

JÁRTASSÁGI VIZSGÁLAT A MAGYAR ANYAGVIZSGÁLÓK EGYESÜLETE SZERVEZÉSÉBEN
PROFICIENCY TEST ORGANISED BY HUNGARIAN MATERIAL TESTING ASSOCIATION

BOCZ ANDRÁS¹, GILLEMOT LÁSZLÓ², MÁRKUS DÉNES¹, NARANCSIK ZSOLT¹

Kulcsszavak: körvizsgálat, jártassági vizsgálat, lapos szakító próbatest, mérési bizonytalanság, z-érték
Keywords: Round Robin test, proficiency test, flat tensile test, measuring uncertainty, z-score

SUMMARY

Hungarian Material Testing Association was re-organised in 2012. Several tasks of the Association are aimed to help the domestic tester staffs. One of them the organisations of the proficiency tests on that fields which were „white area” in Hungary. At the beginning of 2013 started the organization of the first mechanical proficiency test on flat steel tensile tests. These results and experiences are summarised below.

BEVEZETÉS

A 2012-ben újraalakult Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete több fontos feladatot tűzött maga elé az anyagvizsgálói szakma művelőinek segítségével. Az egyik ilyen terület a jártassági vizsgálatok szervezésének felvállalása az eddigi le nem fedett szakmai területeken. 2013 év elején a szervezet vezetőségének kezdeményezésére elindult az első MAE körvizsgálat szervezése, aminek eredményeként a résztvevők acéllemezek szakítóvizsgálatában mértek össze.

1. A JÁRTASSÁGI * VIZSGÁLATOKRÓL ÁLTALÁNOSAN

Az ISO/IEC 17025 szabvány szerint akkreditált laboratóriumoktól kötelezően elvárt a jártassági vizsgálatokban való részvétel és a vizsgálat eredményeit „ellenőrizni kell, és ha ezek kívül esnek az előre meghatározott kritériumokon, akkor tervezett intézkedéseket kell tenni a probléma megoldására”.

A nem akkreditált, de az ISO 10012 szabvány szerinti mérésirányítási rendszert működtető szervezetnél a jártassági vizsgálat nagymértékben hozzájárulhat a vevői bizalom elmélyítéséhez.

Akkreditált laboratóriumnak részt kell vennie jártassági vizsgálatban, annak eredményét fel kell dolgoznia, ki kell értékelnie. Ha a körvizsgálat nem a számára elvárt eredményt hozta, úgy meg kell határozni a nem sikeres szereplés okait és intézkedést kell hozni a hibás működés kiküszöbölésére.

Elképzelhető olyan eset is, ahol a körvizsgálat

1. ISD-DUNAFERR ZRT
2. Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete

nem sikeres teljesítése a laboratórium részéről elvárt eredmény, ekkor is a megfelelő intézkedéssel kell lezárni a körvizsgálat kiértékelését.

A jártassági vizsgálat eredménye nem egy statisztikus, „örökre bebetonozott” értékítélet. A körvizsgálat a vizsgálat végrehajtásakor ad egy pillanatképet a laboratórium vizsgálati képességéről.

A körvizsgálatban való sikeres / sikertelen szereplésnek nagyon sok befolyásoló tényezője lehet, ezért helytelen az a gyakorlat, ahol kizárólag a körvizsgálat eredménye alapján minősítik a laboratóriumot. Az lenne az elvárható, ha a körvizsgálatban való részvétel és az eredmények hatására hozott laboratóriumi intézkedések alapján értékelnék a laboratórium működését.

2. JÁRTASSÁGI VIZSGÁLATRA JELENTKEZŐK

A laboratóriumok közötti összehasonlító vizsgálatra 12 laboratórium jelentkezett és 10 résztvevő küldött vissza eredményt. A körvizsgálat nyitott volt az akkreditált és a nem akkreditált laboratóriumok számára.

A körvizsgálatra jelentkezők közül 4 független, 3 felsőoktatási és 5 ipari laboratórium szerepelt, ebből 4 fővárosi volt és 8 vidéki.

A körvizsgálatban résztvevő 10 laboratóriumból 8 az ISO/IEC 17025 szerint akkreditált minőségirányítási rendszert működtet.

3. A SZERVEZŐK ÉS A NEMZETKÖZI KÖRVIKSGÁLATI TAPASZTALATAIK

A körvizsgálat szervezését Gillemot László MAE Elnök, a vizsgálat kiértékelését, a próbatestek gyártását és postázását az ISD DUNAFERR ZRt. Anyagvizsgáló és Kalibráló Laboratóriumok Igazgatóságának kollégái vállalták fel. A kollégák között MAE tagok is voltak.

A körvizsgálat indításakor kidolgozásra kerültek a MAE jártassági vizsgálatot szabályzó dokumentumai és minőségügyi feljegyzései.

¹ *: Az összehasonlító vagy jártassági vizsgálat szinonimájaként használjuk a körvizsgálat szót, mindhárom kifejezés jelentéseként a **proficiency test** fogalmát értjük.

Az ISD DUNAFERR ZRt. Anyagvizsgáló és Kálbráló Laboratóriumok Igazgatóság laboratóriumai 2001-től rendszeres szereplői a nemzetközi körvizsgálatoknak. A Mechanikai anyagvizsgáló főosztály a német, amerikai és ázsiai körvizsgálatokban vesz részt rendszeresen, igazodva az anyavállalat termékeinek értékesítési elvárásaihoz.

A szervezők a megszerzett tapasztalatok és a vonatkozó szakirodalom alapján készítették el a jártassági vizsgálat kiértékelési algoritmusait és eljárásait.

4. A KÖRVIZSGÁLAT

4.1 PRÓBATESTEK ELŐKÉSZÍTÉSE

A próbatestek kialakításánál az egyik legfontosabb szempont az alapanyag homogenitása volt. Két eltérő tulajdonságú alapanyag került kiválasztásra, az egyik az ISD DUNAFERR ZRt. által gyártott továbbalakítható hidegen hengerelt acéllemez, a másik pedig egy külső beszállító által folyamatos hőkezeléssel kezelt pántoló szalag tekercs. A próbatestek inhomogenitásának megállapítása után a - várhatóan megegyező tulajdonságú, forgácsolással előkészített - lemezekből próbatest csomagok kerültek összeállításra, amit a résztvevők postai úton kaptak meg.

A jártassági vizsgálatot az [MSZ EN] ISO 6892-1 szakítóvizsgálati és az ISO/IEC 17043 szabvány előírásainak figyelembe vételével végezték. A próbatestek az [MSZ EN] ISO 6892-1:2009 szabvány B1 táblázat 2. típusa szerint készültek.

4.2 VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A körvizsgálat során az alábbi anyagjellemzők kerültek meghatározásra az [MSZ EN] ISO 6892-1 szabvány alapján:

K jelű minta, pántoló szalag, határozott folyással rendelkező, nagy szilárdságú ($R_m > 1000$ MPa), hőkezelt lemez

- $R_{p0,2}$: Egyezményes folyáshatár meghatározása 0,2% alakváltozásnál
- R_{eH} : Felső folyáshatár
- R_{eL} : Alsó folyáshatár
- R_m : Szakítószilárdság
- A_{80} : Százalékos nyúlás szakadás után, $L_0 = 80$ mm

S jelű minta, továbbalakítható hidegen hengerelt, határozott folyással nem rendelkező lemez, névleges szakítószilárdsága 310 MPa

- $R_{p0,2}$: Egyezményes folyáshatár meghatározása 0,2% alakváltozásnál
- R_m : Szakítószilárdság
- A_{80} : Százalékos nyúlás szakadás után, $L_0 = 80$ mm

4.3 KIÉRTÉKELÉS

A körvizsgálat statisztikai kiértékelése az ISO 13528 és az ISO/IEC 17043 szabvány előírásai szerint történt. A laboratóriumok értékelése az eredményeik átlagának (M) az összes eredmény-átlag középértékétől (mediánjától) (X) való eltéréseinek számításán alapul.

Mind a táblázatokban, mind pedig az ábrákon szereplő – az áttekintést megkönnyítő – sorszámok nem azonosak a laboratórium kódjával és azzal semmilyen kapcsolatba nem hozhatók.

4.3.1 KIUGRÓ ÉRTÉK

Kiugró értéknek tekintjük azokat az értékeket, amelyek a többi körvizsgálati eredményhez képest túl kicsik vagy túl nagyok. Normális eloszlás esetén kiugró értéknek tekinthetjük azokat, amelyek a szórás háromszorosánál jobban eltérnek az átlagtól. A mérési sokaság kiugró értékeinek kiértékeléséhez – *a nem feltétlenül normális eloszlás miatt* - robusztus módszert használtunk.

A képletekben az M a laboratóriumi átlag, az X pedig az összes laboratóriumi átlag (M) mediánja. A normalizált interkvartilis tartományt, az nIQR-t használjuk a körvizsgálat elvárt szórásának, a σ' meghatározásához. Az interkvartilis terjedelem, az IQR, a felső negyedelő (Q3) és az alsó negyedelő (Q1) közötti különbséget mutatja meg, ebben a tartományban az adatok fele található. Ez azt jelenti, hogy a mérés szám a szélsőséges mérési adatokat nem tartalmazza.

A normalizált interkvartilis terjedelem:

$$nIQR = 0,7413(Q3-Q1) \quad (1)$$

ahol a 0,7413 szorzótényező a normális eloszlásból származik, *aminek a középértéke 0 és a szórása 1*. A (Q3-Q1) interkvartilis tartomány szélességének eloszlása 1,34898, eredménye az $1/1,34898 = 0,7413$.

A kiugró érték keresésekor a σ' az nIQR értékét veszi fel a Z_0 érték meghatározásához.

$$Z_0 = \frac{M - X}{\sigma'} \quad (2)$$

A $|Z_0| > 3$ értékek kiugró értékek, így nem kerülnek be a következő lépésben számolt σ szórásba és Z érték meghatározásba.

4.3.2 A Z ÉRTÉK

A második lépésben képzett Z értéknél a σ a *kiugró eredmények nélküli* eredmények szórása. Az így kapott Z-Score / Z érték a mérési eredményre / laboratóriumra jellemző érték.

$$Z = \frac{M - X}{\sigma} \quad (3)$$

A $|Z| \leq 2$ értéknél a laboratórium megfelelt. A laboratórium szempontjából az a legjobb elérhető eredmény, ha a Z értéke 0.

Az EN ISO/IEC 17043 szerinti Z érték (Z score)

megfelelés:

- $|Z| \leq 2$: megfelel
- $|Z| \geq 3$: nem felel meg
- $2 < |Z| < 3$: az eredmény kérdéses

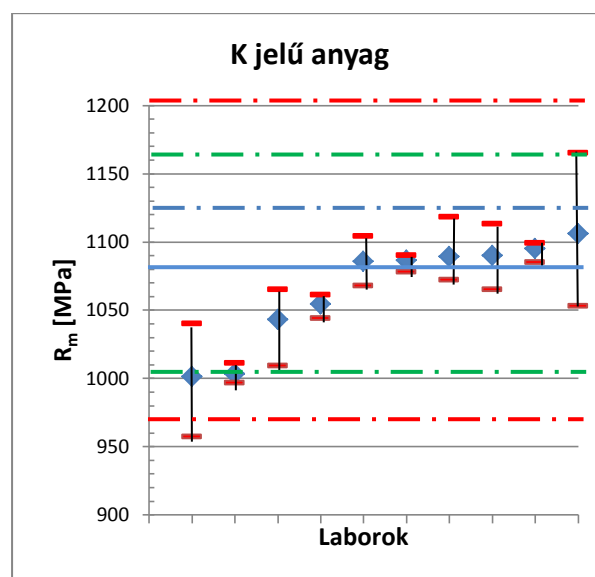
Anyag	ao [mm]	bo [mm]	So [mm ²]	Rp0,2 [MPa]	ReH [MPa]	ReL [MPa]	Rm [MPa]	A80 [%]	E [GPa]	r	n
K	0,85	19,99	16,99	1081,3	1095,2	1067,4	1095,20	4,1			
K	0,90	20,00	18,00	896,4			1001,40	5,72			
K	0,84	19,96	16,69	1073,4			1090,02	6,78			
K	0,85	19,98	16,98	1085,0	1114,6	1081,0	1086,60	3,9			
K	0,86	20,02	17,15	1047,4	1098,8	1047,0	1054,40	7,26			
K	0,84	19,98	16,70	1062,9			1085,84	6,66			
K	0,90	20,03	18,03		1002,5	990,5	1003,24	6,74			
K	0,85	19,98	16,94	1067,1	1086,5	1063,7	1089,27	5,32			
K	0,85	19,93	16,94				1106,20	5,6			
K	0,86	20,01	17,21	257,6			1043,20	4,34			
S	0,95	19,99	18,99	226,7			311,40	38,7	181,6		
S	1,00	20,00	20,00	176,0			264,00	40,2			
S	0,94	19,93	18,78	234,0			305,92	41,6	179,8		
S	0,95	19,94	18,94	239,6			319,00	40,8	196,8		
S	0,98	20,04	19,64	207,4			273,00	40,82	175,8		
S	0,95	19,93	18,86	220,8			302,18	39,6			
S	1,00	20,02	20,02				281,42	42,64			
S	0,96	20,01	19,13	226,9			304,33	40,32	138,6	2,152	0,138
S	0,99	19,98	19,78				292,00	41,22			
S	0,97	19,95	19,35	198,3			302,25	38,55			

1. ábra: Visszaérkezett eredmények listája Lotus Notes adatbázisban

4.3.3 EREDMÉNYEK

K jelű anyag körvizsgálati átlaga, szórása és Z értékhatárai

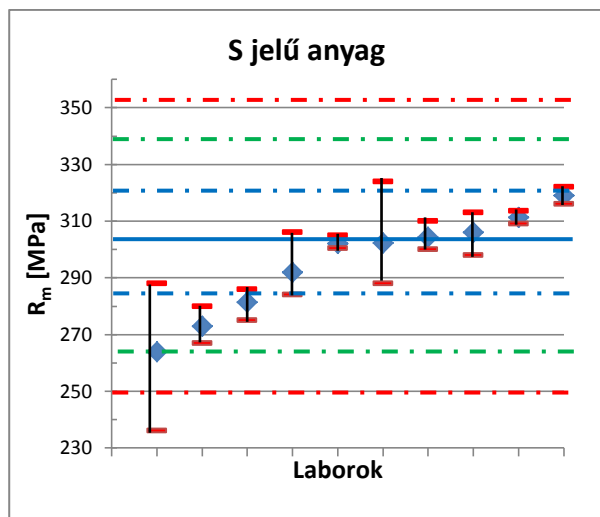
K jel	ReH [MPa]	ReL [MPa]	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]	A80 [%]
X átlag	1097	1066	1070	1086	5,7
σ	11,8	14,0	13,7	38,3	1,22
Z = -3	1061,7	1023,6	1029,3	971,5	2,00
Z = -2	1073,5	1037,6	1042,9	1009,7	3,22
Z = -1	1085,2	1051,5	1056,6	1048,0	4,44
Z = 1	1108,8	1079,5	1083,9	1124,5	6,88
Z = 2	1120,5	1093,5	1097,5	1162,7	8,10
Z = 3	1132,3	1107,5	1111,2	1201,0	9,32



2. ábra: K anyag szakítószilárdsága résztvevőnként

S jelű anyag körvizsgálati átlaga, szórása és Z értékhatairai

S jelű	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A ₈₀ [%]
X átlag	224	302	40,6
σ	21,1	17,6	1,3
Z = -3	160,3	249,4	36,8
Z = -2	181,5	267,1	38,0
Z = -1	202,6	284,7	39,3
Z = 1	244,9	320,0	41,8
Z = 2	266,0	337,6	43,1
Z = 3	287,1	355,2	44,4



3. ábra: S anyag szakítószilárdsága résztvevőnként

4.3.4 MÉRÉSI BIZONYTALANSÁG

A körvizsgálati eredményekhez tartozó mérési bizonytalanságot a CWA 15621-2: 2005 előírások alapján, az alábbi paraméterek figyelembe vételével határoztuk meg:

- egyedi mérési eredmények bizonytalansága: u_i
- (egy) laboratórium összes mérésének bizonytalansága: u_{rep}
- a körvizsgálat összes mérésének bizonytalansága: u_x

A körvizsgálatra jellemző, a laboratóriumi eredményekre meghatározott, $k=2$ értékkel kiterjesztett mérési bizonytalanság:

$$U = k \cdot \sqrt{u_i^2 + u_{rep}^2 + u_x^2} \quad (M1)$$

SAKÍTÓSZILÁRDSÁG - EGYEDI ÉRTÉKEK BIZONYTALANSÁGA

Feszültségi értékek bizonytalansága

$$\sigma = \frac{F}{S_0}, \quad \frac{\partial \sigma}{\partial F} = \frac{1}{S_0}, \quad \frac{\partial \sigma}{\partial S_0} = -\frac{F}{S_0^2},$$

$$u_F = \frac{0,01 \cdot F}{\sqrt{3}} \quad (M2)$$

$$u_{S_0} = \sqrt{\left(\frac{1}{S_0}\right)^2 \cdot u_F^2 + \left(-\frac{F}{S_0^2}\right)^2 \cdot u_{S_0}^2} \quad (M3)$$

Lapos próbatest keresztmetszet meghatározásának bizonytalansága

$$u_{S_0} = \sqrt{(b_0)^2 \cdot u_{a_0}^2 + (a_0)^2 \cdot u_{b_0}^2} \quad (M4)$$

Vastagság és szélességméréshez használt mérőeszközök bizonytalansága

$$u_{a_0} = \frac{0,005}{\sqrt{3}} = 0,00289,$$

$$u_{b_0} = \frac{0,005}{\sqrt{3}} = 0,00289 \quad (M5)$$

Százalékos nyúlás szakadás után A₈₀ - egyedi értékek bizonytalansága

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{L_0^2} \cdot u_{L_u}^2 + \left(-\frac{L_u}{L_0^2}\right)^2 \cdot u_{L_0}^2} \quad (M6)$$

Eredeti és szakadási jeltávolság mérésének bizonytalansága

$$u_{L_0} = \frac{0,005 \cdot L_0}{\sqrt{3}}, \quad u_{L_u} = \frac{0,005 \cdot L_u}{\sqrt{3}},$$

$$L_u = L_0 \cdot (0,01A+1) \quad (M7)$$

Körvizsgálatban mért értékek kiterjesztett mérési bizonytalansága

$$U = k \cdot \sqrt{u_i^2 + u_{rep}^2 + u_x^2},$$

ahol $u_i = u_{\sigma}$ illetve $u_i = u_A$ (M8)

Laboratóriumok közötti szórás figyelembe vétele

$$u_{rep} = t \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad u_{rep} = 1,14 \cdot \frac{s}{\sqrt{5}},$$

1,14 (5 mérés) 1,26 (4 mérés) (M9)
s : egy laboratórium méréseinek szórása
n : mérések száma

Körvizsgálat mérési bizonytalansága

$$u_x = \frac{1,25 \cdot \sigma}{\sqrt{p}} \quad (M10)$$

σ: összes mérés szórása
p: összes mérés száma

SZÁMÍTOTT MÉRÉSI BIZONYTALANSÁG ÉRTÉKEK

A körvizsgálat R_m értékeire meghatározott $\pm U$, a $k=2$ tényezővel kiterjesztett mérési bizonytalanság, MPa-ban és százalékban.

	R_m [MPa] átlag	R_m [MPa] szórás	$\pm U$ [MPa]	$\pm U$ [%]
1	1003	5,410	20,42	2,0
2	1090	17,723	27,44	2,5
3	1087	4,879	21,16	1,9
4	1089	18,163	27,70	2,5
5	1054	6,914	21,44	2,0
6	1095	5,805	21,48	2,0
7	1106	41,794	47,39	4,3
8	1043	23,690	31,44	3,0
9	1001	29,678	36,08	3,6
10	1086	15,906	26,22	2,4

A K típusú anyagok szakítószilárdság értékeinek mérési bizonytalansága

A körvizsgálat A_{80} értékeire meghatározott $\pm U$, a $k=2$ tényezővel kiterjesztett mérési bizonytalanság, nyúlás százalékban és százalékban.

	A_{80} [%] átlag	A_{80} [%] szórás	$\pm U$ [nyúlás %]	$\pm U$ [%]
1	42,6	0,989	1,13	2,7
2	41,6	0,803	0,96	2,3
3	40,8	0,758	0,93	2,3
4	40,3	1,173	1,30	3,2
5	40,8	0,776	0,94	2,3
6	38,7	0,908	1,06	2,7
7	41,2	0,782	0,95	2,3
8	38,6	0,794	1,12	2,9
9	40,2	0,837	0,99	2,5
10	39,6	0,735	0,91	2,3

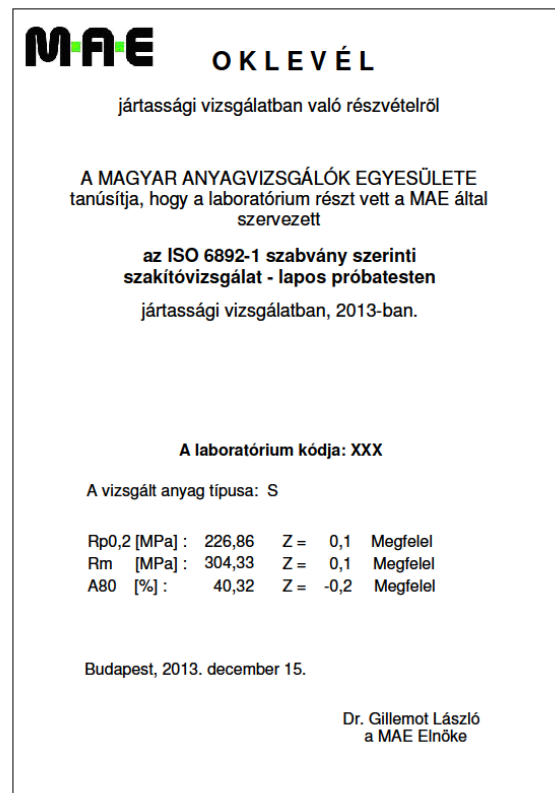
Az S típusú anyagok szakadási nyúlás értékeinek mérési bizonytalansága

5. TAPASZTALATOK

A visszaérkezett 10 eredménylap alapján elmondható, hogy a résztvevő laboratóriumok többsége technikailag jól felszerelt, döntő többségében kalibrált mérőeszközökkel rendelkezik.

A vékony lemezek vizsgálatánál a keresztmetszet meghatározásának hibája, néhány laboratóriumnál, nagymértékben befolyásolta a szilárdsági értékeket, így a rangsorolás Z értékét is.

A résztvevők oklevelet kaptak a körvizsgálati eredményeikről, anyag típusonként.



4. ábra: Oklevél a körvizsgálatban való részvétel igazolására

A résztvevők Z értékeinek ábrázolása anyag és vizsgálat típusonként

K	R _{p0,2}	R _{eH}	R _{eL}	R _m	A ₈₀
1	Grey	Red	Red	Yellow	Green
2	Green	Grey	Grey	Green	Green
3	Green	Green	Green	Green	Green
4	Green	Green	Green	Green	Green
5	Green	Green	Green	Green	Green
6	Green	Green	Green	Green	Green
7	Grey	Grey	Grey	Green	Green
8	Red	Grey	Grey	Green	Green
9	Red	Grey	Grey	Yellow	Green
10	Green	Grey	Grey	Green	Green

S	R _{p0,2}	R _m	A ₈₀
1	Grey	Green	Green
2	Green	Green	Green
3	Green	Green	Green
4	Green	Green	Green
5	Green	Green	Green
6	Green	Green	Green
7	Grey	Green	Green
8	Green	Green	Green
9	Yellow	Yellow	Green
10	Green	Green	Green

	$ Z \leq 2$		$2 < Z < 3$		$3 \leq Z $		Nem vizsgált
--	--------------	--	---------------	--	--------------	--	--------------

5. ábra A résztvevők Z értékei

6. KITEKINTÉS A NEMZETKÖZI KÖRVIZSGÁLATOKRA

Minden résztvevőben felmerülhet a kérdés, hogy „mennyit ér” a MAE körvizsgálati eredménye a nemzetközi körvizsgálatokhoz képest? Ennek eldöntéséhez a MAE által szervezett jártassági vizsgálatot összevetjük az általunk ismert körvizsgálatokkal és eredményükkel.

6.1 IFEP

Az Institut für Eignungspüfung GmbH (IfEP) 2013 évben szervezett szakító jártassági vizsgálatait az alábbiak jellemzik:

- 280 -330 Euro részvételi díj (+ 25 Euro postaköltség)
- homogén vizsgálati alapanyag
- 5-6 darab próbatest
- 30-50 résztvevő
- 5-10 hónap kiértékelési idő
- mérési bizonytalanság megadása

6.2 ASTM

Az ASTM által 2013-ban szervezett jártassági vizsgálat jellemzői:

- 673 USD részvételi díj (+ postaköltség)
- homogén alapanyag
- évenként két vizsgálati forduló
- szakítóvizsgálat, r és n érték meghatározás, HRB keménységmérés egy körvizsgálatban
- 40-60 résztvevő

- 5 hónap kiértékelési idő

6.3 MAE

A MAE szakító körvizsgálat 2013-ban:

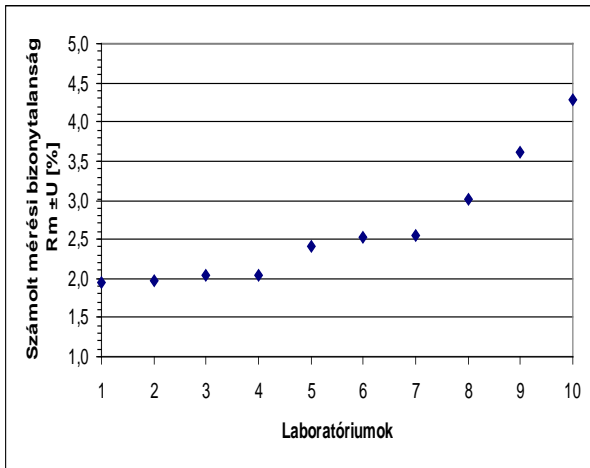
- kedvező részvételi díj (MAE tagok részére még kedvezményesebb)
- nagyobb inhomogenitású alapanyagok
- két mérési tartományt (~5 kN, ~20 kN) lefedő vizsgálat
- 10 résztvevő
- 1 hónap kiértékelési idő
- mérési bizonytalanság megadása

A fenti adatok helyett a számok összevetése ad igazán képet a körvizsgálatok „eredményéről”. A mérési bizonytalanságokat ábrázoltuk a MAE és az IfEP által megadott adatok segítségével (6-9. ábrák).

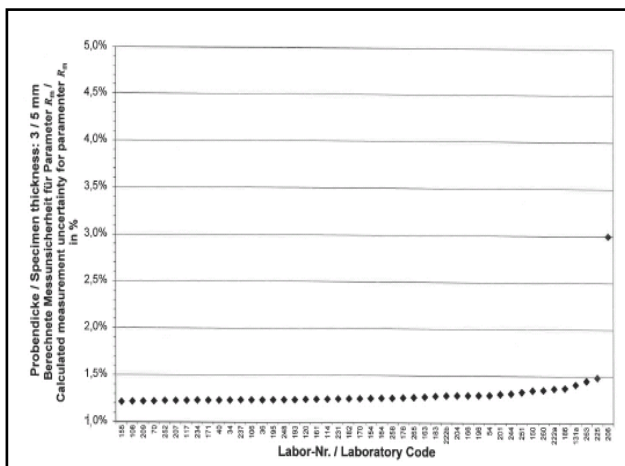
7. ÖSSZEFOGLALÉS

A körvizsgálatok és eredményeik összevetése után megállapítható, hogy a kevésbé homogén próbatest alapanyag és a negyed annyi résztvevő ellenére sincs szégyenkezni valónk. A MAE körvizsgálata, eredményei és kiértékelése nemzetközi színvonalú. A résztvevő laboratóriumok az akkreditálási auditoknál teljes biztonsággal hivatkozhatnak erre a körvizsgálatra, az akkreditálásra készülőknek pedig nagy segítséget nyújthat az akkreditálási rendszer elfogadtatásához.

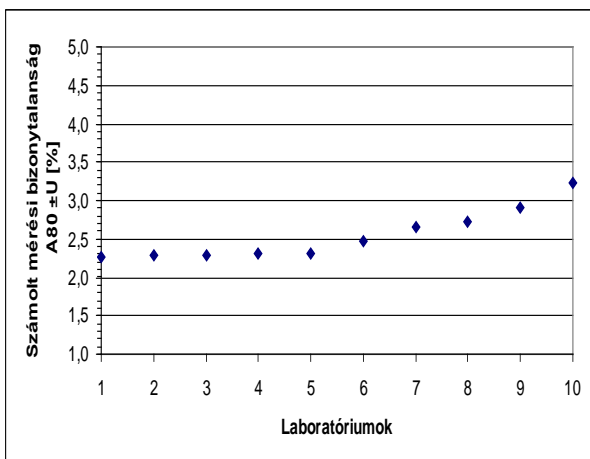
MÉRÉSI BIZONYTALANSÁGOK ÁBRÁZOLÁSA



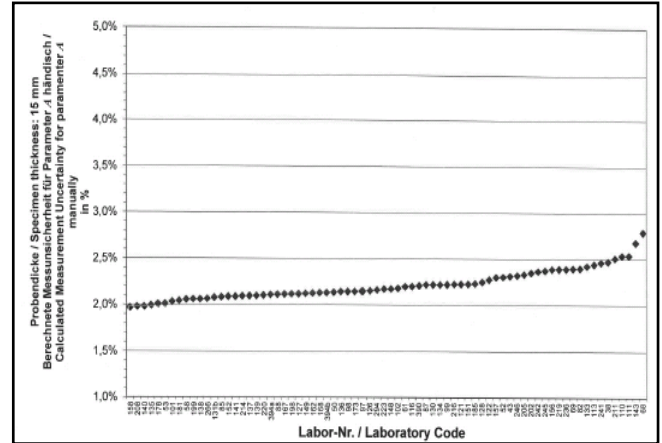
6. ábra MAE résztvevők számolt mérési bizonytalansága (Rm)



7. ábra IfeP résztvevők számolt mérési bizonytalansága (Rm)



8. ábra MAE résztvevők számolt mérési bizonytalansága (A)



9. ábra IfeP résztvevők számolt mérési bizonytalansága (A)

8. KÖSZÖNET

Az alábbi pontban felsoroljuk a körvizsgálat szervezésében és végrehajtásában tevékenykedő kollégákat: Jávor Zoltán, Kiss Balázs, Szabóné Simon Mária, Vainel Viktor (mindannyian az ISD DUNAFERR ZRt dolgozói). Ahogy mondani szokták, az ő munkájuk nélkül nem jött volna létre ez a jártassági

IRODALOM

- [1.] ISO 13528: 2005 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons
- [2.] ISO/IEC 17043: 2010 Conformity Assessment - General requirements for proficiency testing
- [3.] CWA 15621-2: 2005 (CEN WORKSHOP AGREEMENT) Measurement uncertainties in mechanical tests on metallic materials - Part 2: The evaluation of uncertainties in tensile testing
- [4.] ISO 6892-1:2009 Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at room temperature
- [5.] Institut für Eignungspüfung GmbH (IfeP): Proficiency Test. Tensile test steel. Flat test specimen. ISO 6892-1. 1210 – TTSF 2012. 23.01.2013
- [6.] ASTM INTERNATIONAL: Committee E28. Proficiency Testing Program. Mechanical Properties of Steel. MS1305. May 2013
- [7.] Prof. Dr. Závoti József : Helyzetmutatók, átlagok, kvantilisok. A szórás és szóródás egyéb mérőszámai.
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MSTE2/ch01s08.html
- [8.] Varga Szabolcs: Szóródási mérőszámok.
<http://www.scribd.com/doc/160463477/5-Szorodasi-meroszamok>