamint
„A Minőség Oktatásért” Alapítvánnyal
ötlepcsős, vizsgaköteles
**Minőségbiztosítási tanfolyamokat szervez
évente két alkalommal.**



A tanfolyamot végzett hallgatók a TÜV Akadémia Rheinland
nemzetközileg elismert tanúsítványát és az IKIM által aláírt
magyar nyelvű tanúsítványt kapják.

Az Országos Képzési Jegyzék szerint szakképesítést nyújtó
Minőségellenőr, Minőségbiztosítási Felülvizsgáló és Tanúsító
tanfolyamot szervez.

A Társaság a képzés keretében
→ Budapesten és országosan kihelyezetten vállalja
**minőségügy, termékek megfelelőségének tanúsítása,
termékfelelősség, környezetvédelem és minőség,
közbeszerzés, jogharmonizációs feladatok,**
valamint az előzőekhez kapcsolódó témákban előadássorozatok,
tanfolyamok szervezését, lebonyolítását.

A Társaság a témákhoz oktatási anyagot biztosít.

A Társaság évenként Oktatási Programfüzetet készít és országosan
a gazdálkodó szervezeteknek megküldi.

**Vegye igénybe a Magyar Minőség Társaság képzési és oktatási
szolgáltatásait!**

Felvilágosítást adnak:

Somogyi Miklós
218-3011/473

Turos Tarjáné
218-3011/475, 215-6061