MELLÉKLETEK

M1-MELLÉKLET

GYÁRTÓESZKÖZÖK KORLÁTAI *1-15*

M2-MELLÉKLET

GÉPASZTAL MŰSZAKI LEÍRÁSA *1-8*

M3-MELLÉKLET

TECHNOLÓGIAI KORLÁTOK ELLENŐRZÉSE *1-15*

M4-MELLÉKLET

KÍSÉRLETI ÖSSZEÁLLÍTÁS (Tervmellékletben csatolva)

M5-MELLÉKLET

MŰSZEREK KALIBRÁLÁSA *1-6*

M6-MELLÉKLET

ANYAGVIZSGÁLAT *1-9*

M7-MELLÉKLET

TESZTSOROZATOK BEMUTATÁSA *1-23*

TERVMELLÉKLET

M1 - MELLÉKLET

GYÁRTÓ ESZKÖZÖK KORLÁTAI

Tartalomjegyzék:

1. Lemezvágógép 2
2. Sarokcsiszoló 2
3. Lemezhajlító gép 2
4. Csavarbehajtó 2
5. Ellenállás ponthegesztő berendezés 3
5.1. Optimális hegesztési paraméterek definiálása 4
5.1.1. Elektróda összeszorító erő mérése [F_{el}] 5
5.1.2. Hegesztési főidő beállítása [t_{el}] 6
5.1.3. Optimális hegesztési áramerősség beállítása [I] 6
5.1.3.1. Az 1,0 mm vastag lemezek nyíró-szakító vizsgálata eredményeinek értékelése 8
5.1.3.2. Az 1,2 mm vastag lemezek nyíró-szakító vizsgálata eredményeinek értékelése 10
5.1.3.3. Az 1,5 mm vastag lemezek nyíró-szakító vizsgálata eredményeinek értékelése 12
6. Hegesztő gépasztal 14

Tervek: (A melléklet végén csatolva)

V1 – VÁZLATRAJZ: ARO M302-A típusú ellenállás-ponthegesztő berendezés hegesztő ablakának műszaki paraméterei

E1 – GYÁRTÁSI TERV: Ponthegesztő elektróda gyártási terve egy ARO M302-A típusú ellenállás ponthegesztő berendezéshez

Jegyzőkönyvek:

Jelen jegyzőkönyv - példaképpen - a „HJK-B10-I7-01”; „HJK-B12-I7-01”; „HJK-B15-I9-01” számú jegyzőkönyveket mutatja be az elkészült 26 db-ból. A többi próbatest kísérleti jegyzőkönyve megtekinthető az **[1]** M1-mellékletének végén.

A tűzihorganyzott vékonylemezekből ellenállás-ponthegesztés technológiával kialakított szelementartó bakok elkészítéséhez és szereléséhez az **M1-1. táblázatban** felsorolt szerszámokra és szerszámgépekre van szükség.

S.sz.	Megnevezés	Típus	Leírás	Technológiai korlát
1	Lemezvágó gép	OL-3-1250	1500 mm hosszú vágóél	✓
2	Sarokcsiszoló	MAKITA 9565HZ1	115 mm vágótárcsás	✓
3	Lemezhajlítógép			✓
4	Ellenállás ponthegesztő berendezés	ARO M302-A		✓
5	Hegesztő pad	-	-	✓
6	Fúró és csavarozó gép	BOSCH PSR 14.4 V	75 mm szabad tokmány átmérő	✓
7	Pontozó	-	-	-
8	Kalapács	-	-	-

M1-1. táblázat A szelemenbakok elkészítéséhez szükséges eszközök összefoglalása

1. Lemezvágógép

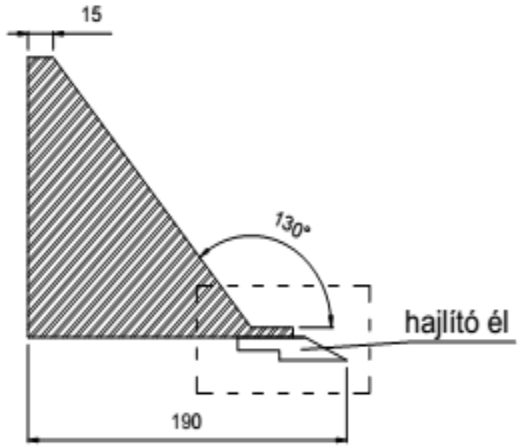
- az alkalmazott lemezvastagságok esetében (1,0; 1,2; 1,5 mm) 30 mm-nél keskenyebb lemezek vágását nem lehet [mm] pontossággal végre hajtani
- a vágóél hossza: 1500 mm

2. Sarokcsiszoló

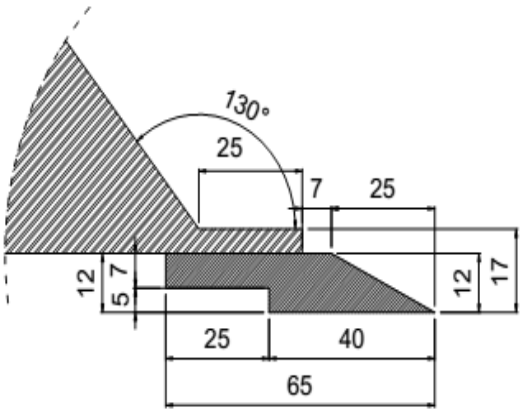
- legvékonyabb tárcsa: 115 x 1,0 mm (külső átmérő * korong vastagság). Forgácsolási szélesség: 1,5 mm

3. Lemezhajlító gép

A berendezés hajlítóélének geometriai paramétereit a **3.1 és 3.2 ábrák** illusztrálják.



3.1 ábra Lemezhajlító gép sematikus ábrája



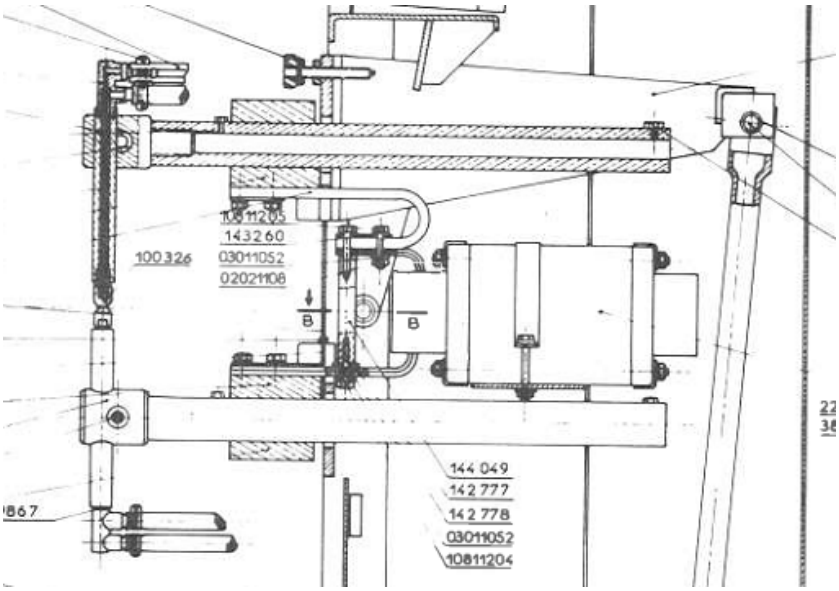
3.2 ábra Hajlítóél méretei

4. Csavarbehajtó

A Z-szelement önfúró csavarokkal rögzítjük a bak gerinclemezére. Az **MSZ EN 1993-1-3 Acélszerkezetek tervezése: Hidegen alakított vékonyfalú profilok és lemezek** által javasolt minimális csavartávolságokat be kell tartani. A szelemen a bak gerincére szerelhető kell legyen. A minimális csavartávolságok a 4,2 mm névleges átmérőjű LD6T önfúró csavar esetében **12,6 mm** ($e_{1,min}$ = 3 * d).

5. Ellenállás ponthegesztő berendezés

A bak kialakításának tervezésénél a hegesztőgép alkatrészei közül az alsó-felső elektródatartókból, ill. elektróda-befogókból álló ún. **mechanikai rész** műszaki paramétereit tekintettük mértékadónak. A mechanikai rész felépítését az **5.1 ábra** illusztrálja.



5.1 ábra Ellenállás hegesztő berendezés tervrajz részlete (Kép forrása: [**6**])

A baktípusok tervezésénél lényeges, hogy mekkora az ún. **szabad ablakmagasság (szh)**, azaz zárt állapotban mekkora a hegesztőcsúcsok és a felső elektródatartó közötti szabad távolság, illetve mekkora az ún. **szabad ablakszélesség (szk)** (géptest és elektródabefogók közötti szabad távolság).

Az ARO M302-A típusú ellenállás-ponthegesztő berendezés hegesztőablak műszaki paramétereit a „**V1”** jelű vázlatrajzon láthatjuk, melyet az **M1 melléklet** végén csatoltunk.

Továbbá hegesztési korlátot jelent, hogy ha az ellenállás ponthegesztett kötéskép kialakítására vonatkozó az **MSZ EN ISO 14273:2002 jelzetű szabvány** ajánlásait be kívánjuk tartani. A szabvány csavarkapcsolatokra vonatkozó ajánlásokhoz hasonlóan ebben az esetben is szél-, és közbenső távolságokat definiál, melyeket a hegesztendő lemezek vastagságainak függvényében határoz meg. Az ellenállás-ponthegesztett kapcsolatok szél-, és közbenső távolságait 1,00; 1,20 és 1,50 mm vastag lemezek esetére az **M1-2. táblázatban** foglaltuk össze.

s	Lemezvastagság	-	1 mm	1,2 mm	1,5 mm
d	Pontvarrat átmérője	5*(s)^0,5	5 mm	5,47 mm	6,12 mm
e1	Ponttávolság terheléssel párhuzamosan	3d	15 mm	16,43 mm	18,37 mm
e2	Ponttávolság terhelésre merőlegesen	3d	15 mm	16,43 mm	18,37 mm
e3	Széltávolság	2d	10 mm	10,95 mm	12,25 mm

M1-2. táblázat Nyírt, ellenállás hegesztett kapcsolatok minimális szél-, és közbenső távolságai az **MSZ EN ISO 14273:2002 szabvány** ajánlásai szerint

5.1. Optimális hegesztési paraméterek definiálása

2012. őszén kutatómunkát végeztem, melynek keretében vizsgáltam a tűzihorganyzott vékonylemezek ellenállás ponthegesztett kapcsolatait [**2**]. A munkám során meghatároztam azokat a hegesztési főparamétereket, mellyel olyan intakt felületű hegesztett varrat hozható létre úgy, hogy nyíró-szakító vizsgálat során a tönkremenetel a pontvarrat kigombolódással következik be. Azon hegesztési paraméterkombinációt, melynél kellően magas nyíró-szakító teherbírás mellett a pontvarrat felületén a tűzihorganyréteg intakt marad, továbbá nyíró-szakító kísérletet végezve a tönkremenetel a varrat kigombolódásával megy végbe, **optimális hegesztési paraméterkombinációnak**, a paramétereket **optimális hegesztési paramétereknek** nevezem.

Az optimális hegesztési paramétereket a **M1-3. táblázatban** foglaltam össze. **I** = hegesztési áramerősség, **t** = áramfolyás ideje, $\mathbf{F_{el}}$ = elektróda összeszorító erő.

Lemez vtg.	**I**	**t**	$\mathbf{F_{el}}$
[mm]	**[kA]**	**[per]**	**[bar]**
1,00	10,5*	14*	2*
1,20			
1,50	12*	14*	2*

M1-3. táblázat Hegesztési fő paraméterek

*2012.-ben végzett mérés alapján **[2]** 3. alfejezet (20. o)

5.1 kép ARO M302-A típusú ellenállás hegesztő berendezés

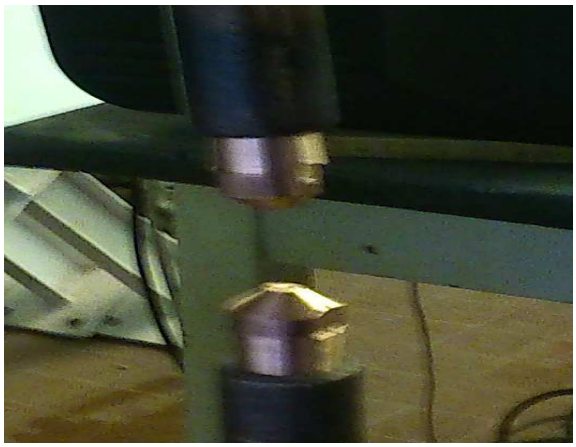
Ezen hegesztési paraméterek beállításához megtanultuk az EL laboratóriumban álló ARO M302-A típusú hegesztő berendezés kezelését. A gép közel 40 éves, kezelési útmutatót nem találtunk hozzá. A gép fotóját az **5.1 képen** láthatjuk. A berendezés egy mechanikus hegesztőgép. Az összeszorító erőt egy mechanikus kar segítségével fejtjük ki.

A gép a hegesztési áramerősség (**I**) beállítására 9 beállítási lehetőséget kínál fel. A beállításokhoz tartozó áramerősségeket nem lehetett tudni a kezelési kézikönyv hiányában, ezért az optimális hegesztési paraméterek beállításához megvizsgáltuk a hegesztő berendezés teljesítményét.

5.1.1. Elektróda összeszorító erő mérése [F_{el}]

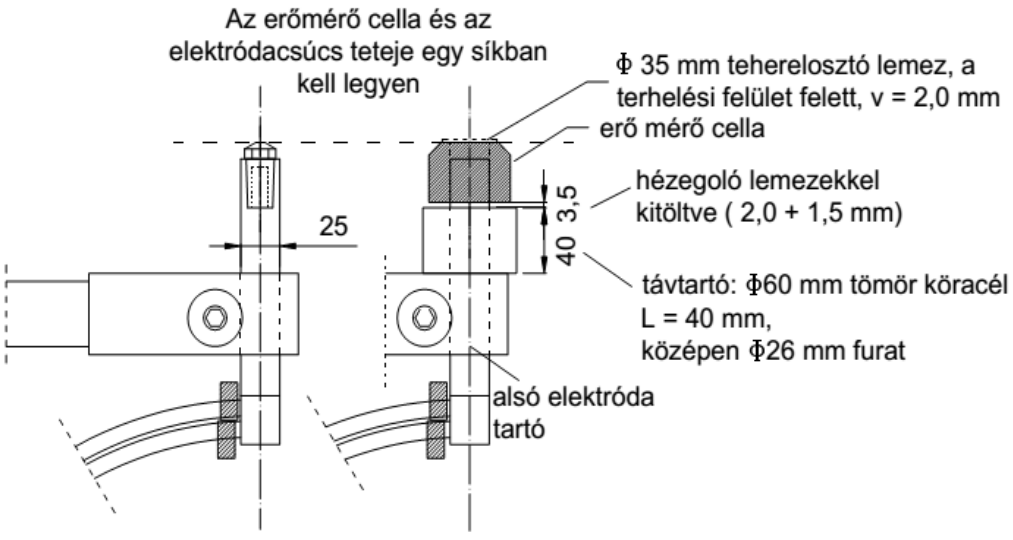
Az összeszorító erőt az alsó elektródacsúcs felületére vonatkoztatjuk, melynek átmérője 1,0 mm vastag lemezek esetében 5,0 mm volt (d = 5 * $\sqrt{s}$, ahol s = hegesztendő lemezek közül a vékonyabbik lemez vastagsága **[1]**). Ilyen felületű elektródák nem álltak rendelkezésre. Ezért elkészítettük a hegesztő elektróda gyártási tervét (**E1)**, melyet az **M1-melléklet** végén csatoltunk. Az elektródákat az **5.2 képen** láthatjuk.

Az összeszorító erőt 2,0 kN-ban határoztuk meg. Az összeszorító erő mérését egy erőmérő cella segítségével végeztük, a mérési összeállítást az **5.3 képen** láthatjuk. A kísérlettervezésnél ügyelni kellett arra, hogy a mérő cella felső síkja a tervezett alsó elektródasíkkal essen egybe. Mivel az alsó elektródabefogó leeresztésére nem volt lehetőség, ezért szükség volt egy távtartó elem elkészítésére is. A mérési összeállítás vázlatrajzát az **5.2 ábra** illusztrálja.



5.2 kép Új, egyedileg gyártatott réz elektródák

5.3 kép Elektróda összeszorító erő mérése - mérési összeállítás



5.2 ábra A mérési összeállítás vázlatrajza

A **5.1 képen** látható erőkar szárán egy rugós állítócsavar segítségével lehetett az összeszorító erő értékét szabályozni. A csavart a 2,0 kN-os erőhöz állítottuk és megjelöltük a pontos helyét a menetes száron.

5.1.2. Hegesztési főidő beállítása [t_{el}]

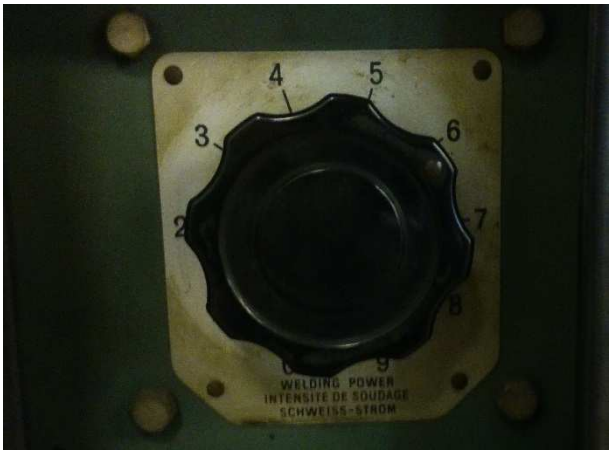
5.4 kép Az áramfolyás idejének beállítására szolgáló gomb

A hegesztési főidőt a gépen egy beállító gombbal lehetett szabályozni. A beállító gombot az **5.4 képen** láthatjuk.

A gépen a hegesztési főidőt másodpercben lehet beállítani, a frekvencia 50 Hz volt, így 14 periódus a gépen megfelel:

14 / 50 = 0,28 sec-nak.

5.1.3. Optimális hegesztési áramerősség beállítása [I]

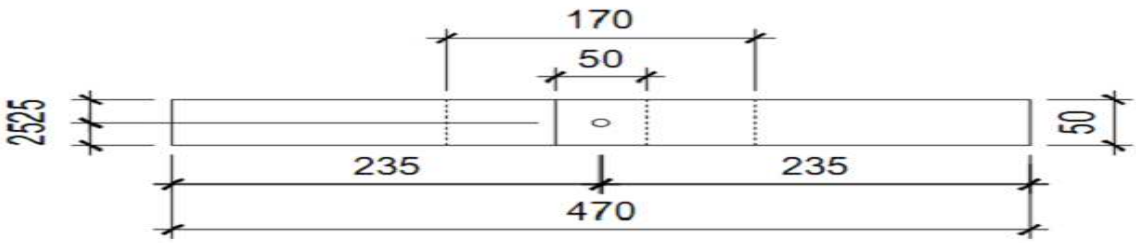


5.5 kép Lehetséges áramerősség beállítások (I1-I9)

A hegesztési áramerősség közvetlen mérésére nem volt lehetőségünk, mivel nem állt rendelkezésünkre 10-15 kA mérésére alkalmas mérőműszer. A hegesztési főidőt, illetve az elektróda erőt fixen tartva egy pontvarratos próbatesteket hegesztettünk, melyeket **nyíró-szakító vizsgálatnak** vetettünk alá. A kapcsolatok teherbírását korábbi mérési eredményeinkkel összehasonlítottuk (**[2]**), miközben vizsgáltuk a lehetséges árambeállítások mellett készített pontvarratok felületét. A hegesztőgépen lehetséges áramerősség beállításokat az **5.5 képen** láthatjuk.

Az eredmények értékelése után ajánlást tettünk az optimális hegesztési áramerősség-beállításra 1,00; 1,20 és 1,50 mm vastag tűzihorganyzott lemezek ellenállás-ponthegesztése esetén.

A próbatesteket azonos lemezvastagságú lemezekből alakítottuk ki. Ezeket **alkotó lemezeknek** nevezzük a továbbiakban. A lemezek vastagsága 1,0, 1,2 ill. 1,5 mm volt. A próbatesteket az **MSZ EN ISO 14270:2002** szabvány ajánlásainak megfelelően alakítottuk ki. Az alkalmazott próbatest kialakítását az **5.3 ábra illusztrálja**. A felvett méreteket a szállított lemezméretek indokolták. (A próbatest ellenőrzését korábbi kutatási munkánk során végeztük el (ld. **[2]** 2. melléklet).)



5.3 ábra Szabványos egy pontvarratos próbatest (**MSZ EN ISO 14270:2002)**

Lemezvastagságonként 9-9 próbatestet készítettünk. A nyíró-szakító vizsgálatot egy ZWICK Z ROLL 400-as típusú szakító berendezéssel végeztük. A szakítógépet a **5.6 és 5.7 kép** illusztrálja.

5.6 kép ZWICK Z400 szakító gép

5.17 kép Próbatest befogása egy **ZWICK ROLL Z400** szakítógépbe

Elmozdulás vezérelt terhelést alkalmaztunk; a terhelés sebessége 3 mm/perc volt. A nyúlás mérést a gép beépített pofaelmozdulást mérő műszerével mértük, így az elmozdulások valójában a befogási hosszon (180 mm) mért, nem valódi elmozdulások, melyek tartalmazzák az alkotólemezek alakváltozását.

A próbatest nyíró-szakító kísérlet során mutatott viselkedését az **5.8-5.10 képeken** láthatjuk.

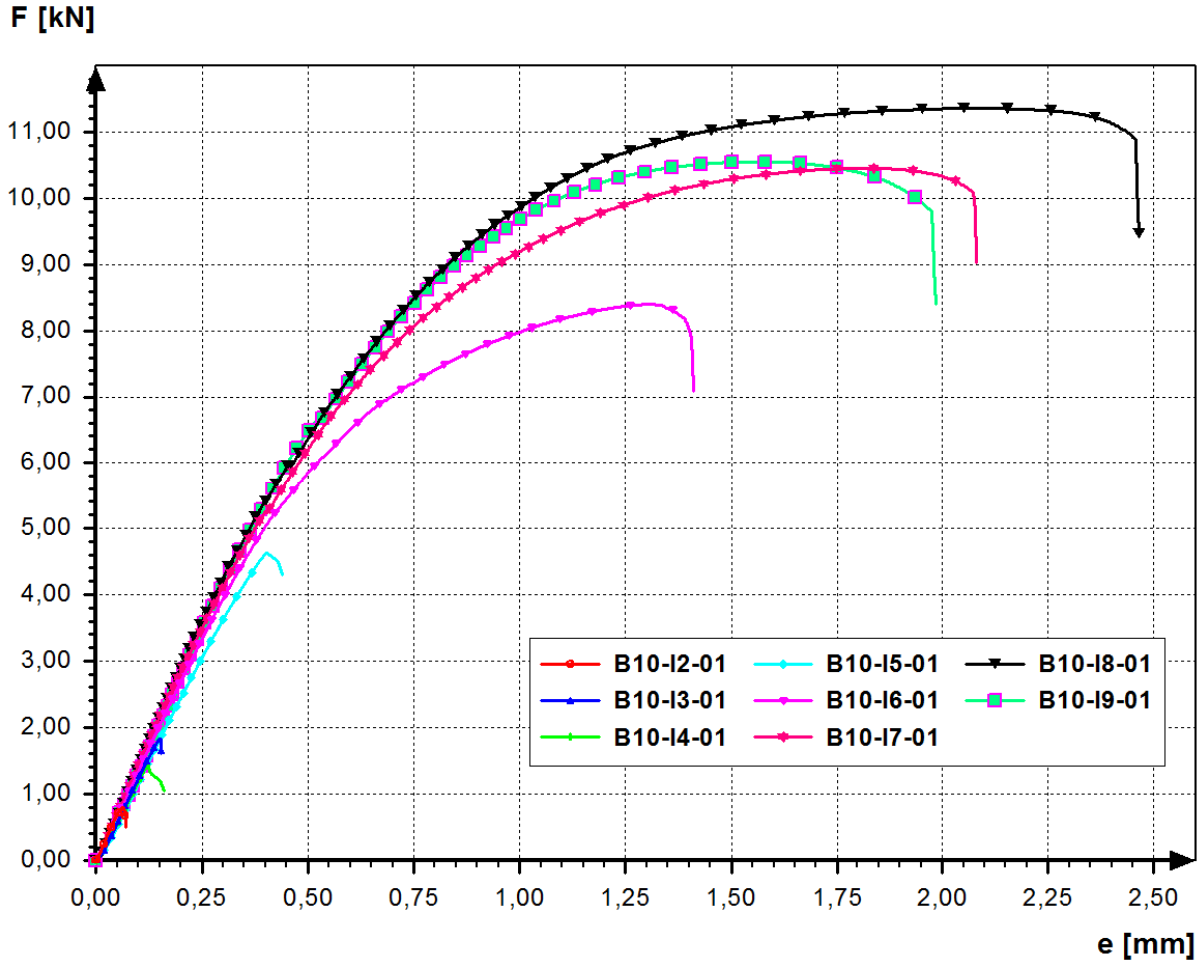
5.8 kép Próbatest a terhelés elején

5.9 kép Kapcsolat befordulása erő irányba

5.10 kép Pontvarrat kigombolódása

5.1.3.1. Az 1,0 mm vastag lemezek nyíró-szakító vizsgálata eredményeinek értékelése

A különböző árambeállításokhoz tartozó erő-elmozdulás grafikonokat az **5.4 ábrán** láthatjuk.



5.4 ábra Különböző áramerősségek mellett, 1,0 mm vastag lemezekből ellenállás-ponthegesztés technológiával kialakított egy pontvarratos kapcsolatok nyíró-szakító jelleggörbéi

A különböző árambeállításokkal (I1-I9) hegesztett kapcsolatok teherbírását az **M1.-4. táblázat** foglalja össze.

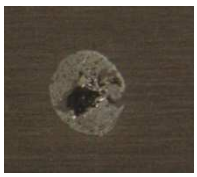
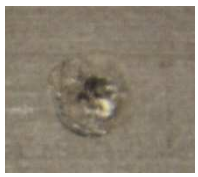
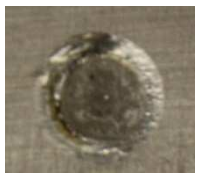
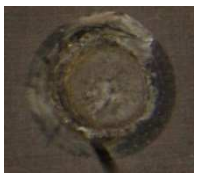
Áram beállítás	I	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Teherbírás	[kN]	-	0,79 kN	1,83 kN	1,47 kN	4,62 kN	8,40 kN	10,46 kN	11,36 kN	10,56 kN
Jegyzőkönyv oldalszáma		1	2	3	4	5	6	7	8	9

M1-3. táblázat Egy pontvarratos kapcsolatok nyíró-szakító teherbírása

A releváns kísérleti eredményeket sárga színnel emeltük ki. A többi esetben a pontvarrat olyan gyenge volt, hogy az alkotó lemezek azelőtt szétszakadtak, mielőtt a tesztelemet a szakítógépbe fogtuk volna.

A kísérletek jegyzőkönyvei az **[1]** M1-mellékletének végén találhatóak. Az összes jegyzőkönyv bemutatására ebben a műben terjedelmi korlátok miatt nem volt lehetőségünk. Példaképpen bemutatjuk a **B10-I7-01** azonosítójú tesztelem jegyzőkönyvét, melyet az **M1-melléklet** végén csatoltunk.

A különböző árambeállításokhoz tartozó pontvarrat-felületeket a következő oldalon látható **M1-5. táblázat** foglalja össze.

Áramerősség - beállítás	Felső elektróda alatt	Alsó elektróda felett	**Áramerősség - beállítás**	Felső elektróda alatt	Alsó elektróda felett
I1					
I2			**I3**		
I4			**I5**		
I6			**I7**		
I8			**I9**		

M1-4. táblázat Pontvarratok felülete közvetlenül a hegesztés után (1,0 mm x 1,0 mm)

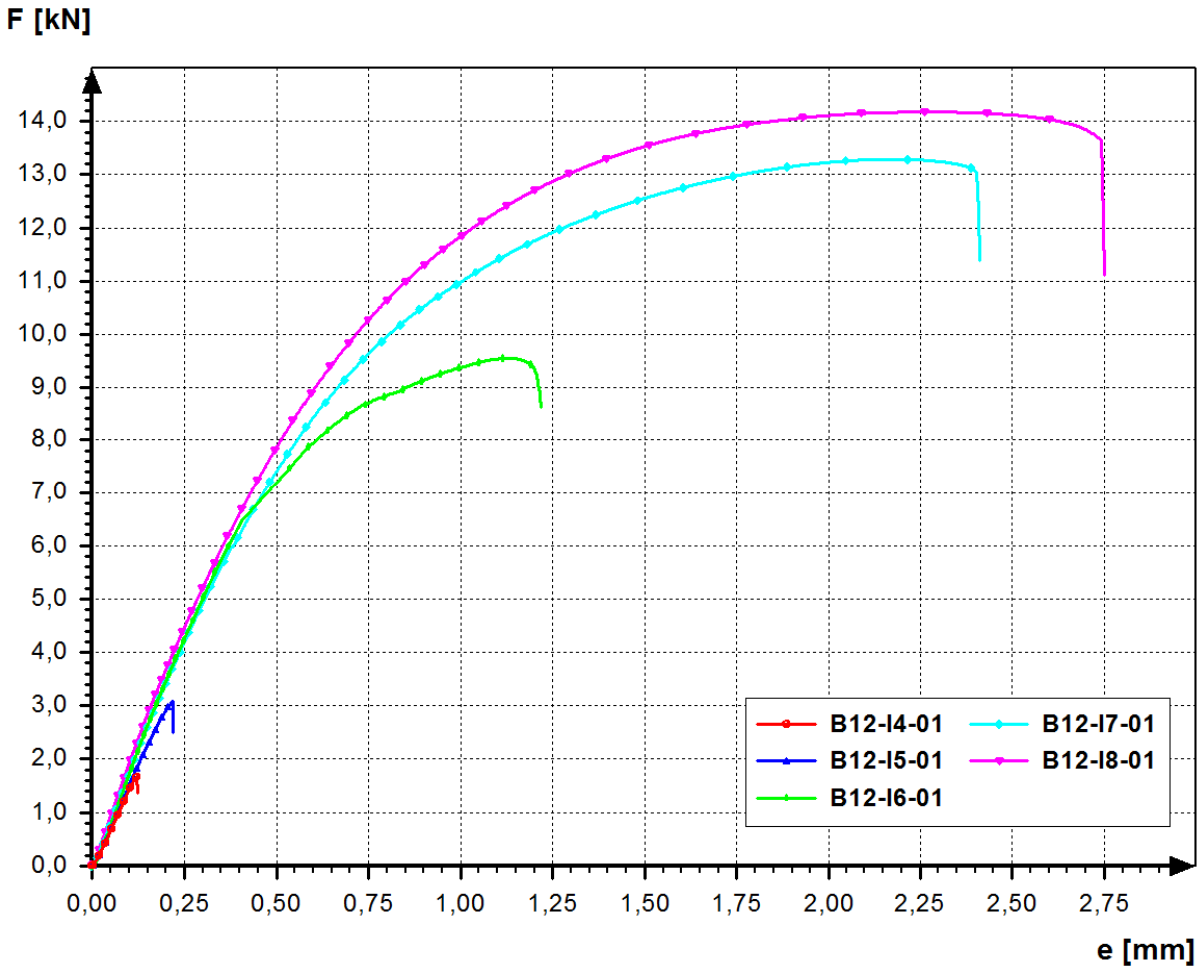
Optimális mechanikai tulajdonságú kapcsolat esetén jelentkező ún. kigombolódásos tönkremenetelt csak az I7, I8 és I9 áramerősség beállítások esetében tapasztaltunk. Ezek közül a pontvarrat felületén a **tűzihorgany bevonat az I7 beállítás esetén maradt intakt**. Az I8-nál részlegesen, az I9-nél teljesen beötvöződött a réz elektróda, melyet a pontvarrat felületének sárgás elszíneződése jelzett. Ezek esetében a hegesztést fröcskölés kísérte, melyet a szakirodalomban szintén a rossz hegesztési paraméterekkel készített pontvarratok jellemzőiként tartanak számon (**[3]** 3.34. táblázat, 97. old.). Felületvédelemmel ellátott lemezek esetén fontos szempont a hegesztett kötés felületén lévő bevonat intaktsága, ezért tapasztalataink szerint az I7 beállítással lehet optimális mechanikai tulajdonságú pontvarratot készíteni.

Az ARO M302-A típusú ellenállás-ponthegesztő berendezésnél, 1,0-1,0 mm vastag tűzihorganyzott lemezekből álló munkadarabok hegesztéséhez az alábbi hegesztési munkarendet javasoljuk:

Fő hegesztési paraméterek		**Mellékhegesztési paraméterek**	
hegesztési főidő:	t = 0,28 sec (14 per)	elektróda anyag:	vörösréz
elektr. összeszorító erő:	F_{el} = 2,0 kN	elektródacsúcs átmérője:	5,0 mm
áram-beállítás:	7-es beállítás	elektróda típusa:	sapka elektróda

5.1.3.2. Az 1,2 mm vastag lemezek nyíró-szakító vizsgálata eredményeinek értékelése

A különböző árambeállításokhoz tartozó erő-elmozdulás grafikonokat az **5.5 ábrán** láthatjuk.



5.5 ábra Egy pontvarratos kapcsolatok nyíró-szakító jelleggörbéi

A különböző árambeállításokkal (I1-I8) hegesztett kapcsolatok teherbírását az **M1.-5. táblázat** foglalja össze.

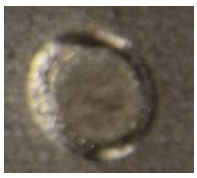
Áram beállítás	I	1	2	3	4	5	6	7	8
Teherbírás	[kN]	-	-	-	1,67	3,08	9,55	13,29	14,18
Jegyzőkönyv oldalszáma		10	11	12	13	14	15	16	17

M1-5. táblázat Egy pontvarratos kapcsolatok nyíró-szakító teherbírása

A releváns kísérleti eredményeket sárga színnel emeltük ki. A többi esetben a pontvarrat olyan gyenge volt, hogy az alkotó lemezek azelőtt szétszakadtak, mielőtt a tesztelemet a szakítógépbe fogtuk volna.

A kísérletek jegyzőkönyvei az **[1]** M1-mellékletének végén találhatóak. Az összes jegyzőkönyv bemutatására ebben a műben terjedelmi korlátok miatt nem volt lehetőségünk. Példaképpen bemutatjuk a **B12-I7-01** azonosítójú tesztelem jegyzőkönyvét, melyet az **M1-melléklet** végén csatoltunk.

A különböző árambeállításokhoz tartozó pontvarrat-felületeket a következő oldalon látható **M1-6. táblázat** foglalja össze.

Áramerősség - beállítás	Felső elektróda alatt	Alsó elektróda felett	**Áramerősség - beállítás**	Felső elektróda alatt	Alsó elektróda felett
I1					
I2			**I3**		
I4			**I5**		
I6			**I7**		
I8			**I9**		

M1-6. táblázat Pontvarratok felülete közvetlenül a hegesztés után (1,2 mm x 1,2 mm)

Kigombolódásos tönkremenetelt csak az I7, I8, I9 áramerősség beállítások esetében tapasztaltunk. Ezek közül a pontvarrat felületén a **tűzihorgany bevonat az I7 beállítás esetén maradt intakt**. Az I8-nál már láthatóak az elektróda beötvöződés jelei. A varrat felületének elszíneződése az I9-nél még erősebben jelentkezik, amint azt az **M1-6. táblázat** 5. sorának 5.,6. cellájában láthatjuk. Továbbá az utóbbi két esetben a hegesztést fröcskölés kísérte.

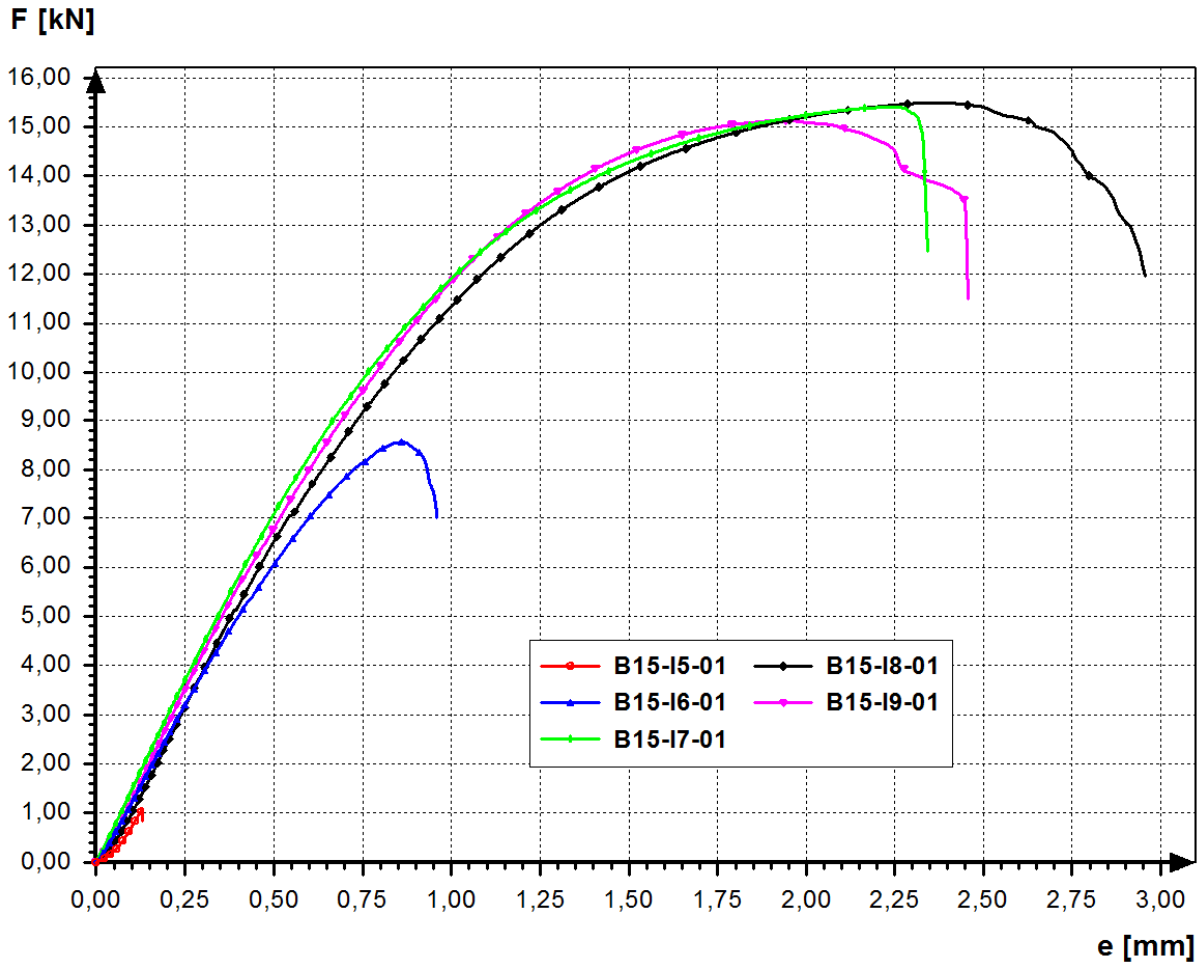
Bár az I8 beállítással magasabb teherbírású varratot készítettünk, olyan esetekben, amikor a hegesztett kapcsolat kialakításánál fontos szempont, hogy a tűzihorgany réteg épségben maradjon, úgy tapasztaltuk, hogy az I7 beállítással lehet optimális mechanikai tulajdonságú pontvarratot készíteni.

Az ARO M302-A típusú ellenállás-ponthegesztő berendezésnél, 1,2-1,2 mm vastag tűzihorganyzott lemezekből álló munkadarabok hegesztéséhez az alábbi hegesztési munkarendet javasoljuk:

Fő hegesztési paraméterek		**Mellékhegesztési paraméterek**	
hegesztési főidő:	t = 0,28 sec (14 per)	elektróda anyag:	vörösréz
elektr. összeszorító erő:	F_{el} = 2,0 kN	elektródacsúcs átmérője:	5,0 mm
áram-beállítás:	7-es beállítás	elektróda típusa:	sapka elektróda

5.1.3.3. Az 1,5 mm vastag lemezek nyíró-szakító vizsgálata eredményeinek értékelése

A különböző árambeállításokhoz tartozó erő-elmozdulás grafikonokat az **5.6 ábrán** láthatjuk.



5.6 ábra Egy pontvarratos kapcsolatok nyíró-szakító jelleggörbéi (1,5 mm x 1,5 mm)

A különböző árambeállításokkal (I1-I9) hegesztett kapcsolatok teherbírását az **M1.-7. táblázat** foglalja össze.

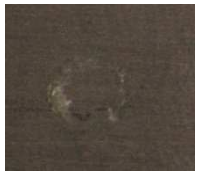
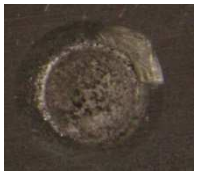
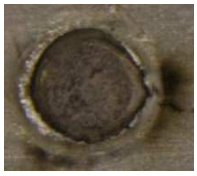
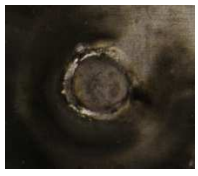
Áram beállítás	**I**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Teherbírás	**[kN]**	-	-	-	-	**1,07**	**8,56**	**15,40**	**15,49**	**15,12**
Jegyzőkönyv oldalszáma		18	19	20	21	22	23	24	25	26

M1-7. táblázat Egy pontvarratos kapcsolatok nyíró-szakító teherbírása

A releváns kísérleti eredményeket sárga színnel emeltük ki. A többi esetben a pontvarrat olyan gyenge volt, hogy az alkotó lemezek azelőtt szétszakadtak, mielőtt a tesztelemet a szakítógépbe fogtuk volna.

A kísérletek jegyzőkönyvei az **[1]** M1-mellékletének végén találhatóak. Az összes jegyzőkönyv bemutatására ebben a műben terjedelmi korlátok miatt nem volt lehetőségünk. Példaképpen bemutatjuk a **B15-I9-01** azonosítójú tesztelem jegyzőkönyvét, melyet az **M1-melléklet** végén csatoltunk.

A különböző árambeállításokhoz tartozó pontvarrat-felületeket a következő oldalon látható **M1-8. táblázat** foglalja össze.

Áramerősség - beállítás	Felső elektróda alatt	Alsó elektróda felett	**Áramerősség - beállítás**	Felső elektróda alatt	Alsó elektróda felett
I1					
I2			**I3**		
I4			**I5**		
I6			**I7**		
I8			**I9**		

M1-8. táblázat Pontvarratok felülete közvetlenül a hegesztés után (1,5 mm x 1,5 mm)

Kigombolódásos tönkremenetelt csak az I7 áramerősség beállítás esetében tapasztaltunk. Az **M1-8. táblázat** 6. sorában lévő képeken láthatjuk, hogy az I8 és I9 árambeállítások esetében a tűzihorgany réteg teljesen elég a pontvarrat felületéről. Továbbá az utóbbi két esetben a hegesztést fröcskölés és szikrázás kísérte. Az utóbbi két esetben az I9 esetében a hegesztési lencse kitöredezett. A vonatkozó jegyzőkönyvoldalak (ld. **HJK-B15-I9-01**, (26. old.), 2. kép) képein jól megfigyelhető a munkadarabok közötti fröcskölés jelensége.

Az I8 beállítással nem érhető el jelentős teherbírás növekedés. Olyan esetekben, amikor a hegesztett kapcsolat kialakításánál fontos szempont, hogy a tűzihorgany réteg épségben maradjon, tapasztalataink szerint az I7 beállítással lehet optimális mechanikai tulajdonságú pontvarratot készíteni. Az ARO M302-A típusú ellenállás-ponthegesztő berendezésnél, 1,5-1,5 mm vastag tűzihorganyzott lemezekből álló munkadarbok hegesztéséhez az alábbi hegesztési munkarendet javasoljuk:

Fő hegesztési paraméterek		**Mellékhegesztési paraméterek**	
hegesztési főidő:	t = 0,28 sec (14 per)	elektróda anyag:	vörösréz
elektr. összeszorító erő:	F_{el} = 2,0 kN	elektródacsúcs átmérője:	5,0 mm
áram-beállítás:	7-es beállítás	elektróda típusa:	sapka elektróda

6. Hegesztő gépasztal

A szükséges lemezmennyiség valamint a hegesztés minimalizálásának igénye miatt a pontvarratokból álló **kötésképet** kis területű, nehezen hozzá férhető felületen kell elkészíteni, miközben a gyártó eszközök, szabványok valamint szakirodalom által támasztott ún. **technológiai korlátokat** betartjuk. A hegesztéshez rendelkezésre álló hely - továbbiakban **hegeszthető zóna (HHZ)** - általában kicsi.

A pontvarratokból és széltávolságaikból álló kötésképet +/- 1mm pontossággal kell elkészíteni.

Ezt a tűrést **5.1 képen** bemutatott ARO M302-A típusú hegesztő berendezéssel nem tudtuk tartósan betartani. Ha a hegesztendő lemezeket az alsó, fix elektródacsúcsra illesztjük, majd mechanikus kar révén a felső elektródatartót zárjuk az alsóra, akkor a hegesztendő lemezek eltakarják az alsó elektródát, így nem látjuk, hol készül a pontvarrat.

Továbbá két kézzel illesztjük a lemezt, miközben az egyik lábunkat kb 20 cm-re emeljük, hogy a karra rá tudjunk lépni. Ez több varrat elkészítésénél már egyensúlyvesztéshez vezet, ami tovább rontja a kötéskép pontosságát.

Ilyen technológiai körülmények között készített kötéskép pontosság jellemzően 5-10 mm-es pontatlanságot okozott, ezért szükség volt egy olyan fix, stabil, sík és az alsó elektródacsúcs vízszintes síkjába állítható felület létrehozására, melyet a géptestre lehet rögzíteni anélkül, hogy a géptestet meg kelljen bontani. Ezt a berendezést **gépasztalnak** neveztük el, melynek gyártási tervét a **P01** rajzjelű műszaki terven láthatjuk. A gyártási tervet a **Tervmellékletben** csatoltuk.

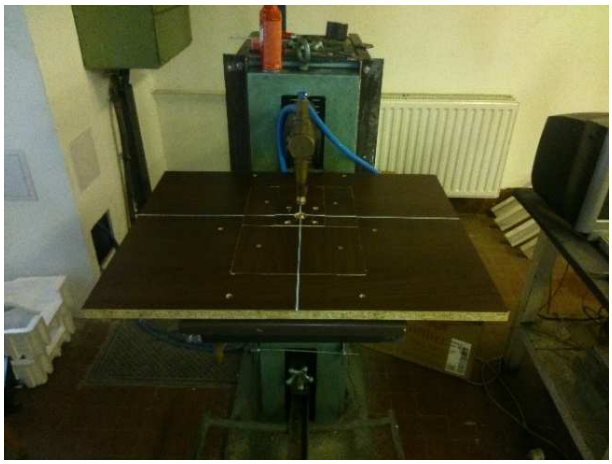
Az ARO M302-A típusú mechanikus ellenállás hegesztő berendezést és a hozzá készített gépasztalt a **6.1**, ill. **6.2 képeken** láthatjuk.

6.1 kép Az ARO M302-A típusú hegesztő berendezés

6.2 kép Állítható gépasztal egy ARO M302-A típusú hegesztő berendezéshez

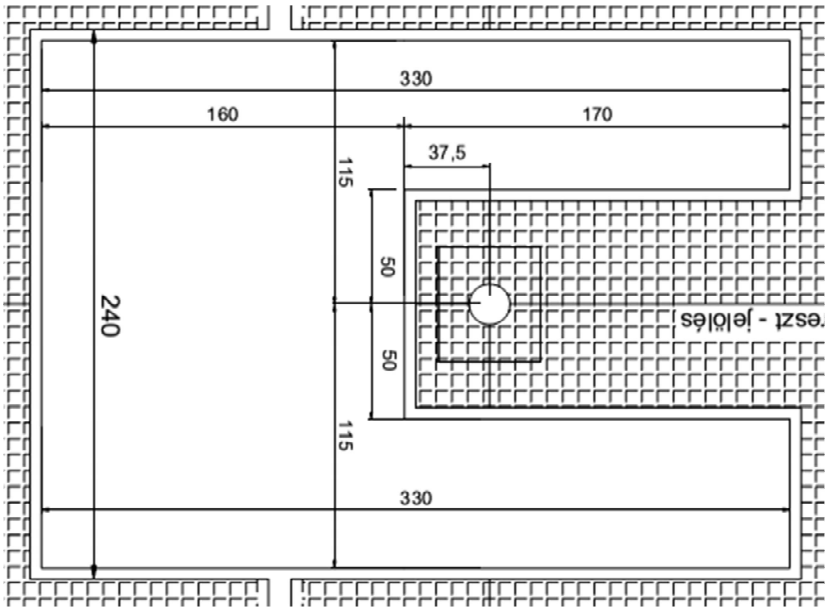
A gépasztal felépítésével, illetve annak tervezésével az **M2-mellékletben** foglalkoztunk részletesebben. Ebben az alfejezetben most csak az általa támasztott technológiai korlátokat foglaljuk össze röviden.

A gépasztal munkalapjának középső elemei kivehetőek, hogy bonyolultabb kialakítású elemeket is lehessen vele hegeszteni. A gépasztal munkalapjának elemeit a **6.3**, ill. **6.4 képek** illusztrálják.



6.3 kép Munkalap teljes felülete, középen szálkereszttel a [mm] pontosságú pozícionáláshoz

6.4 kép A munkalap középső elemei kivehetőek



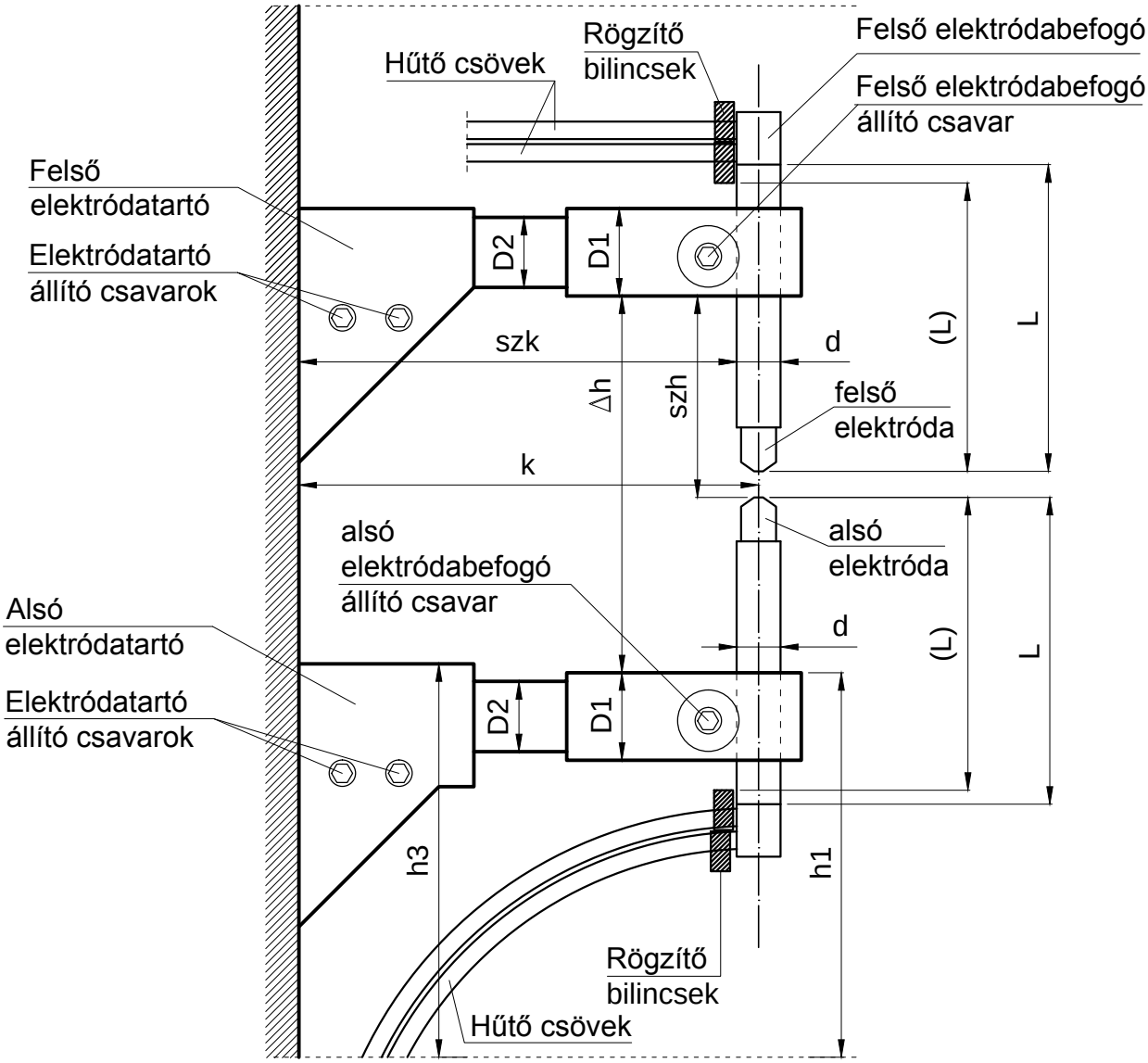
6.1 ábra A gépasztal munkalapjának fontosabb méretei

A munkalap méreteiből adódó technológiai korlátokat a **6.1 ábrán** mutatjuk be. (A munkalap részletterve a **P02** jelű gyártási terven látható, melyet a Tervmellékletben csatoltunk.)

Ezen méretek betartása mellett kell a szelementartó bak hegesztett kapcsolatait kialakítani. Az ellenőrzés folyamatát a **3.1-3.4 ábrákon** keresztül mutattuk be a **Tanulmány 3. fejezetében** (19. old).

V1 - VÁZLATRAJZ

ARO M302-A típusú ellenállás-ponthegesztő berendezés hegesztő ablakának műszaki paraméterei

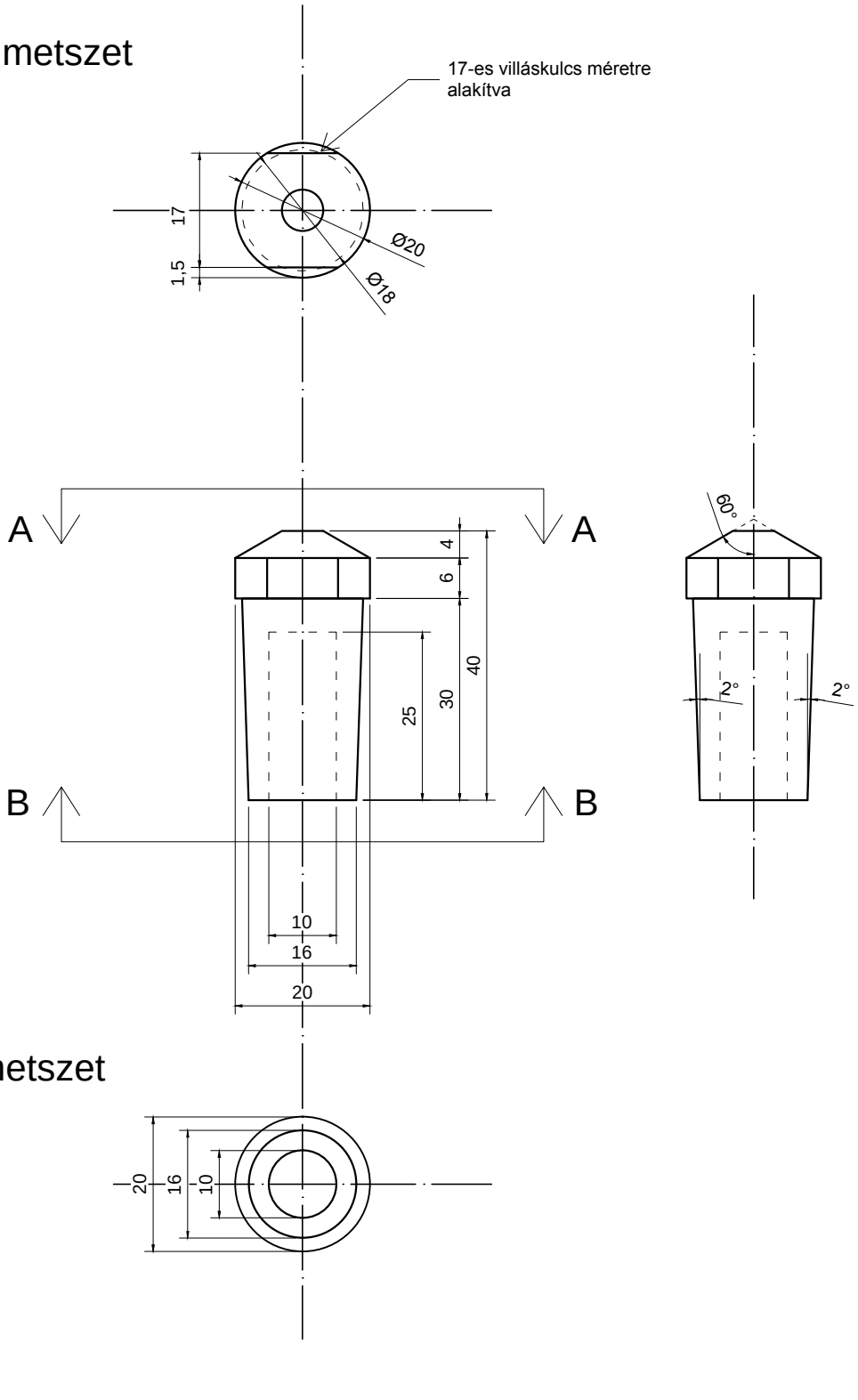


Jel	Elnevezés	Érték	m.e.
d	elektróda befogó átmérője	25	mm
D1	elektródatartó külső átmérője	50	
D2	elektróda tartó belső átmérője	40	
h1	alsó elektródatartó külső távolsága a talajtól	960	
h3	alsó elektródatartó belső távolsága a talajtól	970	
dh	elektródatartók távolsága	215	
L	névleges elektródabefogó állítási hossz	150	
(L)	tényleges elektródabefogó állítási hossz	145	
k	elektródatartó kinyúlási hossz	262,5	
szk	szabad ablakszélesseég	250	
szh	szabad ablak magasság	115	

E1 - GYÁRTÁSI TERV
Ponthegesztő elektróda gyartási terve egy ARO-M302-A típusú ellenállás ponthegesztő berendezéshez (EL)

Készül: 2 db

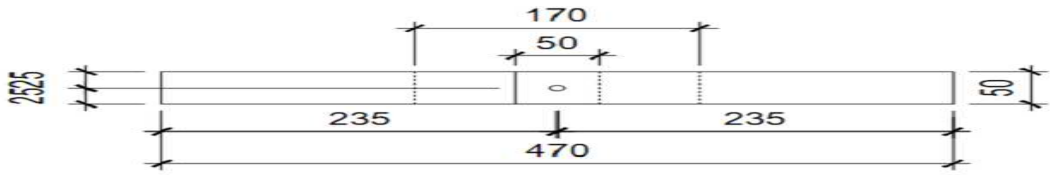
A-A metszet



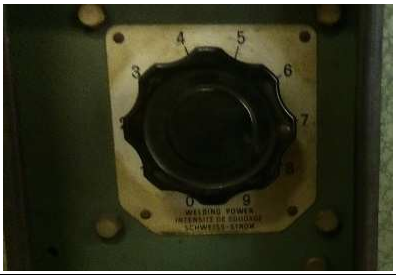
B-B metszet

MŰEGYETEM 1782	**Hegesztő gép beállítása**	Jegyzőkönyv száma
	Nyíró-szakító vizsgálati jegyzőkönyv	**HJK-B10-I7-01**

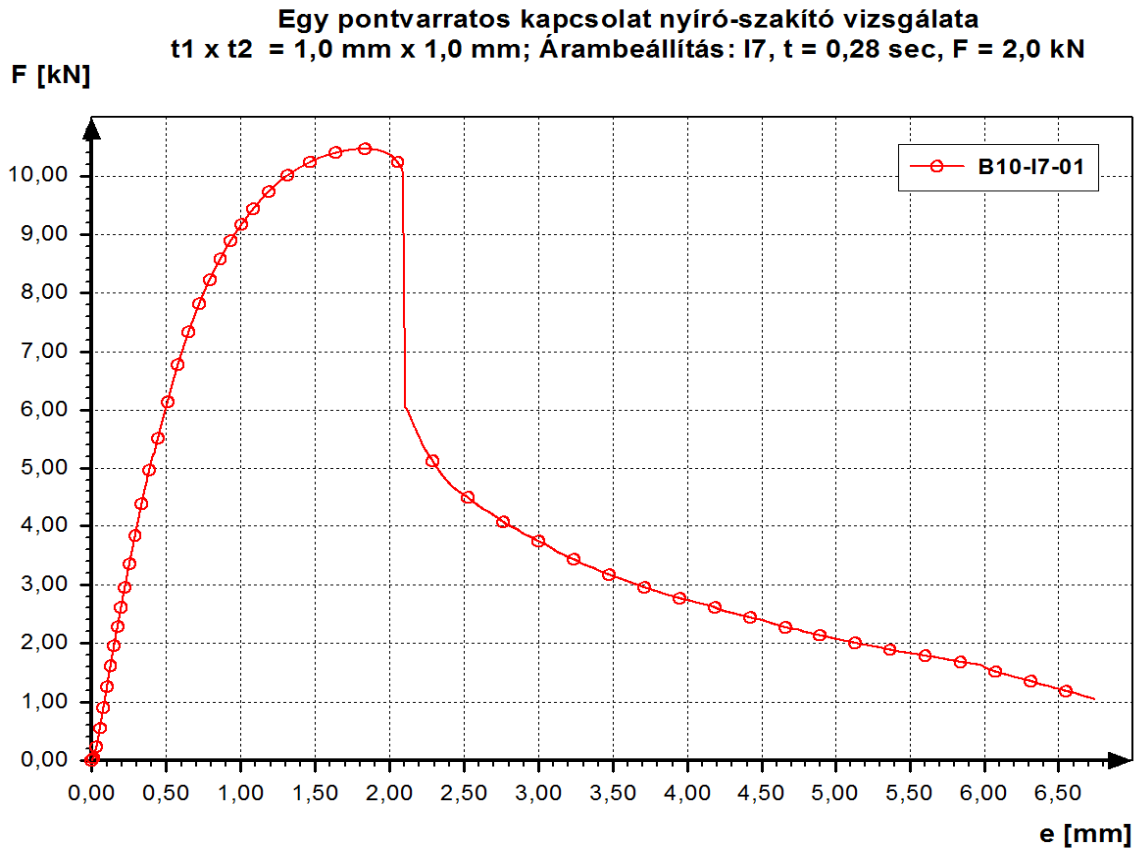
Árambeállítás		Tesztelem azonosítója:	**B10-I7-01**
Hegesztőgép típusa:	**ARO M302-A**	Árambeállítás azonosító	**I7**
Erő kifejtése:	**mechanikus**	Hegesztési főidő	**0,28 sec**
Gép pozíciója:	**helyben maradó**	Frekvencia	**50 Hz**
Elektr. mozgás iránya	**ferde ívű**	Összeszorító erő	**2,0 kN**



Tesztelem kialakítása	1. lemez vastagság [mm]	**1,00**	2. lemez vastagság [mm]	**1,00**

Árambeállítás	Pontvarrat hegesztés után	Pontvarrat szakítás után
		

A pontvarrat átmérője 6,0 mm volt. Teljesen sárga volt a pontvarrat felülete. 0,7 mm varratkülpontosságot mértünk. Hegesztés előtt teljesen száraz volt a felület. <u>A tönkremenetel a varrat kigombolódásával következett be.</u>

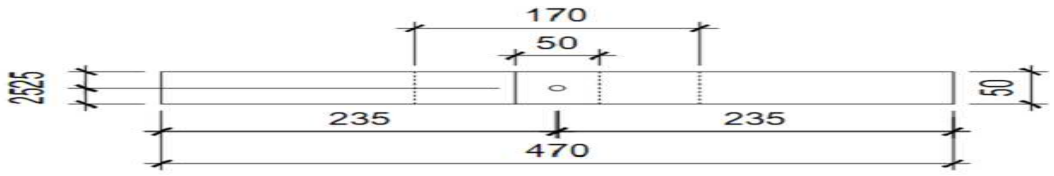


Felület védelem:	**tűzihorgany réteg**	Vastagsága:	**20 μm**
Eleketróda típusa:	**sapka elektróda**	Elektróda átmérő:	**5,0 mm**
Teherbírás:		**10,46 kN**	

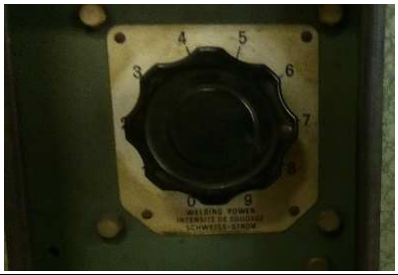
Tesztelemet gyártotta	Hegesztési szabvány	Dátum	2014.04.24.
Frank Máté Ferenc	MSZ EN ISO 14273:2002	Oldalszám	07

MŰEGYETEM 1782	**Hegesztő gép beállítása** *Nyíró-szakító vizsgálati jegyzőkönyv*	Jegyzőkönyv száma **HJK-B12-I7-01**

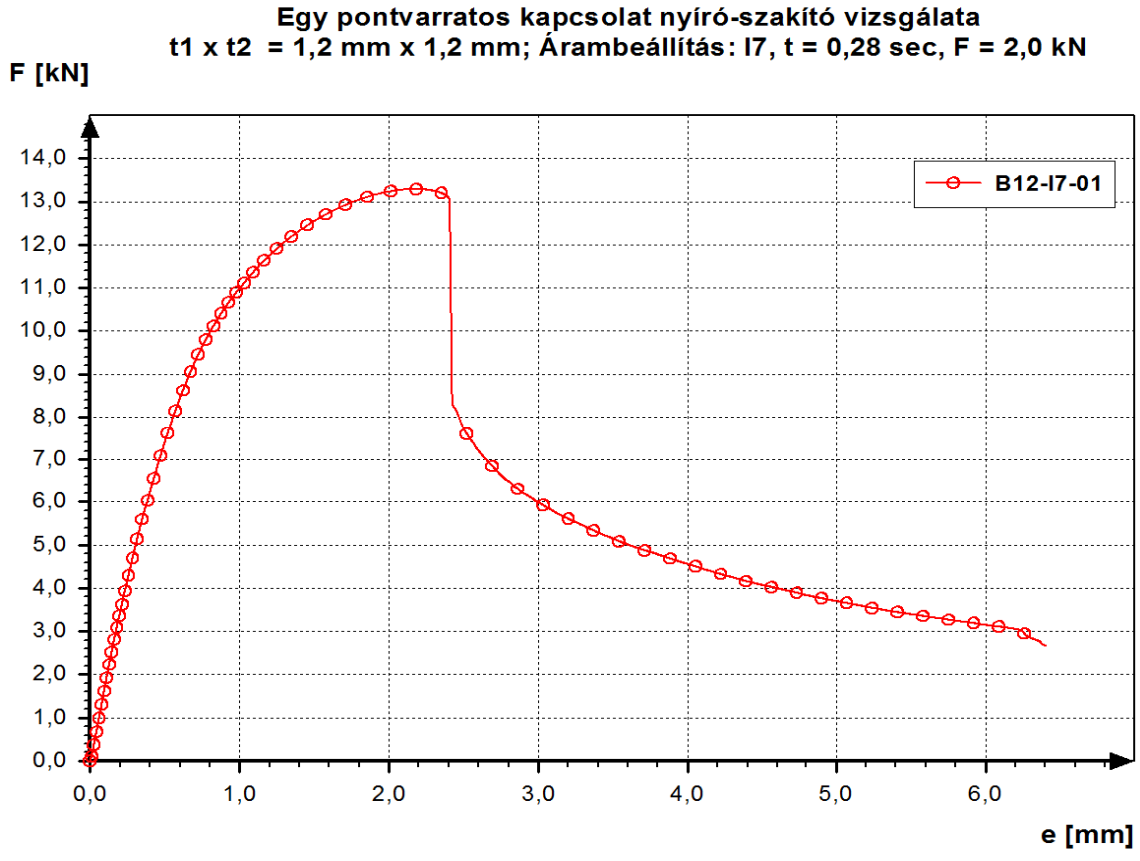
Árambeállítás		Tesztelem azonosítója:	**B12-I7-01**
Hegesztőgép típusa:	**ARO M302-A**	Árambeállítás azonosító	**I7**
Erő kifejtése:	**mechanikus**	Hegesztési főidő	**0,28 sec**
Gép pozíciója:	**helyben maradó**	Frekvencia	**50 Hz**
Elektr. mozgás iránya	**ferde ívű**	Összeszorító erő	**2,0 kN**



Tesztelem kialakítása	1. lemez vastagság [mm]	**1,20**	2. lemez vastagság [mm]	**1,20**

Árambeállítás	Pontvarrat hegesztés után	Pontvarrat szakítás után
	-	

A pontvarrat hegesztés közben szikrázott. Az olvadék kifröccsent. A pontvarrat felülete intakt maradt. A pontvarrat nem gombolódott ki. A tönkremenetel pontvarrat szakadással következett be.

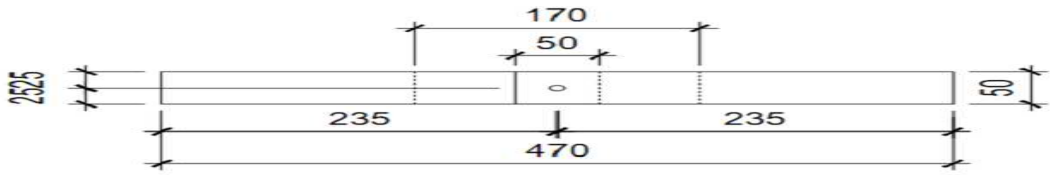


Felület védelem:	**tűzihorgany réteg**	Vastagsága:	**20 μm**
Eleketróda típusa:	**sapka elektróda**	Elektróda átmérő:	**5,0 mm**
Teherbírás:		**13,29 kN**	

Tesztelemet gyártotta	Hegesztési szabvány	Dátum	2014.04.25.
Frank Máté Ferenc	MSZ EN ISO 14273:2002	Oldalszám	16

MŰEGYETEM 1782	**Hegesztő gép beállítása**	Jegyzőkönyv száma
	Nyíró-szakító vizsgálati jegyzőkönyv	**HJK-B15-I9-01**

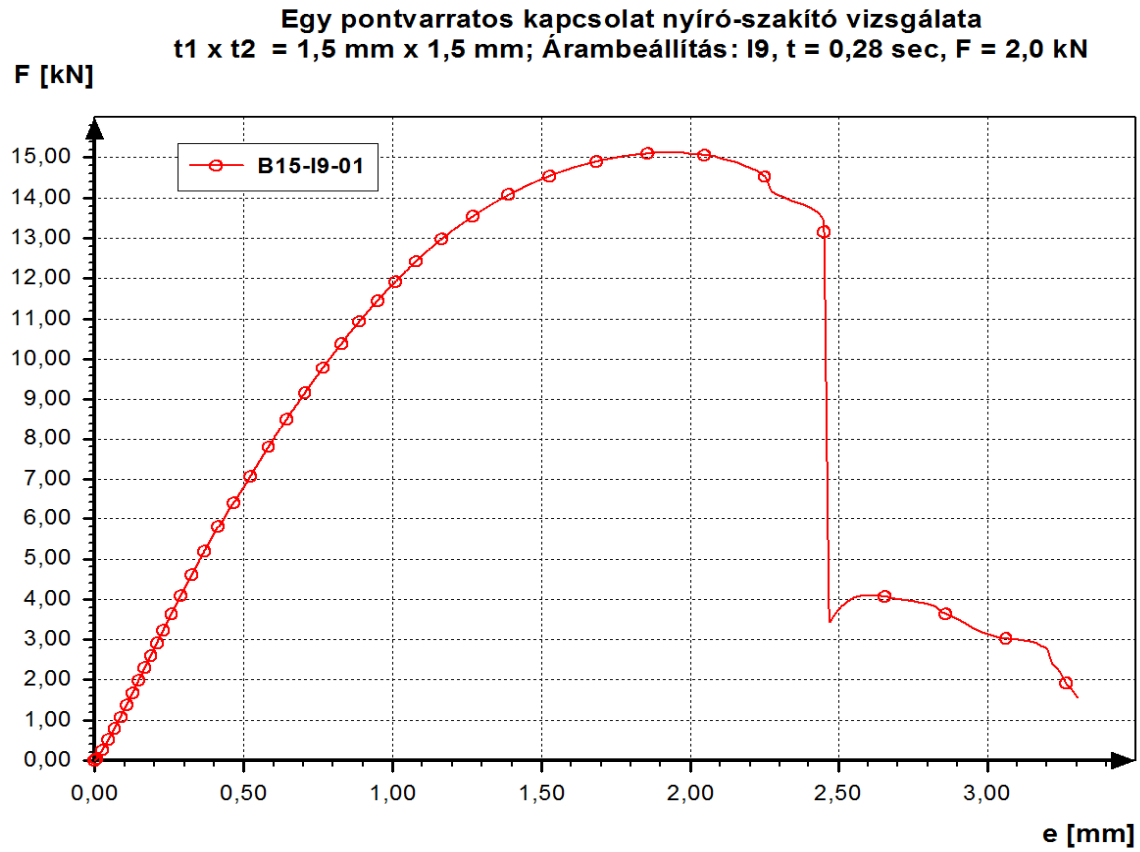
Árambeállítás		Tesztelem azonosítója:	**B15-I9-01**
Hegesztőgép típusa:	**ARO M302-A**	Árambeállítás azonosító	**I9**
Erő kifejtése:	**mechanikus**	Hegesztési főidő	**0,28 sec**
Gép pozíciója:	**helyben maradó**	Frekvencia	**50 Hz**
Elektr. mozgás iránya	**ferde ívű**	Összeszorító erő	**2,0 kN**



Tesztelem kialakítása	1. lemez vastagság [mm]	**1,50**	2. lemez vastagság [mm]	**1,50**

Árambeállítás	Pontvarrat hegesztés után	Pontvarrat szakítás után

A felületek hegesztés előtt teljesen szárazak voltak. A hegesztést nagy szikrázás kísérte. Az alsó és a felső elektróda hozzátapadt az alkotó lemezek felületéhez. A pontvarrat átmérője 7,0 mm volt. A varratkülpontosság a hossztengelyhez viszonyítva 1,2 mm. A lencse környezet beégett. Terhelés alatt a kapcsolat befordult erő irányba, de a pontvarrat nem gombolódott ki. A lencse kiszakadt az alkotó lemezből.



Felület védelem:	**tűzihorgany réteg**	Vastagsága:	**20 μm**
Eleketróda típusa:	**sapka elektróda**	Elektróda átmérő:	**5,0 mm**
Teherbírás:		**15,12 kN**	

Tesztelemet gyártotta	Hegesztési szabvány	Dátum	2014.04.26.
Frank Máté Ferenc	MSZ EN ISO 14273:2002	Oldalszám	26

M2 - MELLÉKLET

Hegesztő gépasztal műszaki leírása

Tartalomjegyzék:

Előzmények, a gépasztal ötlete 2
1. A gépasztallal szemben támasztott követelmények, elvárások 3
2. A gépasztal bemutatása 4

Tervek: (Tervmellékletben csatolva)

P-01: HEGESZTŐ GÉPASZTAL SZERELÉSI ÉS GYÁRTMÁNYTERVE M = 1:3
P-02: HEGESZTŐ GÉPASZTAL MUNKALAPJÁNAK GYÁRTMÁNYTERVE M = 1:3

Előzmények, a gépasztal ötlete

Az általunk tervezett szelementartóbakot (továbbiakban **bak**) tűzihorganyzott vékonylemezekből alakítjuk ki, mivel acélszerkezetek kivitelezésénél előnyös, ha a szerkezetek iparilag minőségellenőrzött felületvédelemmel vannak ellátva. A méretre vágott, élhajlított lemezeket a **bak alkotóelemei**nek (röviden elemeknek) hívjuk. Az elemeket ellenállás-ponthegesztés technológiával rögzítjük egymáshoz. Azért választottuk ezt a technológiát, mert alkalmasan választott hegesztési paraméterek mellett a pontszerű, hegesztett varrat (pontvarrat) felületén a tűzihorganyréteg intakt marad. (Az építőiparban jelenleg elterjedt védőgázos ívhegesztéssel ezt nem lehet megvalósítani.) Már a brainstorming során (ld. **Tanulmány - 3.1. alfejezet**) ügyeltünk arra, hogy lehetőleg olyan szerkezeti elemeket találjunk ki, melyeknek ipari gyártása könnyű, gyors és automatizálható lehet. *Egy adott kialakítású baktípus gyártása akkor tud ipari körülmények között is gyors, így költséghatékony lenni, ha a bakot a rendelkezésünkre álló eszközparkkal mi magunk is gyorsan tudjuk elkészíteni.* Ahhoz, hogy a gyártmányterveknek megfelelően tudjuk a bakokat elkészíteni, az *elemeket pontosan kell illeszteni*. Ezt azért tartottuk fontosnak, mert ellenkező esetben gyártási imperfekciót viszünk a szerkezeti elembe. Az elemek pozíciójának a tervezetthez képesti eltérést a hegesztés tovább növelheti, miközben további sajátfeszültségek is keletkeznek a szerkezeti elemben. Ennek eredményeként a bak elemeiben létrejön egy olyan kezdeti - globális és lokális - imperfekció, ami bak a teherbírását csökkentheti.

A teherbírás csökkenés minimalizálását a kezdeti imperfekciók csökkentésével akartuk elérni, melyhez szükséges, hogy ún. **tervszerinti elem-illesztések**et hozzunk létre a hegesztés során. Tervszerinti elemillesztés akkor jön létre, ha

1. az elemek a gyártmánytervnek megfelelő pozícióban kapcsolódnak egymáshoz és
2. a pontvarratokat a kijelölt (terv szerinti) helyeken hoztuk létre.

Annak eldöntése érdekében, hogy a hegesztő berendezéssel ilyen illesztéseket ki tudunk-e alakítani, meg kellett ismerni a hegesztés kivitelezésének körülményeit az ARO M302-A típusú hegesztőgép esetében.

A hegesztés kivitelezése

A rendelkezésünkre álló ARÓ M302-A típusú hegesztő berendezést az **M1-melléklet** 5. alfejezetében mutattuk be. Az erőkifejtés módját tekintve a gép egy mechanikus hegesztőgép. Az elektróda záródás úgy jön létre, hogy *az egyik lábunkkal rálépünk a gép erőkarjára*. *Ehhez a hegesztés ideje alatt egy lábra kell állnunk.* A gép alsó elektródatartója fix; a felsőt zárjuk az alsóra. A hegesztendő munkadarabokat az alsó elektródára helyezzük, ezért nem látni, hogy a pontvarrat pontosan hol fog létrejönni. Ha a felső elektródát lassan eresztjük rá az alsóra, akkor van lehetőség a munkadarabok egymáshoz képesti pozícionálására. Azonban *fél lábon állva, különböző méretű és kialakítású elemek esetén az elemek pontos illesztését és hegesztését tapasztalataink szerint szinte lehetetlen nagy mennyiségben, egymás után, gyorsan létrehozni.*

Így merült fel annak ötlete, hogy a terv szerinti tesztelemek elkészítése érdekében szükségünk lenne egy olyan fix, stabil készülékre, ami a hegesztő berendezéssel kompatibilis és általa az elemek illesztését nagy pontossággal tudjuk elkészíteni. A szerkezet kialakítását tekintve hasonló az állványos fúrógépeknél használt ún. gépasztalhoz, ezért a tervezett készüléket **hegesztő gépasztalnak** neveztük el.

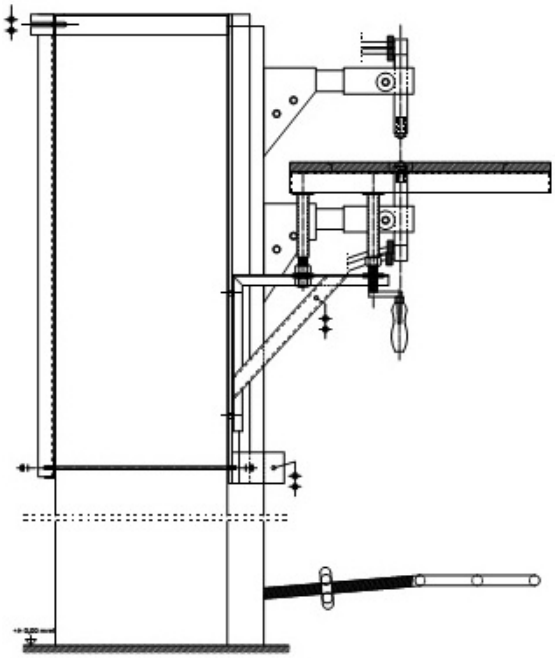
1. A gépasztallal szemben támasztott követelmények, elvárások

- segítségével lehetővé kell tenni, hogy a tervezett elemillesztések kialakíthatóak legyenek. Az illesztések tűrését +/- 1,0 mm-ben, a pontvarratoknak a tervezett helyzetüktől való eltérését (ún. **varratkülpontosság**) +/- 2,0 mm-ben határoztuk meg. Valamennyi hibával mindenképpen számolnunk kellett, mivel a hegesztőelektróda feje kúpos kialakítású, valamint hegesztés során kopik és ezáltal a próbatest nem teljesen vízszintesen fekszik fel a sapkaelektródára,
- az asztalnak megfelelően merevnek és stabilnak kell lennie, éppen annyira, hogy az asztal felületén mozgatott (csúsztatott) próbatestek ne okozzák az asztal mozgását is,
- az asztalnak fixen kell állnia a hegesztés teljes folyamata alatt,
- a készüléknek tűzállónak kell lennie, hogy a hegesztés miatti hőbevitel ne okozza az asztal károsodását, ezáltal alkalmatlanná téve a feladat elvégzésére,
- olyan anyagokat kell használni, ami nem okozza a hegesztő berendezés teljesítményének csökkenését,
- bonyolultabb kialakítású szerkezetek hegesztésének esetére vagy eltérő kialakítású elemek esetén a fix vízszintes felületnek a hegesztő elektródák síkjához képest függőleges értelemben állíthatónak kell lennie,
- előnyös lenne, ha a gépasztal könnyen szét és összeszerelhető lenne.

2. A gépasztal bemutatása

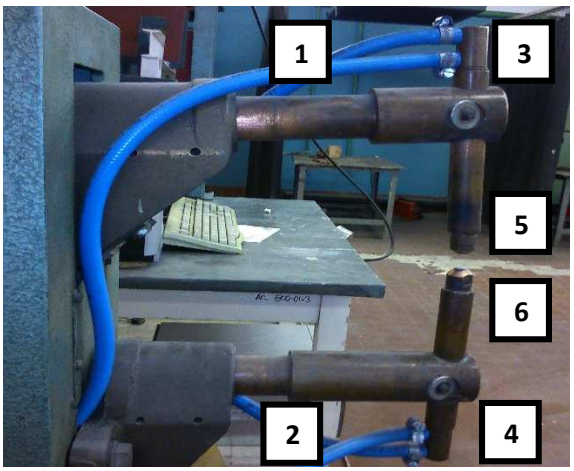
A gépasztalt három fő szerkezeti egységre osztottuk funkciójuknak megfelelően. A géptesre szerelhető részt **tartónak** (I), a munkalapot tartó szerkezeti egységet **konzolelemnek** (II), továbbá azt a vízszintes felületet, melyen a bak elemeit hegesztéskor mozgatjuk, **munkalapnak** (III) nevezetük. Az ARO M302-A típusú hegesztőberendezést a **2.1 képen**, a felszerelt gépasztal sematikus ábráját a **2.1 ábrán** mutatjuk be.

2.1 kép A hegesztő berendezés



2.1 ábra A gépasztal sematikus ábrája

A gépasztal tervezés szempontjából lényeges alkatrész elnevezéseket a **2.2 képen** tüntettük fel. A továbbiakban ezekre az elnevezésekre hivatkozunk.



1 = felső elektródatartó

2 = alsó elektródatartó

3 = felső elektróda befogó

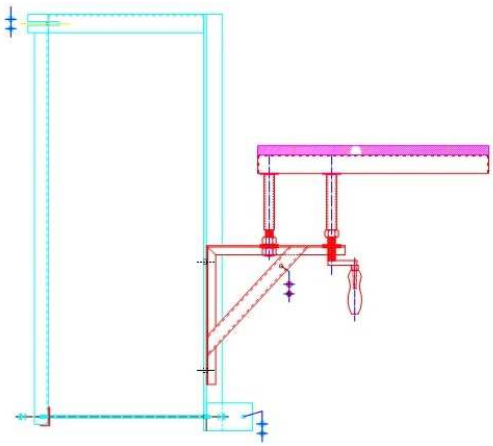
4 = alsó elektróda befogó

5 = felső elektróda

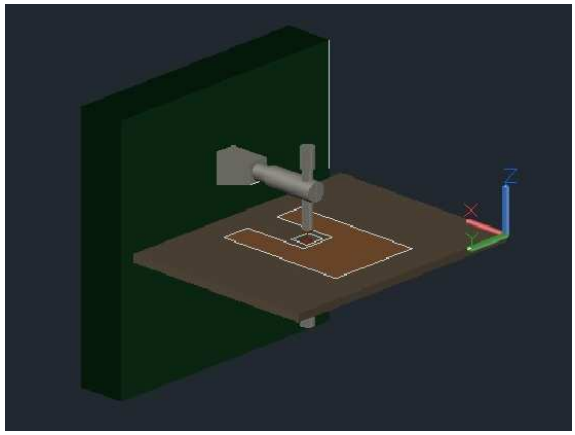
6 = alsó elektróda

2.2 kép A hegesztő ablak részei – a gépasztal szempontjából lényegesebb gépalkatrészek elnevezése

A gépasztal fő szerkezeti egységeit különböző színekkel a **2.2. ábrán** jelöltük. **Világos kékkel a tartót**, **pirossal a konzolelem alkatrészeit** és **lilával a munkalapot**. A **2.3 ábra** a munkalap és a hegesztő ablak 3D-s modelljét szemléleti. A három dimenziós modellnek a baktípusok gyártási korlátainak ellenőrzésében is fontos szerepe volt.

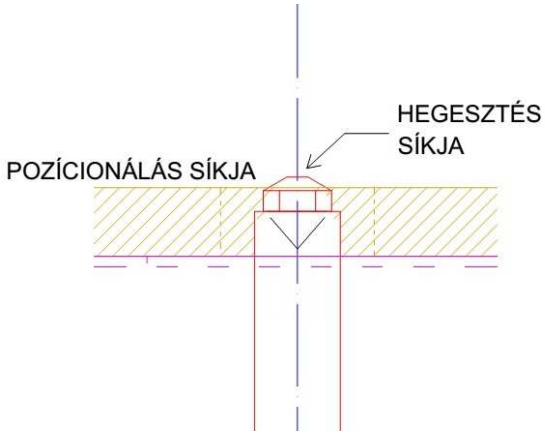


2.2 ábra A gépasztal fő szerkezeti egységei

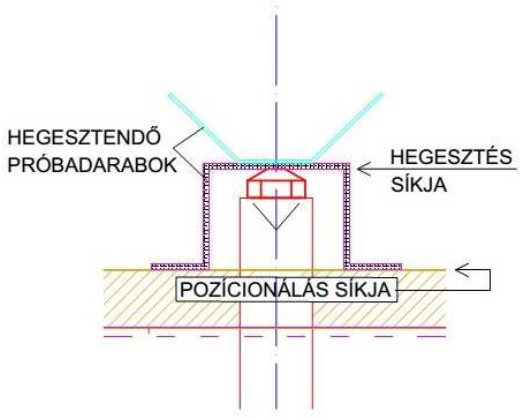


2.3 ábra A munkalap és hegesztő ablak három dimenziós modellje

A tervezésnél fontos szempont volt, hogy a munkalap az alsó (fix) elektróda csúcsához képest függőlegesen mozgatható legyen. Ennek az egyik oka, hogy síklemezek hegesztése esetén az asztal síkját úgy kell beállítani, hogy pár tized milliméterrel alacsonyabban legyen, mint az elektródacsúcs felső érintősíkja. Ha a különbség a két sík között nagyobb, akkor az elemek billegni fognak az elektróda tetején és nem lehet pontosan pozícionálni. Ezt a beállítást láthatjuk a **2.4 ábrán**. A másik oka, hogy bonyolultabb kialakítású, élhajlított elemeket bizonyos speciális esetben csak úgy lehet a géppel hegeszteni, ha a **pozícionálási sík** (munkalap felső síkja) és a **hegesztési sík** (alsó elektródacsúcs felső ponti érintősíkja) különböző. Bonyolultabb kialakítású elemek hegesztésére mutat példát a **2.5 ábra**.



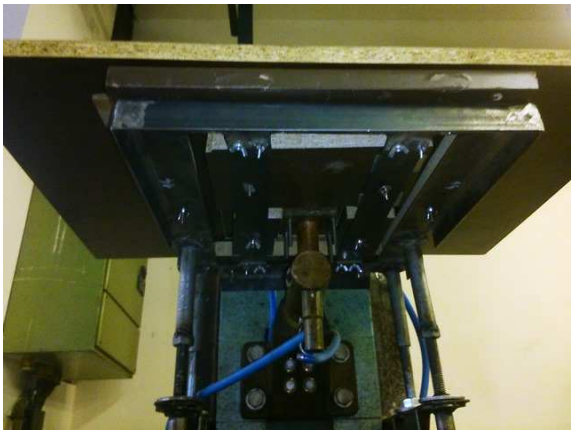
2.4 ábra Munkalap megfelelő állása síklemezek hegesztése esetén



2.5 ábra Munkalap pozíciója a hegesztési síkhoz képest bonyolultabb elemek esetén

A munkalapot egy L-acélokból hegesztett téglalap alakú kerethez csavaroztuk. Azt, hogy a pozícionálási sík függőleges értelemben állítható legyen, úgy oldottuk meg, hogy a keret konzolonként 2-2 menetes száron emelkedik, illetve süllyed. A konzolok alatt helyezkednek az állításhoz szükséges ún. **hajtókarok**. Ezek egyező irányba forgatásával lehet a munkalap magasságát változtatni. A konzolelem kialakítását, illetve a hajtókarokat a **2.3 és 2.4 képek** illusztrálják.

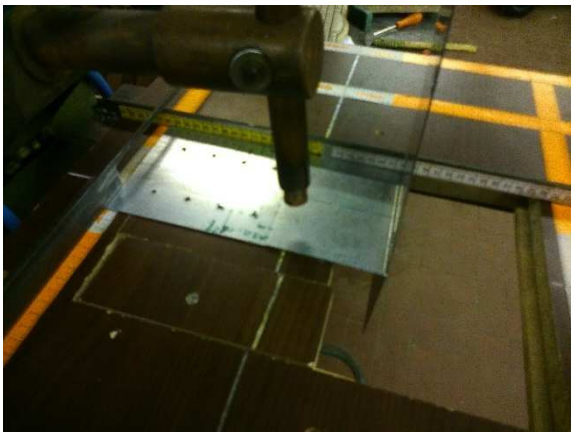
2.3 kép Konzolelem kialakítása



2.4 kép A munkalap és a konzolelem

A munkalap kialakítása olyan, hogy bizonyos, középső elemeit ki lehet venni. Ezek az elemek az alsó elektróda körül helyezkednek el. Olyan esetekre készítettük, amikor a pontvarratok nagy részét az elektródacsúccsal színelő pozícionálási síkon kell készíteni, de egyet-kettőt még olyan helyekre is kell rakni, amire egyébként az egész munkalappal át kéne állni. A munkalapot belső elemei nélkül a **2.5 és 2.6 képeken** láthatjuk.

2.5 kép Belső elemek nélküli munkalap



2.6 kép Belső elemek nélküli munkalap

Az elemek pontosabb illesztésének eléréséhez ún. **párhuzamvonalzókat** készítettünk a gépasztalhoz. A vonalzók a munkalap élei mentén csúsznak és fixálható. Így mm pontosságú pozícionálás érhető el. A gépasztal és a párhuzamvonalzók által elérhető pontos hegesztés jól érzékelhető a **3. Melléklet** gyártási jegyzőkönyveit tanulmányozva, melyekben a mért mellett feltüntettük a tervezett pontvarrat távolságokat is (ld. M3-melléklet végén csatolt „GYJ-2U10-1AB10-05” azonosítójú jegyzőkönyv, JK. oldalszám: 27. old. → „Varratok” → „Távolságok” → „Tényl.” ↔ „Terv.”). A párhuzamvonalzókkal való illesztést a **2.7 és 2.8 képek** illusztrálják.

2.7 kép A párhuzamvonalzók kialakítása

2.8 kép Elemek illesztése párhuzamvonalzók segítségével

Elkészítettük a gépasztal gyártmánytervét, anyag és közelítő költségkalkulációját. Majd a gépasztal munkalapjának 1:1-es, élethű karton makettjét, hogy ellenőrizzük a legfontosabb követelmények kielégítését. A makettet a **2.9 kép** illusztrálja.

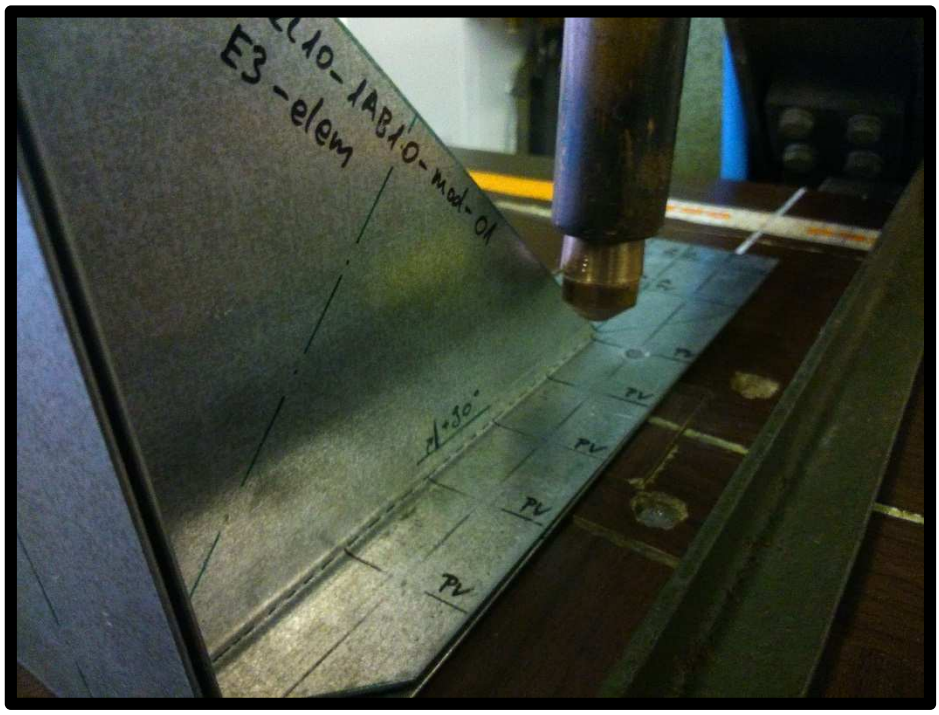
2.9 kép Munkalap karton makettje

Beszereztük a szükséges anyagokat és a rendelkezésünkre álló eszközparkkal a terveknek megfelelően elkészítettük a hegesztő gépasztalt, melynek készítéséről további illusztrációt az **[1]** M2-mellékletének 3. alfejezetében láthatnak.

A részletterveket a Tervmellékletben csatoltuk (rajzjelek: P-01; P-02).

M3 - MELLÉKLET

TECHNOLÓGIAI KORLÁTOK ELLENŐRZÉSE



Tartalomjegyzék:

1. Alapfogalmak 2
2. Gyártási folyamat 3
3. Baktípusok gyárthatóságának ellenőrzése 4
3.1. B200-2L12-1AB12 baktípus gyártási sorrendjének ellenőrzése 4
3.2. B200-2U10-1AB10 baktípus gyártási sorrendjének ellenőrzése 6
3.3 B200-2L10-1AB10-MOD baktípus gyártási sorrendjének ellenőrzése 8
4. Gyártási jegyzőkönyvek 10

Jegyzőkönyv:

Jelen jegyzőkönyv - példaképpen - a „GYJ-B200-2U10-1AB10-05” számú jegyzőkönyvet mutatja be az elkészült 9 db-ból. A többi tesztelem gyártási jegyzőkönyve megtekinthető az **[1]** M3-mellékletének végén.

Gyártmánytervek: (Tervmellékletben csatolva)

GYT1: B200-2L12-1AB12 M = 1 : 4
GYT2: B200-2U10-1AB10 M = 1 : 4
GYT3: B200-2L10-1AB10-MOD M = 1 : 4

Az **M1- mellékletben** bemutatott gyártó eszközök által nyújtott fém megmunkálási lehetőségeket összefoglaló néven **technológiai korlátoknak** nevezzük. A gyártmánytípusok tervezésénél a legfontosabb irányelv az **M1-mellékletben** bemutatott korlátok betartása volt.

Az **M3-mellékletben** a baktípusok rövid bemutatása után összefoglaljuk azokat a kritikus pozícionálási, illesztési helyzeteket, amire a gyártás során fokozottan ügyelni kellett azért, hogy ún. **tervszerinti gyártmány**okat tudjunk készíteni (ld. M2-melléklet 1. old.). **Minden tesztelem gyártása során jegyzőkönyvet vezettünk.** A jegyzőkönyvek az **[1]** M3- mellékletének végén találhatóak; ebbe a műbe terjedelmi korlátok miatt nem raktuk be, de példaképpen bemutatunk egyet a melléklet végén.

Az **M1-mellékletben** alkalmazzuk a TANULMÁNY **4.3 alfejezetében** definiált elnevezéseket, ezek közül a fontosabbakat az 1. fejezetben röviden összefoglaljuk.

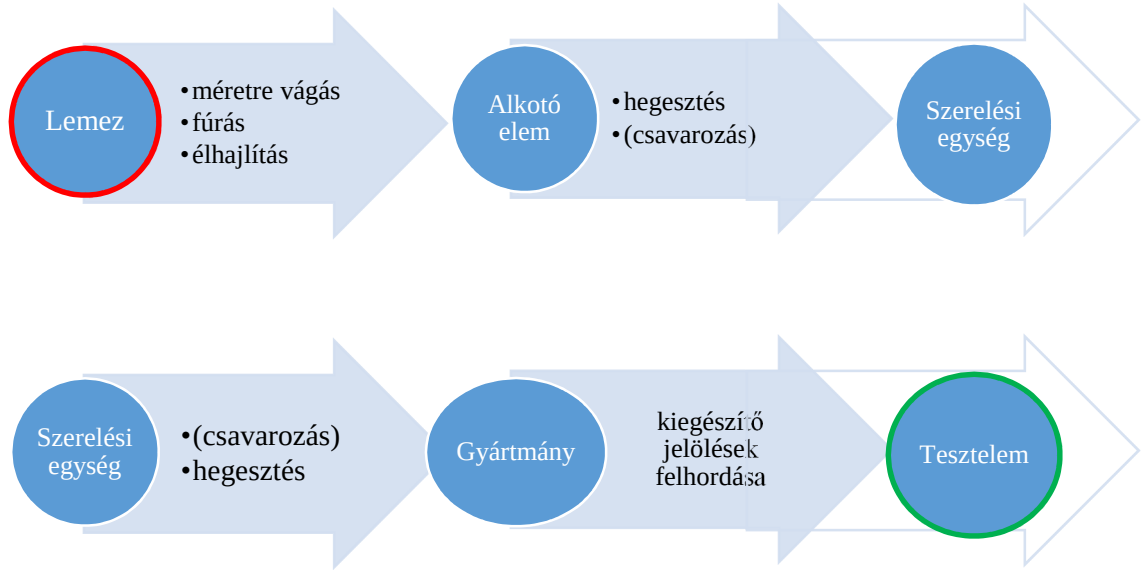
1. Alapfogalmak

A **szelementartó bak**ot röviden **bak**nak, az ugyanolyan geometriai kialakítású bakokat összefoglaló néven **baktípusoknak** hívjuk.

A bak több **szerelési egység**ből **(SZE)** áll össze. A szerelési egységek **alkotóelem**ekből állnak, melyeket röviden **elem**eknek nevezünk. Az alkotóelemeknek is több része van, melyeket élhajlítás útján alakítottunk ki. Ezek elnevezését baktípusonként definiáljuk.

Ha például egy bak 3 db alkotóelemből áll, melyek 90°-ban hajlított bordákon keresztül kapcsolódnak egymáshoz és ezek közül kettőt összehegesztünk, akkor hegesztés után létrejövő 2 db alkotóelemből álló egységet **szerelési egység**nek nevezzük. Ezt követően a szerelési egységet még hozzá kell szerelni (hegeszteni) a harmadik elemhez. Ezáltal létrejön az alkotóelemekből álló **gyártmány**. A gyártmányra a kísérlet elvégzéséhez szükséges jelöléseket hordunk fel. Az így módosított gyártmányt már **tesztelem**eknek nevezzük.

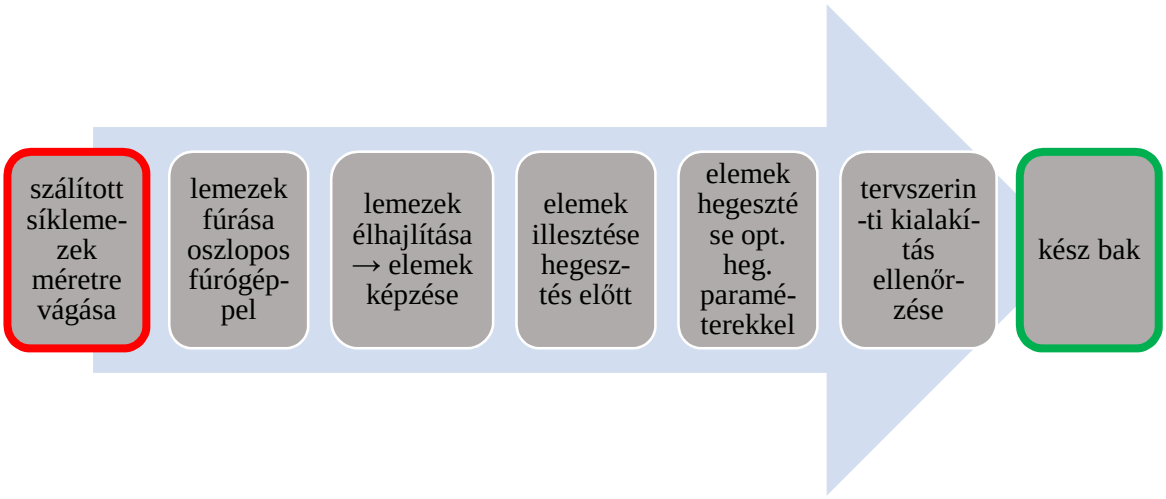
Az elnevezések változását a tesztelem készítése során az **1.1 ábrán** mutatjuk be.



1.1 ábra Elnevezések változása a gyártási folyamat során

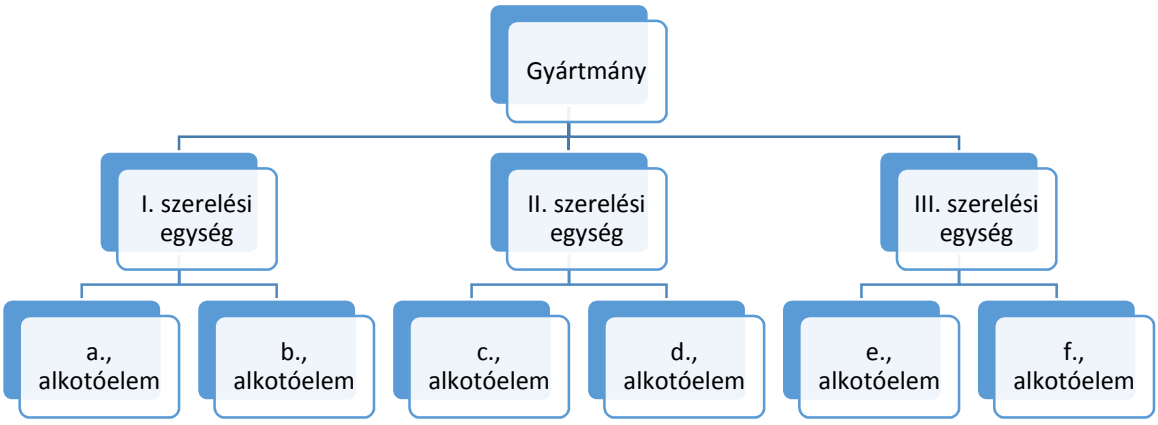
2. Gyártási folyamat

A baktípusok hasonló méretű és kialakítású elemekből állnak és a gyártóeszközök azonosak, ezért a gyártmányok **technológiai családfája** egyező felépítésű. A bakok gyártási folyamatábráját a **2.1 ábra** illusztrálja.



2.1 ábra A bak gyártásának folyamatábrája

A technológiai családfát a **2.2 ábrán** láthatjuk.



2.2 ábra Szelementartó bakok technológiai családfája

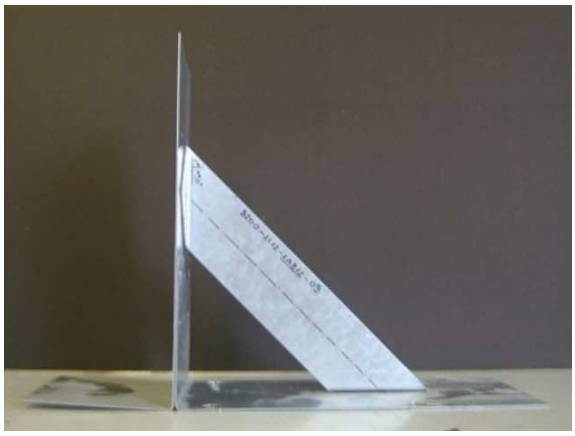
Előnyös, ha egy szerelési egység két alkotóelemből állhat, mert úgy lehet optimális szilárdságú ellenállás ponthegesztett varratot készíteni - az ARO M302-A típusú hegesztő berendezéssel -, ha az összehegesztendő lemezek száma maximum kettő. 3 lemez összehegesztése során 2 azonos minőségű pontvarratot kell kialakítani. Többpontkötéseknél a második és azt követő pontok hegesztésekor az áram egy része (a Kirchoff-törvényeknek megfelelően) a már elkészült pontokon halad, az így fellépő **sönthatás** miatt az aktuális pontot a beállítottnál kisebb áramerősséggel hozza létre, ami a pontátmérő csökkenéséhez, ennek következtésben a hegpont mechanikai jellemzőinek romlásához vezet.

3. Baktípusok gyárthatóságának ellenőrzése

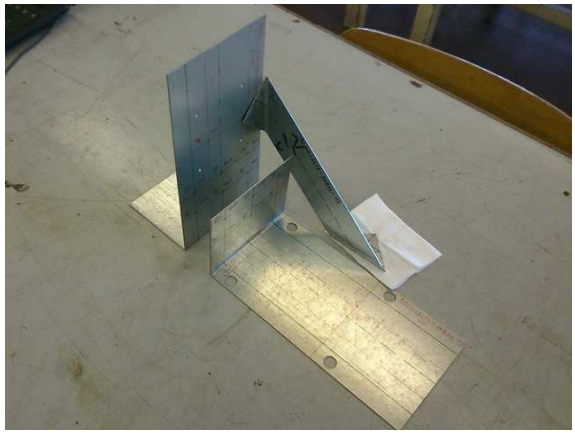
A kutatási időszakban 3 baktípus tervezésével foglalkoztunk a Tanulmány **2.** és **3. fejezetében** részletezett irányelvek figyelembe vétele mellett (ld. **Tanulmány** 17.; 22-23. old.). A gyártmánytervek elkészítése után ellenőriztük, hogy a tervezett baktípusból a rendelkezésre álló eszközpark technológiai korlátain belül maradva el tudjuk-e készíteni tesztelemeket.

Ehhez elkészítettük a gyártóeszközök pontos 3dimenziós modelljét az AutoCAD tervező programban. A modellek segítségével lehetőség nyílt a technológiai részfolyamatok ellenőrzésére. A gyártmányterveket többször módosítottuk. Az **M3-mellékletben** az utoljára módosított gyártmánytervek ellenőrzését mutatjuk be. A különböző gyártmányterveket a melléklet végén csatoltuk.

3.1. B200-2L12-1AB12 baktípus gyártási sorrendjének ellenőrzése



3.1 kép B200-2L12-1AB12 baktípus egyik gyártmánya



3.2 kép Egymásnak támasztott alkotóelemek

A **B200-2L12-1AB12** nevű baktípus két azonos méretű, L-alakban meghajlított alkotóelemből és egy élére állított **gerincbordából (*E3*)** áll. A függőleges alkotóelemet **gerincnek *(E1)***, a vízszintes alkotóelemet **alaplemeznek *(E2)*** nevezzük.

A borda egy-egy 90°-ban hajlított végbordán keresztül kapcsolódik a gerinchez, illetve az alaplemezhez. Ezeket a végbordákat **füleknek** nevezzük.

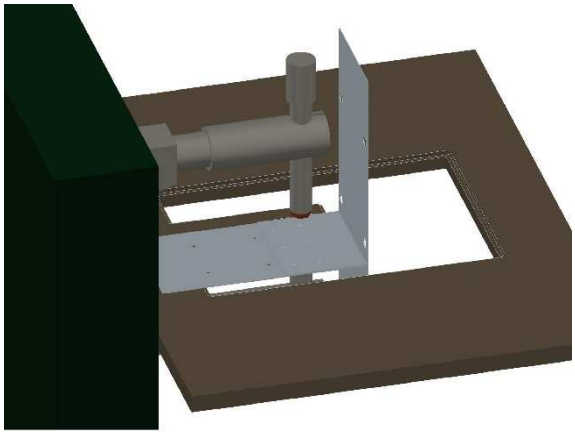
Alkotóelemek lemezvastagsága: **1,2 mm**

Gyártási sorrend:

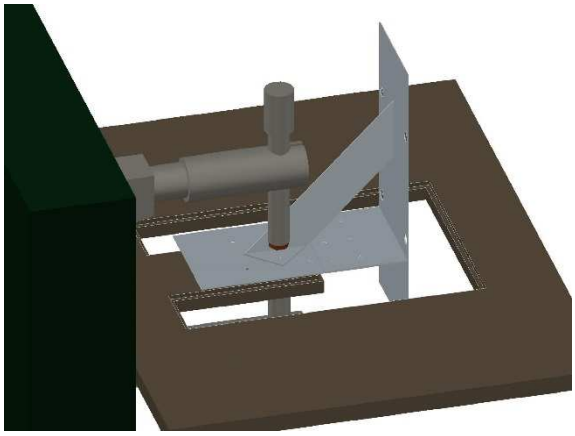
1. alapanyag méretre vágása
2. furatok elkészítése
3. alkotóelemek élhajlítása
4. I. SZE = alaplemez és gerinc: ellenállás ponthegesztés
5. Gyártmány készítése
   5.1. Hegesztett kapcsolat: Borda felső fül + gerinc
   5.2. Hegesztett kapcsolat: Borda alsó fül + alaplemez

Az ellenőrzés szempontjából mértékadó részfolyamatok:

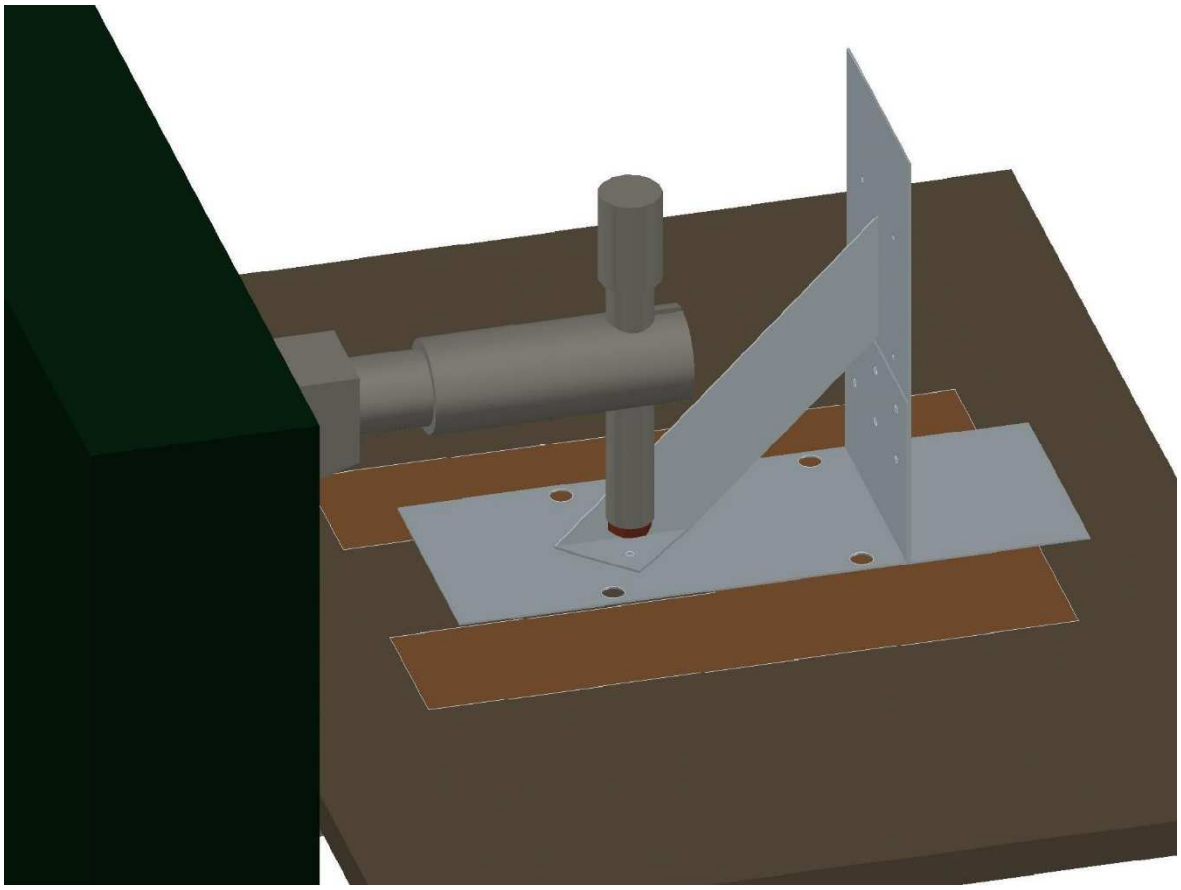
- I. SZE egység hegesztése: **3.1 ábra**
- Hegesztett kapcsolat ellenőrzése: borda felső fül + gerinc **3.2 ábra**
- Hegesztett kapcsolat ellenőrzése: borda alsó fül + alaplemez **3.3 ábra**



3.1 ábra I. SZE egység hegesztése



3.2 ábra Hegesztett kapcsolat ellenőrzése: Borda felső fül + gerinc

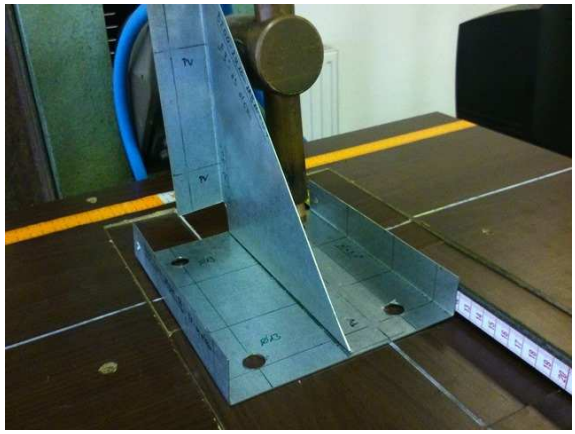


3.3 ábra Hegesztett kapcsolat ellenőrzése: Borda alsó fül + alaplemez

A gyártmányterv a technológiai korlátoknak megfelel!

3.2. B200-2U10-1AB10 baktípus gyártási sorrendjének ellenőrzése

3.3 kép B200-2U10-1AB10 baktípus egyik gyártmánya



3.4 kép I. szerelési egység kialakítása

A **B200-2U10-1AB10** nevű baktípus két U-alakban hajlított és egy élére állított, a bak szimmetria tengelyében elhelyezett **szerkezeti egységből** áll. A függőleges U-elemet a **bak gerincének (*G*)** nevezzük. Ehhez az elemhez csavarozzák a Z-szelement. A bakot a fekvő U-elemen keresztül kapcsoljuk a főtartó felső övéhez, melyet a **bak alaplemezének (*A*)** nevezünk. Az U-alakú hajlításnak köszönhetően az alaplemez és a gerinclemez is **élbordákkal** rendelkezik.

Alkotóelemek lemezvastagsága: **1,0 mm**

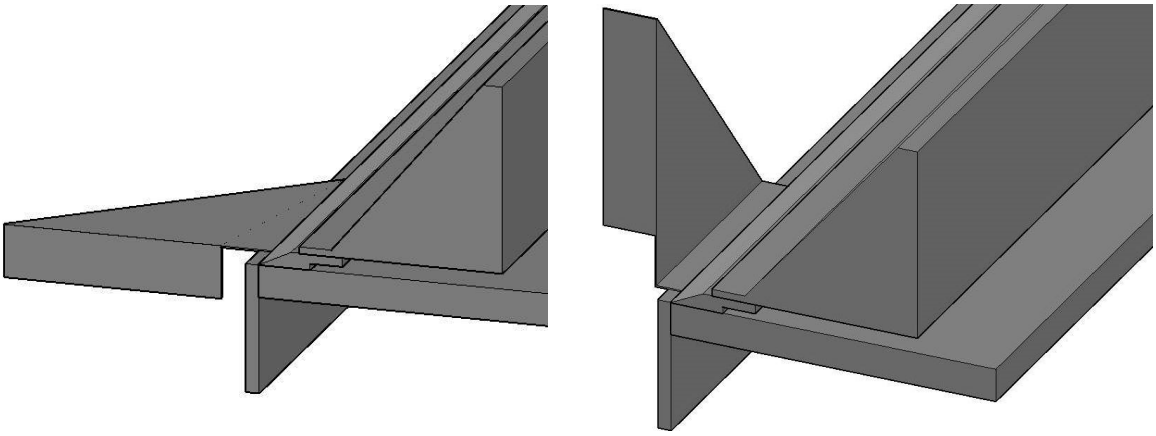
A borda derékszögben kihajtott ún. **füleken** keresztül kapcsolódik a gerinchez, illetve az alaplemezhez. A fülek a bak szimmetriatengelyére nézve aszimmetrikusan helyezkednek el.

Gyártási sorrend:

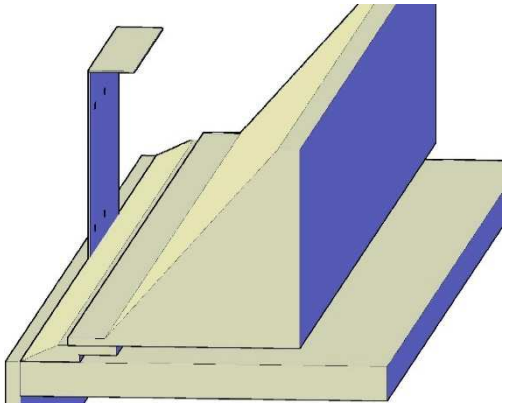
1. alapanyag méretre vágása
2. furatok elkészítése
3. alkotóelemek élhajlítása
4. I. SZE = alaplemez + gerincborda: ellenállás ponthegesztés
5. Gyártmány készítése
   5.1. Hegesztett kapcsolat: Borda felső fül + gerinc
   5.2. Hegesztett kapcsolat: Borda alsó fül + alaplemez

Az ellenőrzés szempontjából mértékadó részfolyamatok:

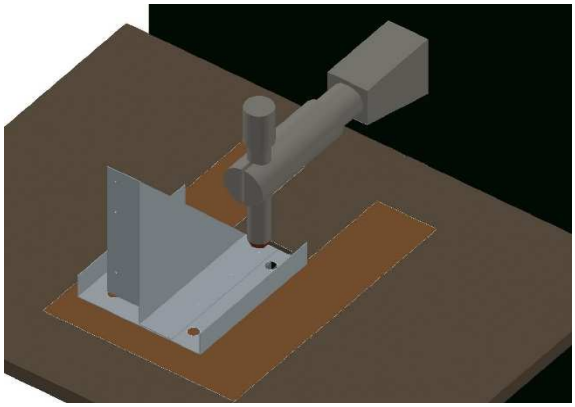
- élhajlítás ellenőrzése: a borda alkotóelem kialakításánál **3.4 ábra**
- élhajlítás ellenőrzése: gerinc alkotóelem kialakításánál **3.5 ábra**
- I. SZE egység hegesztése: **3.6 ábra**
- Hegesztett kapcsolat ellenőrzése: borda felső fül + gerinc **3.7 ábra**
- Hegesztett kapcsolat ellenőrzése: élbordák hegesztése **3.8 ábra**



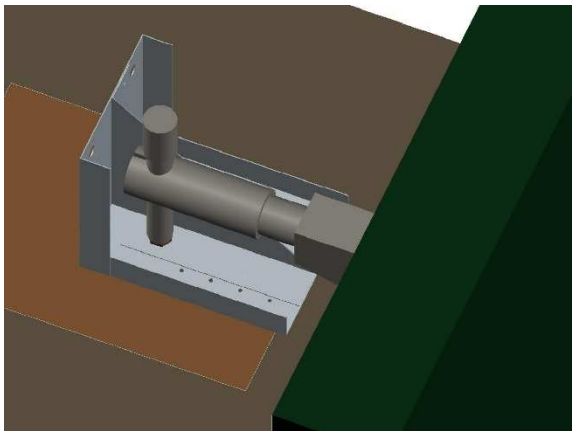
3.4 ábra Élhajlítás ellenőrzése: a borda alkotóelem kialakításánál (**balra:** élhajlítás előtt, **jobbra:** élhajlítás után)



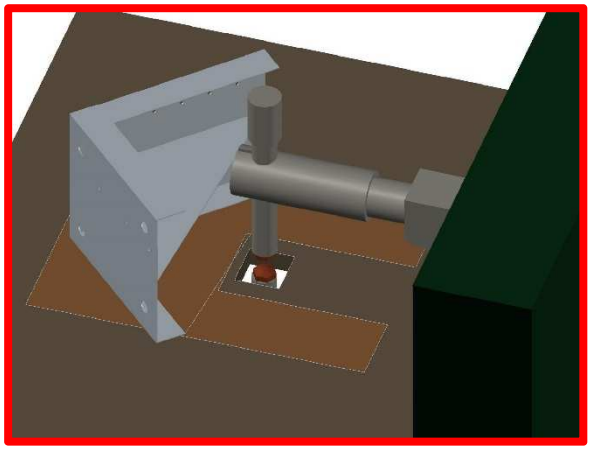
3.5 ábra Élhajlítás ellenőrzése: gerinc alkotóelem kialakításánál



3.6 ábra I. SZE egység hegesztése



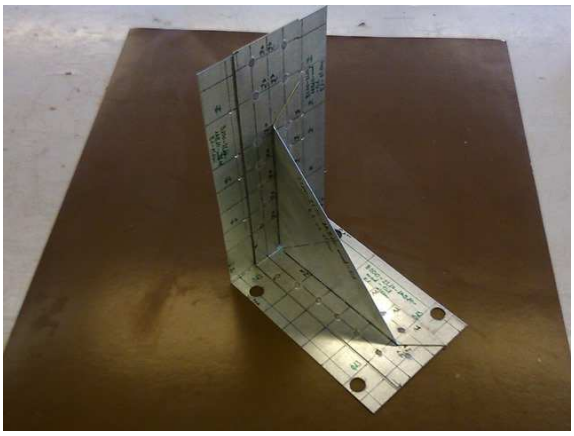
3.7 ábra Hegesztett kapcsolat ellenőrzése: Borda felső fül + gerinc



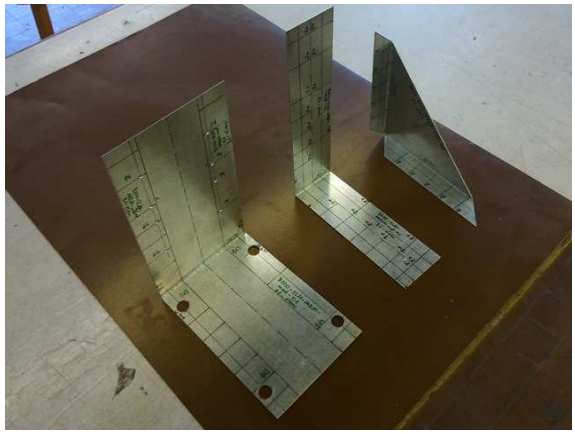
3.8 ábra Hegesztett kapcsolat ellenőrzése: élbordák hegesztése

Ezt a baktípust egy másik típusú hegesztő berendezéshez terveztük. A gyártási időszakban a gép elromlott és egy másik hegesztőgépet kellett igénybe vennünk a tesztelemek elkészítéséhez. A technológiai korlátok újbóli ellenőrzése során kiderült, hogy a gerinc és alaplemez élbordái közötti ellenállás-ponthegesztett kapcsolatot nem tudjuk az ARO M302-A típusú ponthegesztő berendezéssel kialakítani (**3.8 ábra**), ezért ezt a varratot védőgázos ívhegesztéssel készítettük el.

3.3 B200-2L10-1AB10-MOD baktípus gyártási sorrendjének ellenőrzése



3.5 kép B200-2L10-1AB10-MOD baktípus egyik gyártmánya



3.6 kép Alkotóelemek balról jobbra haladva rendre: **E1, E2, E3**

Ez a baktípus **3 db alkotóelemből** áll, melyeket a **3.2 ábra** illusztrál. Ezek közül kettő azonos szélességű lemezekből kerül kialakításra. Az **E1** elem a bak **gerinc**e. Az **E2** azonosítójú elemet **gerinchizlaló lemez**nek nevezzük. Az **E3**-as alkotóelem a bak **gerincbordá**ja. A borda derékszögben kihajtott füleken keresztül kapcsolódik a gerinchizlaló lemezhez. Az így kialakuló szerelési egységet a bak gerincéhez hegesztjük, ezáltal elkészül a gyártmány.

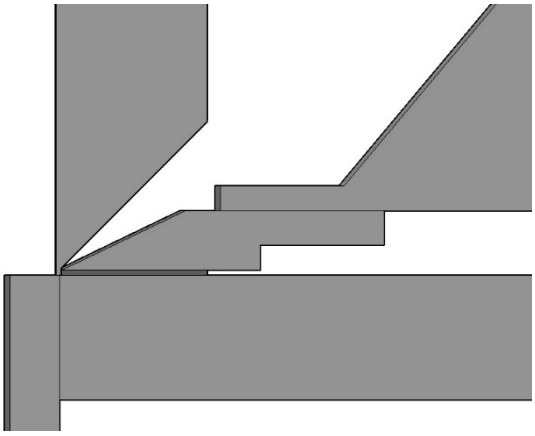
Alkotóelemek lemezvastagsága: **1,0 mm**

Gyártási sorrend:

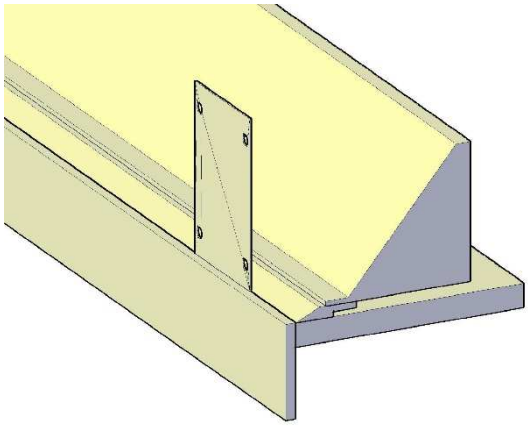
1. alapanyag méretre vágása
2. furatok elkészítése
3. alkotóelemek élhajlítása
4. I. SZE = gerinchizlaló lemez + gerincborda: ellenállás ponthegesztés
5. Gyártmány készítése
   5.1. Hegesztett kapcsolat: I. SZE + gerincelem függőleges része
   5.2. Hegesztett kapcsolat: I. SZE + gerincelem vízszintes része

Az ellenőrzés szempontjából mértékadó részfolyamatok:

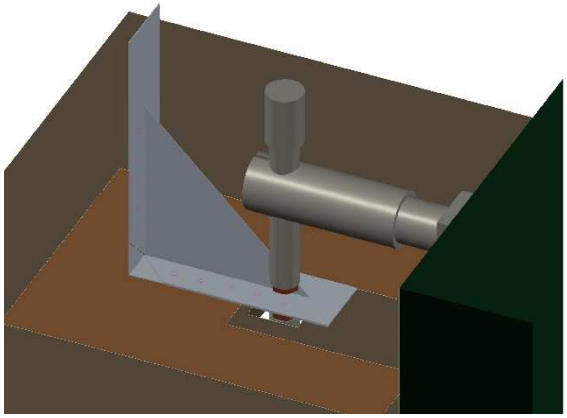
- élhajlítás ellenőrzése a borda kialakításánál **3.9 ábra**
- élhajlítás ellenőrzése a gerinc alkotóelem kialakításánál **3.10 ábra**
- I. SZE egység hegesztése: **3.11-12.ábra**
- Hegesztett kapcsolat ellenőrzése: borda felső fül + gerinc **3.13 ábra**
- Hegesztett kapcsolat ellenőrzése: élbordák hegesztése **3.14 ábra**



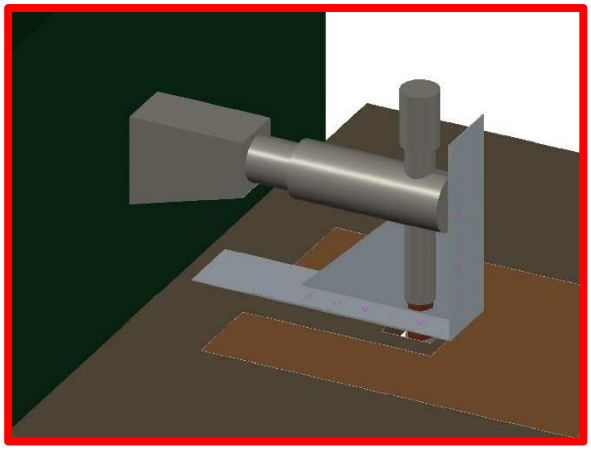
3.9 ábra Élhajlítás ellenőrzése a borda kialakításánál



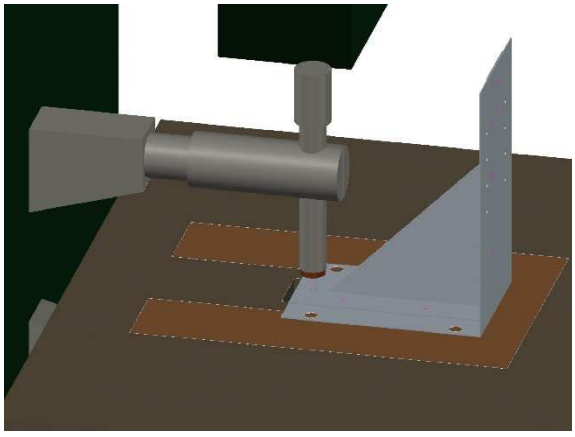
3.10 ábra Élhajlítás ellenőrzése a gerinc alkotóelem kialakításánál



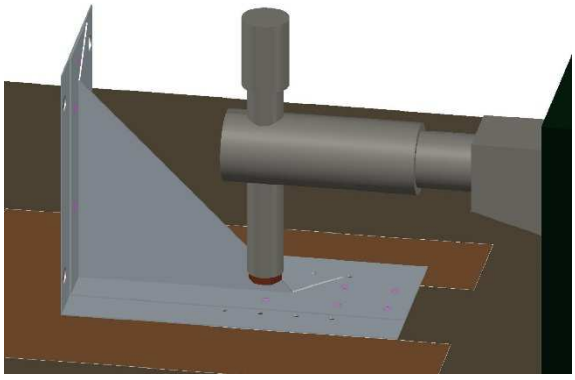
3.10 ábra I. SZE hegesztése: felső elektródatartó elfér a gerincborda mellett



3.11 ábra I. SZE hegesztése: Belső pontvarrat elkészíthetőségének vizsgálata



3.12 ábra Elektródacsúcs elfér a gerincborda alsó füle mellett



3.13 ábra A felső elektródatartó elfér a gerincborda mellett

A **3.11 ábrán** bemutatott ellenőrzést nem végeztük el a tervezés során és a tesztelem gyártása során derült ki, hogy azt a varratot nem lehet elkészíteni. Miután számítógéppel ellenőriztük, kiderült, hogy nem rossz a modell, hanem tervezési hibát vétettünk. Ennek megfelelően a gyártmánytervet módosítottuk.

4. Gyártási jegyzőkönyvek

A gyártási jegyzőkönyveket a melléklet végén csatoltuk.

Egy gyártmány (tesztelem) gyártási jegyzőkönyve 3 oldalas. A B200-2L10-1AB10-MOD baktípus esetén 4. oldalas.

Minden oldal fejlécében jobb oldalon szerepel **félkövér betűtípussal kiemelve** a tesztelem azonosító száma. A kód jellemzően az alkotóelemek kialakítását hordozza magában. Ez két részből áll. Az alfanumerikus **baktípus-azonosító** mögött álló sorszám mutatja meg, hogy hányadik tesztelem jegyzőkönyvét tartjuk a kezünkben.

pl**. B200-2L1010-1AB10-mod-01** azonosítójú tesztelem

B200-2L10-1AB10-mod	→	**baktípus azonosító**
01	→	**tesztelem sorszáma**

Alatta találjuk a gyártási jegyzőkönyv számát, ami úgy jön létre, hogy a baktípus-azonosító elé kapcsoljuk kötőjellel a „GYJ”-rövidítést. A tanulmányban néhány helyen ezekre az oldalakra hivatkozunk.

1. oldal tartalma:

Megadtuk az alkotólemezek méretét, a megmunkáló eszközök típusát és a hegesztési munkarendet.

2. oldal tartalma:

Ezen az oldalon lévő táblázatok tartalmazzák a kezdeti, gyártási geometriai imperfekciókat.

Az első két oszlopban varratok/furatok sorszáma szerepel (i, j). A táblázat azon sora, amiben mindkét cellában szerepel szám: **közbenső távolság**ot jelent. Ahol csak az egyik oszlopban van szám, az **széltávolságot** jelent. A furatok és pontvarratok esetében is mindig a furathoz/varrathoz közelebb eső szabad elemszéltől végeztük a távolságmérést tolómérővel.

A táblázatok 3. oszlopában (*Tényl.*) a mért érték szerepel, a 4. oszlopban a gyártmányterv szerinti érték (*Terv.*). A furat és pontvarrat átmérők ellenőrzésénél 3 mérést végeztünk. A mérések sorszámát római számokkal jelöltük (I., II., III.).

Az oldal alján ábrázoltuk a baktípus sematikus ábráit.

Jelmagyarázat:

- ● pontvarrat (a sorszám téglalapban)
- ○ furat (a sorszám háromszögben)

3. oldal tartalma:

Ezen az oldalon a gyártással kapcsolatos megjegyzéseinket fogalmazzuk meg, továbbá bemutatunk néhány pillanatképet a gyártmány készítésének részfolyamatairól vagy az elkészült gyártmányról.

4. oldal tartalma: (B200-2L10-…-mod esetén az 5. oldal)

A tesztelemek globális geometriai imerfekciójának közelítő felvétele.

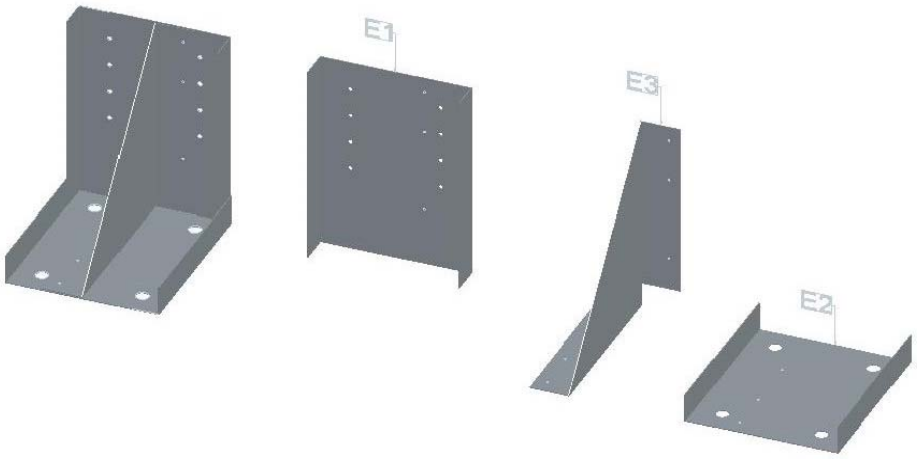
MŰEGYETEM 1782		GYÁRTÁSI JEGYZŐKÖNYV			
		Tesztelem azonosító száma:	**B200-2U10-1AB10-05**		
Dátum:	2014.09.05				
Gyártotta:	Frank Máté	Oldalszám:	26	Sorszám:	**GYJ-2U10-1AB10-05**

ALKOTÓ LEMEZEK

BEFOGLALÓ MÉRETEK				
MEGNEVEZÉS	Jel	h [mm]	b [mm]	t [mm]
Alaplemez	E1	212	180	1
Gerinclemez	E2	210	210	1
Borda	E3	248	218	1

MEGMUNKÁLÁS ESZKÖZEI	
VÁGÓGÉP	OL-3-1250 Diósgyőri Gépgyár
ÉLHAJLÍTÓ	OK Gép X/1

GYÁRTMÁNYTERV SZÁMA:	**GYT2:B200-2U10-1AB10**

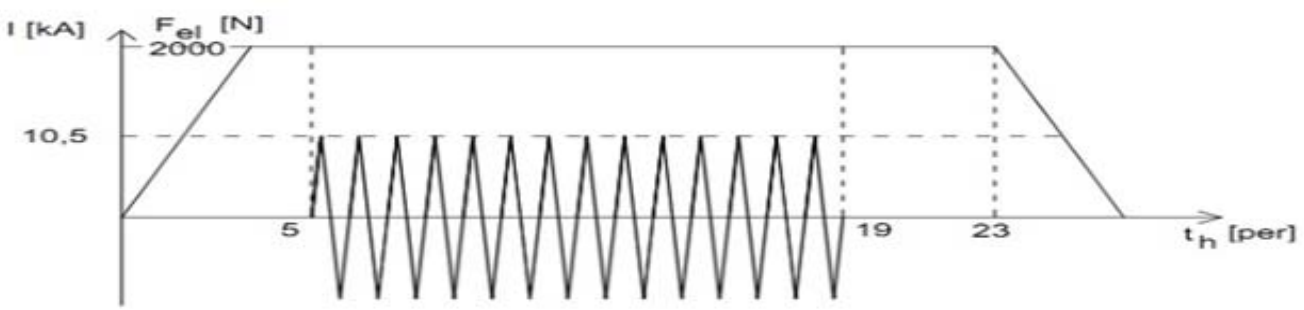


HEGESZTÉSI PARAMÉTEREK

HEGESZTŐ BERENDEZÉS	ARO M302-A
ELEKTRÓDA ÖSSZESZORÍTÁS TÍPUSA	Mechanikus

HEGESZTÉSI BERENDEZÉS BEÁLLÍTOTT ÉRTÉKEI			
ÁRAM	HEGESZTÉSI FŐIDŐ [ms]	ÖSSZESZORÍTÓ ERŐ [KN]	ELEKTRÓDA ÁTMÉRŐ [mm]
I6	0.28	2.00	5.00

HEGESZTÉSI MUNKAREND ÁBRÁJA



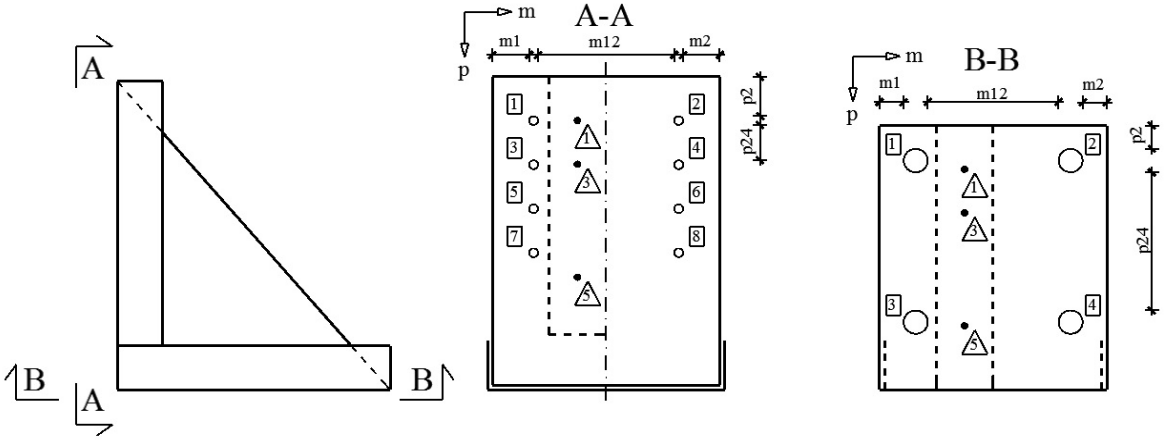
MŰEGYETEM 1782	GYÁRTÁSI JEGYZŐKÖNYV		
Dátum: 2014.09.05	Tesztelem azonosító száma:	**B200-2U10-1AB10-05**	
Gyártotta: Frank Máté	Oldalszám: 27	Sorszám:	**GYJ-2U10-1AB10-05**

FURATOK

Távolságok [cm]					Átmérők [mm]				
Irány	i	j	Tényl.	Terv.	Sorsz.	Tényleges mérés I.	Tényleges mérés II.	Tényleges mérés III.	Terv.
A-A nézet									
m	1		2.8	2.9	1	3.5	3.5	3.5	4.0
	1	2	8.7	8.6	2	3.4	3.5	3.5	4.0
	2		3.0	2.9	3	3.5	3.5	3.5	4.0
	3		2.8	2.9	4	3.5	3.5	3.5	4.0
	3	4	8.7	8.6	5	3.6	3.6	3.5	4.0
	4		3.0	2.9	6	3.5	3.5	3.6	4.0
	5		2.8	2.9	7	3.5	3.5	3.5	4.0
	5	6	8.7	8.6	8	3.6	3.5	3.6	4.0
	6		3.0	2.9					
	7		2.8	2.9					
	7	8	8.7	8.6					
	8		3.0	2.9					
p	1		2.8	2.6					
	1	3	2.7	2.6					
	3	5	2.6	2.6					
	5	7	2.7	2.6					
	2		2.8	2.6					
	2	4	2.6	2.6					
	4	6	2.6	2.6					
	6	8	2.7	2.6					
B-B nézet									
m	1		2.3	2.0	1	13.5	13.4	13.3	13
	1	2	8.6	8.8	2	13.2	13.6	13.4	13
	2		2.0	2.0	3	13.5	13.6	13.4	13
	3		2.2	2.0	4	13.9	13.1	13.2	13
	3	4	8.6	8.8					
	4		2.0	2.0					
p	1		1.8	1.9					
	1	3	11.5	11.8					
	2		1.7	1.9					
	2	4	11.6	11.8					

VARRATOK

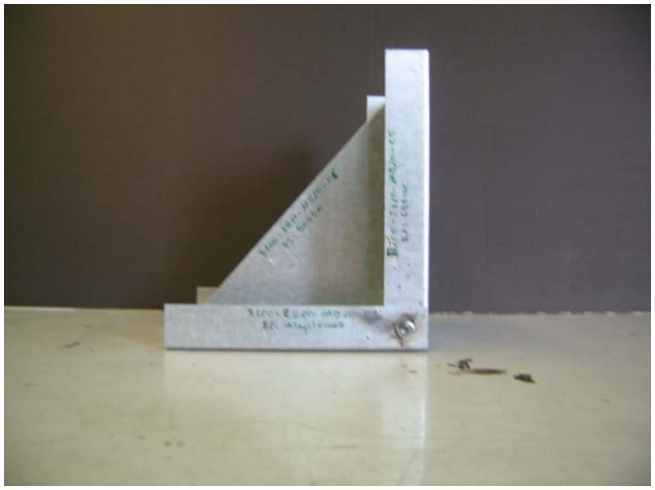
Távolságok [cm]					Átmérők [mm]				
Irány	i	j	Tényl.	Terv.	Sorsz.	Tényleges mérés I.	Tényleges mérés II.	Tényleges mérés III.	Terv.
m	1		4.2	4.8	1	4.8	4.2	4.9	5.0
m	3		4.0	4.8	3	5.0	5.0	5.1	5.0
m	5		4.1	4.8	5	4.8	4.8	4.6	5.0
p	1		1.4	1.6					
p	1	3	3.0	4.5					
p	3	5	8.3	8.8					
m	1		4.8	4.8	1	5.0	4.9	4.8	5.0
m	3		4.9	4.8	3	4.9	4.9	4.9	5.0
m	5		4.8	4.8	5	5.1	5.2	4.9	5.0
p	1		1.4	1.6					
p	1	3	3.0	4.5					
p	3	5	5.3	5.8					

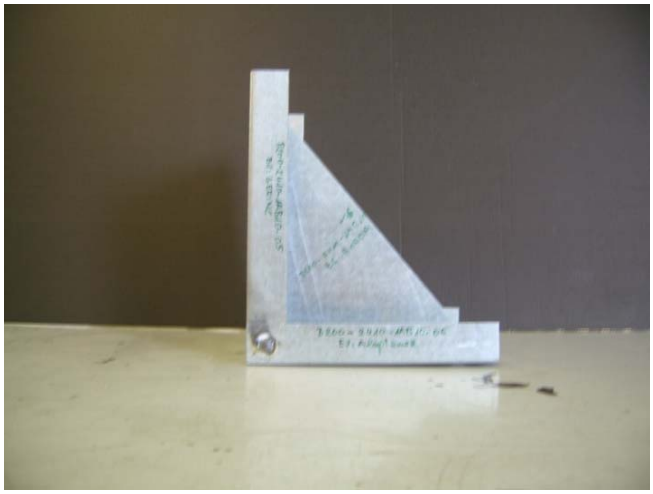


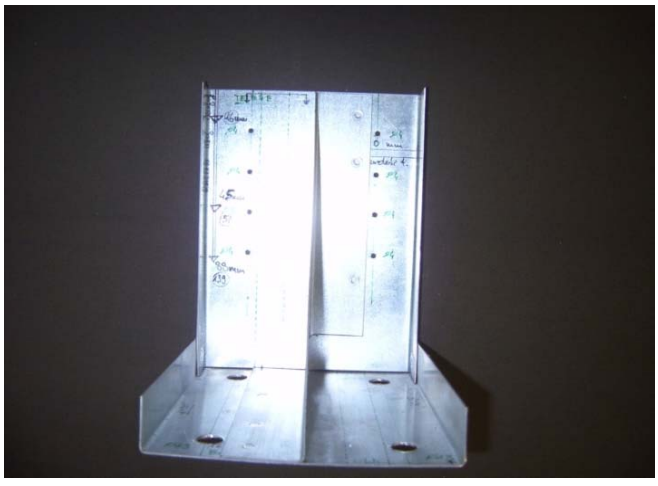
MŰEGYETEM 1782		GYÁRTÁSI JEGYZŐKÖNYV			
		Tesztelem azonosító száma:	**B200-2U10-1AB10-05**		
Dátum:	2014.09.05				
Gyártotta:	Frank Máté	Oldalszám:	28	Sorszám:	**GYJ-2U10-1AB10-05**

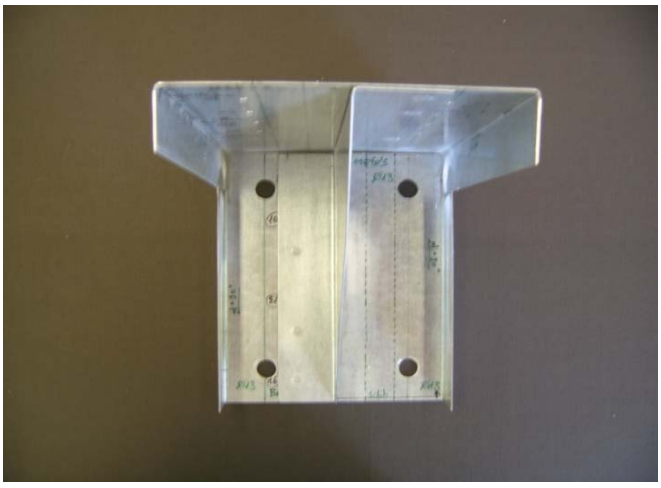
GYÁRTÁSI MEGJEGYZÉSEK

Ezeket az elemeket az ARO M302-A hegesztő berendezéssel, párhuzamvonalzókkal kiegészített, szálkereszttel ellátott pozícionáló asztallal készítettük. A hegesztés előtt a csatlakozó felületeket sebbenzinnel zsírtalanítottuk. Hegesztési munkarend: ARO M302-A mechanikus ellenállás ponthegesztő berendezés **I6-os beállítás, t = 0,28 sec, F = 2,0 kN.** A tesztelemet a gyártási tervnek megfelelően készítettük el.



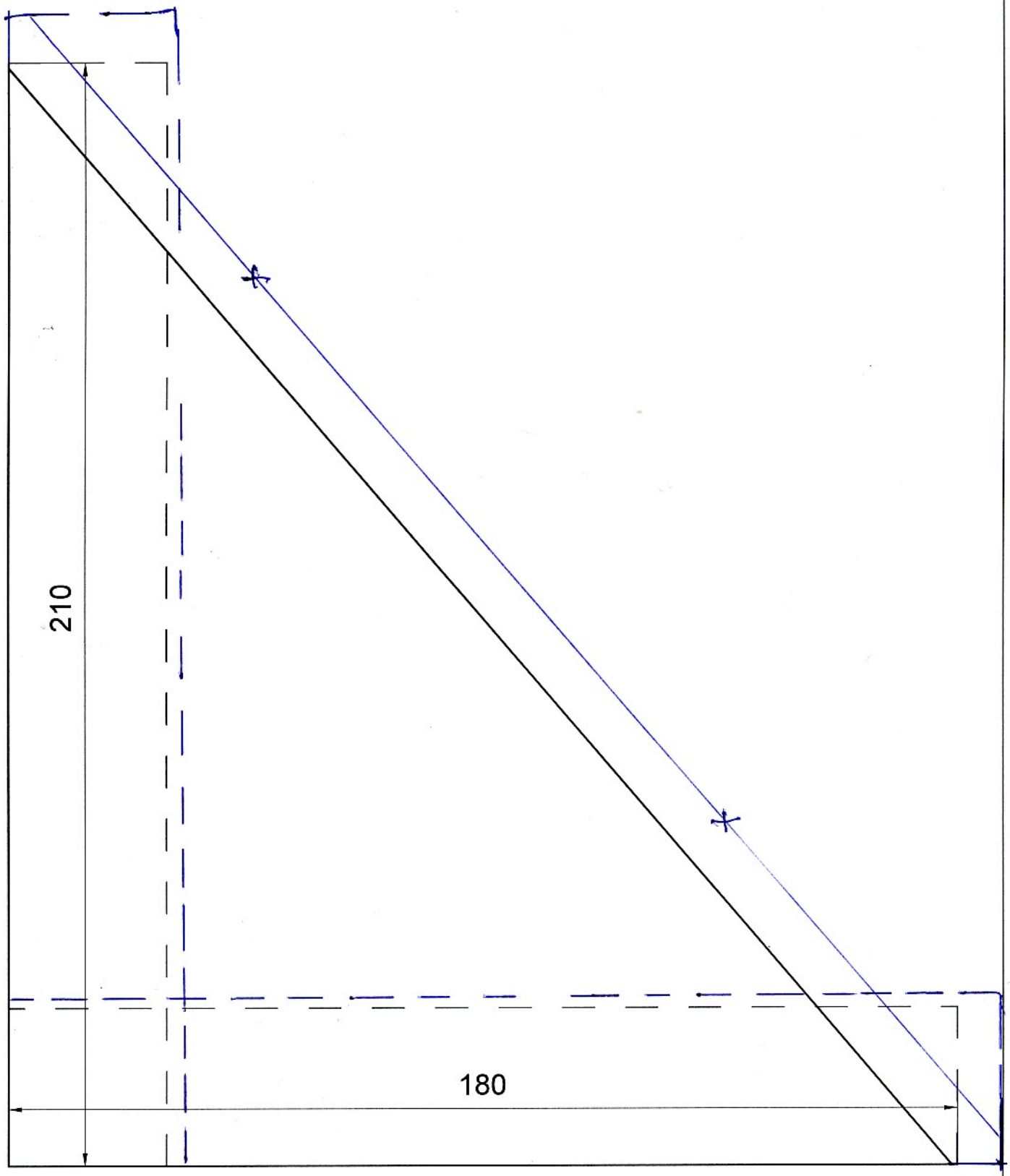






B200-2U10-1AB10-06 5

Gyártási imperfekciók



M4 - MELLÉKLET

KÍSÉRLETI ÖSSZEÁLLÍTÁS

Tervrajzok:

T1: Terhelési segédberendezés összeállítási és gyártási terve M=1:5

KET-1: Kísérleti összeállítás „B200-…” baktípusok vizsgálatához M=1:4

(A terveket a **Tervmellékletekben** csatoltuk.)

M5 - MELLÉKLET

MŰSZEREK KALIBRÁLÁSA

Tartalomjegyzék:

1. A kalibráláshoz használt műszerek bemutatása 2

2. Jegyzőkönyvek tartalma 2

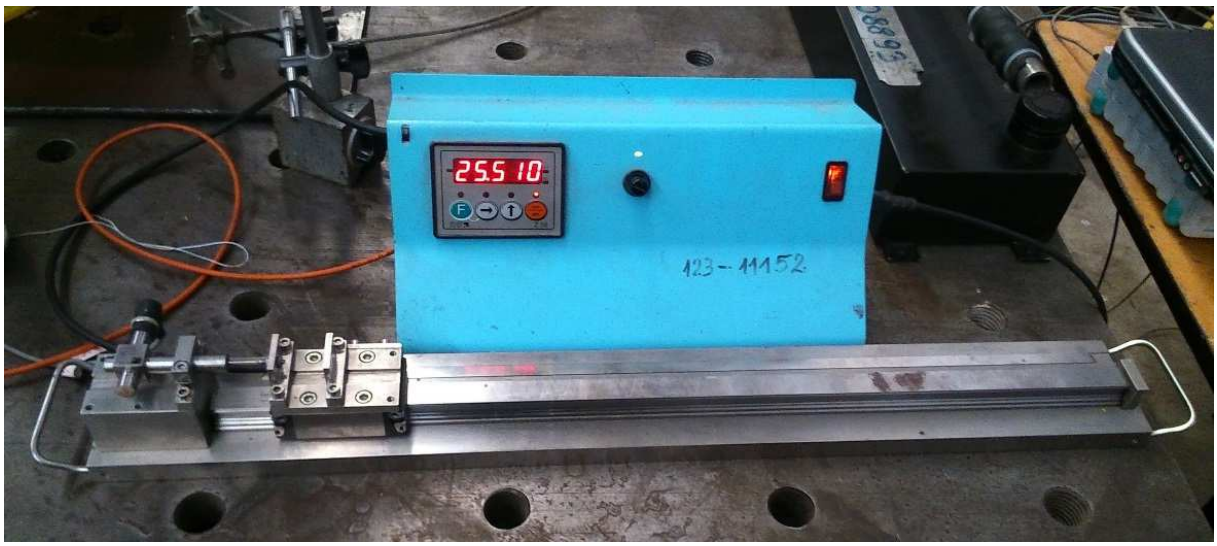
Jegyzőkönyvek:

Jelen jegyzőkönyv - példaképpen - a „KJK-3. tesztsorozat” azonosítójú jegyzőkönyvet mutatja be az elkészült 5 db-ból. A többi tesztelem gyártási jegyzőkönyve megtekinthető az **[1]** M5-mellékletének végén.

1. A kalibráláshoz használt műszerek bemutatása

Az elmozdulások méréséhez WFS 20 típusú induktív elmozdulás mérőműszereket használtunk. A műszereket közvetlenül a kísérletek előtt kalibráltuk. A bak tönkremenetelét követően elvégeztük az adók ellenőrző kalibrációját.

A kalibrálást az **M5-1. képen** látható mérőasztalon végeztük.



M5-1. kép Az induktív útadók kalibrálásához használt mérőasztal

2. Jegyzőkönyvek tartalma

A mérési jegyzőkönyvekben feltüntettük a kísérletek során vizsgált tesztelemek azonosítószámát. Ezt láthatjuk a jegyzőkönyv „Kalibrált adókkal vizsgált tesztelemek” címszava alatt.

Ábrázoltuk a (vasmag illetve a tekercsből álló) mérőműszer sematikus ábráját, valamint, hogy a tekercs milyen irányú mozgását nevezzük pozitív illetve negatív iránynak.

Irányok: „KI” = a vasmagot a tekercsből kifelé húzzuk

„BE” = a vasmagot a tekercsbe befelé toljuk

A műszerek típusát és gyártási számát a jegyzőkönyv középső táblázatában „Az egyes mérési pontokon használt elmozdulásmérő típusa” címszó alatt tüntettük fel. Egymás alatt rendre a mérési pont jele, az adó típusa, az adó mérési tartománya, az adó gyári száma. Az adók gyári száma több esetben le volt kopva, így ezek esetében a táblázat sorait üresen hagytuk. (A mérési pontok pozícióját a különböző tesztelemek esetén ld. **M7 melléklet: Kísérleti jegyzőkönyv** vonatkozó oldalain.)

A kalibrálás számításait táblázatosan foglaltuk össze.

A kalibrálás metodikája:

Az adók tekercsét fixen befogtuk a mérőasztal végén elhelyezkedő villába. A vasmagot két anyacsavarral rögzítettük az asztal közepén elhelyezkedő sínszálon futó kocsira. Az adót digitális vezetékkel kötöttük a mérőátalakítóhoz (Spyder 8), melyet egy laptophoz kapcsoltunk. A mérőasztal digitális kijelzőjén leolvasott értékeket **P**-vel, a számítógépen futatott Catman Easy programban leolvasott értékeket **C**-vel jelöltük.

Képeztük a két érték abszolútértéke különbségének abszolútértékét, majd visszaosztottuk a mérőasztalon leolvasott, mintegy 0,0001 relatív pontosságú értékkel, melyet pontos, viszonyítási

értéknek fogadtunk el. A hányadost a mérés relatív hibájának neveztük és **HRel**-lel jelöltük a jegyzőkönyvek táblázataiban. A számítás menetét az alábbiakban foglaltuk össze:

1. **P** leolvasása
2. **C** leolvasása
3. $\big||\boldsymbol{P}|-|\boldsymbol{C}|\big|$ számítása
4. **HRel** = $(\big||\boldsymbol{P}|-|\boldsymbol{C}|\big|)/|\boldsymbol{P}|$ számítása
5. **H(5mm)** számítása

A műszer pontosságát megfelelőnek tekintjük, amennyiben a relatív hibája kisebb, mint 0,02.

A mérési pontokon a várható elmozdulások (általában) nem haladják meg az 5,0 mm-t. A relatív hiba meghatározása után kiszámítottuk, hogy 5,0 mm elmozdulás mekkora hibával terhelt.

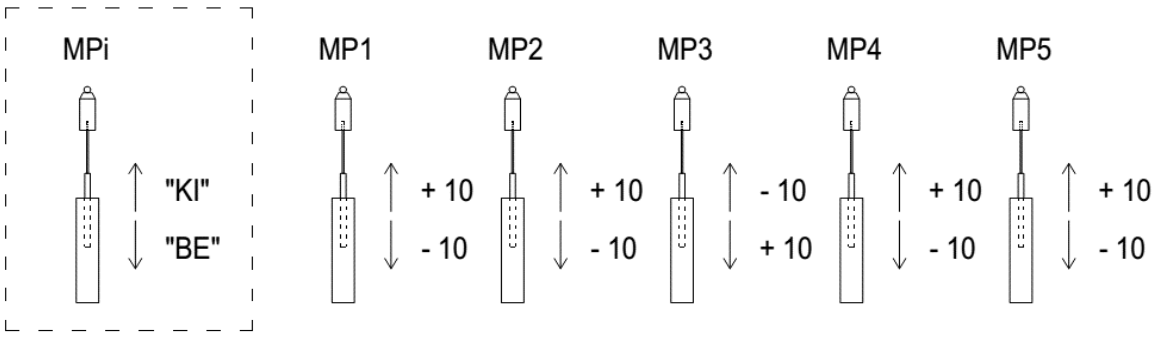
A kutatási időszakban 3 tesztsorozatban vizsgáltunk szelementartó bakokat (3., 4., 5. tesztsorozat). Az 1. és 2. tesztsorozat egy korábbi kutatási időszak keretében került elvégzésre (ld. **[4]**). Az adókat a tesztsorozatok elején és végén kalibráltuk, az eredményeket jegyzőkönyvben rögzítettük, melyek közül példaképpen egyet bemutatunk. A 4. és 5. tesztsorozat során készített jegyzőkönyvek megtekinthetők az **[1]** M5-mellékletének végén.

	M5 - MŰSZEREK KALIBRÁLÁSA	Jegyzőkönyv száma
MŰEGYETEM 1782	*Kalibrálási jegyzőkönyv*	**KJK-3. tesztsorozat**

Kalibrált adókkal vizsgált tesztelemek

B200-2L12-1AB12-02	**B200-2L10-1AB10-MOD-01**	**B200-1U10-1AB10-01**
B200-2L12-1AB12-03	**B200-2L10-1AB10-MOD-02**	
B200-2L12-1AB12-04	**B200-2U10-1AB10-04**	
B200-2L12-1AB12-05	**B200-2U10-1AB10-06**	

Regisztrált elmozdulások elője a CATMAN EASY mérőprogramban



Az egyes mérési pontokon (MPi, i = 1,2,3…5) használt elmozdulásmérő típusa

MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
WA 20	**WA 20**	**WA 20**	**WA 20**	**WA 20**
+/- 10	**+/- 10**	**+/- 10**	**+/- 10**	**+/- 10**
-	**-**	**1876**	**-**	**12877**

Kalibrálás táblázatai

MP1	P [mm]	C [mm]	$\big\lvert\lvert P\rvert - \lvert C\rvert\big\rvert$	Hrel [-]	H(5mm) [mm]
KI	**9,054**	**9,038**	**0,016**	**0,0018**	**0,0088**
BE	**-9,048**	**-9,033**	**0,015**	**0,0017**	**0,0083**
				< 0,02	**MEGFELEL!**

MP2	P [mm]	C [mm]	$\big\lvert\lvert P\rvert - \lvert C\rvert\big\rvert$	Hrel [-]	H(5mm) [mm]
KI	**10,002**	**9,864**	**0,138**	**0,0138**	**0,0690**
BE	**-9,979**	**-9,84**	**0,139**	**0,0139**	**0,0696**
				< 0,02	**MEGFELEL!**

MP3	P [mm]	C [mm]	$\big\lvert\lvert P\rvert - \lvert C\rvert\big\rvert$	Hrel [-]	H(5mm) [mm]
KI	**-9,982**	**-9,869**	**0,113**	**0,0113**	**0,0566**
BE	**10,008**	**9,888**	**0,120**	**0,0120**	**0,0600**
				< 0,02	**MEGFELEL!**

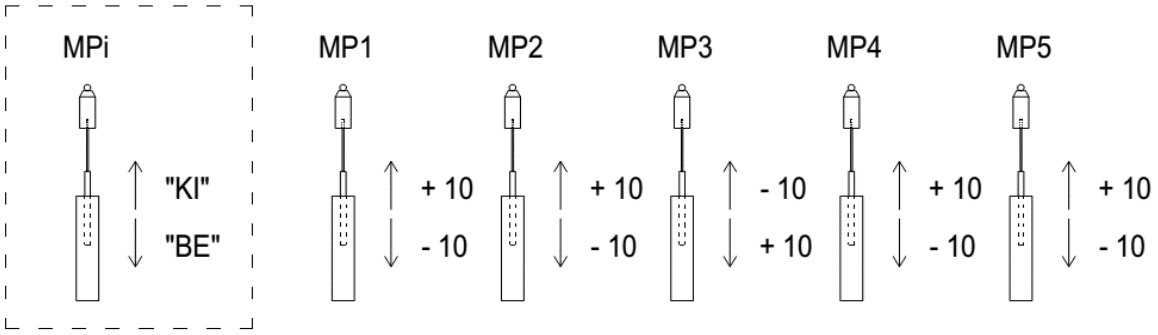
Kalibrálást végezte		Dátum	2014.09.01.
Frank Máté Ferenc	Janik Ottó	Oldalszám	03

	M5 - MŰSZEREK KALIBRÁLÁSA	Jegyzőkönyv száma
MŰEGYETEM 1782	*Kalibrálási jegyzőkönyv*	**KJK-3. tesztsorozat**

Kalibrált adókkal vizsgált tesztelemek

B200-2L12-1AB12-02	**B200-2L10-1AB10-MOD-01**	**B200-1U10-1AB10-01**
B200-2L12-1AB12-03	**B200-2L10-1AB10-MOD-02**	
B200-2L12-1AB12-04	**B200-2U10-1AB10-04**	
B200-2L12-1AB12-05	**B200-2U10-1AB10-06**	

Regisztrált elmozdulások elője a CATMAN EASY mérőprogramban



Az egyes mérési pontokon (MPi, i = 1,2,3…5) használt elmozdulásmérő típusa

MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
WA 20	**WA 20**	**WA 20**	**WA 20**	**WA 20**
+/- 10	**+/- 10**	**+/- 10**	**+/- 10**	**+/- 10**
-	**-**	**1876**	**-**	**12877**

Kalibrálás táblázatai

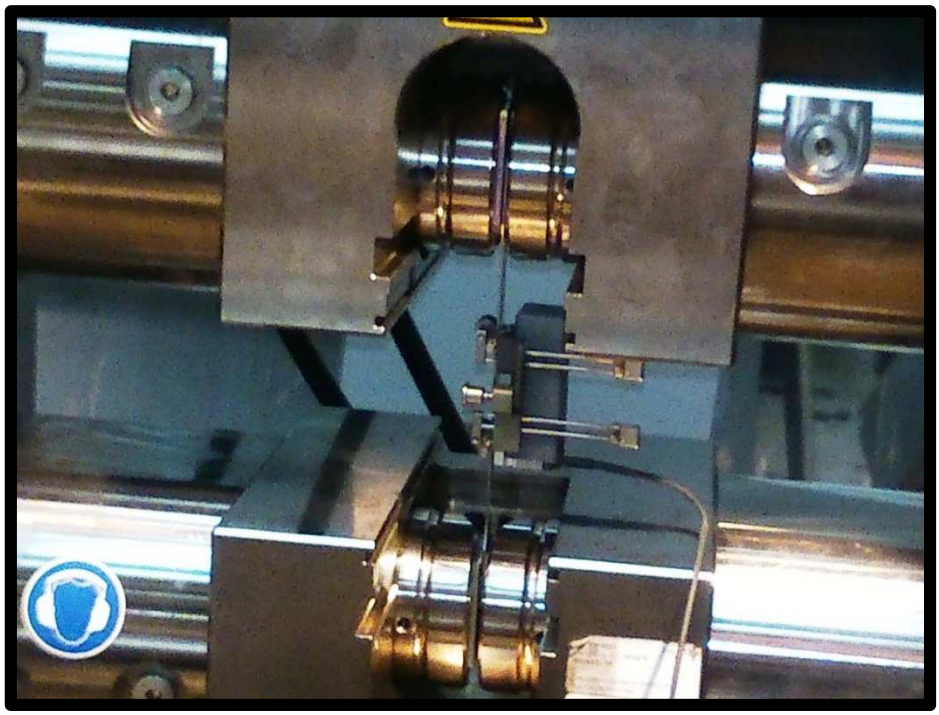
MP4	P [mm]	C [mm]	$\big\lvert\lvert P\rvert - \lvert C\rvert\big\rvert$	Hrel [-]	H(5mm) [mm]
KI	**10,022**	**10,01**	**0,012**	**0,0012**	**0,0060**
BE	**-9,57**	**-9,558**	**0,012**	**0,0013**	**0,0063**
				< 0,02	**MEGFELEL!**

MP5	P [mm]	C [mm]	$\big\lvert\lvert P\rvert - \lvert C\rvert\big\rvert$	Hrel [-]	H(5mm) [mm]
KI	**10,042**	**10,03**	**0,012**	**0,0012**	**0,0060**
BE	**-9,578**	**-9,567**	**0,011**	**0,0011**	**0,0057**
				< 0,02	**MEGFELEL!**

Kalibrálást végezte		Dátum	2014.09.01.
Frank Máté Ferenc	Janik Ottó	Oldalszám	04

M6 - MELLÉKLET

ANYAGVIZSGÁLAT



Tartalomjegyzék

1. Absztrakt 1
2. Bevezetés 2
3. Kísérleti módszer és mérési összeállítás ismertetése 3
3.1. Próbatest bemutatása 3
3.2. Próbatest kialakításának folyamata 3
3.3. Szakító berendezés bemutatása 4
4. Mérési eredmények bemutatása 5
5. Kísérleti eredmények statisztikai értékelése 5

Jegyzőkönyvek

Jelen jegyzőkönyv - példaképpen - a „B200-10-01” számú jegyzőkönyvet mutatja be az elkészült 26 db-ból. A többi tesztelem gyártási jegyzőkönyve megtekinthető az **[1]** M3-mellékletének végén.

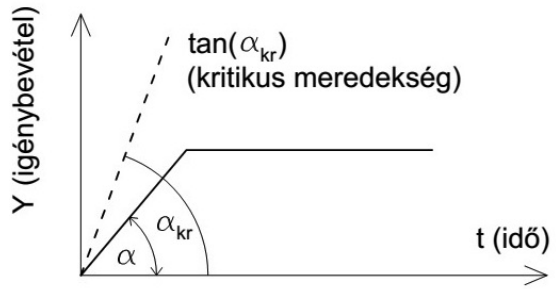
1. Absztrakt

A szakítóvizsgálat célja meghatározni 1,0 mm, 1,2 mm és 1,5 mm vastag tűzihorganyzott acéllemezek folyáshatárának statisztikai mutatóit. A kísérletet az MSZ EN ISO 4136:2013 szabvány javaslatai alapján hajtottuk végre egy ZWICK ROLL Z400 típusú szakítógéppel.

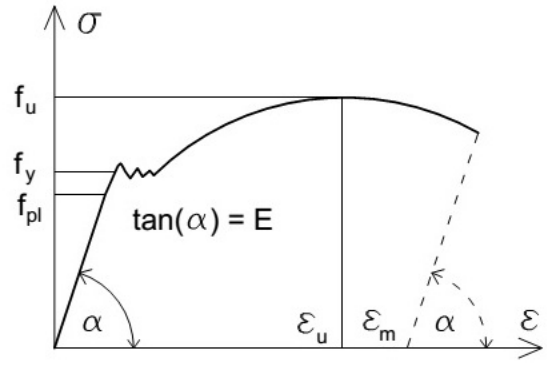
2. Bevezetés

Az acélszerkezeti tervezés során két féle terhelést érdemes megkülönböztetni, a viszonylag lassan ránehezedő és a továbbiakban nyugalomban lévőnek tekinthető ún. statikus terheket, és az időben és térben változó (impulzusszerű) dinamikus terheket. A megkülönböztetés azért lényeges, mert a terhelési folyamat lejátszódása a szerkezet és az anyag viselkedése szempontjából fontos szerepet játszik.

A statikus terhelési folyamatra jellemző a terhelési diagram, ami az igénybevétel nagyságának időbeni változását mutatja. A grafikonnak egy kritikus meredekségű egyenes alatt kell lennie, különben a feszültségek, és alakváltozások nem tudnak összhangban lenni (az alakváltozások nem tudnak kialakulni). Egy általános terhelési diagramot **2.1 ábra** illusztrál.



2.1 ábra Statikus terhelési diagram



2.2 ábra Természetes folyáshatárral rendelkező anyag húzódiagramja

„A statikus terhekkel kapcsolatos erőtani vizsgálatokhoz kapcsolódó szilárdsági és alakváltozási mennyiségek kapcsolatát ún. ***statikus jelleggörbék*** *szolgáltatják.”*(**[7]** 77.o.).

Egy statikus jelleggörbéről leolvasható, hogy egy adott próbatest típus esetén adott terhelési folyamatra az anyagban keletkező feszültségek és a fajlagos alakváltozások hogyan függnek össze. A statikus jelleggörbéknek három típusa van: **húzó**, nyomó és nyíró **jelleggörbe**.

A húzó jelleggörbe (továbbiakban húzódiagram) az ε fajlagos nyúlás és a σ húzófeszültség összefüggését ábrázolja. Melegen hengerelt, nagy nyúló képességű, jó képlékeny tulajdonságokkal rendelkező acéloknál a **2.2 ábrán** bemutatott grafikonhoz hasonlóak.

A húzódiagramokból, illetve a szakítókísérletekből az alábbi adatokat lehet megállapítani:

$\mathbf{f_{pl}}$ - arányossági határ; $\mathbf{f_y}$ – folyáshatár; $\mathbf{f_u}$ – szakítószilárdság; $\varepsilon_\mathbf{u}$ – szakadó nyúlás; **E** – rugalmassági modulus; **n** – harántkontrakciós tényező

Ezek az adatok az alábbi hatásoktól függnek:

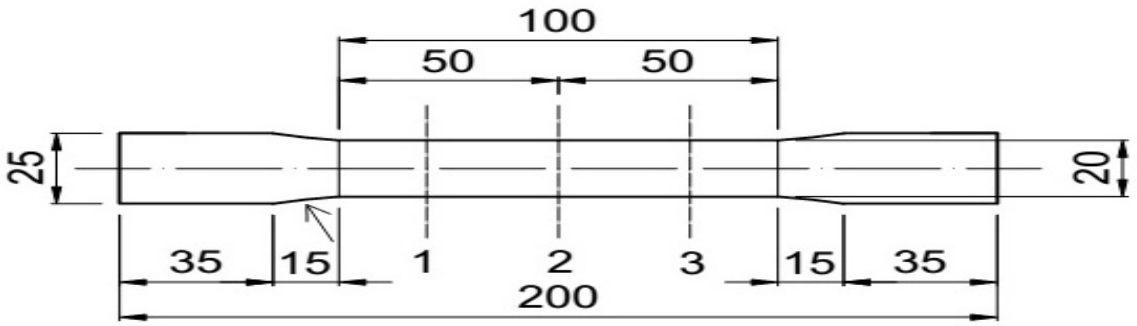
kiértékelés módja; próbatest alakja és orientáltsága**;** próbatest méretei**; próbatest elkészítésének technológiája;** hőmérséklet**; szakítás sebessége**

3. Kísérleti módszer és mérési összeállítás ismertetése

A kísérletet az **MSZ EN ISO 6892-1:2010** szabvány előírásait és javaslatait betartva végeztük el.

3.1. Próbatest bemutatása

A próbatestek méreteit a **MSZ EN ISO 6892-1:2010** szabvány **B-melléklete** ajánlásai alapján vettük fel. A próbatest kialakítását a **3.1 ábra** illusztrálja. A méreteket a szállított lemezméretek is indokolták.



3.1 ábra A szakítóvizsgálathoz alkalmazott próbatest kialakítása

3.2. Próbatest kialakításának folyamata

A **3.1 ábrán** bemutatott próbatesteket a **3.1 képen** látható lemezvágó géppel alakítottuk ki.

3.2 kép Próbatestek kivágása egy **OL-3-1250 lemezvágó gép**pel

A próbatestek kialakítása után ellenőriztük, hogy a próbatesteket a szabvány B mellékletében közölt hibahatárokon belül készítettük-e el.

3.3. Szakító berendezés bemutatása

A próbatesteket a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék laboratóriumában (EL) álló, a **3.4 képen** bemutatott szakítógéppel végeztük.

A gép típusa: ZWICK ROLL Z400
Befogás módja: hidraulikus befogó prés

3.4 kép Szakítás folyamata

A terhelés sebességére vonatkozó előírások:

Az acéllemez névleges rugalmassági modulusa: $E_a = 210000\ N/mm^2$

ÁLTALÁNOS ELŐÍRÁS:

Horgany esetében a nyúlás sebessége: (e. vezérlés) $\mathbf{v_{De} = 12{,}5 \pm 5\ \%/min}$

Az alkalmazott terhelési sebesség:

A szakítógépen lehetőség volt 2 terhelési sebességet beállítani. **A folyáshatár eléréséig 3 mm/perc sebességet állítottunk be, azt követően a szakadásig 15 mm/percet.** A terhelési sebesség értékek beállításánál kértük a konzulenseink illetve a laboratórium munkatársainak tanácsát.

4. Mérési eredmények bemutatása

A kísérlet keretében lemezvastagságonként 7-7, azaz összesen 21 kísérletet végeztünk. A terhelés előtt álló próbatesteket a **4.1 képen** láthatjuk.

4.1 kép Terhelés előtt álló próbatestek

A szakítóvizsgálatok jegyzőkönyveit a melléklet végén csatoltuk. A különböző lemezvastagságok esetén végzett kísérletek jegyzőkönyveinek oldalszámát a **4.1. táblázat** foglalja össze.

Lemezvastagság [mm]	Jegyzőkönyv oldalszáma
1,00	1-7
1,20	8-14
1,50	15-20

4.1. táblázat A kísérleti jegyzőkönyvek elérési útja (ld. **[1]** M6-melléklet)

A **B200-15-01** próbatest terhelésével kezdtük a kísérletsorozatot. Ennél a folyáshatáron túli terhelési szakaszon erővezérlést állítottunk be. A kísérlet több, mint 1 óráig tartott és a próbapálca nem szakadt el; a gép hibaüzenetet írt ki. Ezt követően váltottunk arra, hogy a teljes terhelés-történet alatt elmozdulást vezérlést alkalmazzunk.

A **B200-15-01** próbatest kísérlete nem volt releváns.

5. Kísérleti eredmények statisztikai értékelése

A vizsgálat során 1,00 mm; 1,20 mm és 1,50 mm vastagságú, S355 anyagminőségű próbatesteken végeztünk szakítópróbát. Az eredményeket statisztikailag kiértékeltük. A mérési eredményekből a **folyáshatárt**, az alábbi módon határoztuk meg:

1. A görbén kiválasztottuk a felső folyáshatár utáni maradó alakváltozás görbeszakaszát, ahol még nem indult meg a felkeményedés, erre egy lineáris trendvonalat (legkisebb négyzetek módszere) illesztettünk.
2. Megkerestük a 0,2% alakváltozáshoz tartozó feszültség értéket, majd erre a pontra az origóból egyenest illesztettünk.
3. Meghosszabbítottuk mindkét egyenes.
4. Meghatároztuk a két egyenes metszéspontját, melyből megkaptuk a keresett feszültség értékét. Az azonos lemezvastagsághoz tartozó feszültség értékeknek kiszámoltuk a várható értékét (számtani átlag), és a hozzá tartozó szórást.

A vizsgálatok jegyzőkönyveit a melléklet végén csatoltuk. Az elemzések eredményeit az alábbi táblázatban foglaltuk össze:

t	1,0 mm		1,2 mm		1,5 mm	
S.sz.	**f_y [N/mm^2]**	**SZJK**	**f_y [N/mm^2]**	**SZJK**	**f_y [N/mm^2]**	**SZJK**
1	385.2328	01	371.2364	08		
2	394.4190	02	407.1758	09	449.9146	15
3	394.3380	03	395.818	10	437.0347	16
4	384.3513	04	387.0681	11	449.3088	17
5	389.4521	05	392.9571	12	438.1508	18
6	401.6425	06	393.0067	13	446.1992	19
7	392.2108	07	384.1311	14	455.4694	20
E(x)	**391.66**		**390.20**		**446.01**	
S	5.98		11.12		7.18	

5.1 táblázat Folyáshatár várható értékei és szórásai

f_y: folyáshatár

E(x): várható érték (számtani átlag alapján)

S: szórás

A táblázat 3., 6. és 9. oszlopában adtuk meg, hogy a mérési eredmények hányadik jegyzőkönyv-oldalon található.

A mérési eredményeket további - végeselemes - feldolgozás céljából 3 féle módszerrel statisztikailag elemeztük. A numerikus modellezéshez a folyáshatár és szakítószilárdság várható értékeire lesz szükségünk. Ezek előállításához az eredményeket az alábbi módszerekkel vizsgáltuk:

1. MS. Excel beépített függvényeivel
2. Probability paper és LSF (**[9]**)
3. Maximum likelihood módszerrel (**[9]**)

Az összehasonlítás eredményeit az **5.2 és 5.3 táblázatokban** foglaltuk össze.

Folyás						
t	1,0mm		1,2mm		1,5mm	
Sorsz.:	f_y [N/mm^2]	ε [%]	f_y [N/mm^2]	ε [%]	f_y [N/mm^2]	ε [%]
1	385,2328	0,2008	371,2364	0,2002		
2	394,4190	0,2088	407,1758	0,2137	449,9146	0,2178
3	394,3380	0,2098	395,8180	0,2122	437,0347	0,2185
4	384,3513	0,2068	387,0681	0,2098	449,3088	0,2193
5	389,4521	0,2291	392,9571	0,2136	438,1508	0,2203
6	401,6425	0,2255	393,0067	0,2113	446,1992	0,2217
7	392,2108	0,2065	384,1311	0,2115	455,4694	0,2204
E(x)	**391,664**	0,212	**390,199**	0,210	**446,013**	0,220
S	5,977	0,011	11,117	0,005	7,183	0,001

Szakadás						
t	1,0mm		1,2mm		1,5mm	
Sorsz.:	f_u [N/mm^2]	ε [%]	f_u [N/mm^2]	ε [%]	f_u [N/mm^2]	ε [%]
1	441,9610	26,9704	497,541	12,3897		
2	440,2129	25,0510	487,381	28,2357	540,3862	7,4780
3	434,5333	29,5969	474,2495	33,3938	474,4572	5,0453
4	431,9828	25,5299	475,0314	19,5641	530,3379	8,0711
5	433,9599	30,4774	469,0002	26,8498	472,2469	5,4891
6	456,7267	30,6042	473,0983	29,9839	469,4873	6,1573
7	440,4038	31,0608	464,2323	34,9801	535,6209	8,5988
E(x)	**439,969**	**28,470**	**477,219**	**26,485**	**503,756**	**6,807**
S	8,311	2,554	11,424	7,978	34,898	1,451

5.2 táblázat Folyáshatár és szakítószilárdság várható értékei a fajlagos nyúlások tükrében

A különböző módszerekkel kapott értékek összehasonlítását az **5.3 táblázat** tartalmazza.

E(x), S értékeinek összehasonlítása különböző számítási módszerek esetén																
Típus	t	1,0 mm		1,2 mm		1,5 mm		t	1,0 mm		1,2 mm		1,5 mm		Típus
	szám.	f_y [N/mm^2]	ε [%]	f_y [N/mm^2]	ε [%]	f_y [N/mm^2]	ε [%]	szám.	f_u [N/mm^2]	ε [%]	f_u [N/mm^2]	ε [%]	f_u [N/mm^2]	ε [%]	
E(x)	Excel	391,66	0,21	390,20	0,21	446,01	0,22	Excel	439,97	28,47	477,22	26,49	503,76	6,81	
	PP	391,66	0,21	390,20	0,21	446,01	0,22	PP	439,97	28,47	477,22	26,49	503,76	6,807	E(x)
	MaxL.	391,66	0,21	390,20	0,21	446,01	0,22	MaxL.	439,97	28,47	477,22	26,49	503,76	6,807	
S	Excel	5,977	0,011	11,117	0,005	7,183	0,001	Excel	8,311	2,554	11,424	7,978	34,898	1,451	
	PP	7,353	0,012	13,597	0,00489	9,012	0,00182	PP	9,504	3,046	13,653	9,659	40,745	1,84	S
	MaxL.	5,534	0,00979	10,292	0,00432	6,557	0,00129	MaxL.	7,695	2,365	10,577	7,386	31,857	1,324	
Eltérés Maximum Likelihood-hoz képest															
%	Excel	8,00	8,23	8,01	8,15	9,54	11,30	Exel	8,01	8,01	8,01	8,02	9,55	9,56	%
	PP	32,87	22,57	32,11	13,12	37,44	40,26	PP	23,51	28,79	29,08	30,77	27,90	38,97	

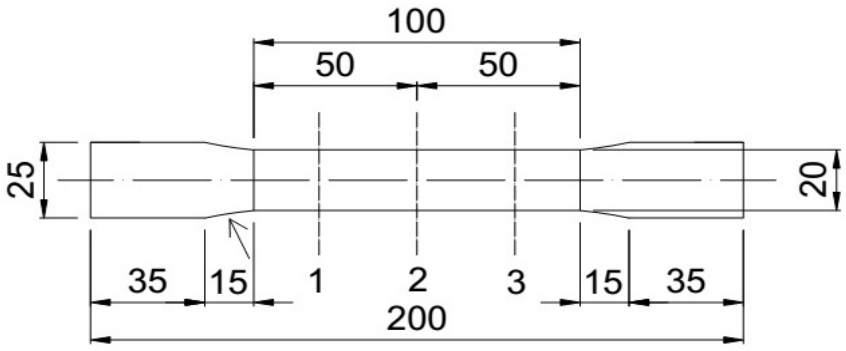
5.3 táblázat Statisztikai eredmények összehasonlítása

Mindhárom módszernél a mérések várható értékei három tizedes jegyig vizsgálva megegyeztek, eltérések csak a szórások eredményeiben mutatkoztak. Az eltérések mértéke a PP-LSF és Maximum likelihood között 30-32% közötti, az Excel és Maximum likelihood között 8-11%.

MŰEGYETEM 1782	**Anyagvizsgálat**	Jegyzőkönyv száma
	Szakítóvizsgálati jegyzőkönyv	**SZJK-B200-10-01**

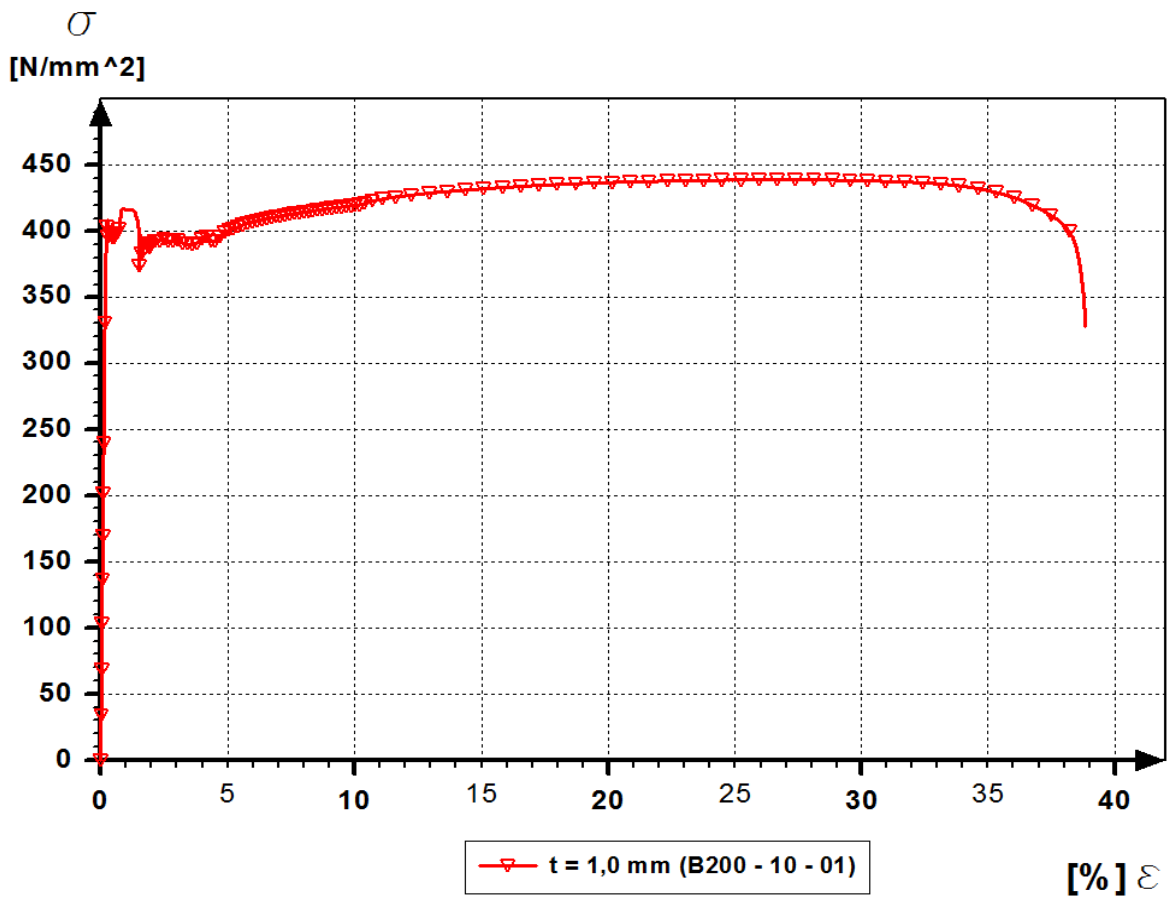
Névleges lemezvastagság	[mm]	**1,00**	Tesztelem azonosítója	**B200-10-01**

PRÓBATEST KIALAKÍTÁSA



Keresztmetszeti terület		
MP	b [mm]	v [mm]
1	**19,87**	**1,01**
2	**18,76**	**1,02**
3	**19,96**	**0,96**

σ - ε Diagram

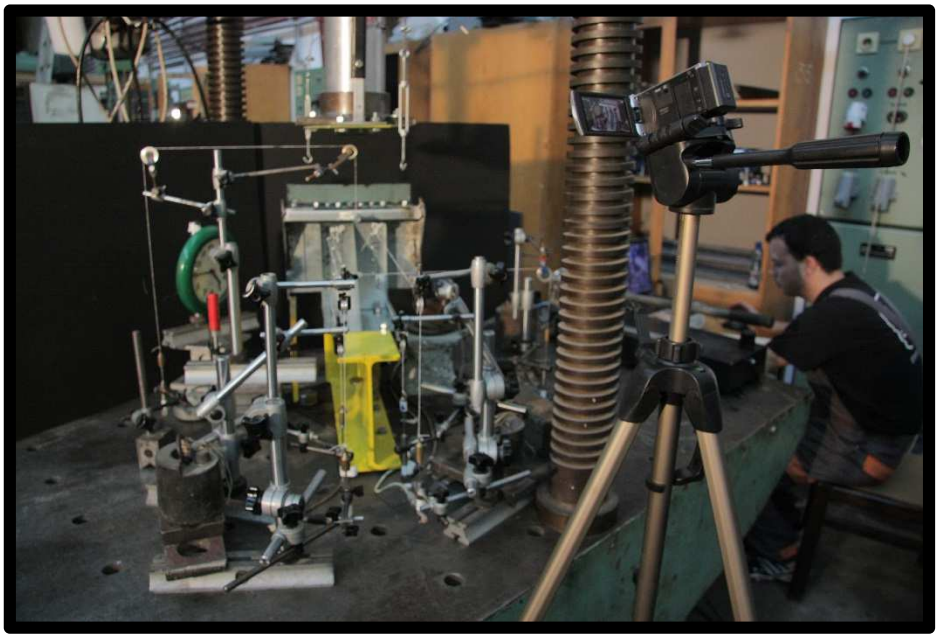


Felület védelem	**tűzihorgany réteg**	Névleges vastagság		**20 μm**
Alkalmazott eljárás	**Sendzimir**	Folyáshatár	[N/mm^2]	**385.2328**

Tesztelemet gyártotta	Próbatest kialakítása	Dátum	2014.02.15
Frank Máté Ferenc	MSZ EN ISO 6892-1:2010	Oldalszám	01

M7 - MELLÉKLET

TESZTSOROZATOK BEMUTATÁSA



Tartalomjegyzék

Bevezetés ... 2
1. Első tesztsorozat ... 3
1.1. Kísérleti összeállítás ... 3
1.2. Kísérleti eredmények ... 4
1.2.1. B200-2L12-1AB12-01 kísérleti eredménye ... 4
1.2.2. B200-2U10-1AB10-01 és B200-…-02 kísérleti eredménye ... 5
1.2. Összegzés ... 6
2. Második tesztsorozat ... 7
2.1. Kísérleti összeállítás ... 7
2.2. Kísérleti eredmények ... 8
2.2.1. B200-2U10-1AB10-03 kísérleti eredménye ... 8
2.3. Összegzés ... 8
3. Harmadik tesztsorozat ... 9
3.1. Kísérleti összeállítás ... 9
3.2. Kísérleti eredmények ... 10
3.2.1. B200-2L12-1AB12-02 kísérleti eredménye ... 10
3.3. Összegzés ... 11
4. Negyedik tesztsorozat ... 12
4.1. Kísérleti összeállítás ... 12
4.2. Kísérleti eredmények ... 13
4.2.1. B200-2L12-1AB12-03 kísérleti eredménye ... 13
4.2.2. B200-2L12-1AB12-04 kísérleti eredménye ... 14
4.2.3. B200-2L12-1AB12-05 kísérleti eredménye ... 15
4.2.4. B200-2U10-1AB10-04 és B200-…-06 tesztelem kísérleti eredménye ... 16
4.2.5. B200-2L10-1AB10-MOD-01 és B200-…-MOD-02 kísérleti eredménye ... 17
4.2.6. B200-1U10-1AB10-01 kísérleti eredménye ... 18
4.3. Összegzés ... 19
5. Ötödik tesztsorozat ... 20
5.1. Kísérleti összeállítás ... 20
5.2. Kísérleti eredmények ... 21
5.2.1. B200-2U10-1AB10-05 kísérleti eredménye ... 21
5.3. Összegzés ... 22

Bevezetés

A kutatási időszakban **összesen 14 kísérlet**et hajtottunk végre. A kísérleteket **5 tesztsorozat**ba soroltuk a végrehajtásuk időpontja szerint. A tesztsorozatokban elvégzett kísérletek eredményei alapján négyszer módosítottunk a kísérleti összeállításon, mire eljutottunk az ún. **releváns kísérleti összeállítás**hoz. Releváns kísérleti összeállításban terhelés hatására a szelementartó bak megy tönkre és a grafikonokon nem keletkeznek a bakhoz csatlakozó alkatrészek alakváltozása miatt mérési hibák.

A különböző kísérleti összeállításokat három szempontból vizsgáltunk:

1. Z-szelemen rögzítésének módja
2. Terhelési viszonyok kialakítása
3. Méréstechnika összeállítása

Az **1. táblázatban** összefoglaltuk a kutatási időszakban elvégezett kísérleteket baktípusok szerint (BT = baktípus). A tesztelemeknél feltüntettük a kísérlet elvégzésének dátumát. **Félkövér betűtípussal** emeltük ki azon kísérleteket, melyeket releváns kísérleti összeállításban hajtottunk végre. *Dőlt betűvel* szedtük, melyekhez elkészítettük a tesztelemet, de a kísérletet még nem hajtottuk végre.

BT	Tesztelem azonosítója	Dátum	BT	Tesztelem azonosítója	Dátum	BT	Tesztelem azonosítója	Dátum	BT	Tesztelem azonosítója	Dátum
B200-2L12-1AB12	B200-2L12-1AB12-01	2014.05.09	B200-2U10-1AB10	B200-2U10-1AB10-01	2014.05.05	B200-2L10-1AB10-MOD	**B200-2L10-1AB10-MOD-01**	2014.09.04	B200-1U10-1AB10	B200-1U10-1AB10-01	2014.09.05
	B200-2L12-1AB12-02	2014.09.01		B200-2U10-1AB10-02	2014.05.16		**B200-2L10-1AB10-MOD-02**	2014.09.06			
	B200-2L12-1AB12-03	2014.09.04		B200-2U10-1AB10-03	2014.05.23		*B200-2L10-1AB10-MOD-03*				
	B200-2L12-1AB12-04	2014.09.06		**B200-2U10-1AB10-04**	2014.09.04						
	B200-2L12-1AB12-05	2014.09.06		**B200-2U10-1AB10-05**	2014.10.12						
	-	-		**B200-2U10-1AB10-06**	2014.09.06						

1. táblázat A kutatási időszakban elvégzett kísérletek baktípusok szerint

A különböző tesztsorozatokban vizsgált tesztelemeket a **2. táblázatban** foglaltuk össze. A táblázatban feltüntettük a laboratóriumban töltött időintervallumot, beleértve a kísérletre való felkészülést (terhelési segédberendezés összeállítása, mérőműszerek kalibrálása stb.) és a takarítást is, hogy a munkaterületet az átvételkor lévő állapotban adhassuk vissza.

	1. TESZTSOROZAT	2. TESZTSOROZAT	3. TESZTSOROZAT	4. TESZTSOROZAT	5. TESZTSOROZAT
	2014.05.09.-2014.05.16.	2014.05.21.-2014.05.24.	2014.09.01.-2014.09-02.	2014.09.04.-2014.09.06.	2014.10.10.-2014.10.12.
Tesztelem azonosító	B200-2L12-1AB12-01	B200-2U10-1AB10-03	B200-2L12-1AB12-02	**B200-2L12-1AB12-03**	**B200-2U10-1AB10-05**
	B200-2U10-1AB10-01			**B200-2L12-1AB12-04**	
	B200-2U10-1AB10-02			**B200-2L12-1AB12-05**	
				B200-2U10-1AB10-04	
				B200-2U10-1AB10-06	
				B200-2L10-1AB10-MOD-01	
				B200-2L10-1AB10-MOD-02	
				B200-1U10-1AB10-01	

2. táblázat Tesztsorozatok szerinti csoportosítás

A következő fejezetekben bemutatjuk a különböző tesztsorozatok kísérleti összeállítását, bemutatjuk az elvégzett kísérletek eredményeit, majd az összegzésben elemezzük a mérési hibák okait.

1. Első tesztsorozat

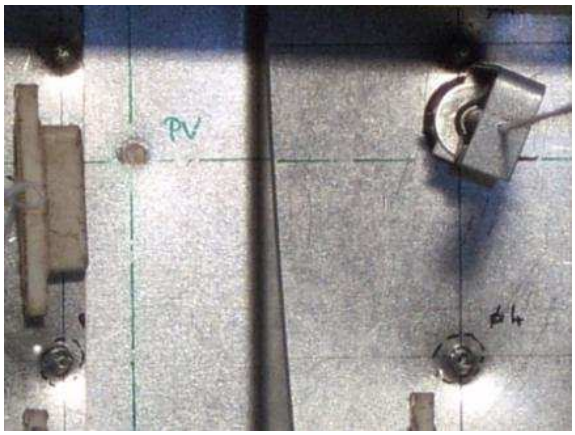
1.1. Kísérleti összeállítás

A kísérleti összeállítást az **1.1 képen** láthatjuk. Az elmozdulásokat induktív útadókkal mértük, melyeket csigákon átvetett zsinórokon keresztül rögzítettünk ajtómágnesekhez. A mágnesek elhelyezését az **1.2 kép** illusztrálja. Az **1.2 kép** jobb oldalán egy olyan kialakítású mágnest láthatunk, mely a pontszerű mérést jobban lehetővé teszi. A műszerrel lehetőség volt az induktív adók vasmagjának finom-állítására, de az alkalmazott mágnes nem volt elég erős, így a lemezterület horpadásának hatására a **B200-2U10-1AB10** típusú tesztelemek esetén leesett (ld. **1.2 ábra**, 5. old.).

1.1 kép Első tesztsorozat kísérleti összeállítása

1.2 kép Mérőműszerek kialakítása: **ajtómágnesek** és egyedi kialakítású mágnes

A Z-szelement **4 db LD6T önfúró csavar**ral erősítettük a bak gerincére. A rögzítés kialakítását az **1.3 képen** láthatjuk. A terhelés elosztásának céljából a Z-szelemen felső öve és dugattyú közé egy **fahasáb**ot raktunk. A terhelés viszonyokat az **1.4 képen** láthatjuk.



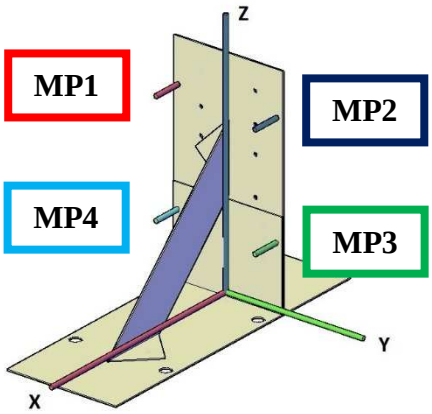
1.3 kép Z200 rögzítése a bak gerincére **4 db LD6T önfúró csavarral**

1.4 kép Terhelési viszonyok: **fahasáb** alkalmazása teherelosztás céljából

1.2. Kísérleti eredmények

1.2.1. B200-2L12-1AB12-01 kísérleti eredménye

A tesztelem sematikus ábráját, a mérési pontok helyzetét valamint az irányok értelmezését az **1.1 ábrán** láthatjuk.



Tengelyek színe	Mérési pontok (X-irányú elmozd.-hoz)
X	MP1, MP2
Y	
Z	MP3, MP4

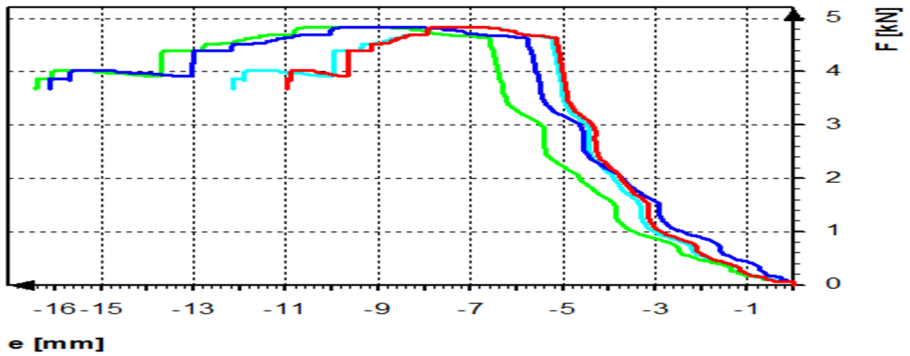
1.1 ábra A mérési pontok elhelyezkedése

A tesztelem terhelés előtti alakját az **1.5 kép** illusztrálja. A tönkremenetel a gerinclemez beroppanásával következett be (**1.6 kép**).

1.5 kép A tesztelem terhelési előtti állapotban (teherszint 0,0 kN)

1.6 kép A tönkremenetel pillanata (teherszint ~ 4,8 kN)

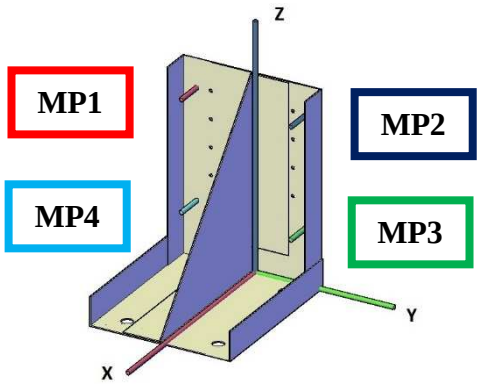
A tesztelem erő - elmozdulás grafikonját az **1.2 ábra** illusztrálja.



1.2 ábra B200-2L12-1AB12-01 tesztelem sematikus ábrája és F-e grafikonja (kN-mm)

1.2.2. B200-2U10-1AB10-01 és B200-…-02 kísérleti eredménye

A mérési pontok helyét az **1.3 ábrán** láthatjuk. Az összetartozó mérési pontokat és azok jelölését azonos színnel ábrázoltuk. A tengelyek jelölésénél az előzővel azonos módon jártunk el.

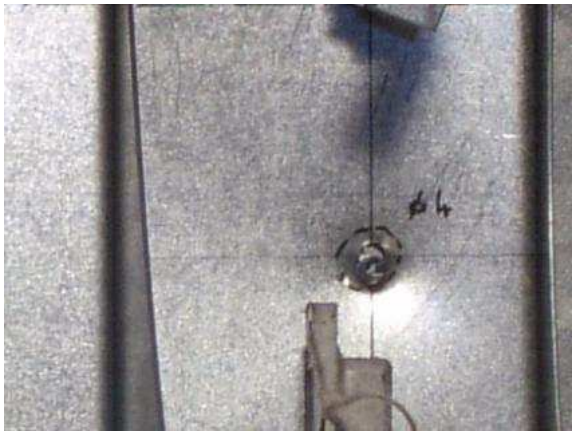


Tengelyek színe	Mérési pontok (X-irányú elmozd.-hoz)
X	MP1, MP2
Y	
Z	MP3, MP4

1.3 ábra A mérési pontok elhelyezkedése

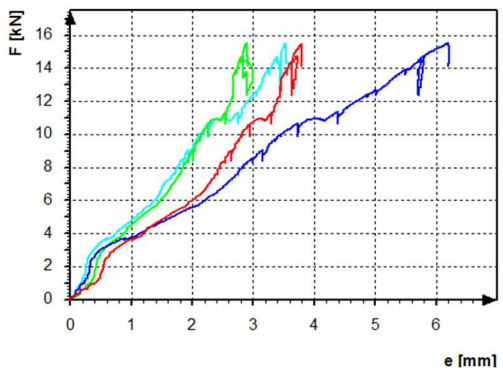
A tesztelemek deformálódott alakjáról egy-egy pillanatképet, mely az elemzés szempontjából lényeges volt, az **1.7-1.8 képeken** láthatunk.

1.7 kép A deformálódott **B200-…-01** tesztelem

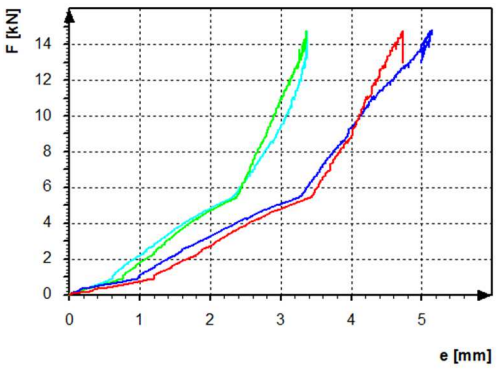


1.8 kép A deformálódott **B200-…-02** tesztelem

A tesztelemek erő - elmozdulás grafikonjait az **1.4 és 1.5 ábrák** illusztrálják.



1.4 ábra B200-2U10-1AB10-01 tesztelem F-e grafikonja (kN-mm)

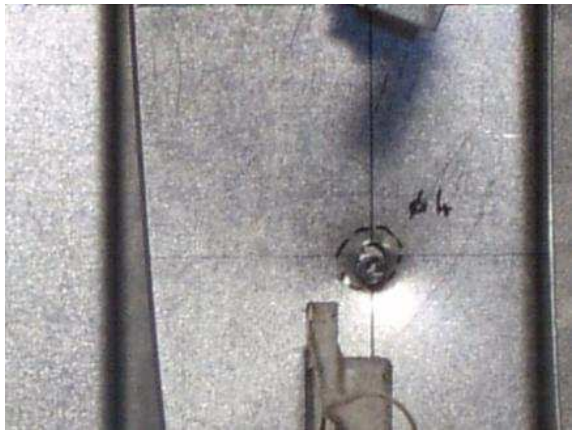


1.5 ábra B200-2U10-1AB10-02 tesztelem F-e grafikonja (kN-mm)

1.2. Összegzés

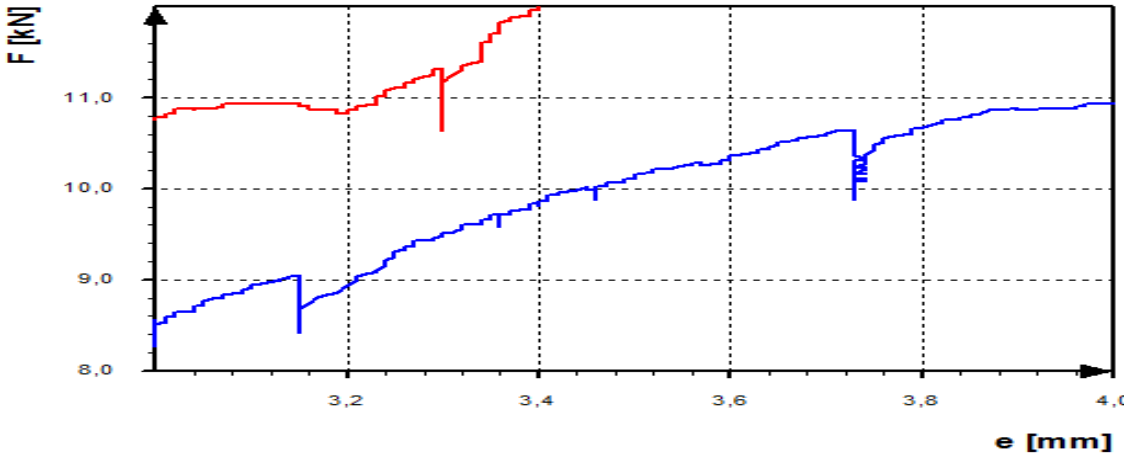
A fahasáb a terhelés kezdete után nem sokkal elfordult a Z-szelemen gerincének felső éle körül, ezáltal megváltozott a statikai váz; az egyenletesen megoszló terhelés, vonalmenti terheléssé változott. A **B200-2U10-1AB10** baktípus esetén a **csavarok** 12 kN körül **elkezdtek kihúzódni** a bak gerincéből. A jelenséget az **1.9 kép** és **1.10 képek** illusztrálják.

1.9 kép Csavarkihúzódás, terhelés hatására a Z-szelemen gerince elválik a bak gerincétől



1.10 kép Csavarkihúzódás a bak gerincének hátoldaláról nézve

A csavarkihúzódás jelensége miatt tesztelem erő-elmozdulás grafikonjában jelentkező hibákat az. **1.6 ábrán** láthatjuk.



1.6 ábra Csavarkihúzódás jelensége az F-e grafikonon (**B200-2U10-…-01**)

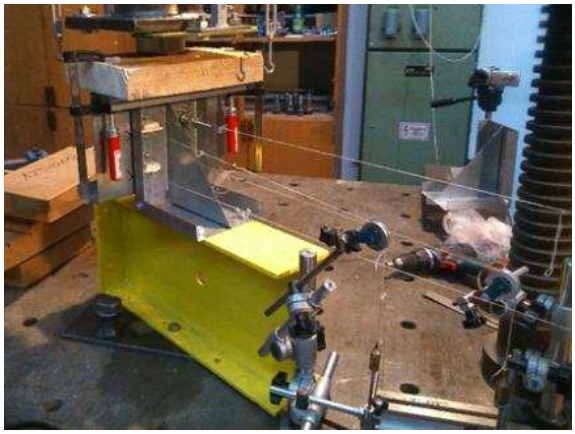
A csavarkihúzódás tervezési hiba volt. Nem ellenőriztük a csavarkapcsolat kihúzódási ellenállását. Az ellenőrzést utólag elvégeztük és kiderült, hogy l**egalább 8 csavar alkalmazása szükséges**. A következő tesztsorozat kísérleteiben már 8 csavart alkalmaztunk.

Az **1.5 ábrán** bemutatott grafikonon az **MP1** és **MP2** mérési pontokon regisztrált elmozdulások azonos teherszinten eltérőek. Ezek a gerinc felső mérési pontjai. Az eltérésnek az volt az oka, hogy az **MP1**-en ajtó mágnes volt, míg az **MP2**-n az egyedileg tervezett csavarhoz ragasztott, kisebb felületű mágnes (**ld. 1.2 kép**). Az utóbbival jobban rá tudtunk mérni a horpadási hullámra.

2. Második tesztsorozat

2.1. Kísérleti összeállítás

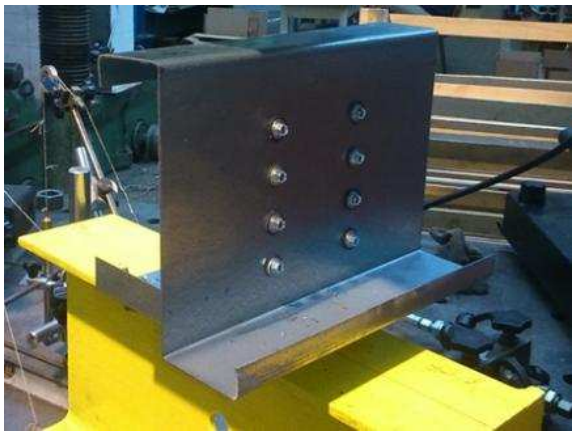
A kísérleti összeállítást az **2.1 képen** láthatjuk. Az elmozdulásokat induktív útadókkal mértük, melyeket csigákon átvetett zsinórokon keresztül rögzítettünk **ajtómágnesek**hez. Az első tesztsorozatban használt **egyedi mágnest** is használtuk. Az mágneseket rátettük a mérési pontok környezetére, melyet az **2.2 kép** illusztrál.



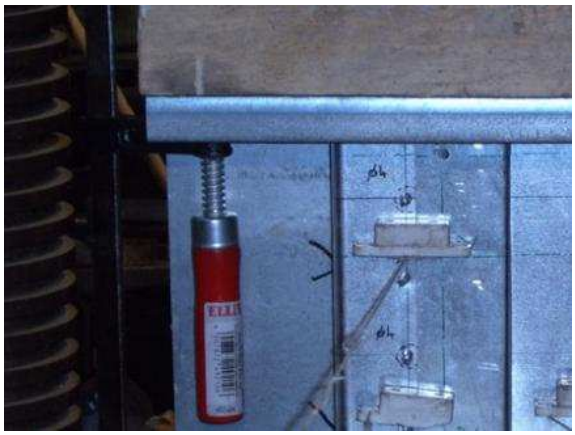
2.1 kép Második tesztsorozat kísérleti összeállítása

2.2 kép Mérőműszerek kialakítása: **ajtómágnesek**

A Z-szelement **8 db LD6T** önfúró csavarral erősítettük a bak gerincére. A rögzítés kialakítását az **2.3 képen** láthatjuk. A terhelés elosztásának céljából a Z-szelemen felső öve és dugattyú közé egy **fahasáb**ot raktunk. A fahasábot ezúttal **pillanatszorítók**kal akartuk vízszintes pozícióban tartani. A terhelés viszonyokat az **2.4 képen** láthatjuk.



2.3 kép Z200 rögzítése a bak gerincére **8 db LD6T önfúró csavarral**

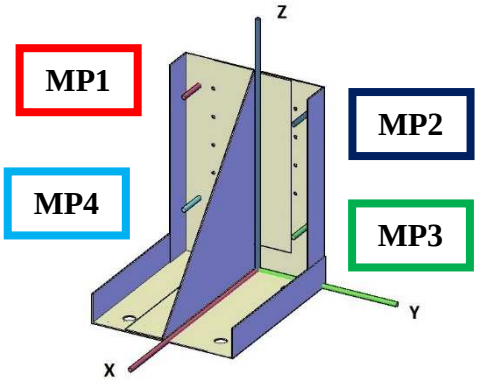


2.4 kép Terhelési viszonyok: **fahasáb** alkalmazása teherelosztás céljából

2.2. Kísérleti eredmények

2.2.1. B200-2U10-1AB10-03 kísérleti eredménye

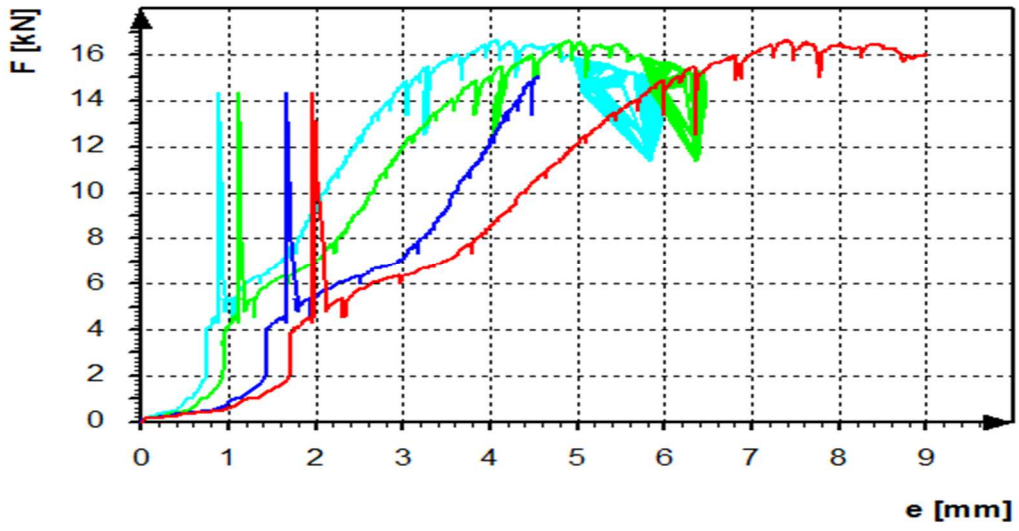
A tesztelem mérési pontjainak helyét és az irányok értelmezését a **2.1 ábrán** láthatjuk. A kísérlet a Z-szelemen gerincének beroppanásával ért véget, alig több, mint 16 kN-os teherszinten, melyet a **2.5 kép** illusztrál.



2.1 ábra Mérési pontok helyzete

2.5 kép Kísérlet vége, sz. gerinc horpadási ellenállásának kimerülése (t.sz: ~ 16 kN)

A tesztelem erő-elmozdulás grafikonját a **2.2 ábra** mutatja be.



2.2 ábra B200-2U10-1AB10-03 tesztelem sematikus ábrája és F-e grafikonja (kN-mm)

2.3. Összegzés

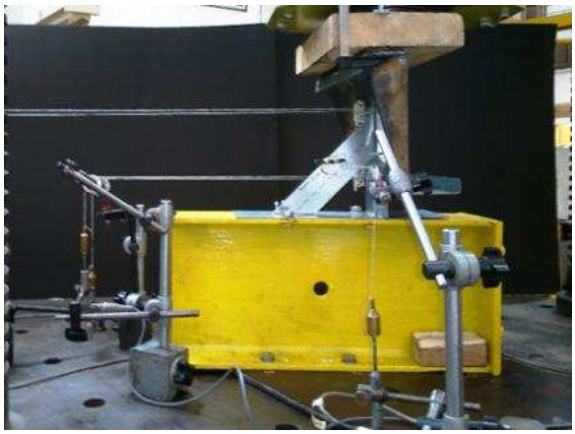
Az **MP2**-re telepített mágnes nem volt elég erős és kb. 15 kN teherszinten a horpadó gerinclemez ledobta magáról. Ezért alkalmazásától a továbbiakban eltekintettünk, minden mérési ponton ajtó mágneseket alkalmaztunk.

A **8 db önfúró csavar alkalmazásával a csavarkihúzódás jelenségét már nem tapasztaltuk**, de az első tesztsorozatban tapasztalt mérési hibák még mindig jelen voltak. Arra gyanakodtunk, hogy a pillanatszorítókkal olyan erőt vittünk a szerkezetbe, ami ismeretlen volt és nem tudtuk velük megakadályozni azt, hogy a fahasáb ne forduljon el a Z-szelemen gerincének felső éle mentén.

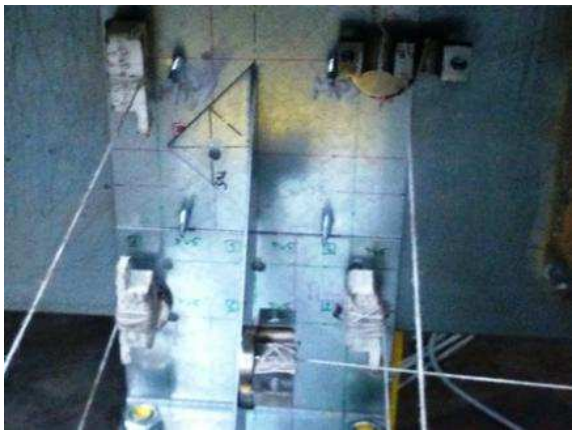
3. Harmadik tesztsorozat

3.1. Kísérleti összeállítás

A kísérleti összeállítást az **3.1 képen** láthatjuk. Az elmozdulásokat induktív útadókkal mértük, melyeket csigákon átvetett zsinórokon keresztül rögzítettünk ajtómágnesekhez. A mágneseket rátettük a mérési pontok környezetére. Négy ponton mértük a bak gerincének a gerinc síkjára merőleges elmozdulásait (**MP1-MP4**) és telepítettünk egy mérési pontot a gerincborda közepére is (**MP5**). A kialakítást a **3.2 képen** láthatjuk.



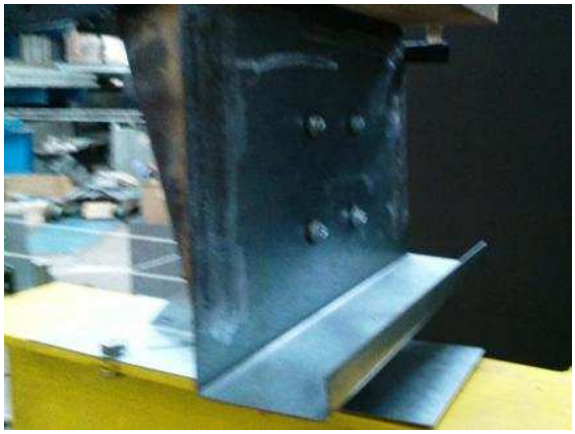
3.1 kép Harmadik tesztsorozat kísérleti összeállítása



3.2 kép Mérőműszerek kialakítása: **ajtómágnesek**

A Z-szelement **4 db LD6T** önfúró csavarral erősítettük a bak gerincére, mert a **B200-2L12-1AB12-01** tesztelem esetén – az első tesztsorozatban – csavarkihúzódást ennél a tesztelemnél nem tapasztaltunk. A rögzítés kialakítását az **3.3 képen** láthatjuk. Ugyanakkor a Z-szelemen alakváltozását gerincmerevítő bordák és övhizlaló lemez elhelyezésével akadályoztuk meg. Ezzel olyan hatásokat küszöböltünk ki, melyek a valóságban nem jönnek létre.

A terhelés elosztásának céljából a Z-szelemen felső öve és dugattyú közé egy fahasábot raktunk. A fahasábot pillanatszorítókkal akartuk vízszintes pozícióban tartani. Ellenőriztük, hogy a második tesztsorozatban tapasztalt mérési hibák oka a pillanatszorító alkalmazása volt-e. A terhelés viszonyokat az **3.4 képen** láthatjuk.



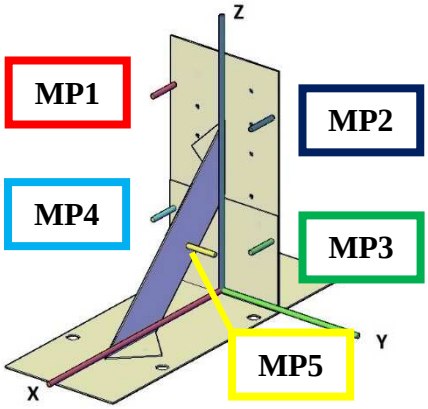
3.3 kép Z200 rögzítése a bak gerincére **4 db LD6T önfúró csavarral**

3.4 kép Terhelési viszonyok: **fahasáb + pillanatszorító**

3.2. Kísérleti eredmények

3.2.1. B200-2L12-1AB12-02 kísérleti eredménye

A mérési pontok helyzetét a **3.1 ábrán** láthatjuk.



Tengelyek színe

X Y Z

Mérési pontok
(X-irányú elmozd.-hoz)

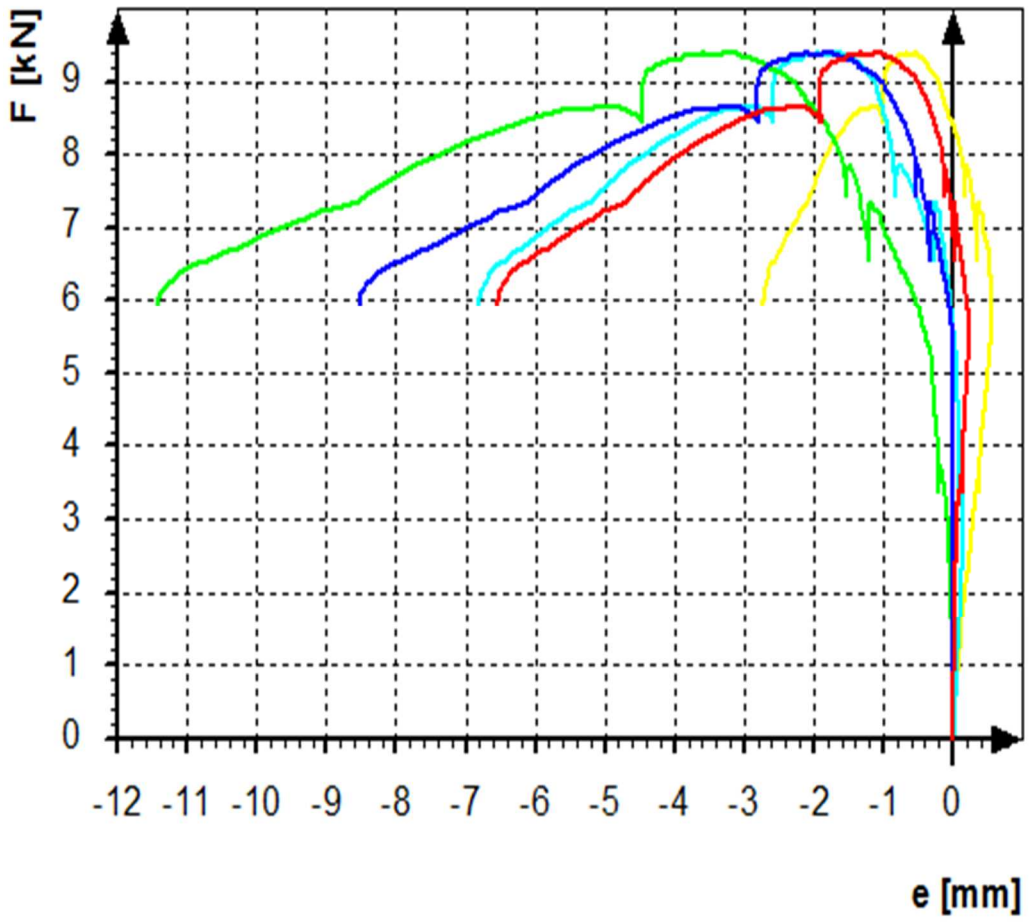
MP1, MP2
MP3, MP4
(gerinclemezre telepített pontok)

Mérési pontok
(Y-irányú elmozd.-hoz)

MP5
(gerincbordára telepített mérési pont)

3.1 ábra A mérési pontok elhelyezkedése

A tesztelem erő-elmozdulás grafikonját a **3.2 ábra** illusztrálja. Az összetartozó mérési pontokat és grafikonokat azonos színnel jelöltük.



3.2 ábra B200-2L12-1AB12-02 tesztelem sematikus ábrája a tönkremenetel pillanatát és F-e grafikonja (kN-mm)

3.3. Összegzés

A tönkremenetel kb. 9,2 kN teherszinten következett be a bak gerincének stabilitásvesztésével közvetlenül a borda alatti szakaszon. **A mérési eredmény még mindig hibákkal erősen terhelt**. Ez a grafikonon függőleges teherszint csökkenés formájában jelentkezik. **Csavarkihúzódást nem tapasztaltunk**. A szelemen és bak gerincének kapcsolatát a tönkremenetel után a **3.5 kép** illusztrálja.

Ebből arra következtettünk, hogy a **mérési eredményekben jelentkező hibák a fahasáb pillanatszorítókkal való leszorítása miatt keletkeznek**. A szorítókkal nem tudtunk olyan szorító erőt kifejteni, ami kisebb lenne, mint a bak teherbírása. Ezért mikor elérjük a szorító erőnek megfelelő teherszintet akkor a fahasáb elfordul a Z-szelemen gerincének felső éle mentén. Ezt a jelenséget láthatjuk a **3.6 képen**.

3.5 kép Z200-szelemen és bak gerincének kapcsolat a tönkremenetel után

3.6 kép Fahasáb elfordulása a szelemengerinc felső éle mentén

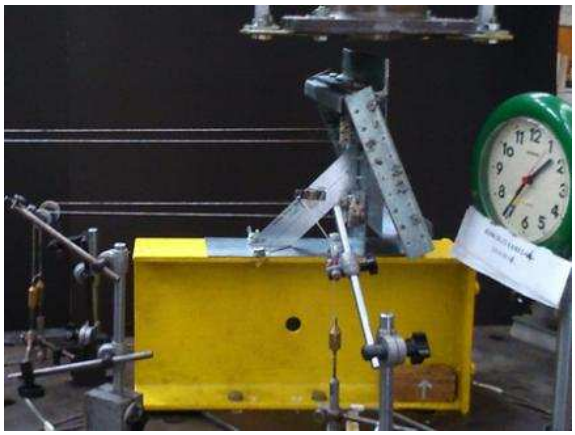
A következő tesztsorozatokban nem alkalmaztunk fahasábot. A teherelosztást más módon alakítottuk ki.

A merevítő bordák és övhizlaló lemez alkalmazásával a Z-szelemen nem kíván alakváltozását sikeresen megakadályoztuk.

4. Negyedik tesztsorozat

4.1. Kísérleti összeállítás

A kísérleti összeállítást az **4.1 képen** láthatjuk. Az elmozdulásokat induktív útadókkal mértük, melyeket csigákon átvetett zsinórokon keresztül rögzítettünk ajtómágnesekhez. A mágneseket rátettük a mérési pontok környezetére. Négy ponton mértük a bakok gerincének a gerinc síkjára merőleges elmozdulásait (**MP1-MP4**) és telepítettünk egy mérési pontot a gerincbordák közepére is (**MP5**). A kialakítást a **4.2 képen** láthatjuk.



4.1 kép Negyedik tesztsorozat kísérleti összeállítása

4.2 kép Mérőműszerek kialakítása: **induktív adók** + **ajtómágnesek**

A Z-szelement minden baktípus estén **8 db LD6T** önfúró csavarral erősítettük a bak gerincére. A csavarszám növelés a **B200-2L12-1AB12** baktípus esetén nem volt indokolt, de a B200-2U10-1AB10-zel azonos megtámasztási viszonyt akartunk létrehozni. A rögzítés kialakítását az **4.3 képen** láthatjuk. Ugyanakkor a Z-szelemen alakváltozását **gerincmerevítő bordák és övhizlaló lemez** elhelyezésével akadályoztuk meg. Ezzel olyan hatásokat küszöböltünk ki, melyek a valóságban nem jönnek létre.

A **szelemen felső övére egy 50 x 50 x 4,0 mm-es L-acélt csavaroztunk** összesen 11 ponton. Az L-acél és az alsó gerinchizlaló lemez szerelését úgy alakítottuk ki, hogy a szögacél függőleges övének középtengelye a szelemen gerincének középtengelyével essen egybe. Ezáltal megoldottuk **a terhelés szelemen-gerincen történő bevezetését**. A terhelés viszonyokat az **4.4 képen** láthatjuk.

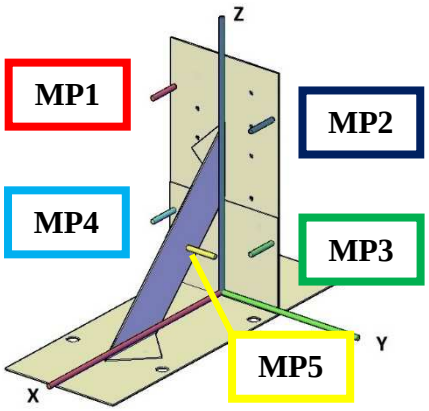
4.3 kép Z200 rögzítése a bak gerincére **8 db LD6T önfúró csavarral**

4.4 kép Terhelési viszonyok: **L-acél + végbordák + övhízlalás**

4.2. Kísérleti eredmények

4.2.1. B200-2L12-1AB12-03 kísérleti eredménye

A tesztelem sematikus ábráját, a mérési pontok helyzetét valamint az irányok értelmezését az **4.1 ábrán** láthatjuk.



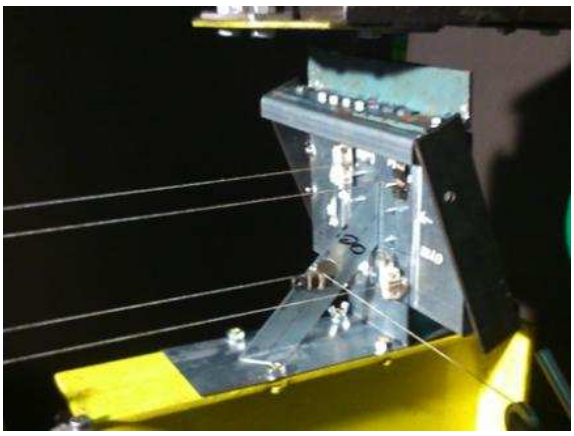
4.1 ábra A mérési pontok elhelyezkedése

Tengelyek színe

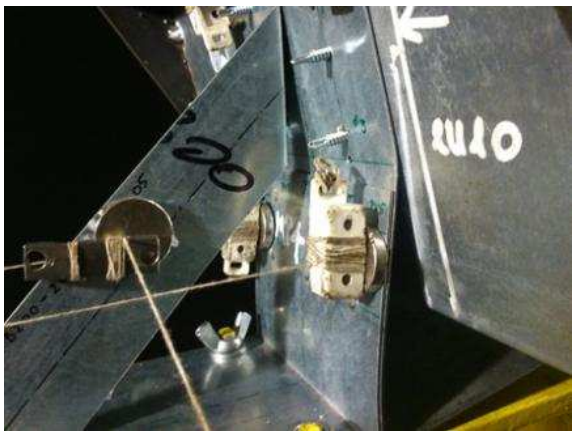
X Y Z

Mérési pontok (X-irányú elmozd.-hoz)	**Mérési pontok (Y-irányú elmozd.-hoz)**
MP1, MP2 MP3, MP4 (gerinclemezre telepített pontok)	**MP5** (gerincbordára telepített mérési pont)

A tesztelem terhelés előtti alakját az **4.5 kép** illusztrálja. A tönkremenetel a gerinclemez beroppanásával következett be (**4.6 kép**).

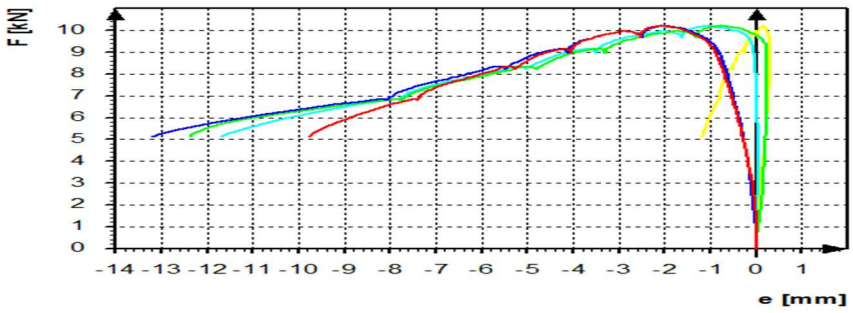


4.5 kép A tesztelem terhelési előtti állapotban (teherszint 0,0 kN)



4.6 kép A gerinclemez beroppanása (teherszint ~ 10 kN)

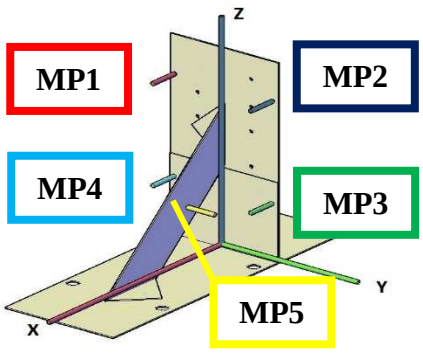
A tesztelem erő-elmozdulás grafikonját az **4.2 ábra** illusztrálja.



4.2 ábra B200-2L12-1AB12-03 tesztelem sematikus ábrája a tönkremenetel pillanatát és F-e grafikonja (kN-mm)

4.2.2. B200-2L12-1AB12-04 kísérleti eredménye

A tesztelem sematikus ábráját, a mérési pontok helyzetét valamint az irányok értelmezését az **4.3 ábrán** láthatjuk.



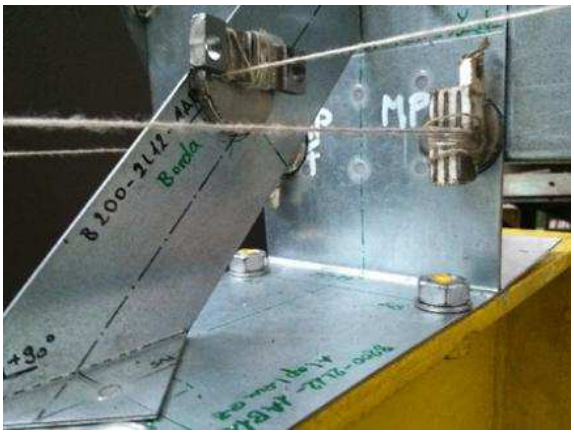
4.3 ábra A mérési pontok elhelyezkedése

Tengelyek színe

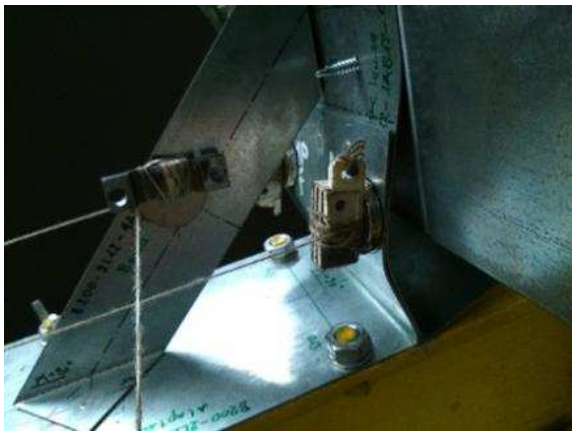
X Y Z

Mérési pontok (X-irányú elmozd.-hoz)	**Mérési pontok (Y-irányú elmozd.-hoz)**
MP1, MP2	**MP5** (gerincbordára telepített mérési pont)
MP3, MP4 (gerinclemezre telepített pontok)	

A tesztelem terhelés előtti alakját az **4.7 kép** illusztrálja. A tönkremenetel a gerinclemez beroppanásával következett be (**4.8 kép**).

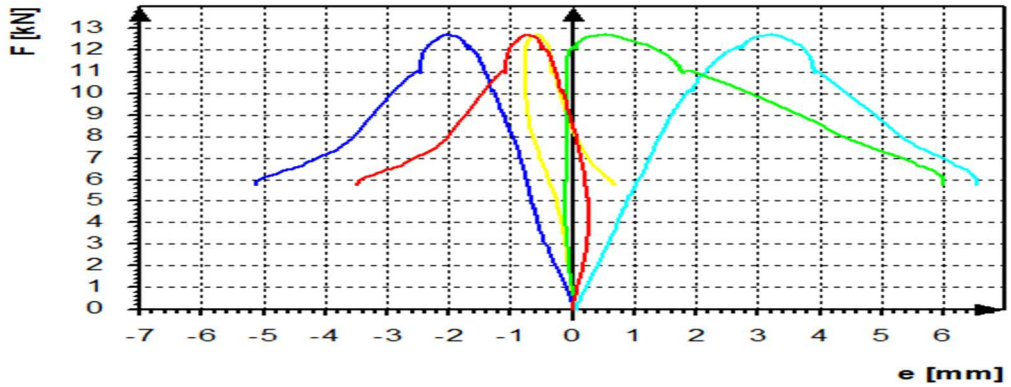


4.7 kép A tesztelem terhelési előtti állapotban (teherszint 0,0 kN)



4.8 kép A gerinclemez beroppanása (teherszint ~ 13 kN)

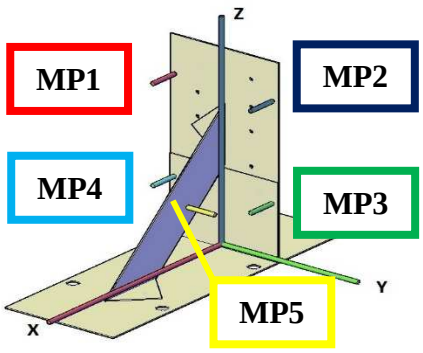
A tesztelem erő-elmozdulás grafikonját az **4.4 ábra** illusztrálja.



4.4 ábra B200-2L12-1AB12-04 tesztelem sematikus ábrája a tönkremenetel pillanatát és F-e grafikonja (kN-mm)

4.2.3. B200-2L12-1AB12-05 kísérleti eredménye

A tesztelem sematikus ábráját, a mérési pontok helyzetét valamint az irányok értelmezését az **4.5 ábrán** láthatjuk.



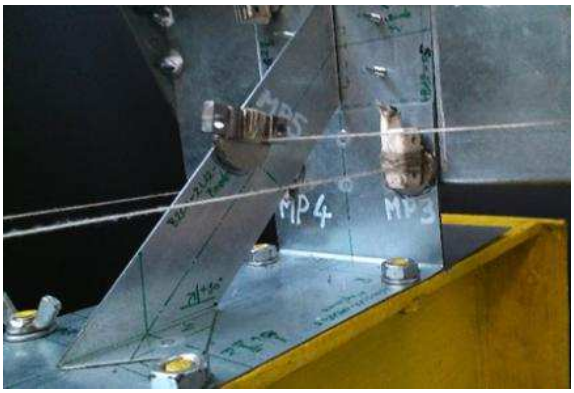
4.5 ábra A mérési pontok elhelyezkedése

Tengelyek színe

X Y Z

Mérési pontok (X-irányú elmozd.-hoz)	**Mérési pontok** (Y-irányú elmozd.-hoz)
MP1, MP2 **MP3, MP4** (gerinclemezre telepített pontok)	**MP5** (gerincbordára telepített mérési pont)

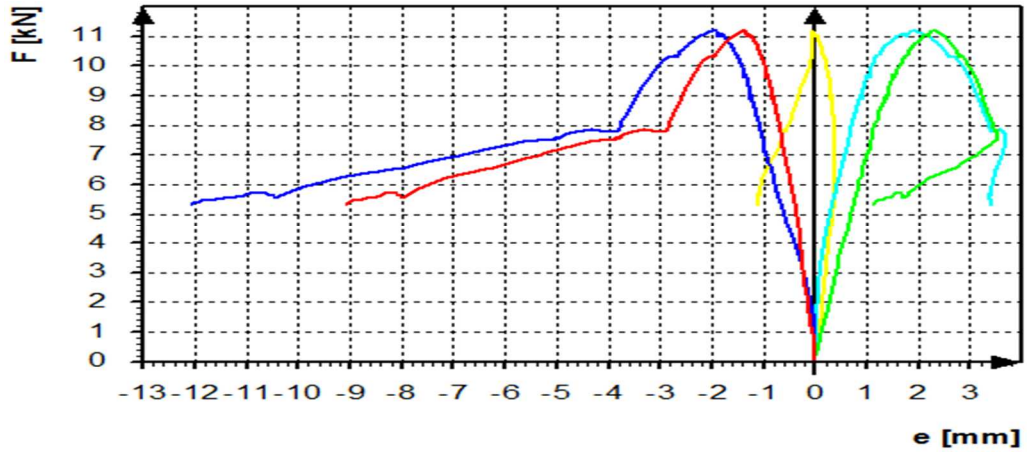
A tesztelem terhelés előtti alakját az **4.9 kép** illusztrálja. A tönkremenetel a gerinclemez beroppanásával következett be (**4.10 kép**).



4.9 kép A tesztelem terhelési előtti állapotban (teherszint 0,0 kN)

4.10 kép A gerinclemez beroppanása (teherszint ~ 11 kN)

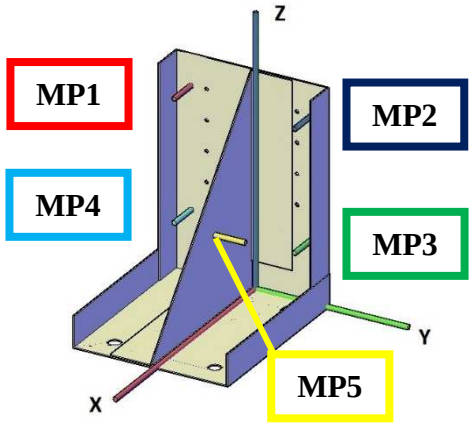
A tesztelem erő-elmozdulás grafikonját az **4.6 ábra** illusztrálja.



4.6 ábra B200-2L12-1AB12-05 tesztelem sematikus ábrája a tönkremenetel pillanatát és F-e grafikonja (kN-mm)

4.2.4. B200-2U10-1AB10-04 és B200-…-06 tesztelem kísérleti eredménye

A mérési pontok helyét az **4.7 ábrán** láthatjuk. Az összetartozó mérési pontokat és azok jelölését azonos színnel ábrázoltuk. A tengelyek jelölésénél az előzővel azonos módon jártunk el.



4.7 ábra A mérési pontok elhelyezkedése

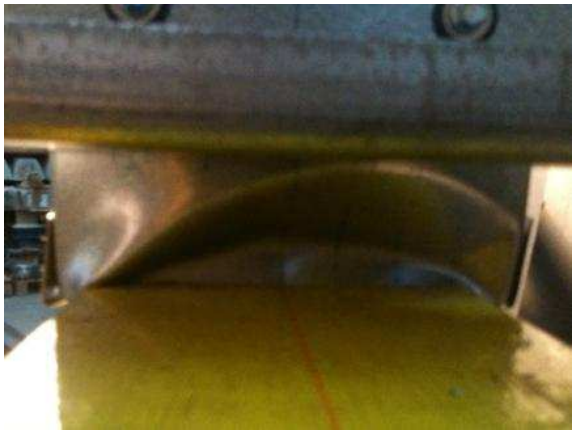
Tengelyek színe

X Y Z

Mérési pontok (X-irányú elmozd.-hoz)	**Mérési pontok** (Y-irányú elmozd.-hoz)
MP1, MP2 **MP3, MP4** (gerinclemezre telepített pontok)	**MP5** (gerincbordára telepített mérési pont)

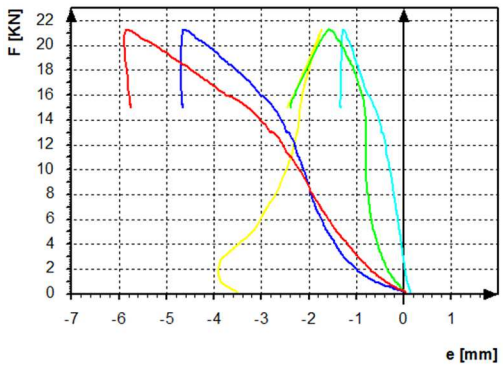
A tesztelemek deformálódott alakjáról egy-egy pillanatképet, mely az elemzés szempontjából lényeges volt, az **4.11-4.12 képeken** láthatunk.

4.11 kép A deformálódott **B200-…-01** tesztelem

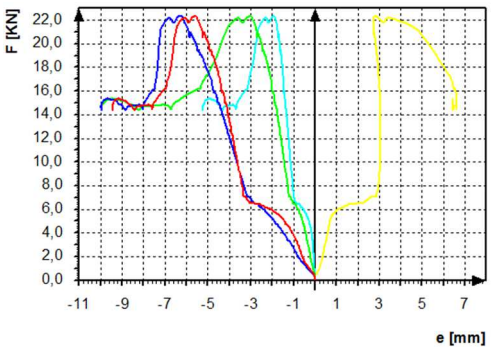


412 kép A deformálódott **B200-…-02** tesztelem

A tesztelemek erő-elmozdulás grafikonjait az **4.8 és 4.9 ábrák** illusztrálják.



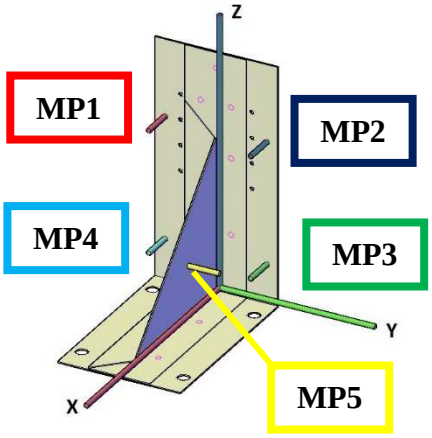
4.8 ábra B200-…-01 tesztelem F-e grafikonja (kN-mm)



4.9 ábra B200-…-02 tesztelem F-e grafikonja (kN-mm)

4.2.5. B200-2L10-1AB10-MOD-01 és B200-…-MOD-02 kísérleti eredménye

A mérési pontok helyét az **410 ábrán** láthatjuk. Az összetartozó mérési pontokat és azok jelölését azonos színnel ábrázoltuk. A tengelyek jelölésénél az előzővel azonos módon jártunk el.



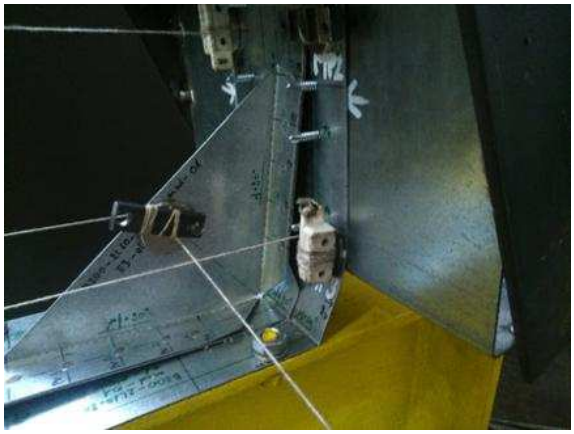
Tengelyek színe

X Y Z

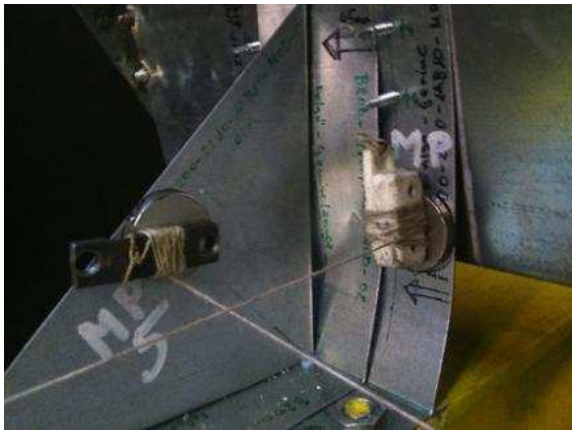
Mérési pontok (X-irányú elmozd.-hoz)	**Mérési pontok (Y-irányú elmozd.-hoz)**
MP1, MP2 **MP3, MP4** (gerincre telepített mérési pontok)	**MP5** (gerincbordásra telepített mérési pont)

4.10 ábra A mérési pontok elhelyezkedése

A tesztelemek deformálódott alakjáról egy-egy pillanatképet, mely az elemzés szempontjából lényeges volt, az **4.13-4.14 képeken** láthatunk.

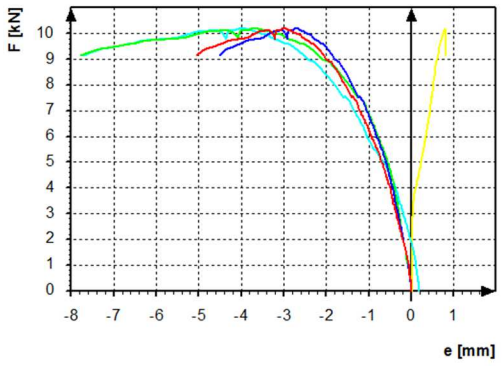


4.13 kép A deformálódott **B200-…-01** tesztelem

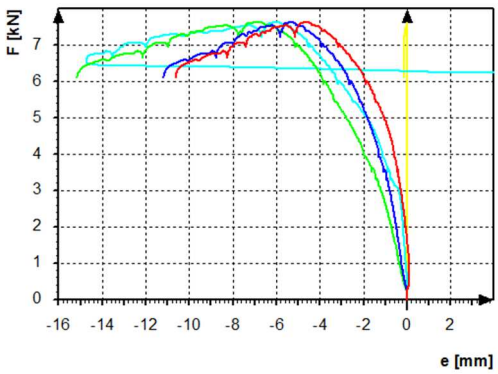


4.14 kép A deformálódott **B200-…-02** tesztelem

A tesztelemek erő-elmozdulás grafikonjait az **4.11 és 4.12 ábrák** illusztrálják.



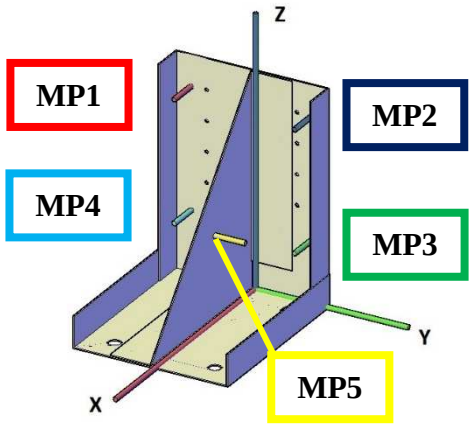
4.11 ábra B200-…-01 tesztelem F-e grafikonja (kN-mm)



4.12 ábra B200-…-02 tesztelem F-e grafikonja (kN-mm)

4.2.6. B200-1U10-1AB10-01 kísérleti eredménye

A mérési pontok helyét az **4.13 ábrán** láthatjuk. Az összetartozó mérési pontokat és erő-elmozdulás grafikonokat azonos színnel ábrázoltuk.



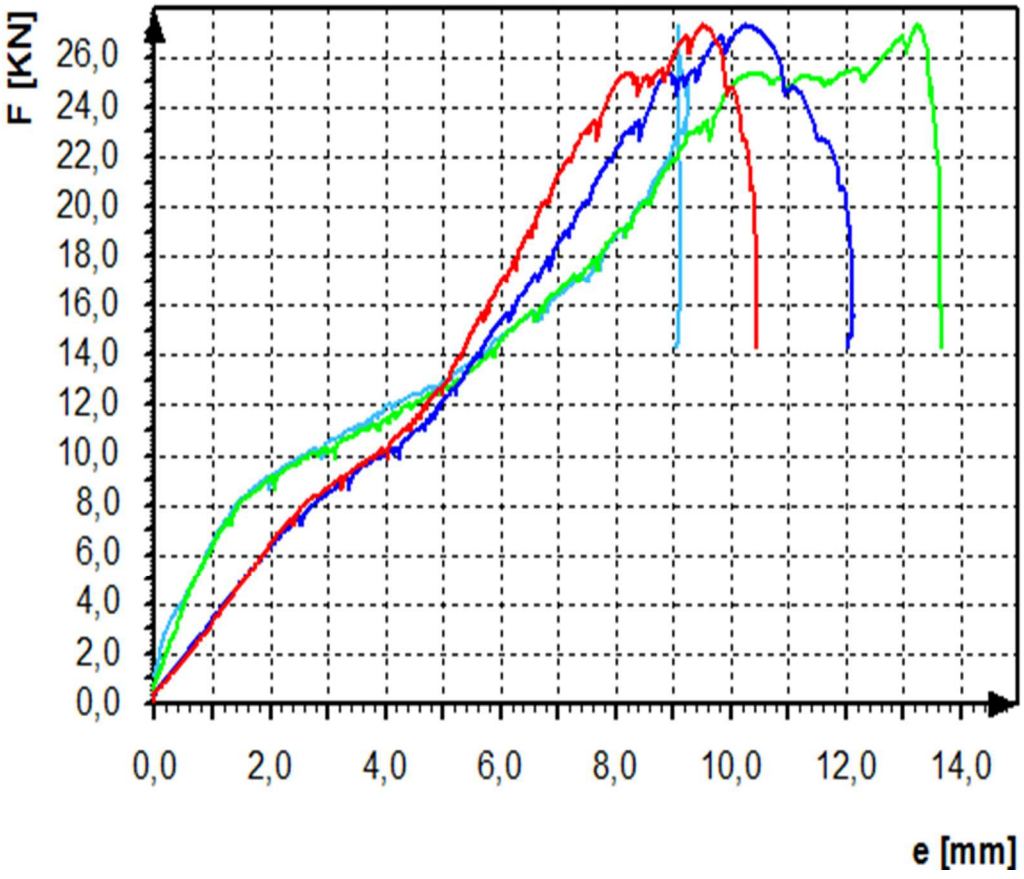
Tengelyek színe

X Y Z

Mérési pontok (X-irányú elmozd.-hoz)	Mérési pontok (Y-irányú elmozd.-hoz)
MP1, MP2	**MP5**
MP3, MP4 (gerinclemezre telepített pontok)	(gerincbordára telepített mérési pont)

4.13 ábra A mérési pontok elhelyezkedése

A tesztelem erő-elmozdulás grafikonját a **4.14 ábra** illusztrálja. Az összetartozó mérési pontokat és grafikonokat azonos színnel jelöltük.



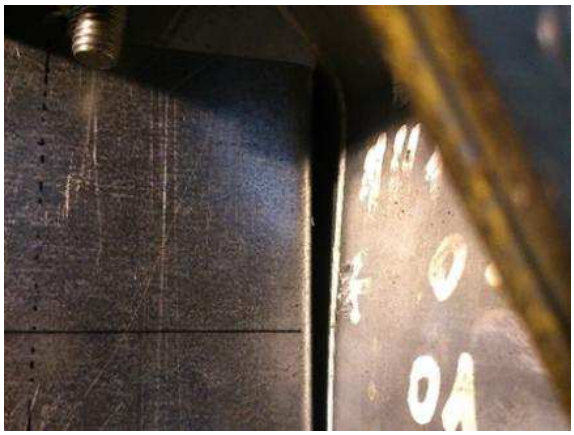
4.14 ábra B200-1U10-1AB10-01 tesztelem sematikus ábrája a tönkremenetel pillanatát és F-e grafikonja (kN-mm)

4.3. Összegzés

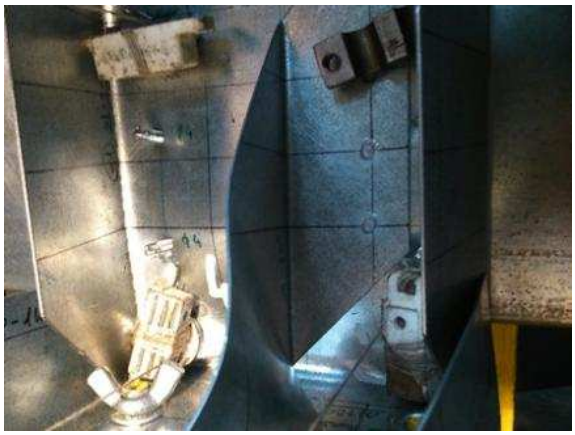
A B200-1U10-1AB10-01 tesztelem kísérletét kivéve a **4.1 alfejezetben** bemutatott összeállítást alkalmazva az F-e grafikonok csak olyan mérési hibákat tartalmaztak, ami vagy a mérőműszerek pontosságából adódott vagy abból, hogy a terhelés kezdete előtt elfelejtettük nullázni az adók által kiadott jelet a Catman Easy programban. Ezeket a mérési hibákat utólag az értékelés során korrigáltuk. **A kísérletek releváns mérési eredményeket szolgáltattak, ezért ez a kísérleti összeállítás alkalmas a B200-2L12-1AB12, B200-2U10-1AB10 és B200-2L10-1AB10-MOD baktípusok tesztelésére.**

A grafikonok karakterisztikája tesztelemenként többnyire azonos, de olykor az alakváltozások egymás többszörösei. Ennek az lehet az oka, hogy **a mágnesekkel a horpadási hullám különböző részeire mértünk rá**.

A **B200-1U10-1AB10-01** tesztelem erő-elmozdulás grafikonját elemezve láthatjuk, hogy a grafikonok ismét mérési hibákkal terheltek – azonos elmozduláshoz hirtelen leeső teherszint – melyek a Z-szelemen alakváltozásából adónak. A **4.15** és **4.16 képeken** a bak és a szelemen gerincének csatlakozását valamint a bak hátulnézetét láthatjuk.



4.15 kép Bak és szelemen gerincének csatlakozása



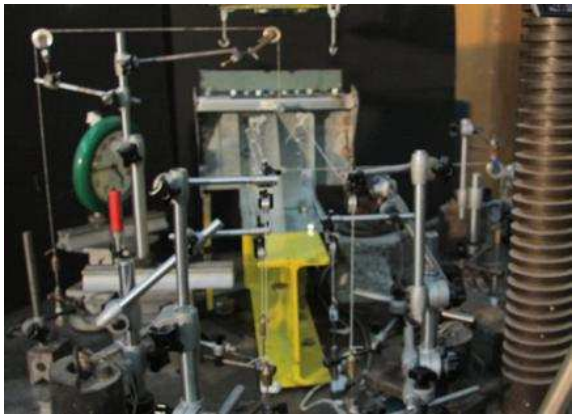
4.16 kép A bak gerincének hátulnézete

A **4.5 képen** csavarkihúzódás jelenségét láthatjuk. Ez dominánsabban a 20 kN teherszint elérése után jelentkezett. A Z-szelemen nem kívánt alakváltozásainak elkerülése érdekében olyan merevségi viszonyokat kell kialakítani, hogy a bak gerince legyen a lágyabb. Ennek egyik módja, hogy a szelemen végbordáit a teljes keresztmetszet mentén végig hegesztjük illetve, vastagabb falú szelvényt választunk.

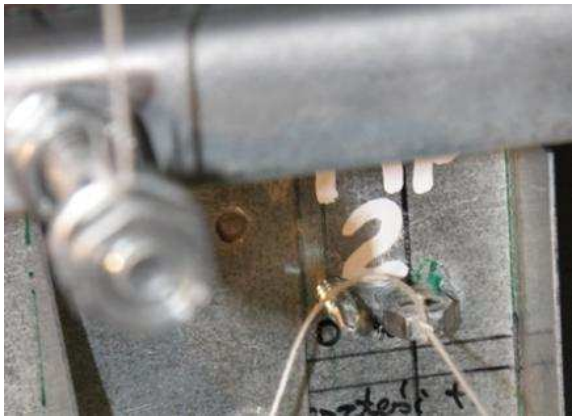
5. Ötödik tesztsorozat

5.1. Kísérleti összeállítás

A kísérleti összeállítást az **5.1 képen** láthatjuk. **Megtartottuk a 4. tesztsorozatban alkalmazott kísérleti összeállítást**. Az elmozdulásokat induktív útadókkal mértük, melyeket csigákon átvetett zsinórokon keresztül rögzítettünk a mérési pontokhoz. **A mérési pontokra ezúttal M6 anyacsavarokat ragasztottunk, ezekhez kötöttük az adóktól vezetett zsinórokat hozzá**. Négy ponton mértük a bakok gerincének a gerinc síkjára merőleges elmozdulásait (**MP1-MP4**), egy ponton a gerincborda vízszintes elmozdulását (**MP5**) és telepítettünk egy mérési pontot a Z-szelemen felső övének közepére is, melyen keresztül a szelemen felső övének függőleges elmozdulását követtük. A kialakítást az **5.2 képen** láthatjuk.



5.1 kép Ötödik tesztsorozat kísérleti összeállítása



5.2 kép Mérőműszerek kialakítása: **induktív adók** + **anyacsavarok**

A Z-szelement **8 db LD6T** önfúró csavarral erősítettük a bak gerincére. A rögzítés kialakítását az **5.3 képen** láthatjuk. A Z-szelemen alakváltozását **gerincmerevítő bordák és övhizlaló lemez** elhelyezésével akadályoztuk meg. Ezzel olyan hatásokat küszöböltünk ki, melyek a valóságban nem jönnek létre (a szelemen felső övének a koncentrál terhelés támadáspontjától távolabb eső részei merevítik a támadáspont környezetében lévő lemezmezőt, így a felső öv nem hajlik olyan mértékben le, mint merevítés nélkül a szelemen(darab) felső öve a kísérletben.

A **szelemen felső övére egy 50 x 50 x 4,0 mm-es L-acélt csavaroztunk** összesen 11 ponton. Az L-acél és az alsó gerinchizlaló lemez szerelését úgy alakítottuk ki, hogy a szögacél függőleges övének középtengelye a szelemen gerincének középtengelyével essen egybe. Ezáltal megoldottuk **a terhelés szelemen-gerincen történő bevezetését**. A terhelés viszonyokat a **5.4 képen** láthatjuk.

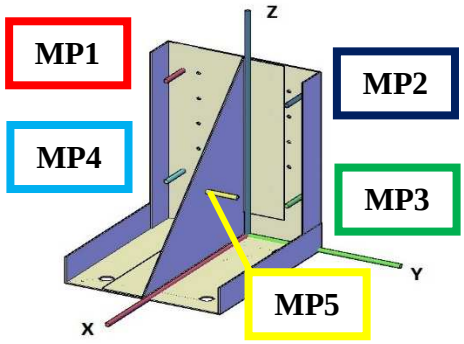
5.3 kép Z200 rögzítése a bak gerincére **8 db LD6T önfúró csavarral**

5.4 kép Terhelési viszonyok: **L-acél + vég-bordák + övhízlalás**

5.2. Kísérleti eredmények

5.2.1. B200-2U10-1AB10-05 kísérleti eredménye

A mérési pontok helyét az **5.1 ábrán** láthatjuk. Az összetartozó mérési pontokat és erő-elmozdulás grafikonokat azonos színnel ábrázoltuk.



5.1 ábra A mérési pontok elhelyezkedése

Tengelyek színe

X Y Z

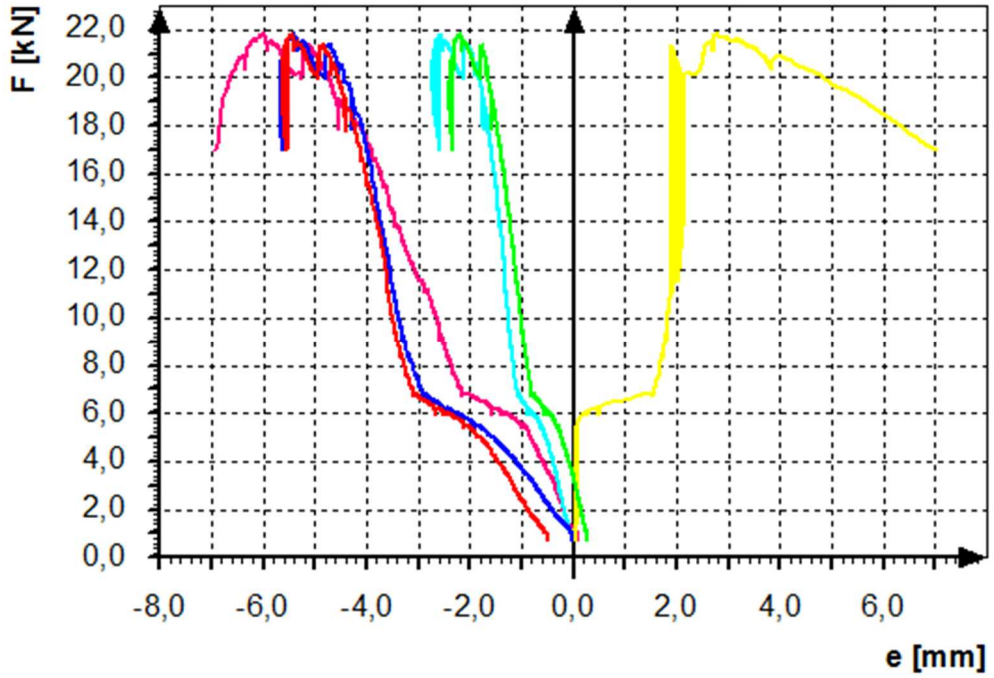
X-irányú elmozd.-hoz	**Y-irányú elmozd.-hoz**	**Z-irányú elmozd.-hoz**
MP1, MP2 MP3, MP4 (gerincen)	**MP5 (gerincbordán)**	**MP6 (szelemen felső övén)**

A terhelés előtti állapotot az **5.5 kép** illusztrálja. A tesztelem tönkremenetele a gerinclemez alsó részének stabiltásvesztésével következett be. A gerinclemez alsó területének beroppanását az **5.6 képen** láthatjuk.

5.5 kép Tesztelem a terhelés előtt (teherszint: 0,0 kN)

5.6 kép Gerinclemez alsó területének beroppanása

A tesztelem erő-elmozdulás grafikonját az **5.2 ábrán** láthatjuk. Az összetartozó mérési pontokat és grafikonokat azonos színnel jelöltük (ld. **5.1 és 5.2 ábra**).



5.2 ábra B200-2U10-1AB10-05 tesztelem sematikus ábrája a tönkremenetel pillanatát és F-e grafikonja (kN-mm)

5.3. Összegzés

Csavarkihúzódást nem tapasztaltunk. A grafikonok mérési hibáktól mentesek. Az olaj nem szivárgott a pumpa vezetékeiből. Az adók által küldött jelet a Catman Easy számítógépes programban elfelejtettük nullázni, ezért a mérések elején kezdeti elmozdulás értékek láthatóak a piros és zöld görbék esetén. **A kísérlet releváns mérési eredményt adott.** Ezeket a hibákat az elemzés elején korrigáltuk. A mérési eredmény részletes elemzésével a tanulmányban foglakozunk.

Forrásjegyzék:

[1] Frank Máté Ferenc: „Szelementartó bak kísérlettel támogatott tervezése”, TDK-dolgozat, 2014.

[2] Frank Máté Ferenc: „Tűzihorganyzott vékonylemezek ellenállás-ponthegesztett kötéseinek vizsgálata, kötéskép geometriájának minimalizálása”, TDK-dolgozat, 2012.

[3] Hegesztési kézikönyv; G. Herden; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973.

[4] Frank Máté Ferenc: „Tűzihorganyzott vékonylemezekből ellenállás-ponthegesztett kötésekkel kialakított szelementartó bak mechanikai viselkedésének vizsgálata”, TDK-dolgozat, 2013.

[5] MSZ 6691/1-75: Ponthegesztett kötések vizsgálata. Nyíró-szakító vizsgálat. Magyar Szabványügyi Testület

[6] ARO M302-A hegesztő berendezés műszaki leírása (részlet), francia nyelvű, a gyártó cég által elküldött archivált dokumentum

[7] Acélszerkezetek; Halász Ottó, Platthy Pál, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1986 (ISBN 963 18 6831 1)

[8] Szakító vizsgálat; internet; 2014.04.05. 23:24:
http://sasovits.hu/anyag/szakit/szakit.htm

[9] Dr. Vigh László Geregely, Dr. Lógó János, Dr. Kovács Tamás, Rózsás Árpád: „Méretezéselmélet”, egyetemi jegyzet, Budapest, 2013.
Elérési útvonal (2014.10.17., 23:16):
http://www.hsz.bme.hu/hsz/oktatas/feltoltesek/BMEEOHSMST5/l1-5_hun.pdf

TERVMELLÉKLET

P-01:HEGESZTŐ GÉPASZTAL SZERELÉSI ÉS GYÁRTMÁNYTERVE

M = 1 : 3

MEGJ.:

A pozícionáló asztal munkapadjának gyártási terve a P-02 jelű terven látható.

S.sz.	Megnevezés	Szelvény	Hossz	Mennyiség	Összhossz	Biztonság	Rendelési hossz	Becsült piaci anyag e.ár.	Össz. anyag ár	Megjegyzés
	[-]	[-]	[mm]	[db]	[m]	[%]	[m]	[Ft/m] (bruttó)	[Ft]	
1	munkapad	-	-	-	-	-	-	-	-	az 1.a; 1.b; 1.c; 1.d elemek szabását Varga Dávid készítette a P2 terv alapján
2	hátulso, alsó pánt	L 40 x 20 x 3,0	400	1	0,4	10	0,440	500	*220 Ft*	
3	hátulso, felsó pánt	L 40 x 20 x 3,0	300	1	0,3	10	0,330	500	*165 Ft*	
4	hátulsó függöleges U-pánt	U 50 x 30 x 3,0	885	1	0,885	10	0,974	730	*711 Ft*	
5	sapka - oldalsó elem(ek)	L 40 x 20 x 3,0	380	2	0,76	10	0,836	500	*418 Ft*	
6	sapka - elülsó elem	L 40 x 20 x 3,0	326	1	0,326	10	0,359	500	*179 Ft*	
7	Elülsó tartószár(ak)	L 60 x 40 x 6,0	900	2	1,8	10	1,980	1350	*2 673 Ft*	a pincében van
7.a	Csomólemez - tartószárhoz	Lp. 60 x 3,0	100	2	0,2	10	0,220	470	*103 Ft*	
8	Konzol - függöleges elem	L 40 x 20 x 3,0	300	2	0,6	10	0,660	500	*330 Ft*	
9	Konzol - vízszintes elem	L 40 x 20 x 3,0	300	2	0,6	10	0,660	500	*330 Ft*	
10	Konzol - állóra elem	zsz. 30 x 30 x 3,0	320	2	0,64	10	0,704	585	*419 Ft*	a pincében van
11	Táblakeret - csomólemez	Lp. 60 x 3,0	40	4	0,16	10	0,176	470	*83 Ft*	a pincében van
12	Táblakeret - hid	Lp. 40 x 3,0	400	2	0,8	10	0,880	340	*299 Ft*	
13	Táblakeret - belső elem	L 40 x 20 x 3,0	350	1	0,35	10	0,385	500	*193 Ft*	
14	Táblakeret - oldalsó elem	L 40 x 20 x 3,0	445	2	0,89	10	0,979	500	*490 Ft*	
15	Táblakeret - elülsó elem	L 40 x 20 x 3,0	350	1	0,35	10	0,385	500	*193 Ft*	
[-]	"a"-típusú orsó	CHS 22 x 2,5	120	2	0,24	10	0,264	450	*119 Ft*	"a2" (csó) elem alapanyaga a pincében van
[-]	"b"-típusú orsó	CHS 22 x 2,5	120	2	0,24	10	0,264	450	*119 Ft*	"a2" (csó) elem alapanyaga a pincében van
Σ					9,541		10,495		**7 042 Ft**	

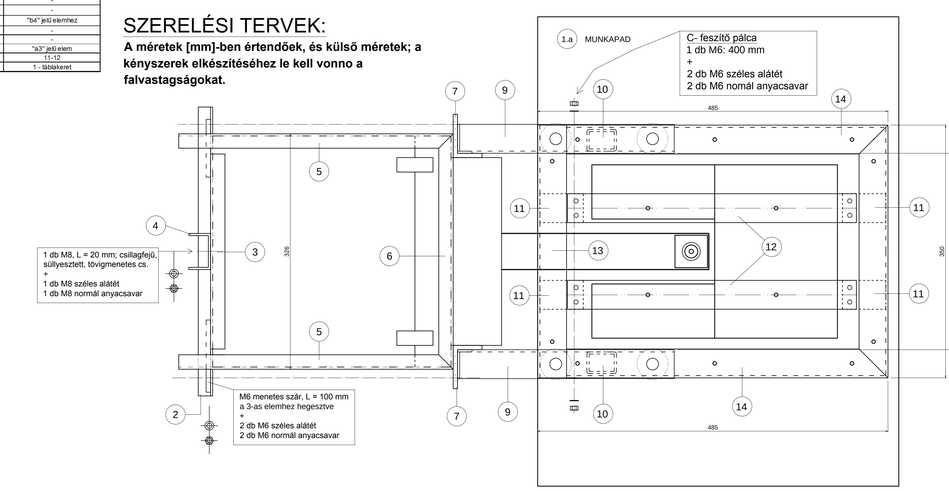
Csavarok						
S.sz.	Méret	Hossz	Mennyiség	Tulajdonság	Összekötenedő elemek	Megjegyzés
	[-]	[mm]	[db]	[-]	[-]	
1	M8	20	1	csillagfejű, süllyesztett, tövigmenetes	2-4	
2	**M6**	**400**	**2**	**menetes szár**	**"A" feszítő pálca**	
3	**M6**	**100**	**2**	**menetes szár**	3-as elemhez hegesztve	
4	M8	20	1	csillagfejű, süllyesztett, tövigmenetes	3-4	
5	M8	20	2	csillagfejű, süllyesztett, tövigmenetes	6-7	
6	M8	20	4	csillagfejű, süllyesztett, tövigmenetes	7-8	
7	**M6**	**350**	**1**	**menetes szár**	**"B" feszítő pálca**	
8	**M6**	**400**	**1**	**menetes szár**	**"C" feszítő pálca**	
9	**M16**	**160**	**2**	**menetes szár**	**"a" típusú menetes szár: 9 (- 13)**	**pincében van**
10	**M16**	**120**	**2**	**menetes szár**	**"b1" elem (hajtókar alkatrész)**	**pincében van**
11	ö10	65	2	körcél	"b3" elem (hajtókar alkatrész)	
12	ö6	70	2	körcél	"b4" jelű elem	
13	-	-	2	kis méretű reszelő nyél	"b5" jelű elem	pincében van
14	-	-	-	-	-	
15	-	-	-	-	-	
16	M5	10	8	csillagfejű, süllyesztett, tövigmenetes	11-12	
17	M4	35	14	csillagfejű, süllyesztett, tövigmenetes	1 - táblakeret	

Alátétek				
S.sz.	Méret	Mennyiség	Tulajdonság	Összekötenedő elemek
	[-]	[db]	[-]	[-]
1	M8	1	széles fakötésű	2-4
2	M6	4	széles fakötésű	2-7
3	M6	2	széles fakötésű	3-5
4	M8	1	széles fakötésű	3-4
5	M8	2	normál	6-7
6	M8	4	normál	7-8
7	M6	2	széles fakötésű	7.a - 7.a
8	M6	2	széles fakötésű	10-10
9	M16	4	széles fakötésű	9
10	M16	4	széles fakötésű	"b2" elem (hajtókar alkatrész)
11	-	-	-	-
12	M6	2	normál	"b4" jelű elemhez
13	-	-	-	-
14	M16	4	széles fakötésű	"a1"-jelű elem
15	-	-	-	-
16	M5	8	normál	11-12
17	M4	14	normál	1 - táblakeret

Anyacsavarok				
S.sz.	Méret	Mennyiség	Tulajdonság	Összekötenedő elemek
	[-]	[db]	[-]	[-]
1	M8	1	normál	2-4
2	M6	4	normál	2-7
3	M6	2	normál	3-5
4	M8	1	normál	3-4
5	M8	2	normál	6-7
6	M8	4	normál	7-8
7	M6	2	normál	7.a - 7.a
8	M6	2	normál	10-10
9	M16	4	normál	9
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	M6	2	szárnyas	"b4" jelű elemhez
13	-	-	-	-
14	-	-	-	-
15	M16	2	normál	"a3" jelű elem
16	M5	8	szárnyas	11-12
17	M4	14	szárnyas	1 - táblakeret

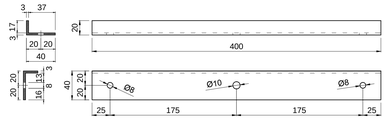
SZERELÉSI TERVEK:

A méretek [mm]-ben értendőek, és külső méretek; a kényszerek elkészítéséhez le kell vonno a falvastagságokat.

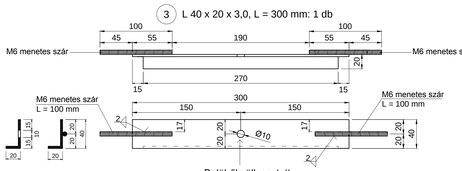


LESZABÁSI TERVEK:

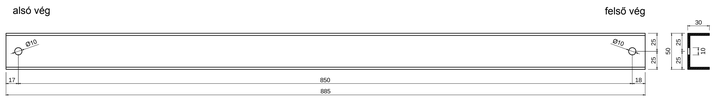
(2) L 40 x 20 x 3,0, L = 400 mm: 1 db



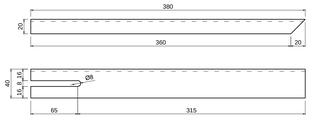
(3) L 40 x 20 x 3,0, L = 300 mm: 1 db



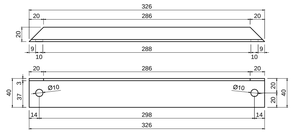
(4) U 50 x 30 x 3,0, L = 885 mm: 1 db



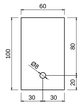
(5) L 40 x 20 x 3,0, L = 380 mm: 2 db



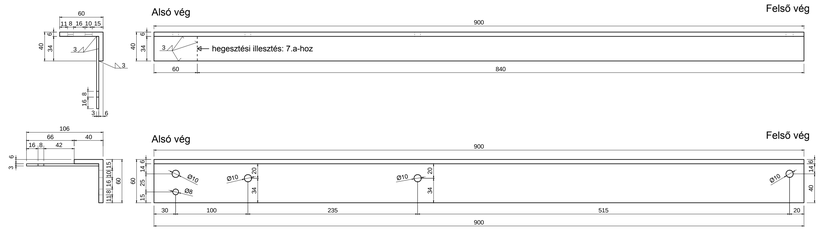
(6) L 40 x 20 x 3,0, L = 326 mm: 1 db



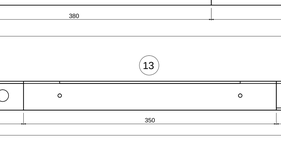
(7.a) 60 x 3,0; L = 100 mm: 2 db



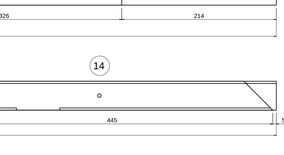
(7) L 60 x 40 x 6,0; L = 900 mm: 2 db



(8) L 40 x 20 x 3,0; L = 300 mm: 2 db



(9) L 40 x 20 x 3,0; L = 300 mm: 2 db



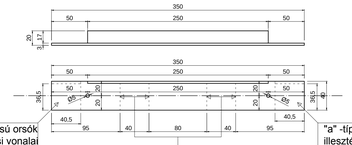
(10) 30 x 30 x 3,0, L = 320 mm: 2 db

(11) Lp. 60 x 3,0; L = 40 mm: 4 db

Megj.: 2 db normál furat, sorlyázott

(13) L 40 x 20 x 3,0, L = 350mm: 1 db

Megj.:
2 db D = 5 mm **sorlyázott normál furat** / elem
2 db M4 - 35: csillagfejű, süllyesztett fejű, tövigmenetes csavar / elem
+ 2 db M4 lemezalátét / elem
+ 2 db M4 szárnyas anya / elem



Hegesztés technológiai utasítás:
1., az "a" és "b" típusú orsókat rögzítjük a 9-eselemhez a menetes szárakkal
2., a 13-2x14-15 hegesztett keretet ráillesztjük azorsók "a1" elemeire és pillanatszorítókkal rögzítjük
3., véglegesre hegesztjük az orsókat, **ha a keretet vízszintesbe állítottuk**

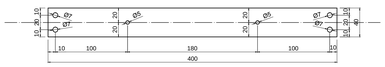
hegesztési illesztések
11 - hez

Hegesztés technológiai sorrend:
1., 11 és 12 elemeket összecsavarozzuk
2., 13 - 2 x 14 - 15 elemekből álló keretet össze hegesztjük
3., 11-12 összecsavarozott elemeket a 13-2x14-15 keretbe hegesztjük

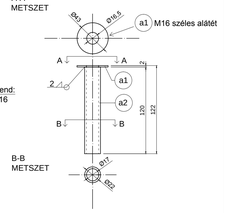
!!! a 12-13-15 elemek fontos , hogy színeljenek

(12) Lp. 40 x 3,0; L = 400 mm: 2 db

Megj.:
4 db D = 7 mm **süllyesztett furat** / elem
4 db M5 - 10: csillagfejű, süllyesztett fejű, tövigmenetes csavar / elem
+ 4 db M5 lemezalátét / elem
+ 4 db M5 szárnyas anyacsavar / elem
2 db D = 5 mm **sorlyázott normál furat** / elem
2 db M4 - 35: csillagfejű, süllyesztett fejű, tövigmenetes csavar / elem
+ 2 db M4 lemezalátét / elem
+ 2 db M4 szárnyas anya / elem



"a" - típusú orsó: 2 db



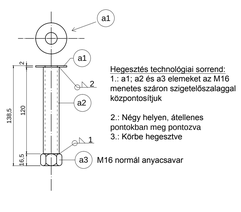
Megj.:
A d = 4 mm -es furatok süllyesztve

+ 3 db d = 3mm, L=10 mm hosszú csillagfejű facsavar/ orsó

Hegesztés technológiai sorrend:
1.: a1 és a2 elemeket az M16 menetes száron szigetelő szalaggal központosítjuk

2.: Négy helyen, átellenes pontokban meg pontozva
3.: Körbe hegesztve

"b" - típusú orsó: 2 db



Hegesztés technológiai sorrend:
1.: a1; a2 és a3 elemeket az M16 menetes száron szigetelőszalaggal központosítjuk

2.: Négy helyen, átellenes pontokban meg pontozva
3.: Körbe hegesztve

Hegesztés technológiai sorrend:
1. Az alsó alátétet hegesztjük a menetes szárra, szigetelőszalaggal központosítva.

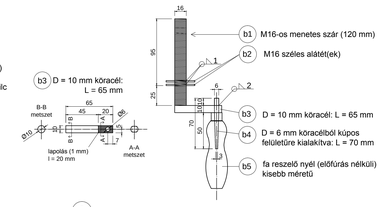
2. A hajtókart bele illesztjük a 9-es elem külső furatába - központosításként még a 9-es elem fórása előtt felrajzolunk a furat köré az alátéttel egyező átmérőjű kört.

3. Pillanatszorítóval rögzítjük a hajtókart a 9-es elemhez (így a hajtókar a furatban ~ központos)

4. A felső alátét alá 0.5 mm (vagy vékonyabb) filc réteget helyezünk, mely sürlódást minializál a alátétek és a 9-es elem között.

5. Felhelyezzük a felső alátétet, szigetelő szalaggal központosítva, és ráhegesztjük a menetes szárra

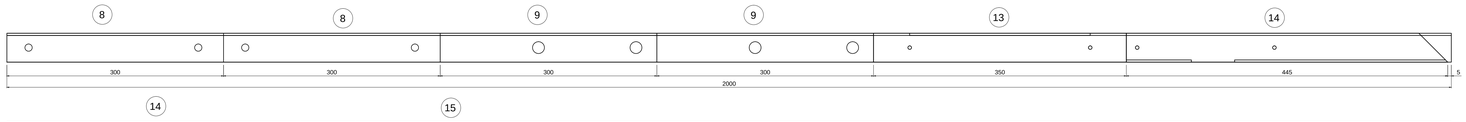
"b" típusú hajtó kar: M16, L = 120 mm
2 db



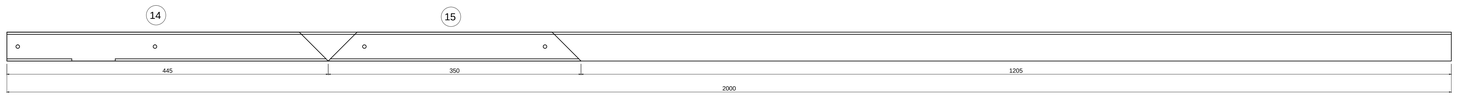
1 db M8, L = 20 mm; csillagfejű, süllyesztett, tövigmenetes cs.
+
1 db M8 széles alátét
1 db M8 normál anyacsavar

VÁGÁSI TERVEK:

L 40 x 20 x 3,0; L = 2000 mm



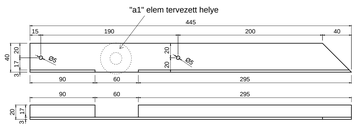
L 40 x 20 x 3,0; L = 2000 mm



L 40 x 20 x 3,0; L = 2000 mm

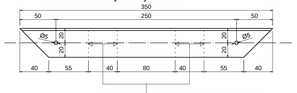
(14) L 40 x 20 x 3,0, L = 445 mm: 2 db

Megj.:
2 db D = 5 mm **sorlyázott normál furat** / elem
2 db M4 - 35: csillagfejű, süllyesztett fejű, tövigmenetes csavar / elem
+ 2 db M4 lemezalátét / elem
+ 2 db M4 szárnyas anya / elem



(15) L 40 x 20 x 3,0, L = 350 mm: 1 db

Megj.:
2 db D = 5 mm **sorlyázott normál furat** / elem
2 db M4 - 35: csillagfejű, süllyesztett fejű, tövigmenetes csavar / elem
+ 2 db M4 lemezalátét / elem
+ 2 db M4 szárnyas anya / elem



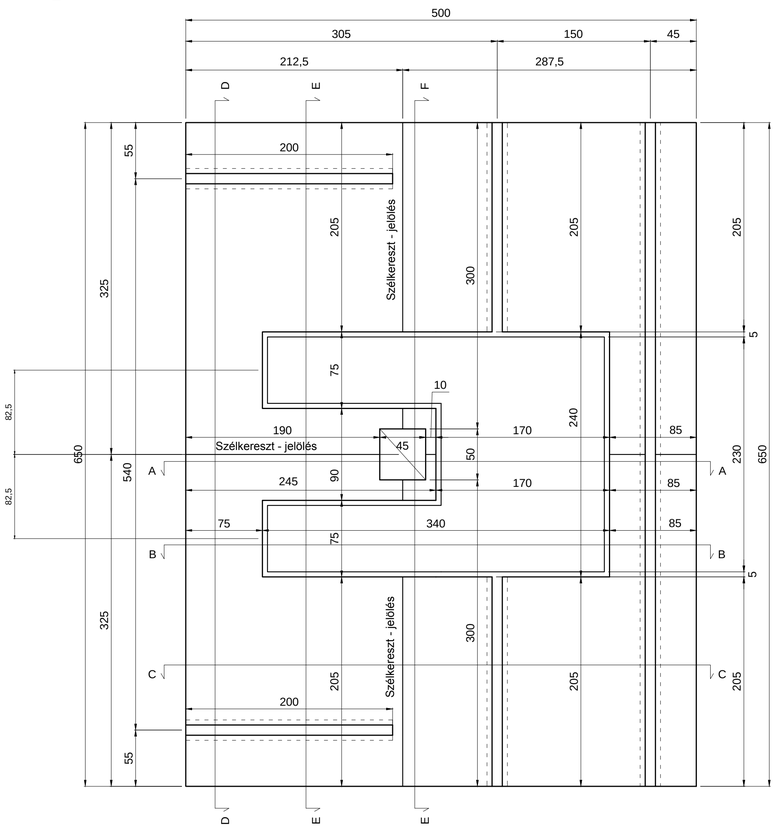
hegesztési illesztések
11 - hez

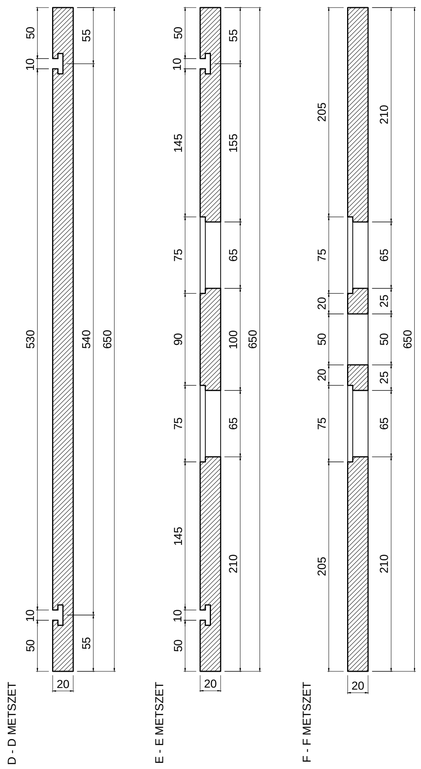
Hegesztés technológiai sorrend:
Id. 13-as elemnél

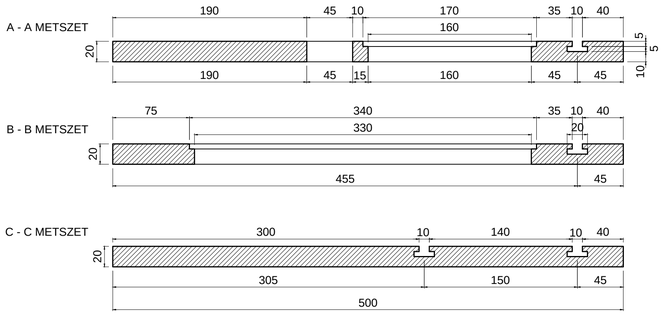
P-02: HEGEZTŐ GÉPASZTAL MUNKALAPJÁNAK GYÁRTMÁNYTERVE

M = 1 : 3

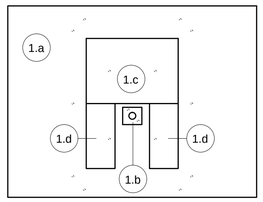
1.a elem: munkapad: 650 x 500 x 20







VÁZLATRAJZ



1.a MUNKAPAD

1.b ELEKTRÓDA FELSZABÁLYOZÓ FEDÉL

1.c KIVEHETŐ MUNKAPAD TÁBLA RÉSZ

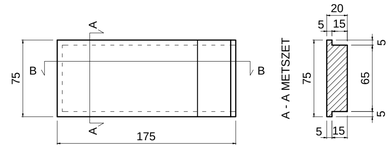
1.d OLDALSÓ KIVEHETŐ MUNKAPAD TÁBLA RÉSZ

1.e PÁRHUZAM VONALZÓ

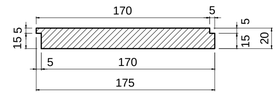
1.f PÁRHUZAM VONALZÓ

LESZABÁSI TERVEK

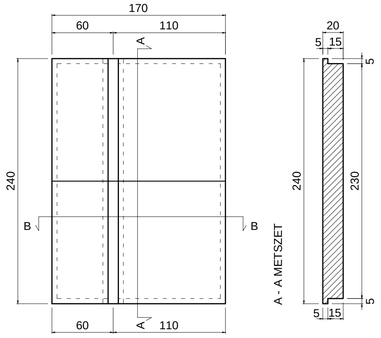
1.d elem: 175 x 75 x 20



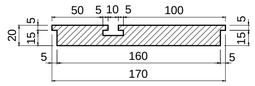
B - B METSZET



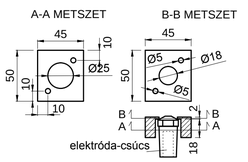
1.c elem: 240 x 170 x 20



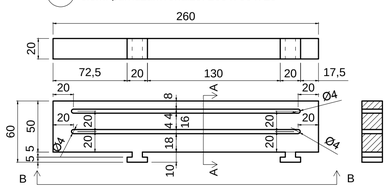
B - B METSZET



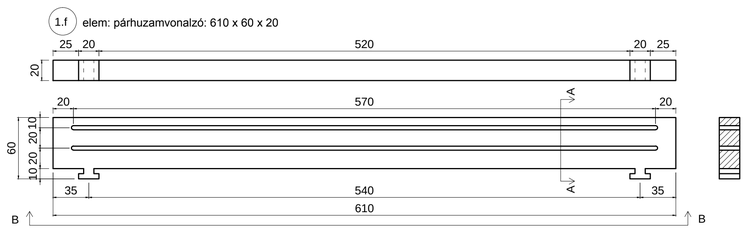
1.b elem: kivehető elem: 45 x 50 x 20



1.e elem: párhuzamvonalzó: 260 x 60 x 20



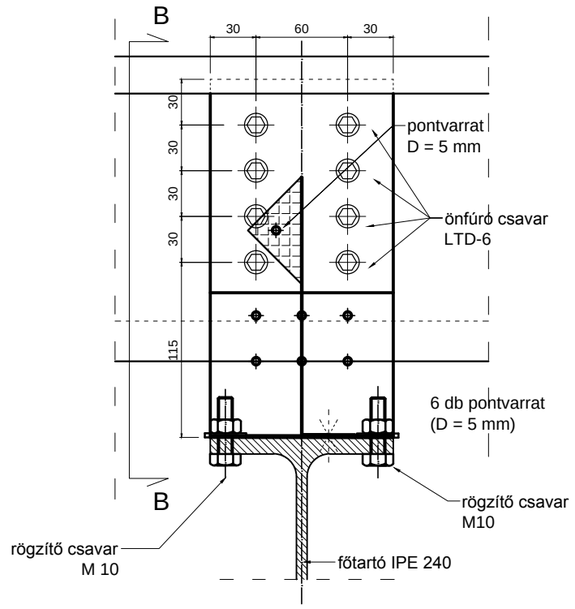
1.f elem: párhuzamvonalzó: 610 x 60 x 20

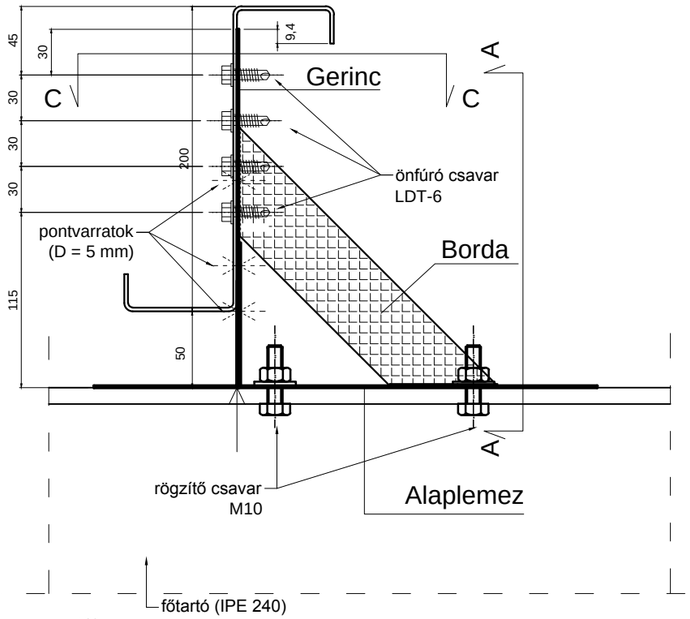


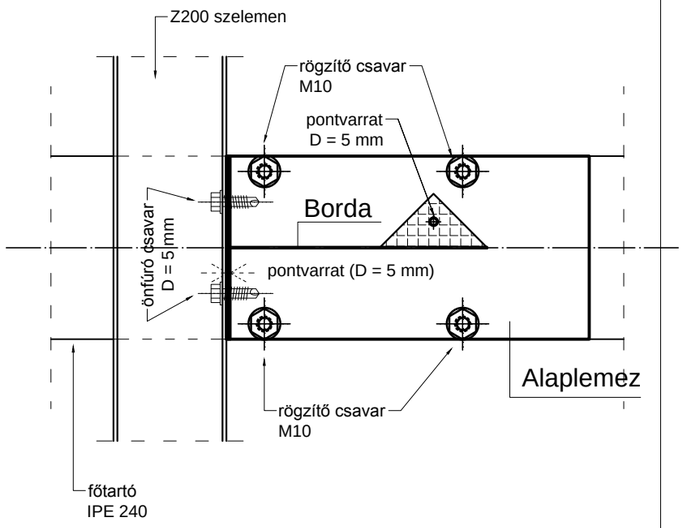
GYT1: B200-2L12-1AB12 típusbak összeszerelési és leszabási terve

M = 1: 4

ÖSSZESZERELÉSI TERV

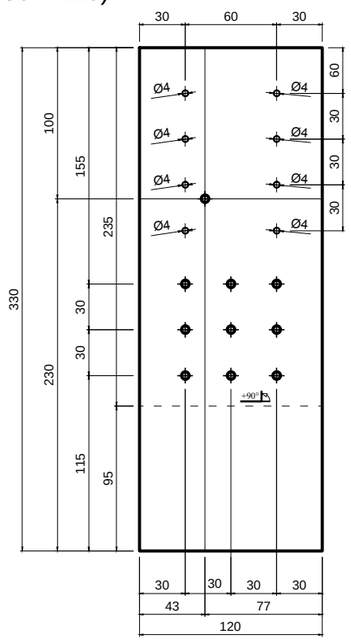




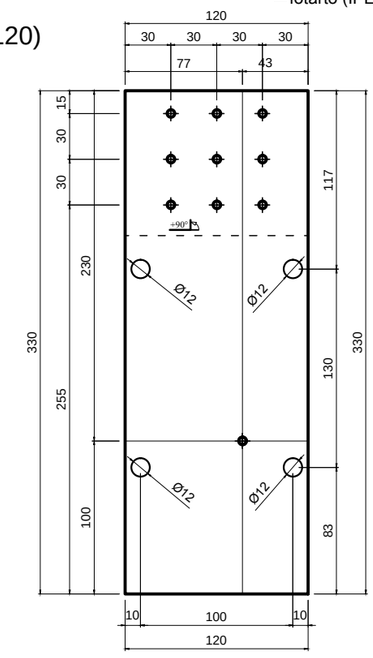


LESZABÁSI TERV

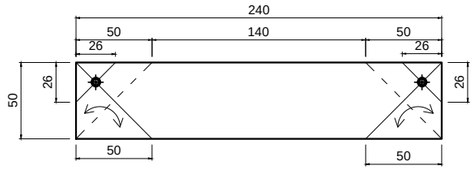
E1 - elem (330 x 120)



E2 - elem (330 x 120)

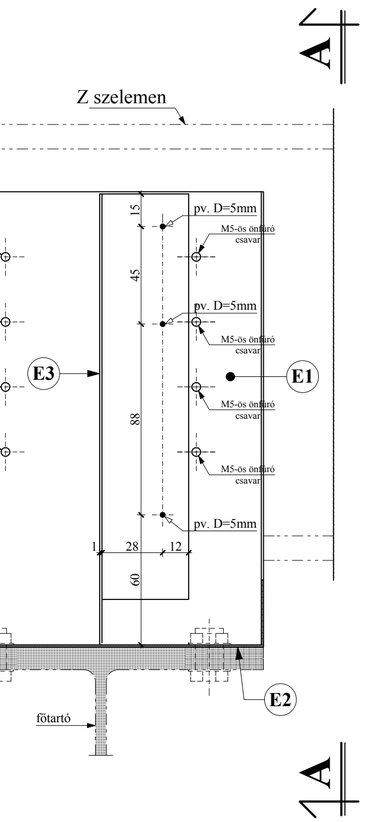


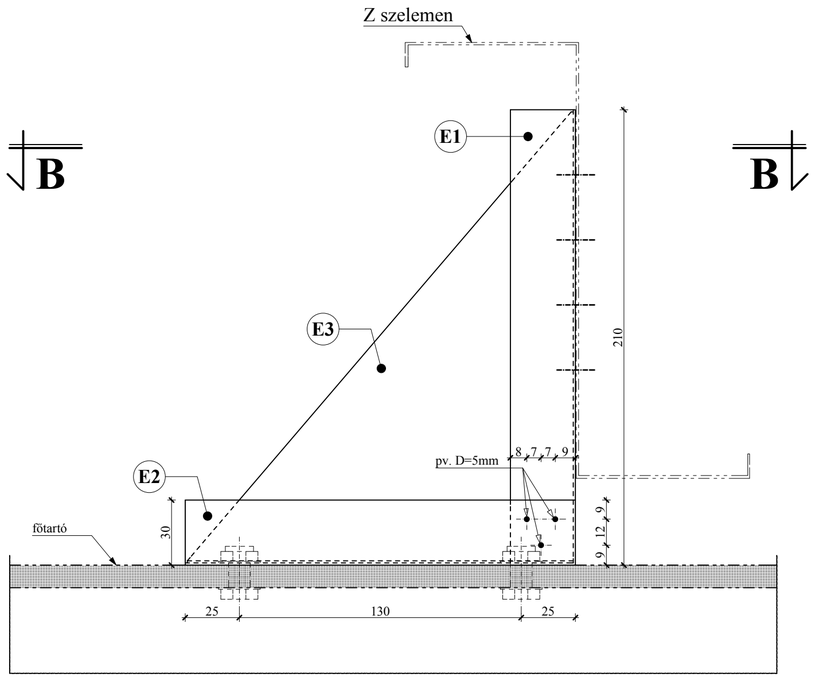
E3 - elem (50 x 240)



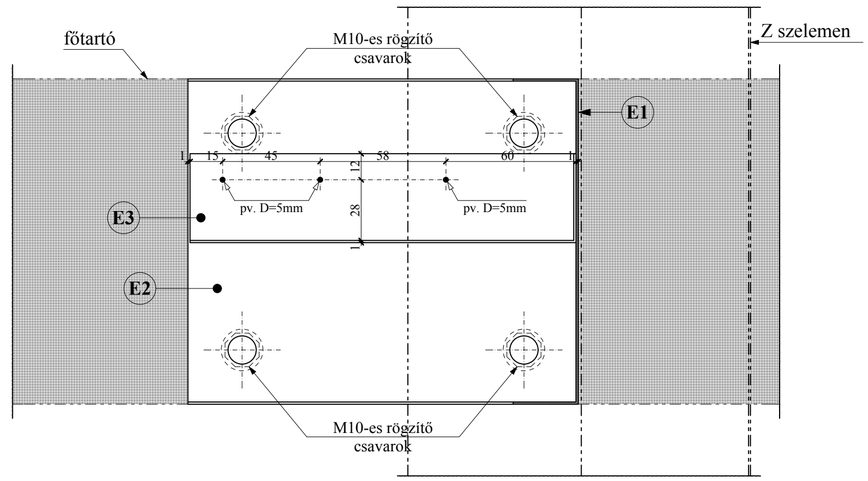
GYT2: B200-2U10-1ÁB10 jelű szelementartóbak összeszerelési és leszabási terve
M=1:2

A-A nézet



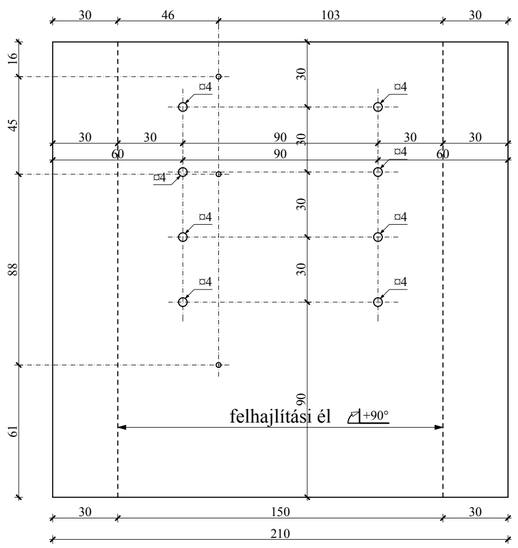


B-B nézet

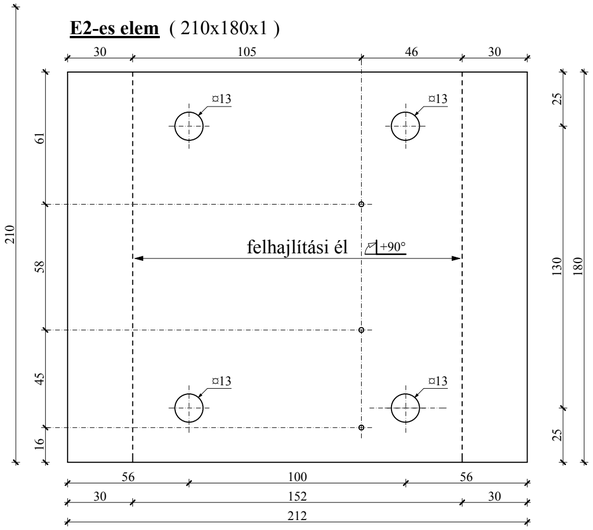


ELEMEK SZABÁSI RAJZA M=1:2

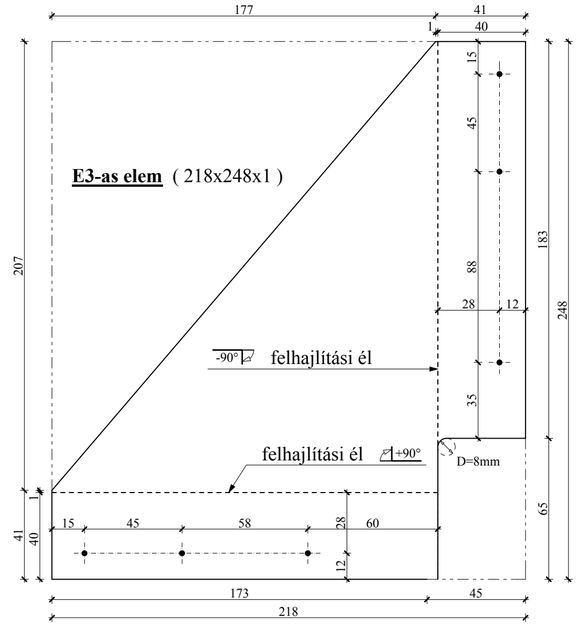
E1-es elem (210x210x1)



E2-es elem (210x180x1)



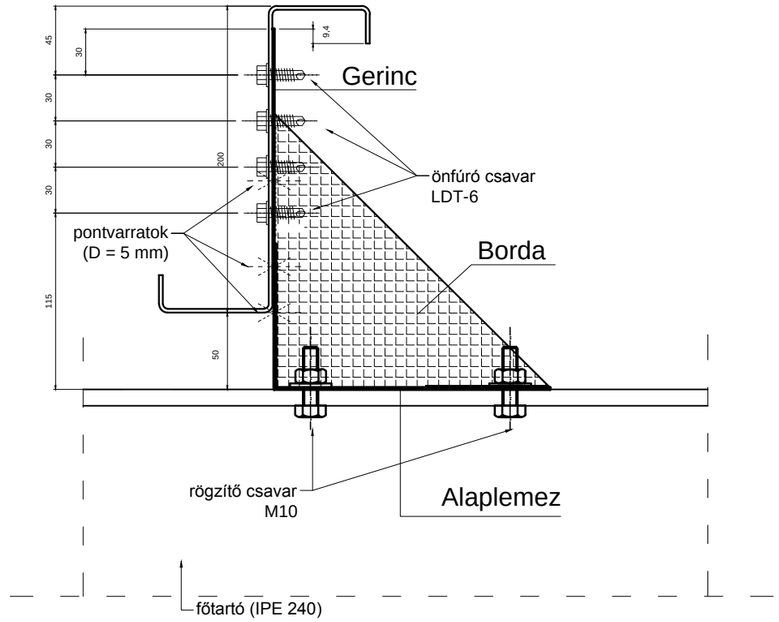
E3-as elem (218x248x1)



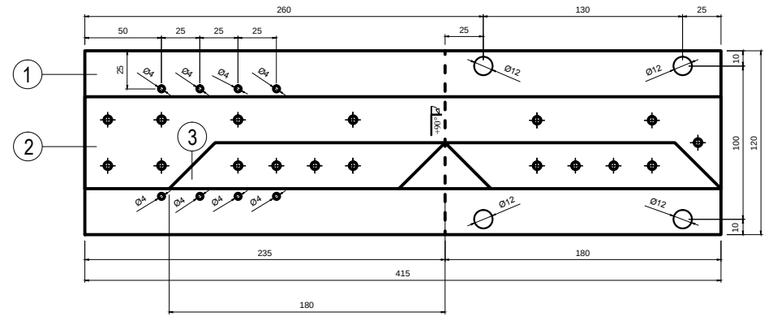
GYT3: B200-2L10-1AB10-MOD típusbak összeszerelési és leszabási terve

M = 1: 4

ÖSSZESZERELÉSI TERV



E1 ÉS E2 ALKOTÓELEMEK LESZABÁSI TERVE

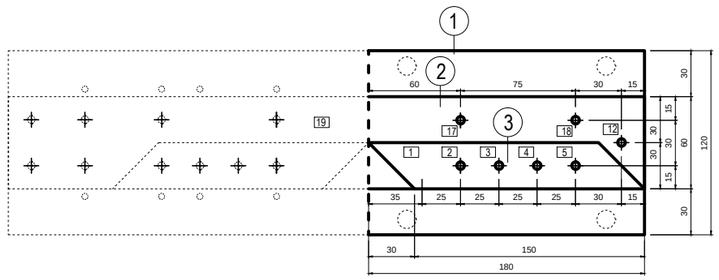


LESZABÁSI TERVEK ÉS ILLESZTÉSI TERVEK

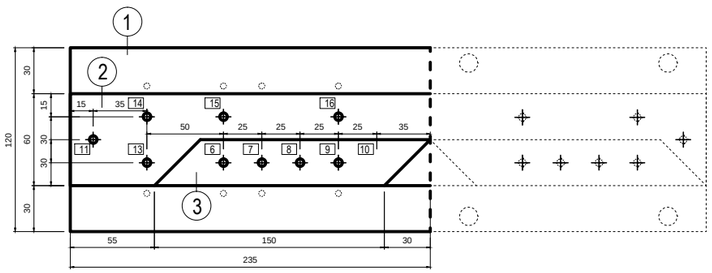
I. SZERELÉSI EGYSÉG

E2 -E3 ELEMEBŐL ÁLLÓ SZERELLÉSI EGYSÉG
ILLESZTÉS TERVE (HEGESZTÉS)

I. ILLESZTÉS



II. ILLESZTÉS

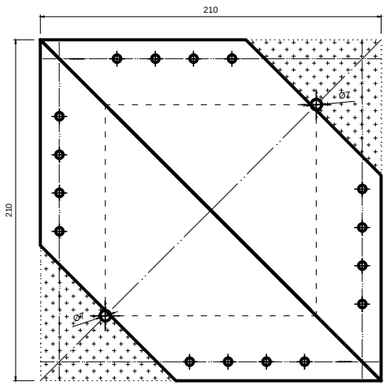


JELÖLÉSRENDSZER:

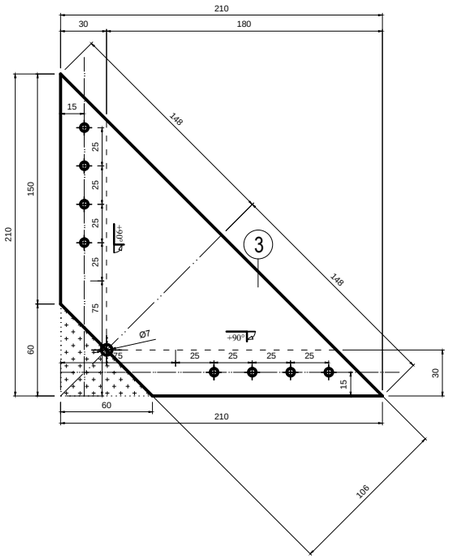
1. E1 alkotóelem: alaplemez
2. E2 alkotóelem: gerinchízlaló lemez
3. E1 alkotóelem: gerincborda

E3 - elem (220 x 220)
EGY LEMEZBŐL 2 DB ALKOTÓELEM KÉSZÜL

LESZABÁSI TERV



ILLESZTÉSI JELÖLÉSEK
(HEGESZTÉS)

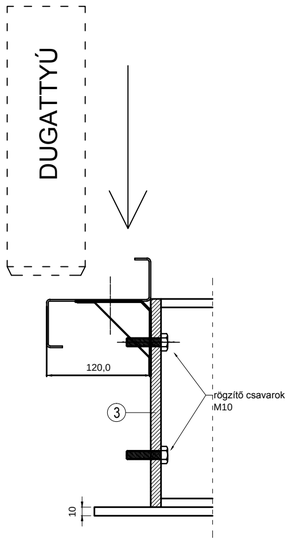


T1: TERHELÉSI SEGÉDBERENDEZÉS ÖSSZEÁLLÍTÁSI ÉS GYÁRTÁSI TERVE

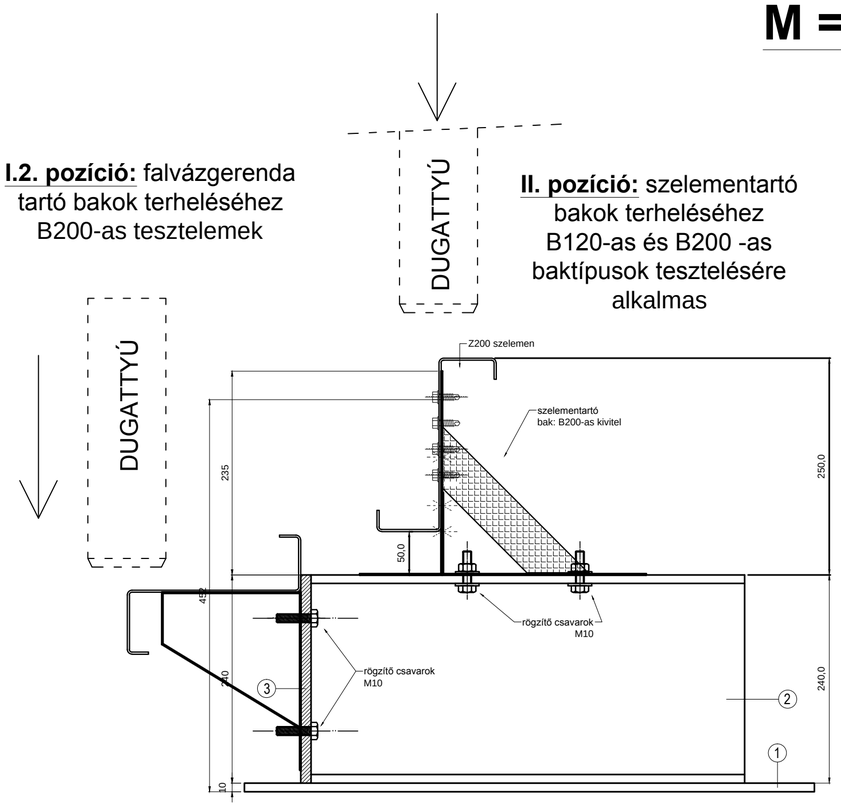
M = 1:5

ÖSSZEÁLLÍTÁSAI TERV

I.1. pozíció: falvázgerenda tartó bakok terheléséhez B120 baktípusok terheléséhez

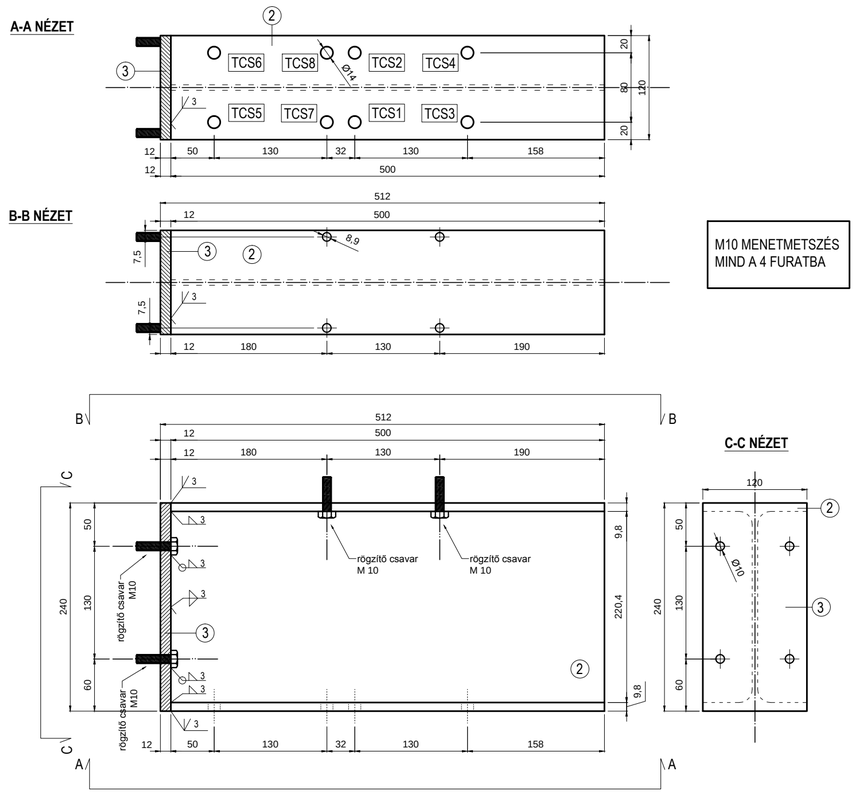


I.2. pozíció: falvázgerenda tartó bakok terheléséhez B200-as tesztelemek



II. pozíció: szelementartó bakok terheléséhez B120-as és B200 -as baktípusok tesztelésére alkalmas

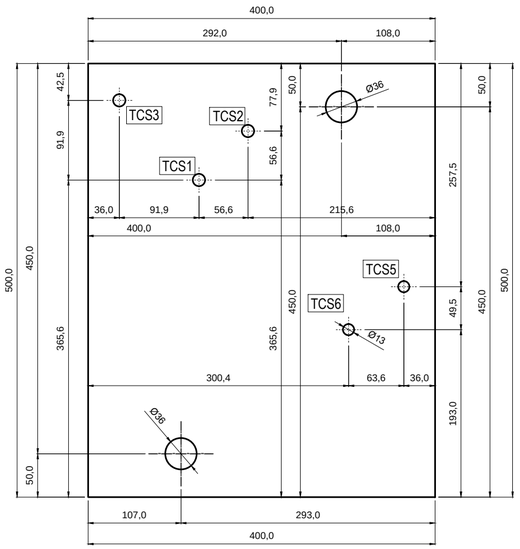
GYÁRTÁSI TERV



ALAPLEMEZ GYÁRTÁSI TERVE

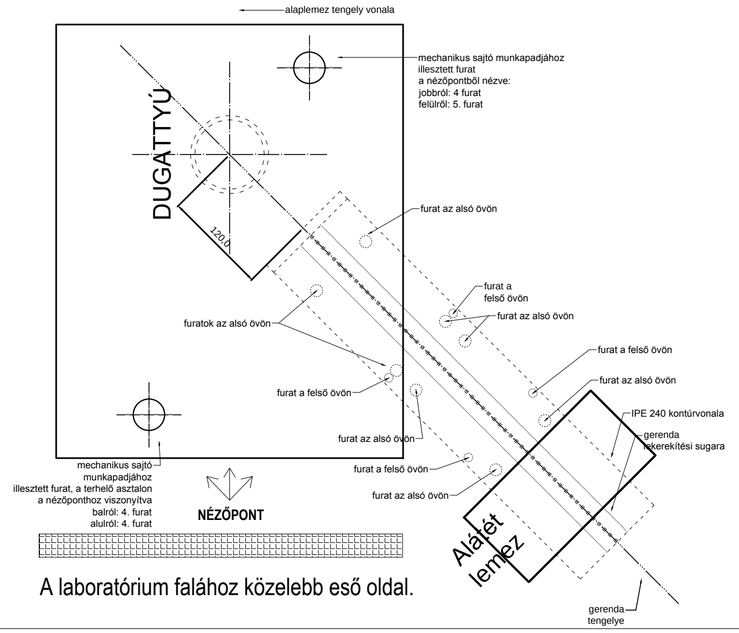
Az IPE 240 alsó övén lévő furatok átmérője 14 mm. Ezekeb a furatokba **M12** csavar kerül. Ezeket a csavarokat **taplcsavaroknak** nevezzük. A taplcsavarokat az ALAPLEMEZ-en kialakított furatokba kell becsavarni. Talpcsavarok: TCS1; TCS2; TCS3

① 400 x 500 x 10; Készül: 1 db



I.1 pozíció: falvázgerenda tartó bakok terheléséhez B120-as elemek esetén

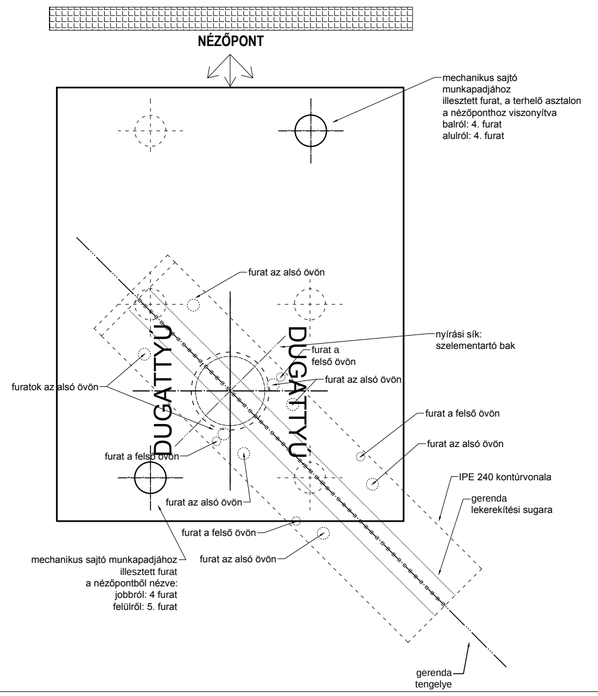
A DUGATTYÚ KÖZEPE A TSB VÉGLEMEZÉTŐL 200 MM-RE VAN (B200-AS BAKOKHOZ ALKALMAS). A IPE 240 JELENTŐS RÉSZE LELÓG AZ ALAPLEMEZRŐL, EZÉRT ODA ALÁTÉTLEMEZEK ELHELYEZÉSÉRE VAN SZÜKSÉG.



A laboratórium falához közelebb eső oldal.

II. pozíció: szelementartó bakok terheléséhez B120-as és B200-as tesztelemek esetén

A laboratórium falához közelebb eső oldal.



MEGJEGYZÉSEK:
A gyártással kapcsolatos megjegyzéseket bekereteztük.

A "T1" tervrajz a 2012.11.13-2013.10.22 terjedő kutatási időszakban készített "T0" terv módosítása. Azért készítettük, mert a fent nevezett kutatási időszakban készített terhelési segédberendezés bizoynos funkciókat nem tudott kiszolgálni.

A "T1" rajzjelű terv a 2013.10.22-2014.10.22. kutatási időaszkban végrehajtott átalakításokat foglalja össze. A "T1" terv kizárólag a terhelési segédberendezés összeállítására vonatkozik. A fent nevezett kutatási időszakban elvégzett kísérleteknél a Z-szelemen kialakítása némiképp eltért az itt ábrázoltaktól, csupán illusztrálásként raktuk fel a rajzokra.

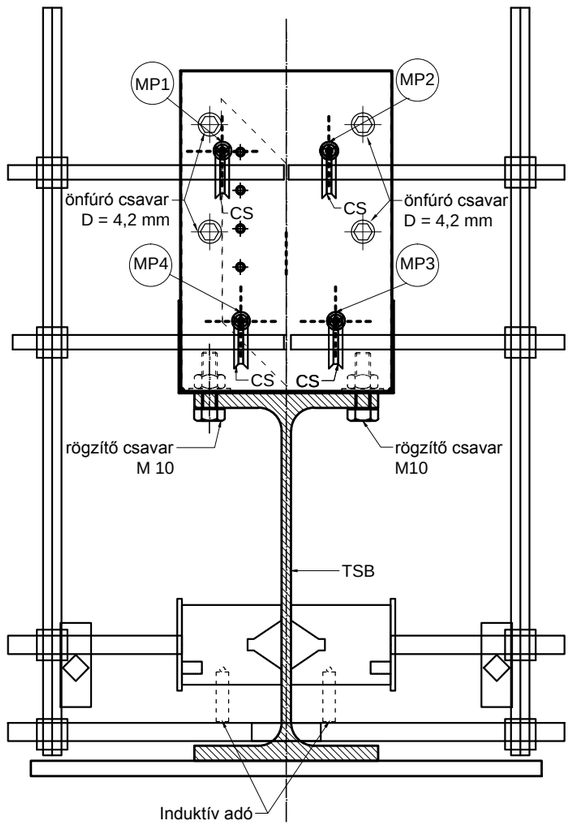
A kísérleti összeállítás részletei a KET-1 terv tartalmazza.

A "T1" terv készítésének dátuma:	**2014.01.06.**
Érvényesség:	**ÉRVÉNYES!!!**
Visszavonás dátuma:	**-**
Módosított tervrajz azonosítója:	**-**

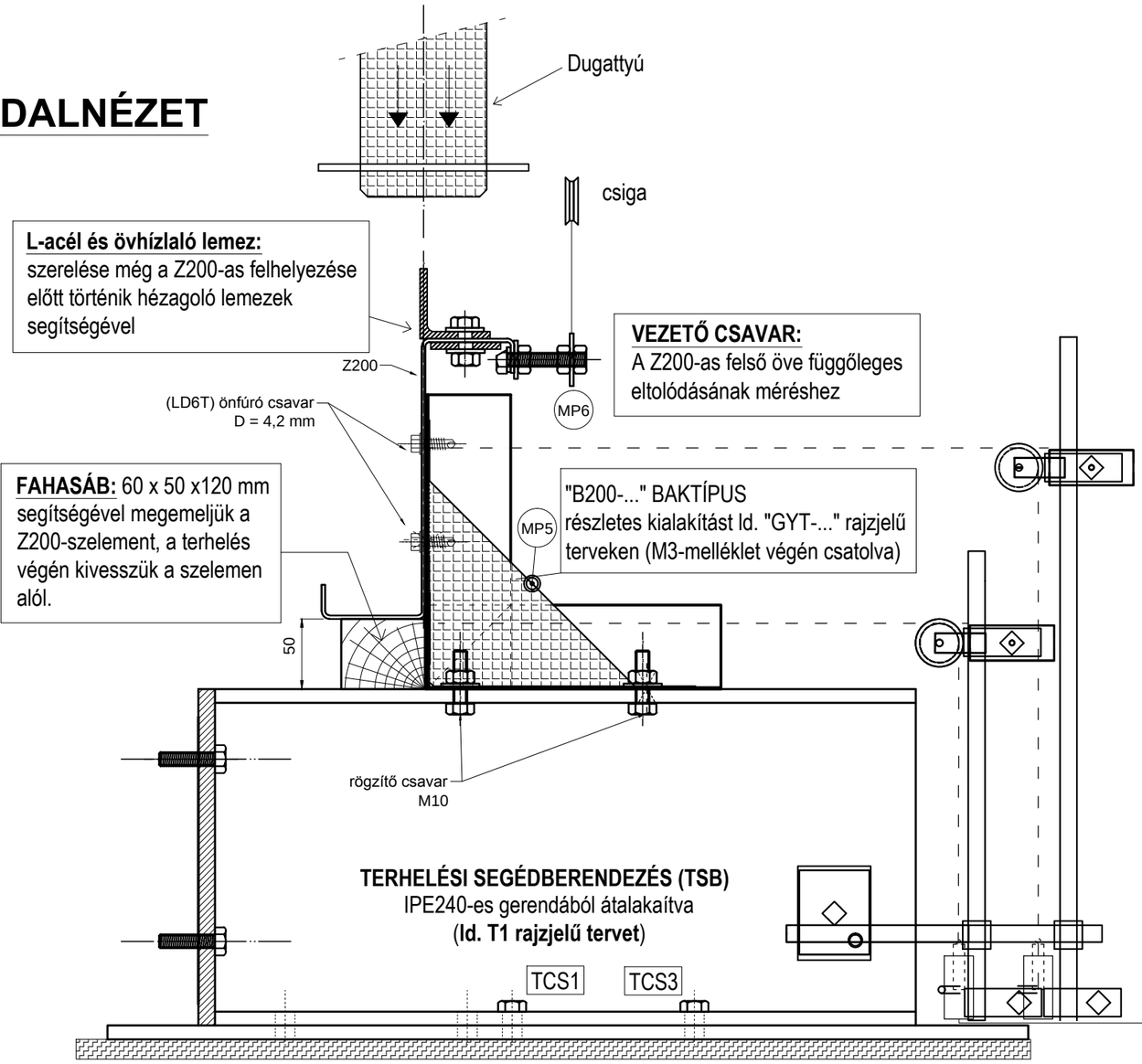
KET-1: Kísérleti összeállítás "B200-...." baktípusok vizsgálatához

M=1:4

HÁTULNÉZET



OLDALNÉZET



JALMAGYARÁZAT:

MP-mérési pont helye

csiga

MEGJEGYZÉSEK:

A terven nem jelenítettük meg a 300 mm hosszú Z200-as végeire helyezett véglemezeket, melyeket a szelemen alsó illetve felső övéhez továbbá a gerincéhez hegesztettünk (ld. TANULMÁNY, **5.1 kép**)

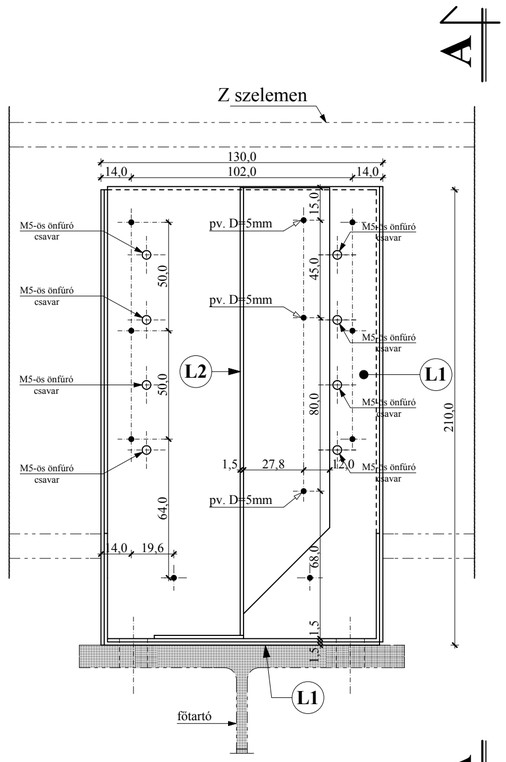
Utolsó módodítás dátuma: 2014.08.14.

TERHELŐ ASZTAL

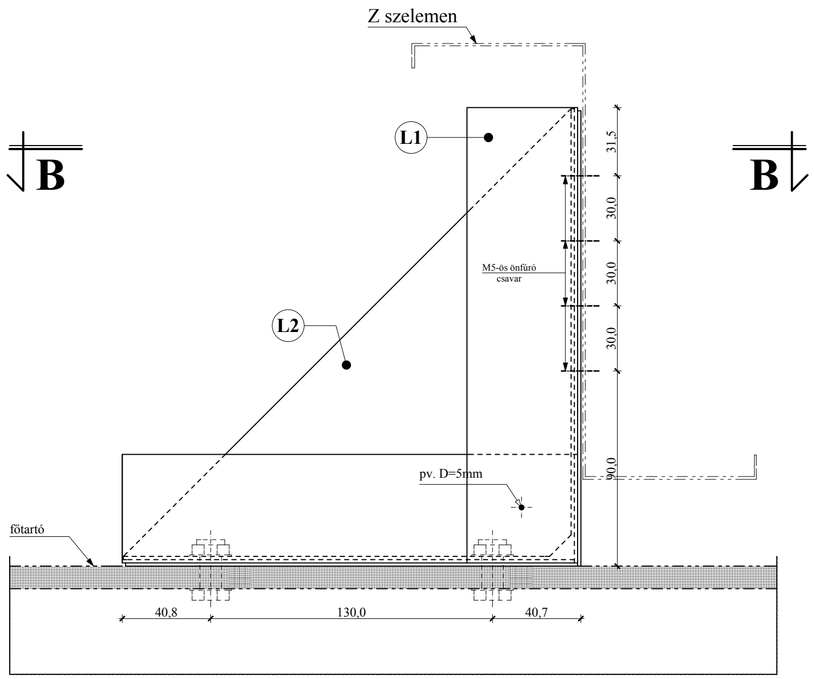
A **TERHELÉSI SEGÉDBERENDEZÉST** A TERHELŐASZTALON A **"T1" RAJZJELŰ TERVEN BEMUTATOTT II. POZÍCIÓ ALAPJÁN** KELL ELHELYEZNI.

Az alkalmazott mérőrendszer felépítését ld. **TANULMÁNY 5.3 alfejezet**.

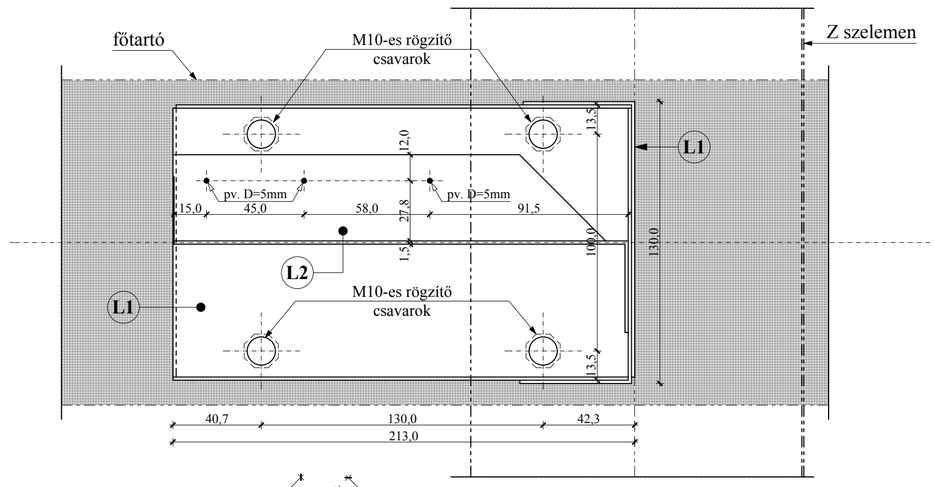
GYT4: B200-4L15-1ÁB10 jelű szelementartóbak összeszerelési és leszabási terve
M=1:2



A-A nézet

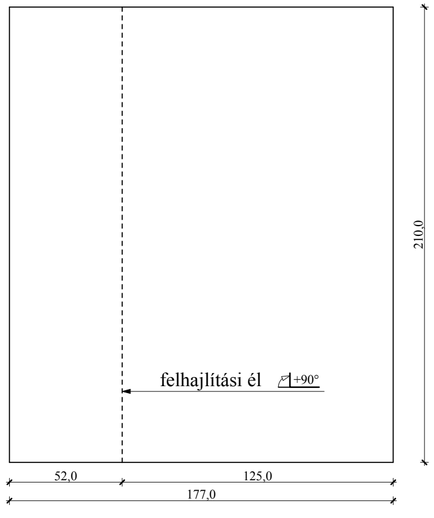


B-B nézet

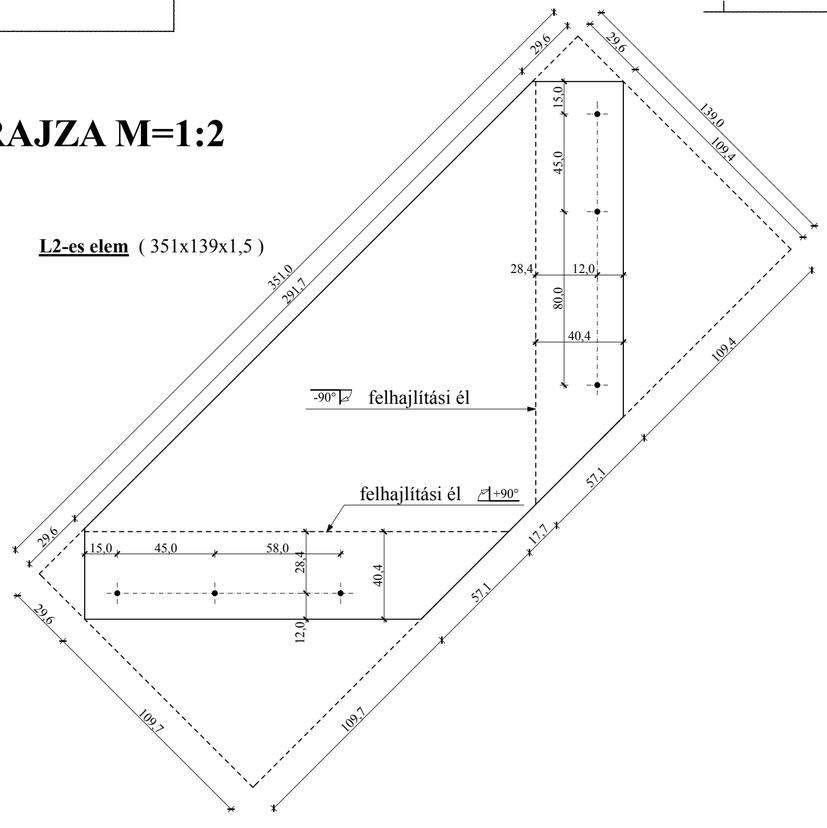


ELEMEK SZABÁSI RAJZA M=1:2

L1-es elem (4x 210x177x1,5)



L2-es elem (351x139x1,5)



+90° ELEM BELSŐ OLDALA

-90° ELEM KÜLSŐ OLDALA