

Hegesztési varrat ütőmunka értékeinek változása a választott technológia és az üzemi hőmérséklet függvényében.



Készítette: Piller Tibor Péter

A lábak, mint biztos alapok



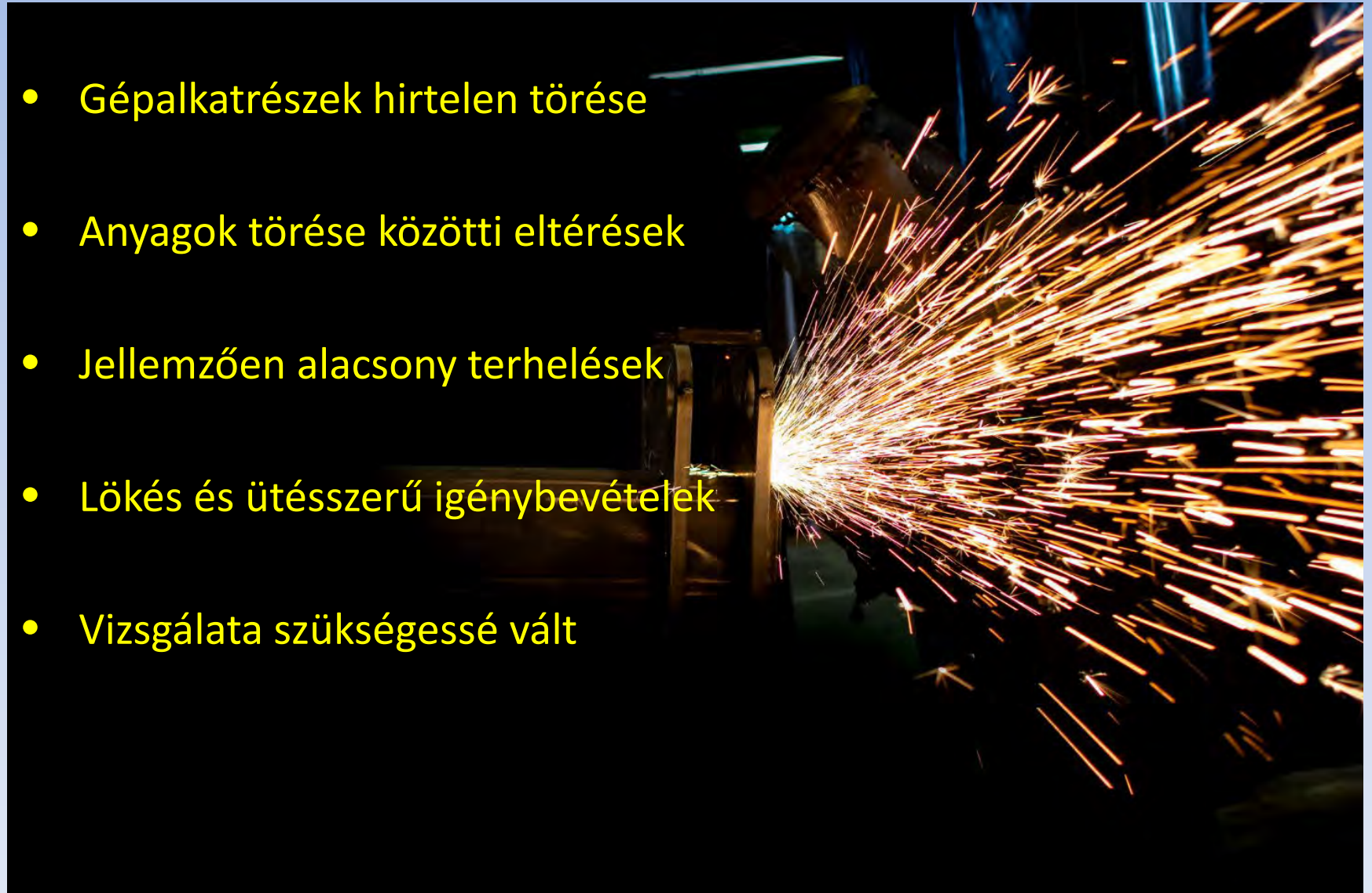
Tervezés - tudás

Vizsgálat - tapasztalat

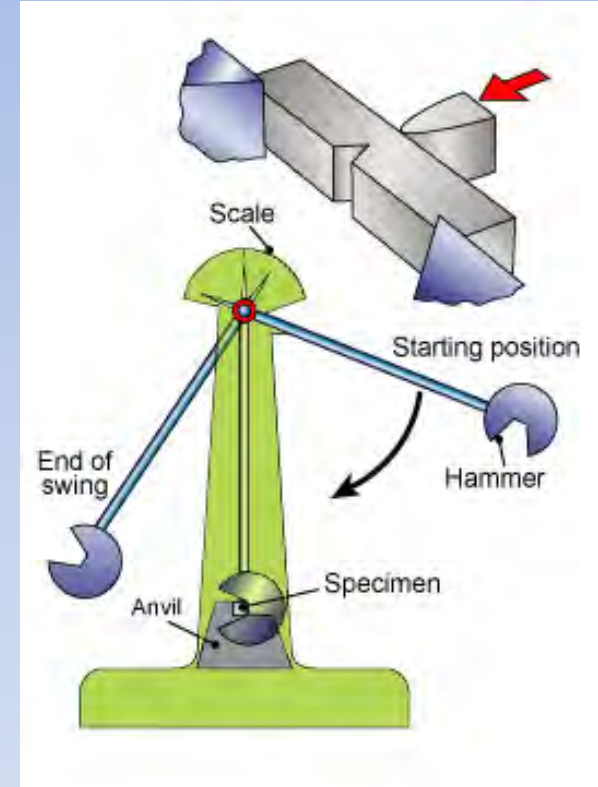
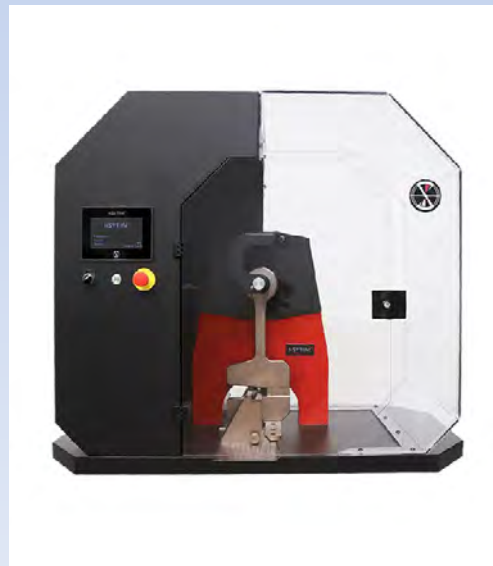
Kivitelezés - gyakorlat

Szívósság, fémtermékek esetében

- Gépkatrészek hirtelen törése
- Anyagok törése közötti eltérések
- Jellemzően alacsony terhelések
- Lökés és ütészzerű igénybevételek
- Vizsgálata szükségessé vált

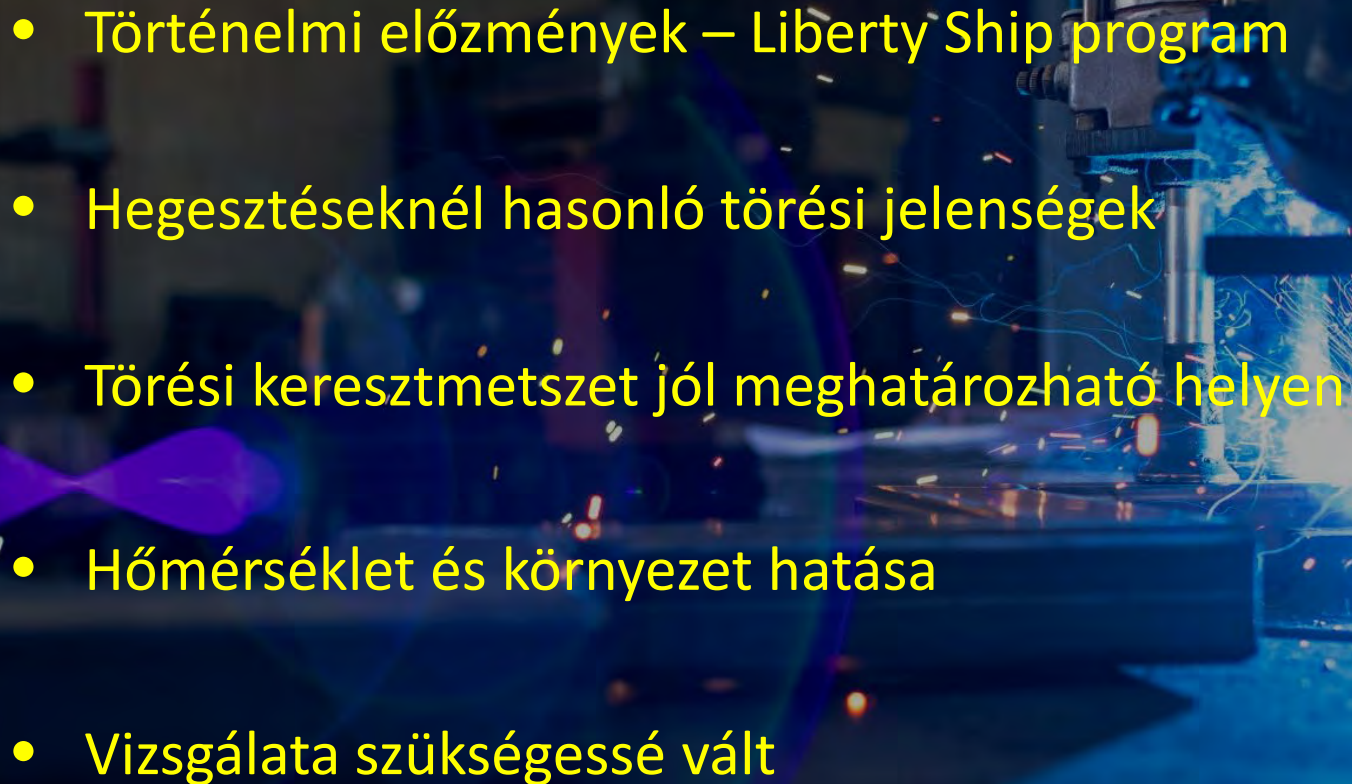


Charpy ütővizsgálat



- Vizsgálati elvek
- Vizsgálati osztályok
- Szabványos próbatestek

Szívósság, a hegesztési varratok esetében

- Történelmi előzmények – Liberty Ship program
 - Hegesztéseknél hasonló törési jelenségek
 - Törési keresztmetszet jól meghatározható helyen
 - Hőmérséklet és környezet hatása
 - Vizsgálata szükségessé vált
- 

Szívósság, mint anyagjellemző

Alacsony szívósság – magas ridegség

Magas szívósság – alacsony ridegség

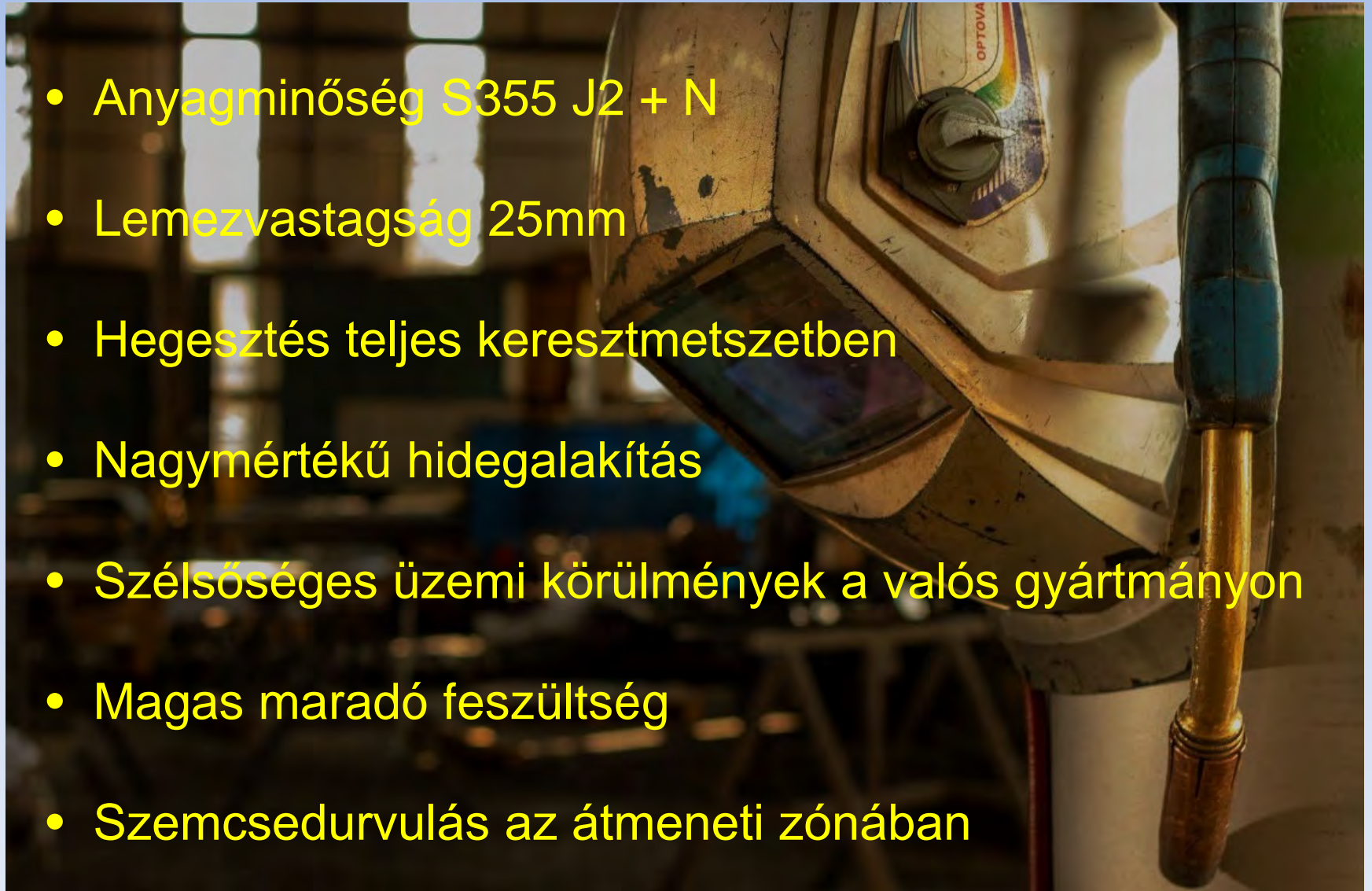
Hőmérséklet változására érzékeny

Lökés- ütésszerű igénybevétel



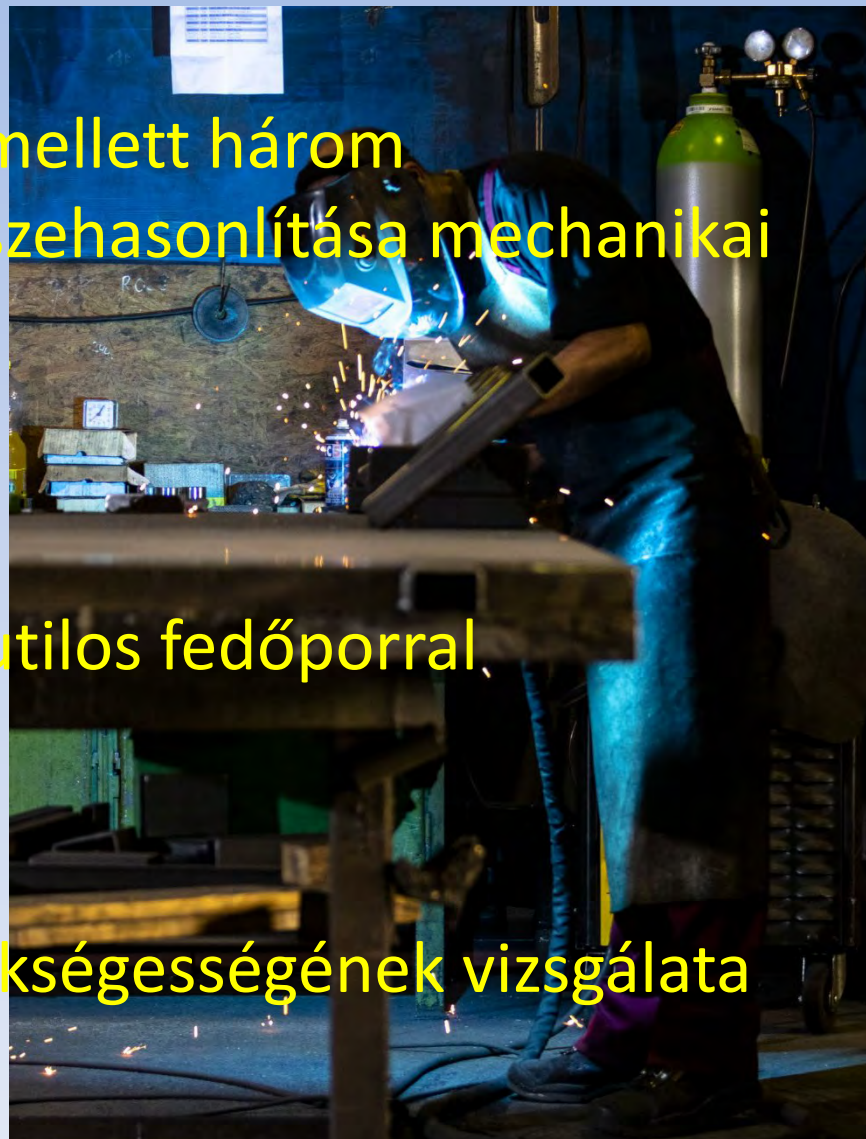
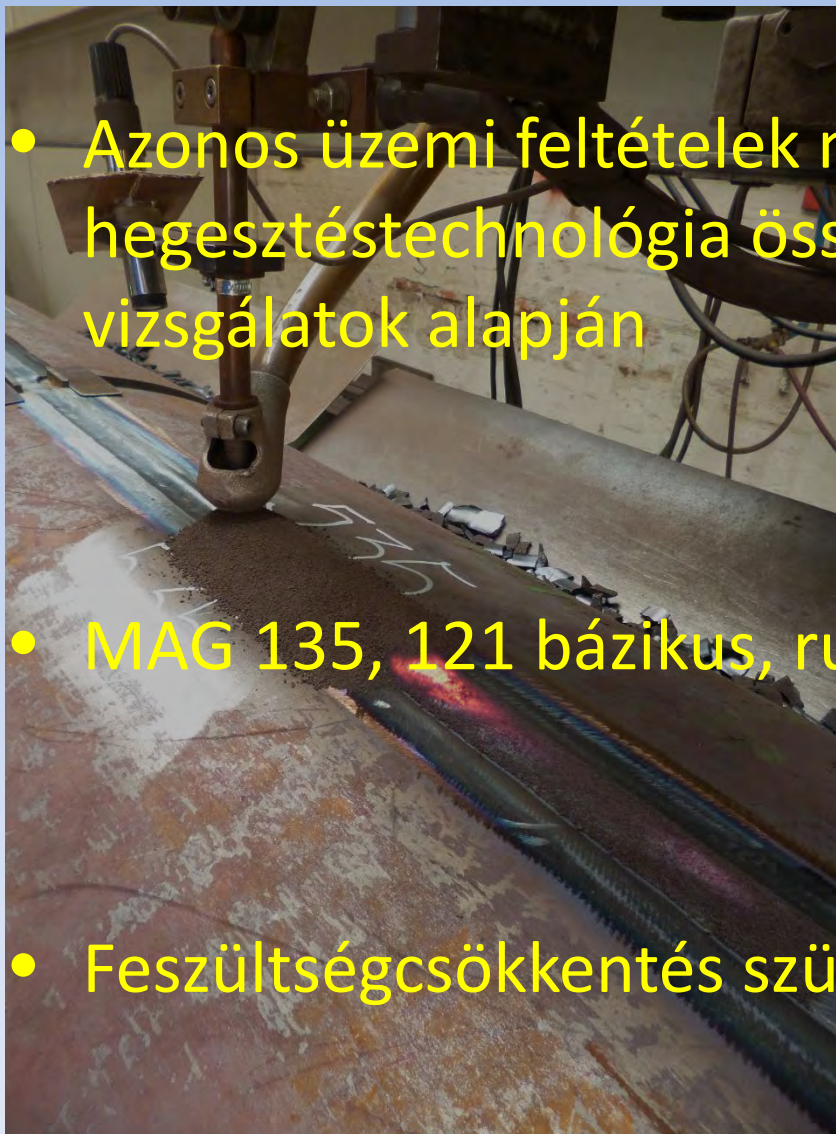
Vizsgált mintatest és hegesztési varrata

- Anyagminőség S355 J2 + N
- Lemezvastagság 25mm
- Hegesztés teljes keresztmetszetben
- Nagymértékű hidegalakítás
- Szélsőséges üzemi körülmények a valós gyártmányon
- Magas maradó feszültség
- Szemcsedurvulás az átmeneti zónában



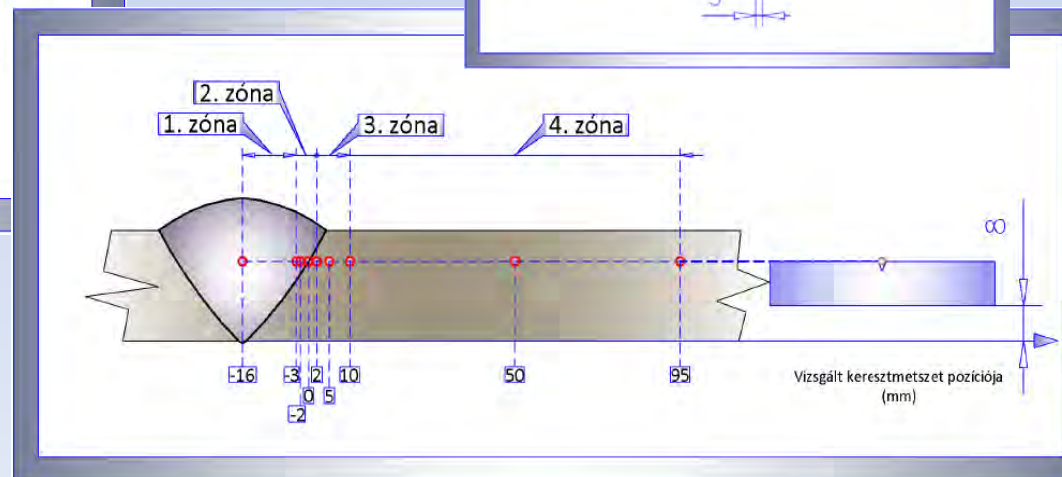
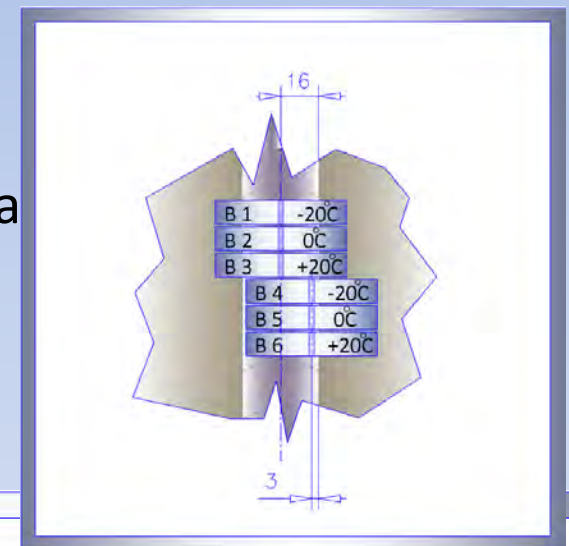
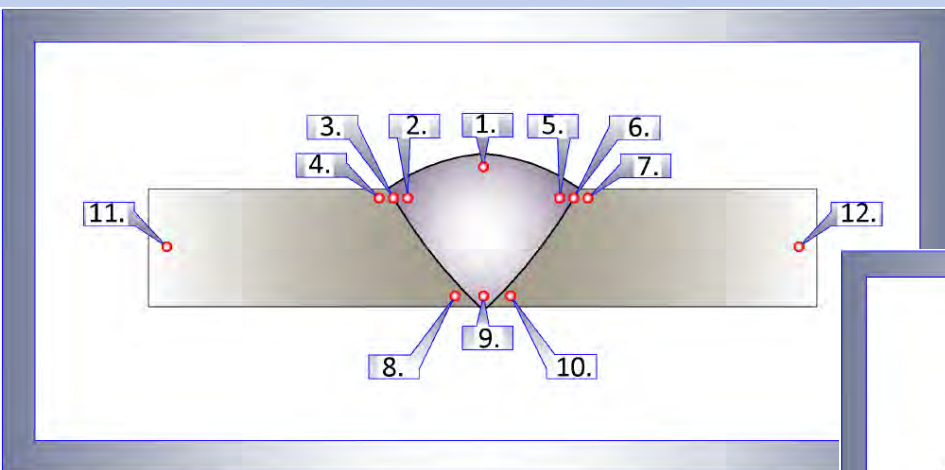
Hegesztéstechnológia és utókezelés

- Azonos üzemi feltételek mellett három hegesztéstechnológia összehasonlítása mechanikai vizsgálatok alapján
- MAG 135, 121 bázikus, rutilos fedőporral
- Feszültségcsökkentés szükségességének vizsgálata

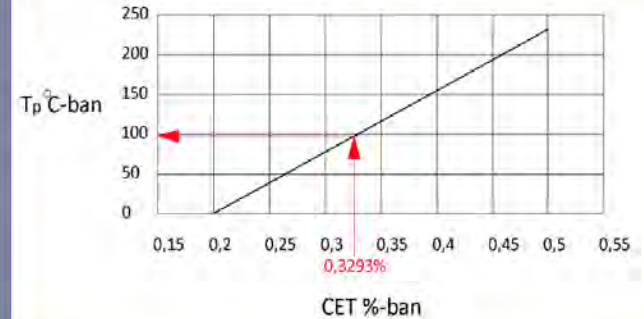
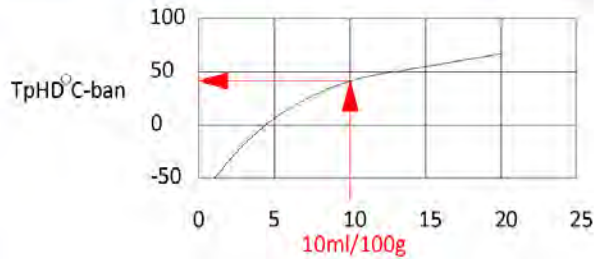


Tervezett mechanikai vizsgálatok

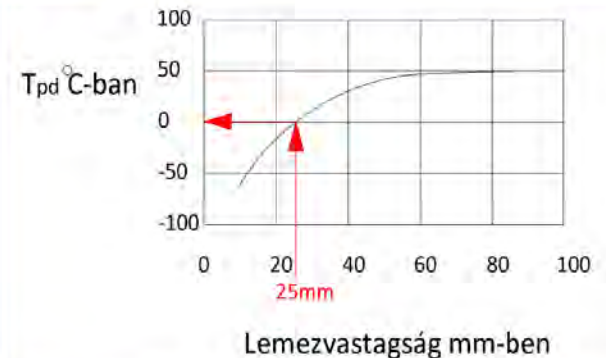
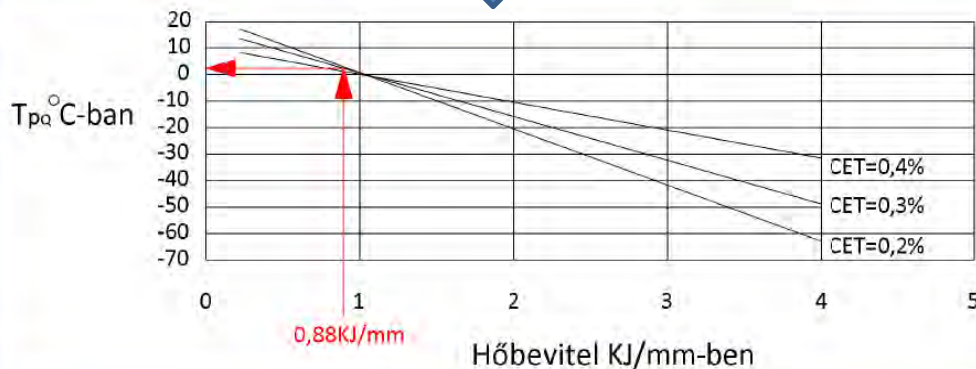
- Varrat és hőhatásövezetének ütőmunka vizsgálata 7 ponton, -20°C , 0°C , $+20^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten
- Alapanyag ütőmunka vizsgálata 2 ponton, -20°C , 0°C , $+20^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten
- Hajlítóvizsgálat korona és gyök oldalon
- Keménységmérés és a szövetszerkezet vizsgálata



Előmelegítés EN 1011-2:2001 szerint

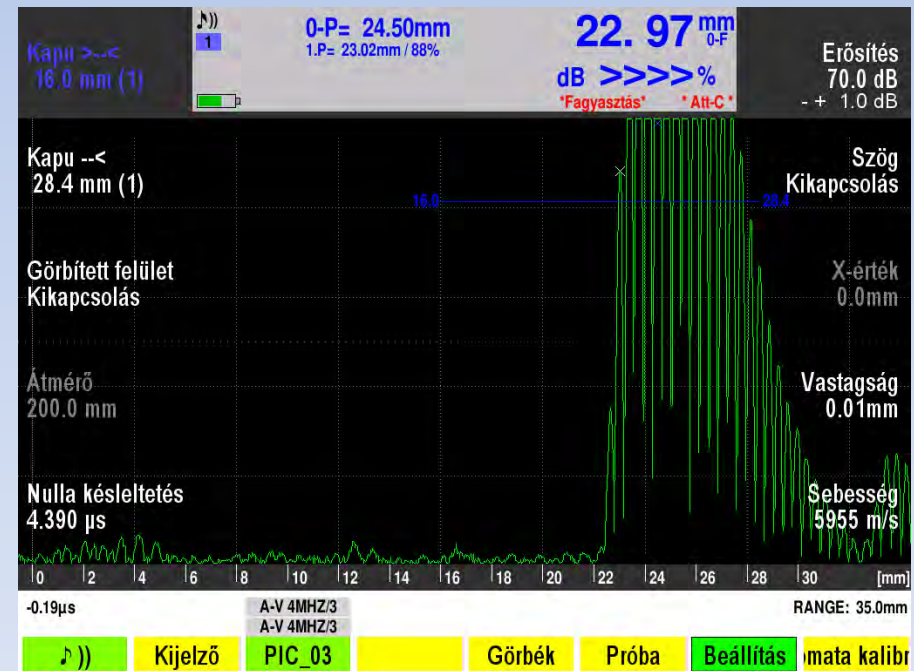


- Kémiai összetétel hatása
- Lemezvastagság hatása
- Hidrogéntartalom hatása
- Hőbevitel hatása



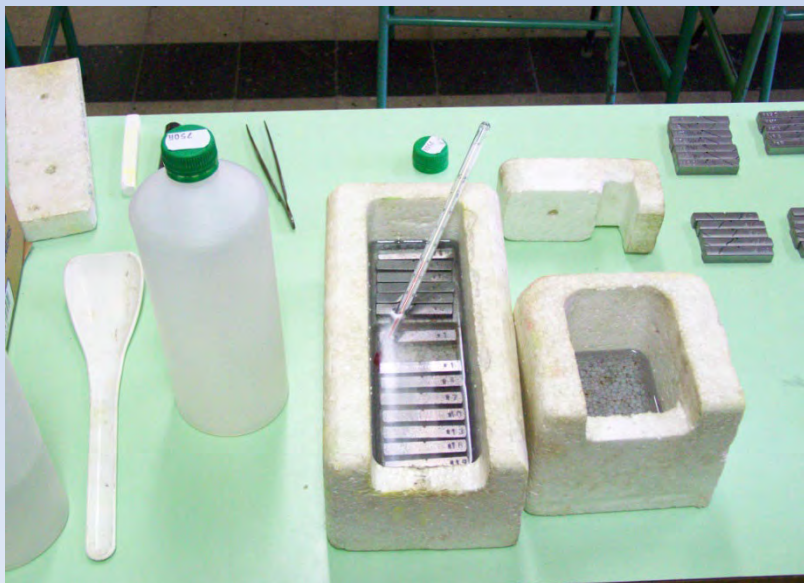
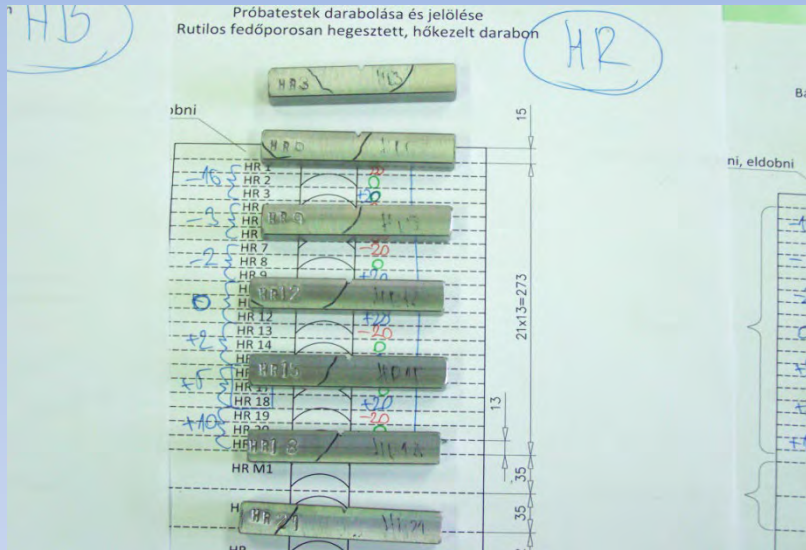
Hegesztés és ultrahangos vizsgálat

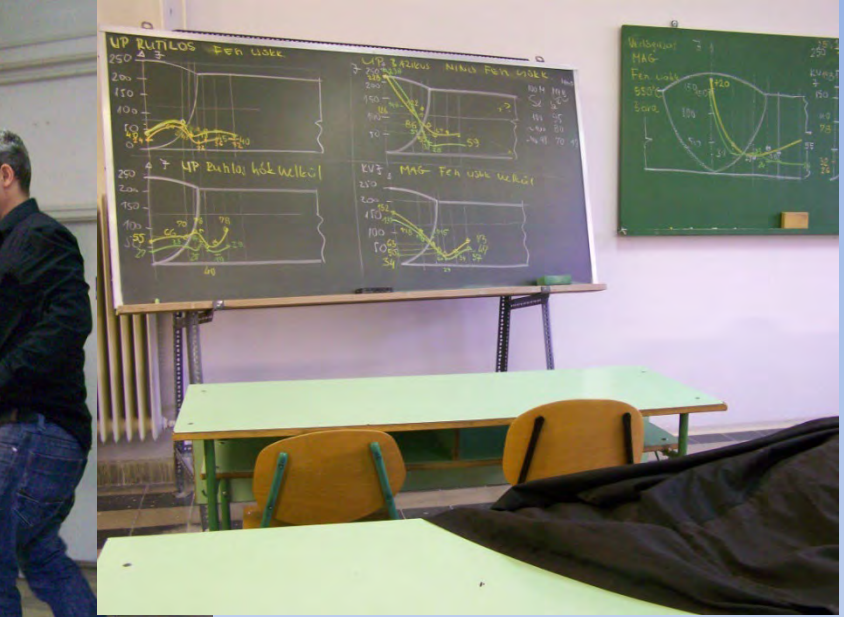
- 135+135: 130-140°C előmelegítés, 110-130°C közbelső hőmérséklet
- 135+121: 120-130°C előmelegítés, 90-100°C közbelső hőmérséklet
- Hegesztés előtt és után roncsolásmentes vizsgálat





Mechanikai vizsgálatok





Hajlító vizsgálatok

- Korona oldali hajlítás
- Gyök oldali hajlítás
- PT repedésvizsgálat
- Alakváltozások eredménye



Rutilos fedőporos hegesztés ütőmunka vizsgálata és keménységmérése

Azonosító	Hőmérséklet (C)	Pozíció (mm)	Ütőmunka érték (J)
R1	-20	-16	24 ←
R4	-20	-3	33
R7	-20	-2	25 ←
R10	-20	0	22 ←
R13	-20	+2	15 ←
R16	-20	+5	19 ←
R19	-20	+10	29
R2	0	-16	34
R5	0	-3	46
R8	0	-2	42
R11	0	0	26 ←
R14	0	+2	22 ←
R17	0	+5	37
R20	0	+10	32
R3	+20	-16	40
R6	+20	-3	66
R9	+20	-2	45
R12	+20	0	41
R15	+20	+2	40
R18	+20	+5	45
R21	+20	+10	40

Azonosító	Hőmérséklet (C)	Pozíció (mm)	Ütőmunka érték (J)
HR1	-20	-16	27
HR4	-20	-3	48
HR7	-20	-2	37
HR10	-20	0	44
HR13	-20	+2	24 ←
HR16	-20	+5	36
HR19	-20	+10	32
HR2	0	-16	36
HR5	0	-3	60
HR8	0	-2	47
HR11	0	0	54
HR14	0	+2	34
HR17	0	+5	46
HR20	0	+10	35
HR3	+20	-16	55
HR6	+20	-3	86
HR9	+20	-2	70
HR12	+20	0	78
HR15	+20	+2	40
HR18	+20	+5	47
HR21	+20	+10	78

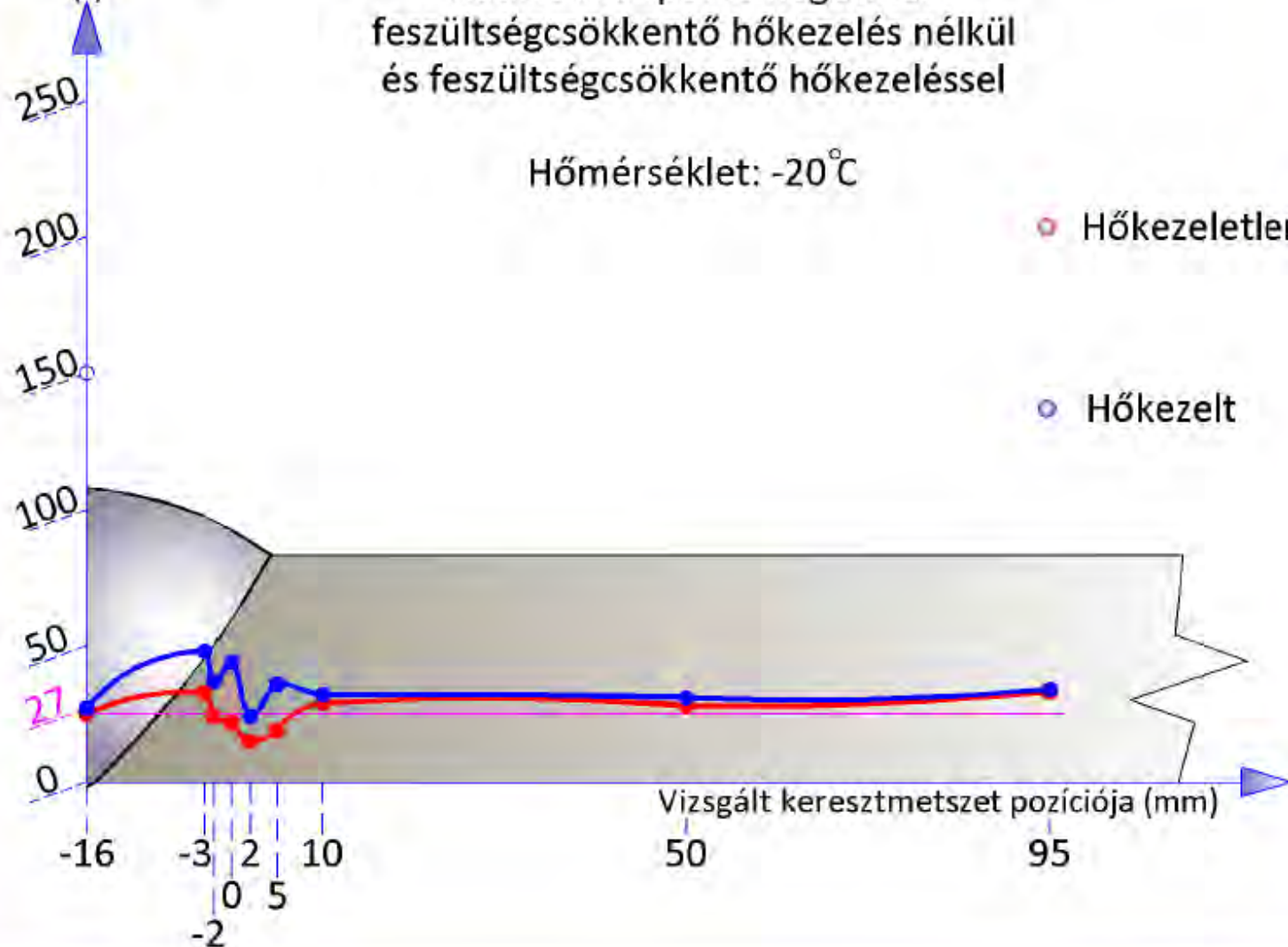
Ütőmunka értéke
(J)

Rutilos fedőporos hegesztés
feszültségcsökkentő hőkezelés nélkül
és feszültségcsökkentő hőkezeléssel

Hőmérséklet: -20°C

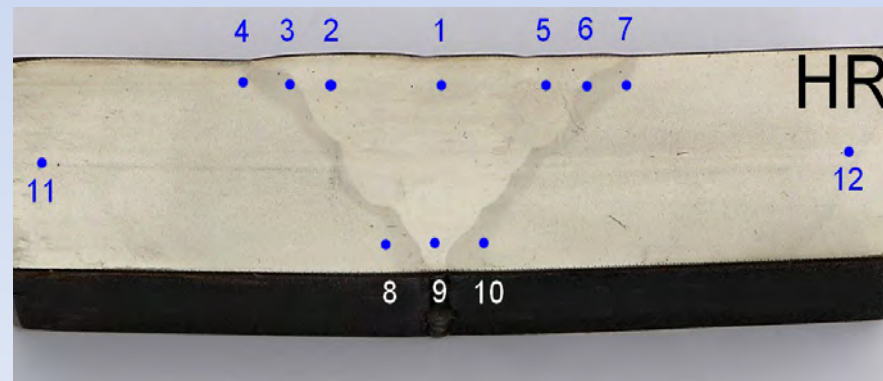
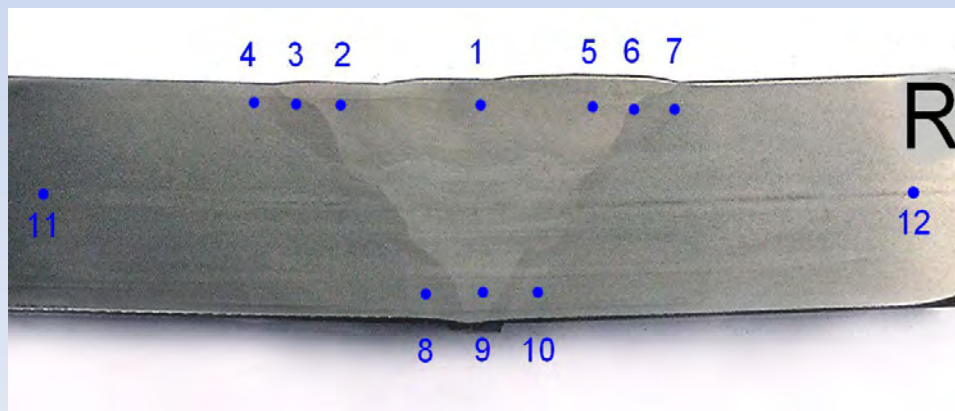
○ Hőkezeletlen

○ Hőkezelt

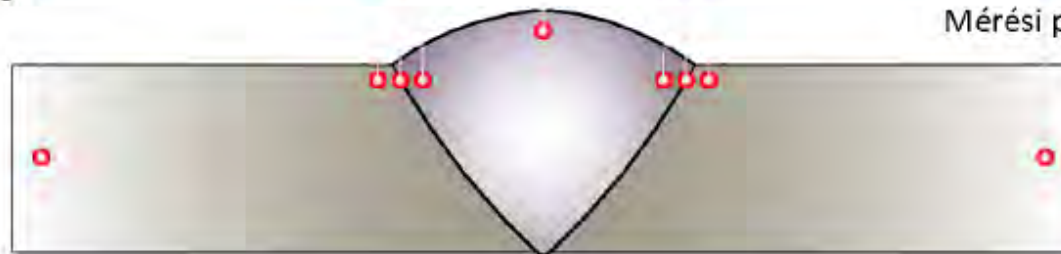
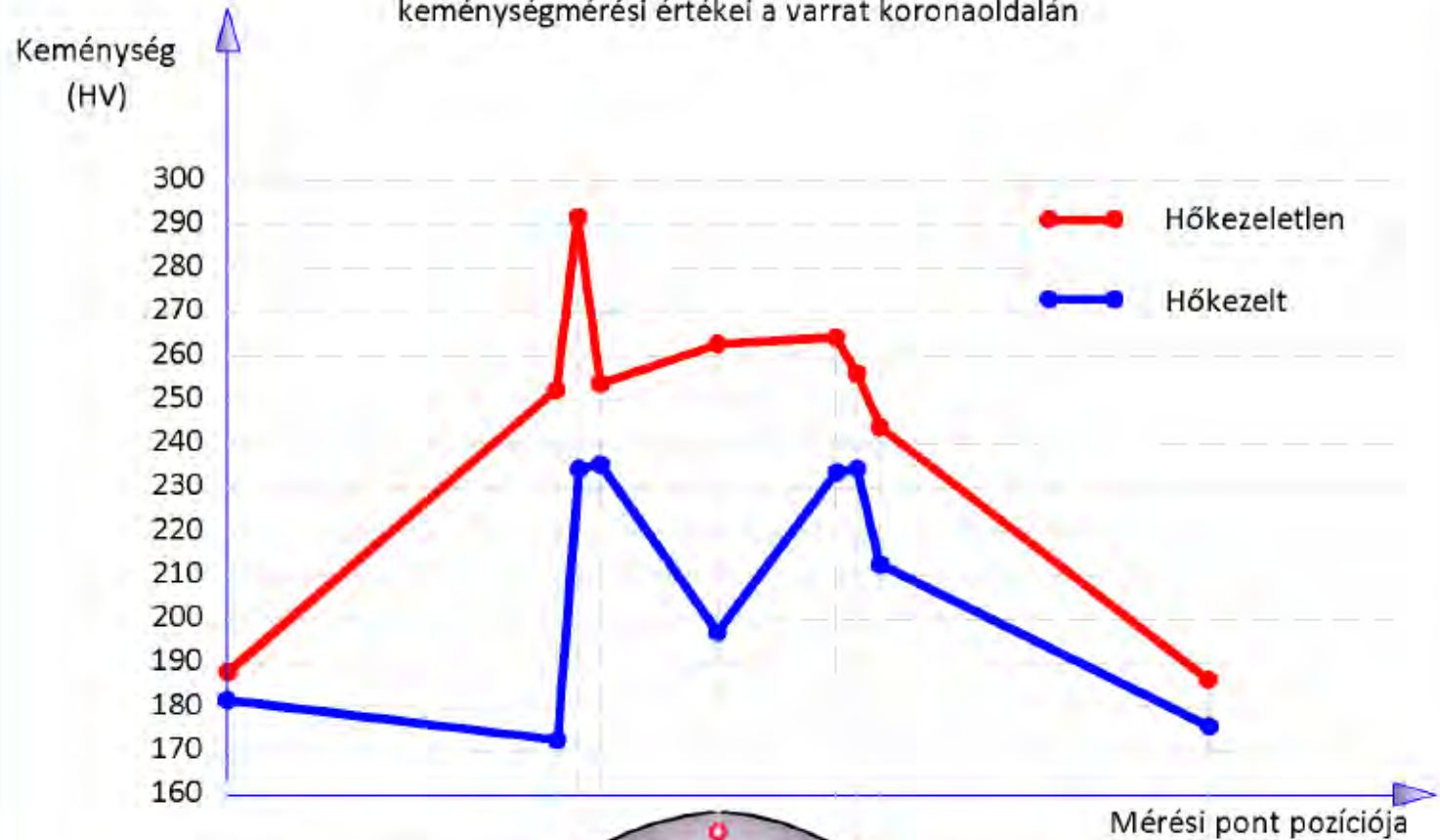


Keménységmérési értékek rutilos fedőporos hegesztésű mintadarabon

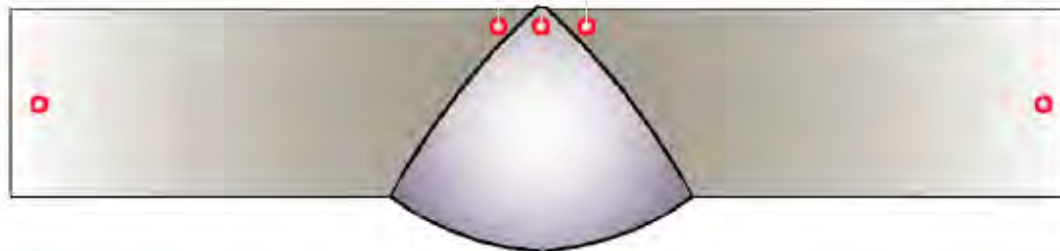
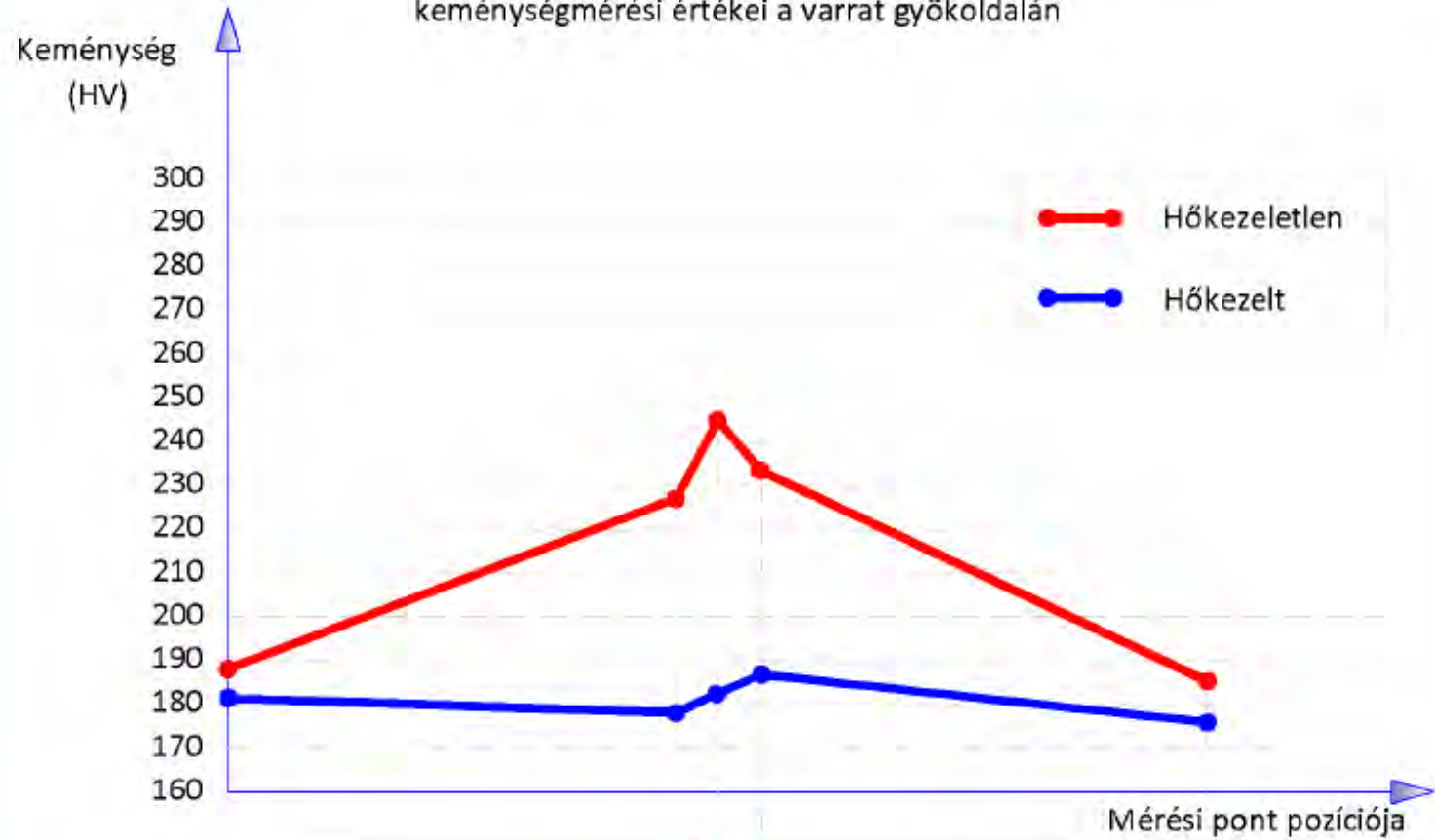
Mérési pont	Hőkezelés nélküli	Hőkezelt	Különbség
1.	262 HV	197 HV	65 HV
2.	253 HV	235 HV	18 HV
3.	292 HV	232 HV	60 HV
4.	251 HV	172 HV	79 HV
5.	264 HV	234 HV	30 HV
6.	256 HV	236 HV	20 HV
7.	243 HV	213 HV	30 HV
8.	227 HV	179 HV	48 HV
9.	245 HV	182 HV	63 HV
10.	233 HV	187 HV	46 HV
11.	187 HV	181 HV	6 HV
12.	186 HV	176 HV	10 HV



Rutilos fedőporos hegesztésű mintadarab
keménységmérési értékei a varrat koronaoldalán



Rutilos fedőporos hegesztésű mintadarab keménységmérési értékei a varrat gyökoldalán



Védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés ütőmunka vizsgálata és keménységmérése

Azonosító	Hőmérséklet (C)	Pozíció (mm)	Ütőmunka érték (J)
V1	-20	-16	131
V4	-20	-3	30
V7	-20	-2	33
V10	-20	0	24
V13	-20	+2	25
V16	-20	+5	24
V19	-20	+10	28
V2	0	-16	148
V5	0	-3	48
V8	0	-2	37
V11	0	0	25
V14	0	+2	30
V17	0	+5	36
V20	0	+10	44
V3	+20	-16	151
V6	+20	-3	50
V9	+20	-2	38
V12	+20	0	29
V15	+20	+2	34
V18	+20	+5	38
V21	+20	+10	49

Azonosító	Hőmérséklet (C)	Pozíció (mm)	Ütőmunka érték (J)
HV1	-20	-16	150
HV4	-20	-3	116
HV7	-20	-2	63
HV10	-20	0	46
HV13	-20	+2	29
HV16	-20	+5	34
HV19	-20	+10	37
HV2	0	-16	153
HV5	0	-3	117
HV8	0	-2	76
HV11	0	0	49
HV14	0	+2	34
HV17	0	+5	40
HV20	0	+10	44
HV3	+20	-16	160
HV6	+20	-3	118
HV9	+20	-2	115
HV12	+20	0	50
HV15	+20	+2	42
HV18	+20	+5	47
HV21	+20	+10	56

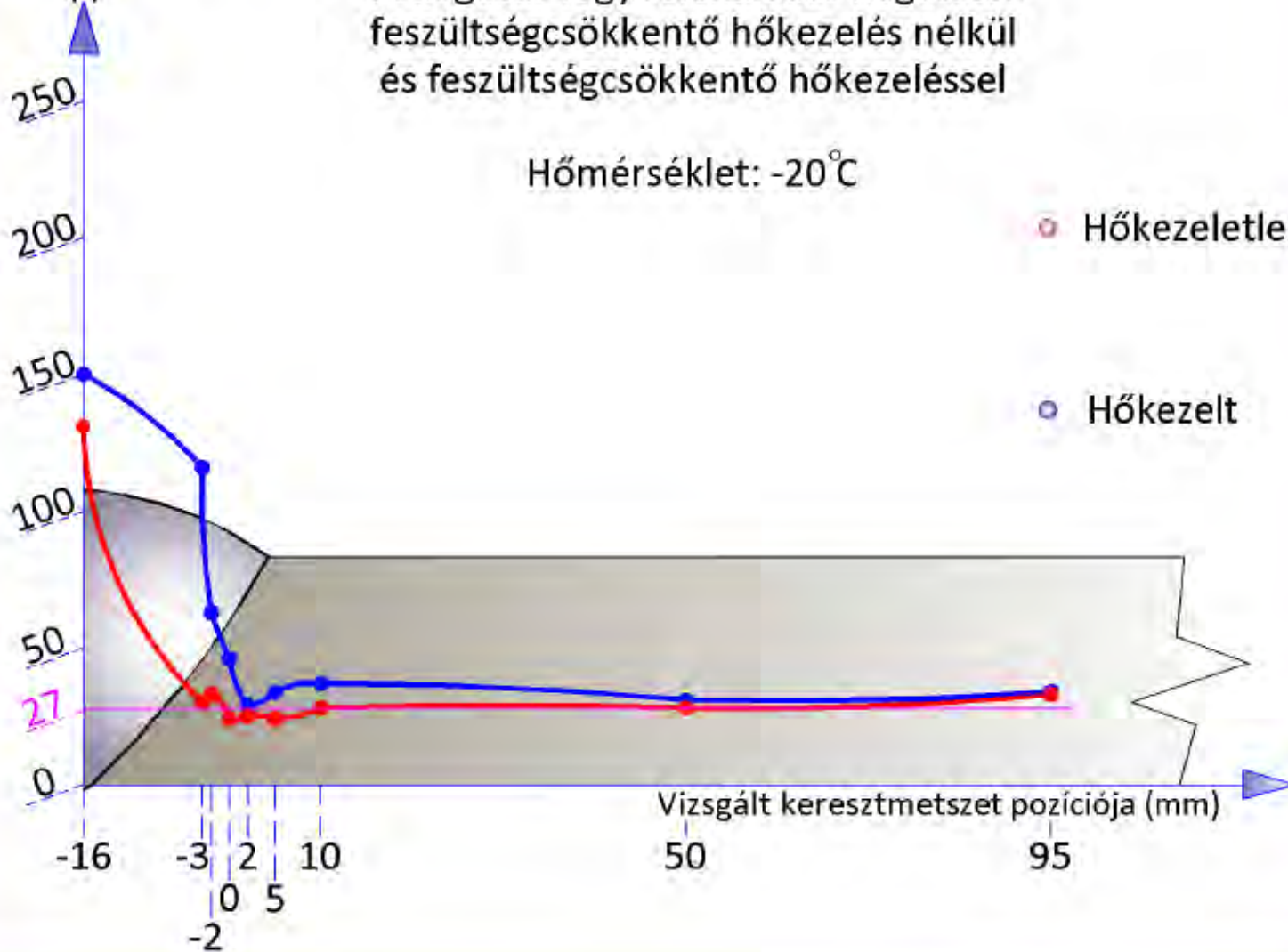
Ütőmunka értéke
(J)

Védőgázas fagyóelektrodás hegesztés
feszültségcsökkentő hőkezelés nélkül
és feszültségcsökkentő hőkezeléssel

Hőmérséklet: -20°C

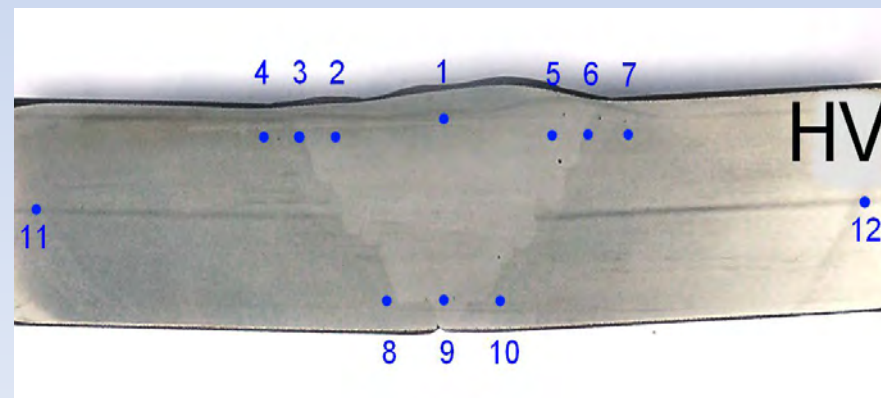
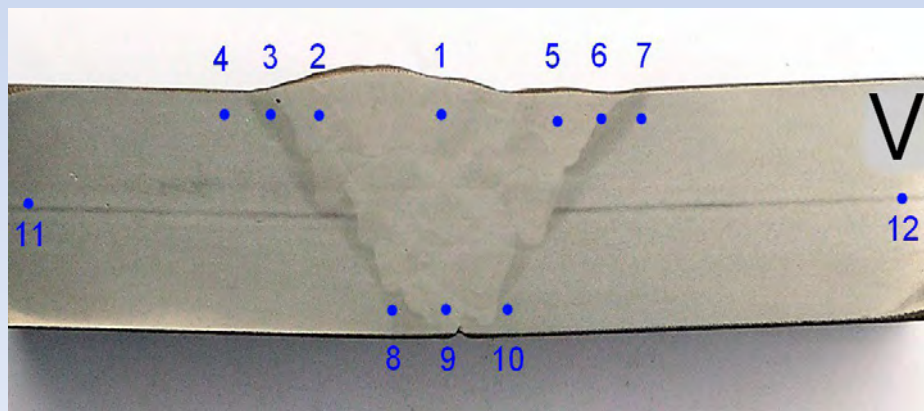
○ Hőkezeletlen

○ Hőkezelt

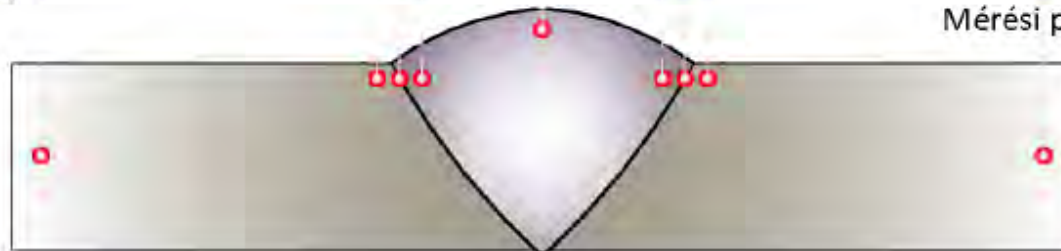
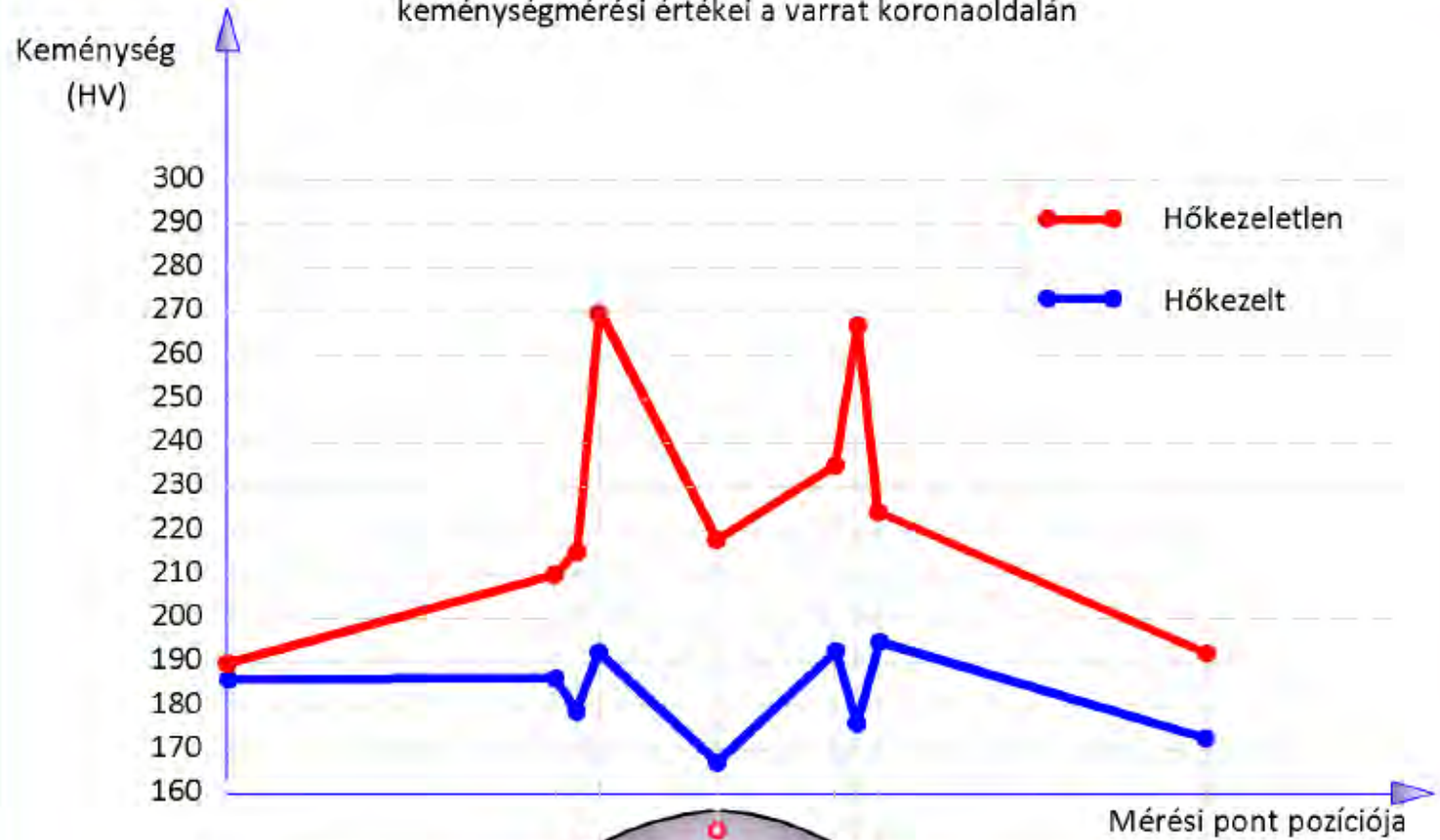


Keménységmérési értékek védőgázos fogyóelektrodás hegesztésű mintadarabon

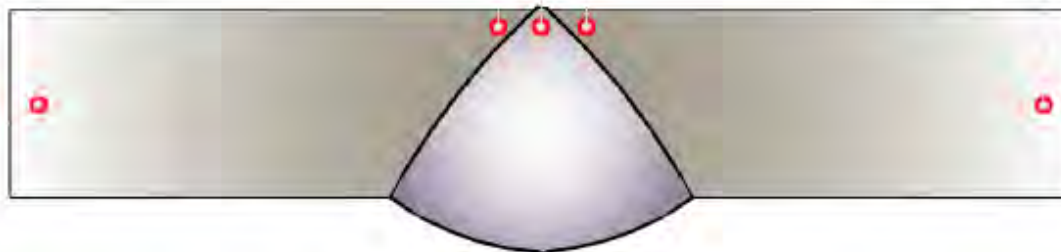
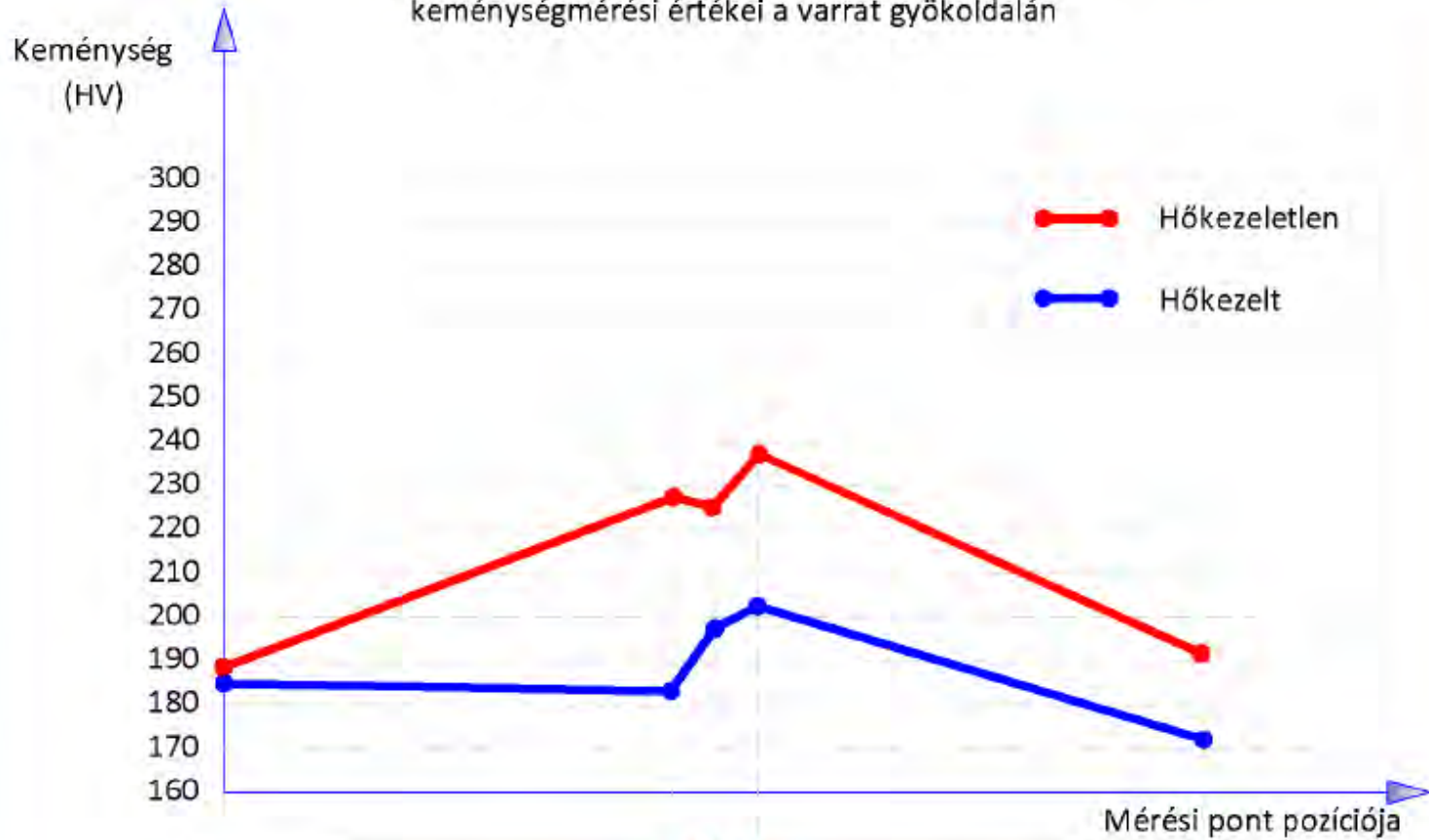
Mérési pont	Hőkezelés nélküli	Hőkezelt	Különbség
1.	218 HV	166 HV	52 HV
2.	270 HV	192 HV	78 HV
3.	216 HV	179 HV	37 HV
4.	210 HV	186 HV	24 HV
5.	235 HV	193 HV	42 HV
6.	266 HV	176 HV	90 HV
7.	224 HV	194 HV	30 HV
8.	228 HV	183 HV	45 HV
9.	225 HV	197 HV	28 HV
10.	238 HV	203 HV	17 HV
11.	189 HV	186 HV	3 HV
12.	191 HV	172 HV	19 HV



Védőgázos fogyóelektrodás hegesztésű mintadarab keménységmérési értékei a varrat koronaoldalán



Védőgázas fagyóelektródás hegesztésű mintadarab keménységmérési értékei a varrat gyökoldalán



Bázikus fedőporos hegesztés ütőmunka vizsgálata és keménységmérése

Azonosító	Hőmérséklet (C)	Pozíció (mm)	Ütőmunka érték (J)
B1	-20	-16	228
B4	-20	-3	132
B7	-20	-2	59
B10	-20	0	32
B13	-20	+2	27
B16	-20	+5	15
B19	-20	+10	27
B2	0	-16	237
B5	0	-3	148
B8	0	-2	78
B11	0	0	49
B14	0	+2	37
B17	0	+5	28
B20	0	+10	32
B3	+20	-16	238
B6	+20	-3	162
B9	+20	-2	90
B12	+20	0	80
B15	+20	+2	44
B18	+20	+5	40
B21	+20	+10	59

Azonosító	Hőmérséklet (C)	Pozíció (mm)	Ütőmunka érték (J)
HB1	-20	-16	238
HB4	-20	-3	195
HB7	-20	-2	109
HB10	-20	0	37
HB13	-20	+2	28
HB16	-20	+5	33
HB19	-20	+10	33
HB2	0	-16	252
HB5	0	-3	198
HB8	0	-2	110
HB11	0	0	76
HB14	0	+2	44
HB17	0	+5	44
HB20	0	+10	50
HB3	+20	-16	254
HB6	+20	-3	204
HB9	+20	-2	126
HB12	+20	0	86
HB15	+20	+2	55
HB18	+20	+5	67
HB21	+20	+10	59

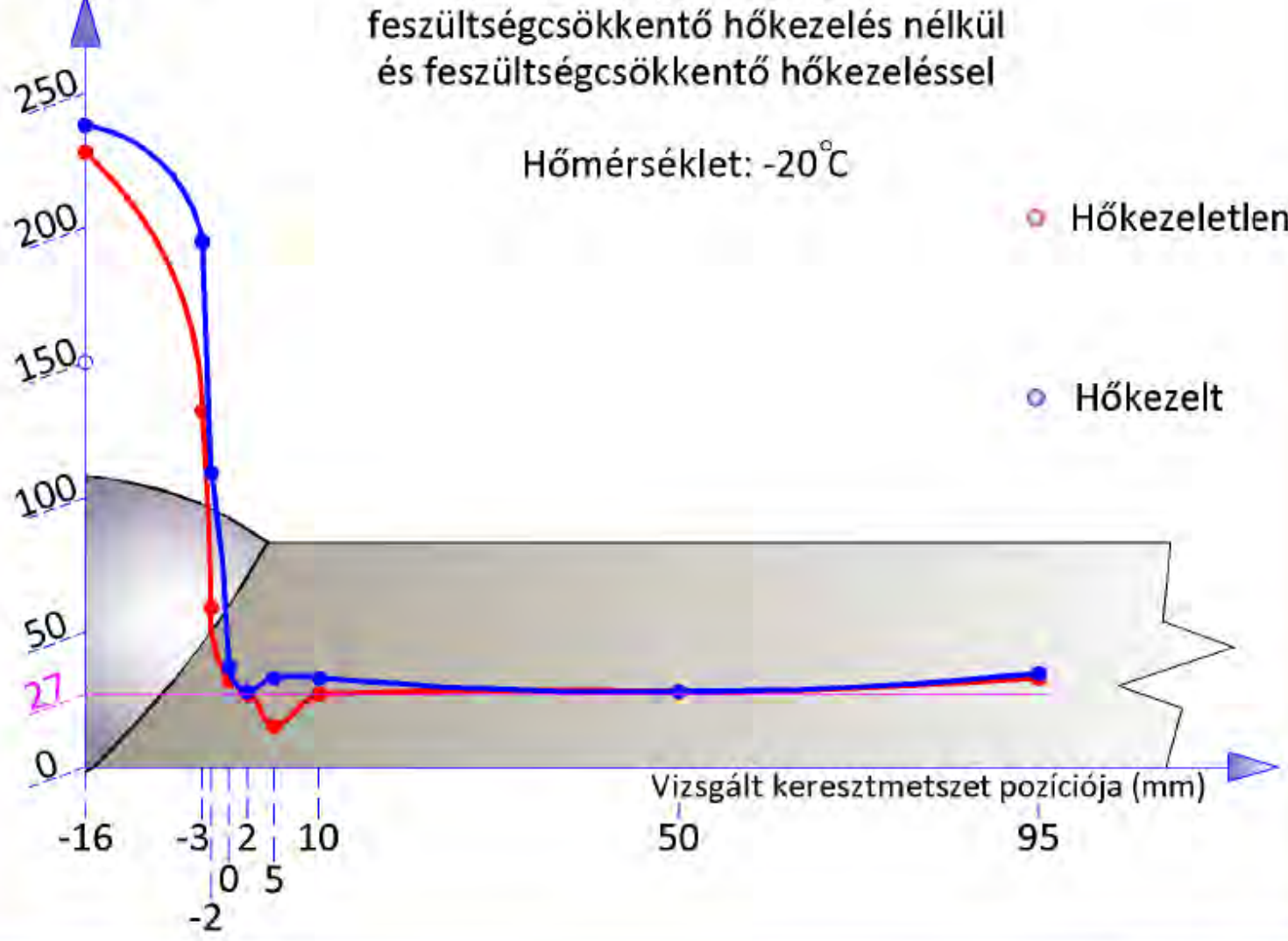
Ütőmunka értéke
(J)

Bázikus fedőporos hegesztés
feszültségcsökkentő hőkezelés nélkül
és feszültségcsökkentő hőkezeléssel

Hőmérséklet: -20°C

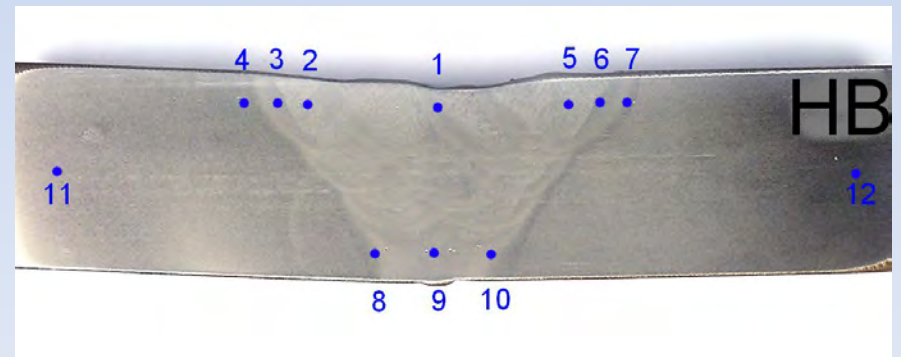
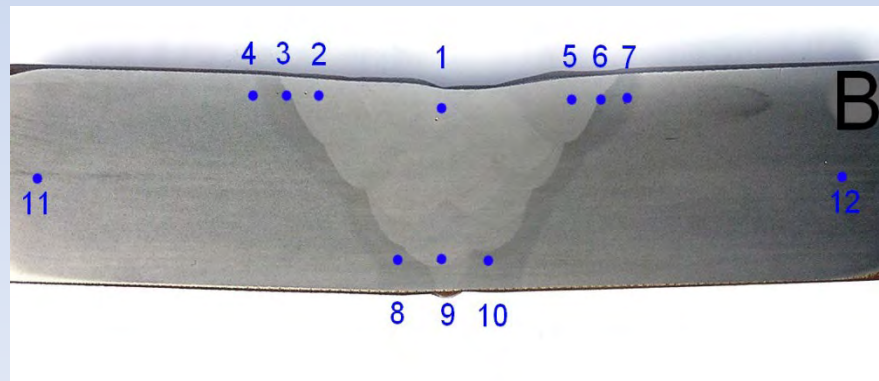
○ Hőkezeletlen

○ Hőkezelt

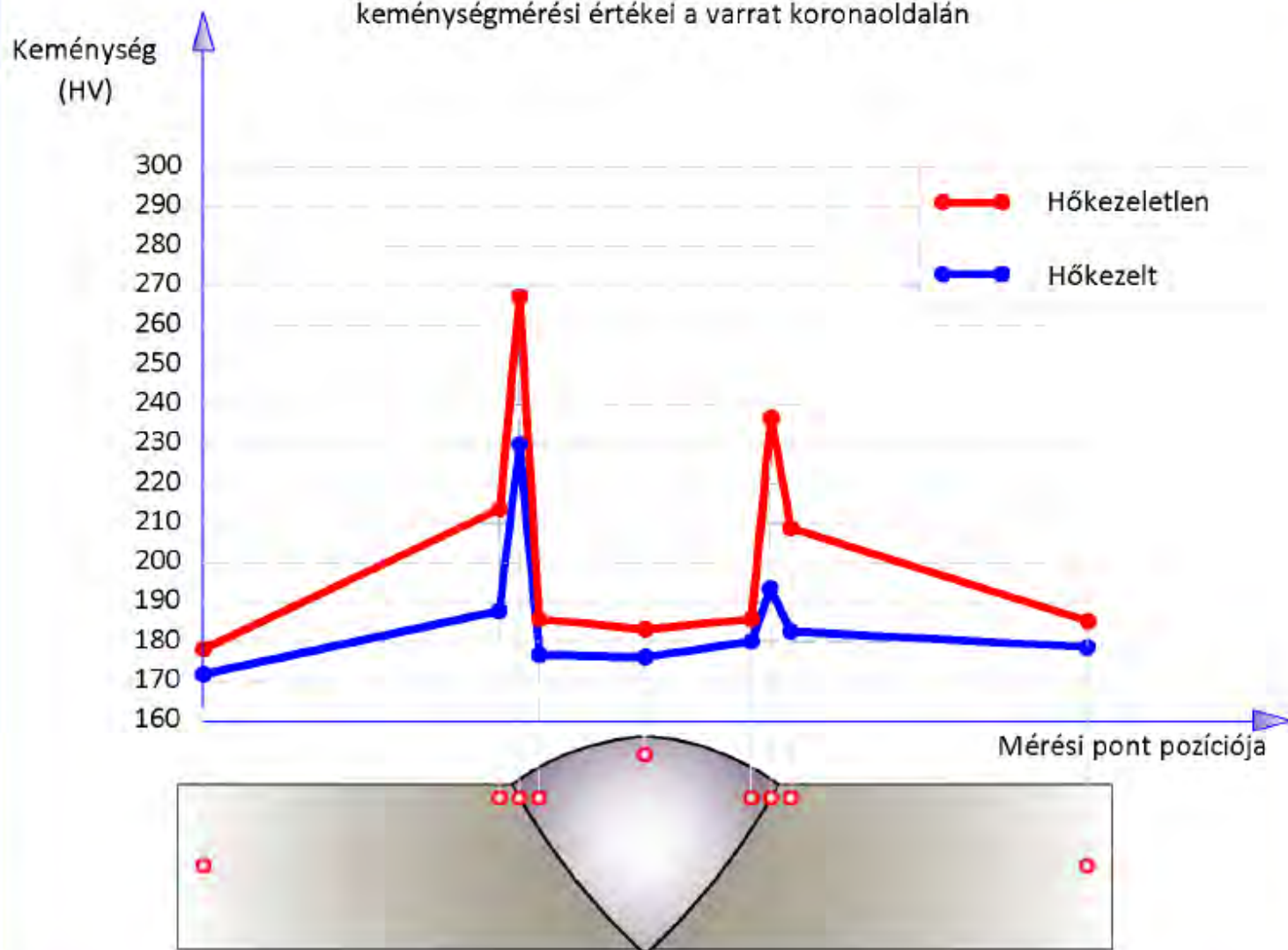


Keménységmérési értékek bázikus fedőporos hegesztésű mintadarabon

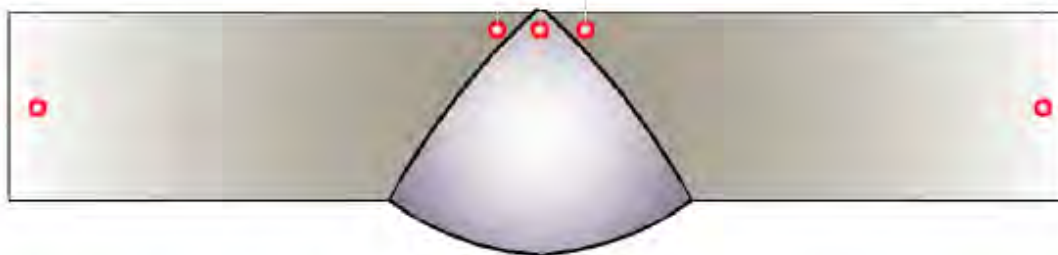
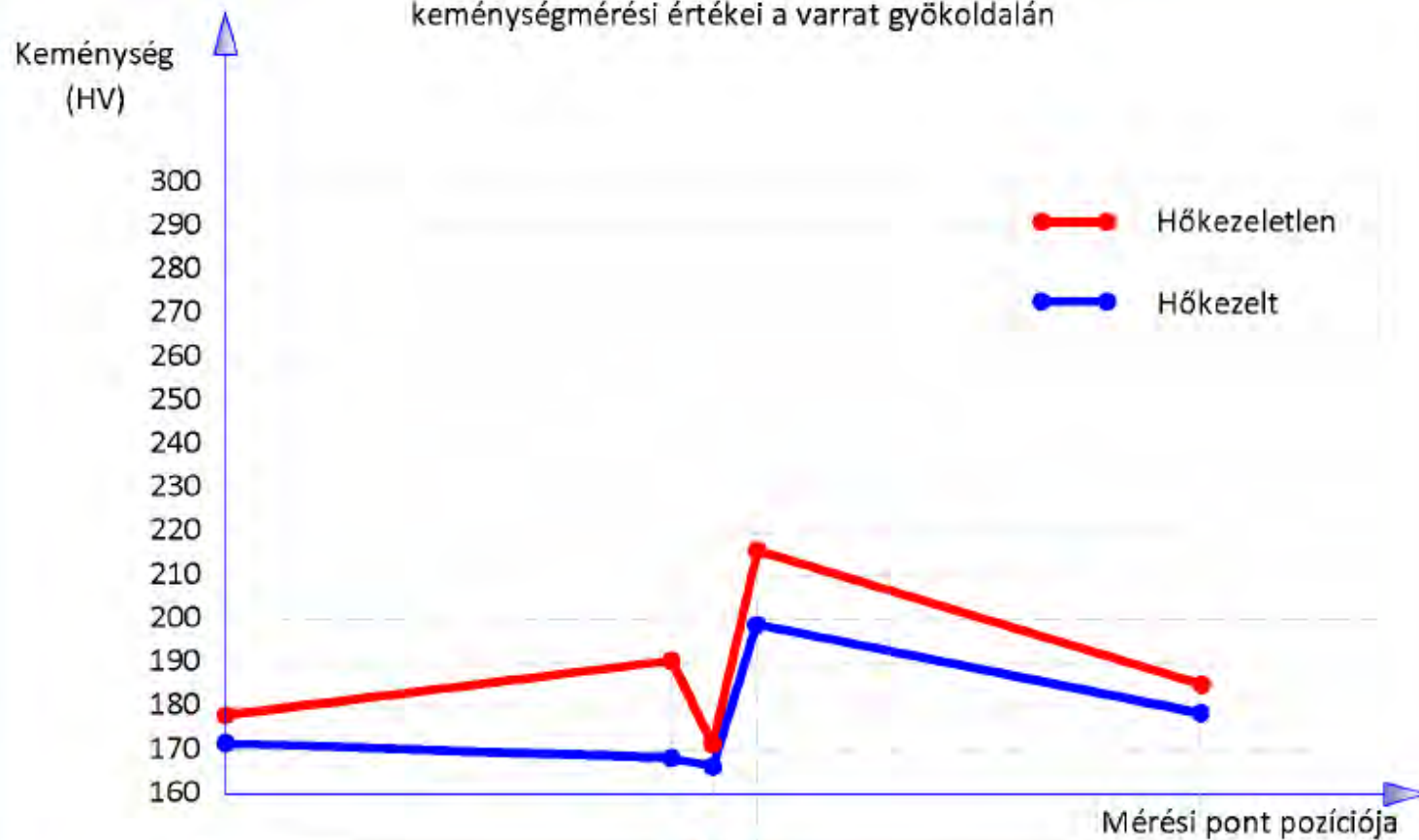
Mérési pont	Hőkezelés nélküli	Hőkezelt	Különbség
1.	182 HV	177 HV	5 HV
2.	185 HV	182 HV	3 HV
3.	268 HV	230 HV	38 HV
4.	213 HV	188 HV	25 HV
5.	185 HV	180 HV	5 HV
6.	236 HV	193 HV	43 HV
7.	209 HV	183 HV	26 HV
8.	191 HV	168 HV	23 HV
9.	171 HV	166 HV	5 HV
10.	216 HV	199 HV	17 HV
11.	177 HV	172 HV	5 HV
12.	185 HV	178 HV	7 HV



Bázikus fedőporos hegesztésű mintadarab keménységmérési értékei a varrat koronaoldalán



Bázikus fedőporos hegesztésű mintadarab keménységmérési értékei a varrat gyökoldalán



Megengedhető keménységi értékek

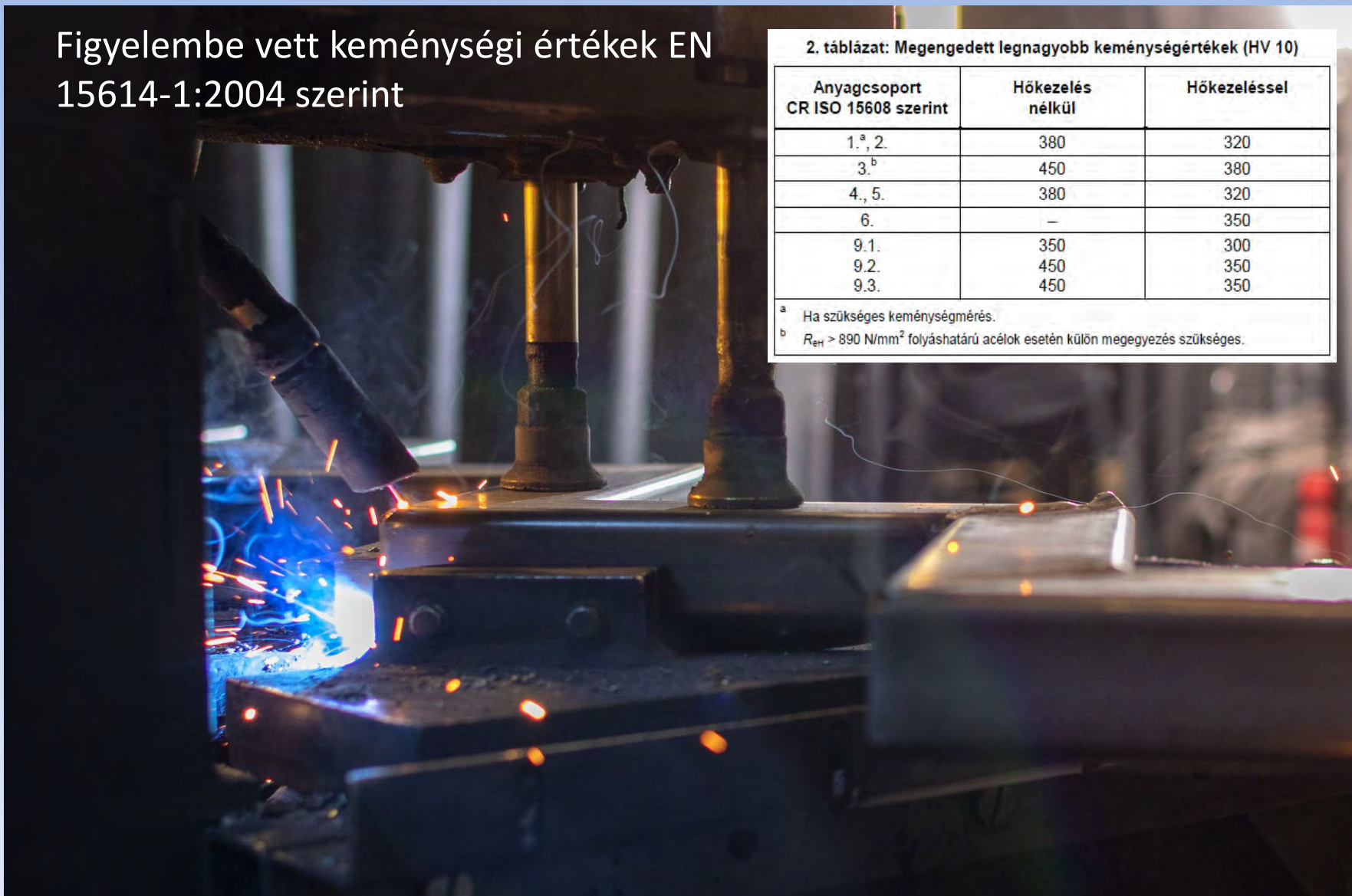
Figyelembe vett keménységi értékek EN 15614-1:2004 szerint

2. táblázat: Megengedett legnagyobb keménységértékek (HV 10)

Anyagcsoport CR ISO 15608 szerint	Hőkezelés nélkül	Hőkezeléssel
1. ^a , 2.	380	320
3. ^b	450	380
4., 5.	380	320
6.	–	350
9.1.	350	300
9.2.	450	350
9.3.	450	350

^a Ha szükséges keménységmérés.

^b $R_{eH} > 890 \text{ N/mm}^2$ folyáshatárú acélok esetén külön megegyezés szükséges.

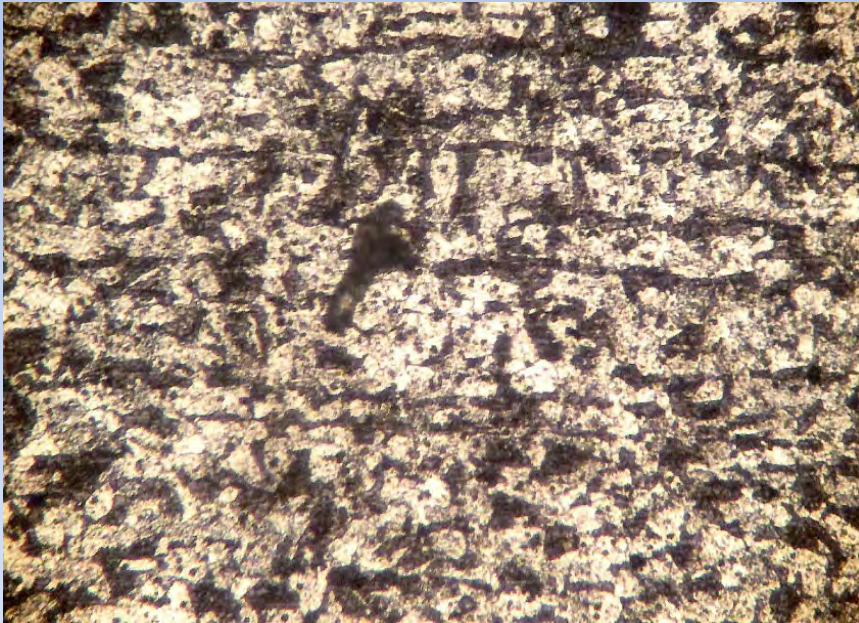


Eredmények értékelése

- Az ütőmunka értékek a hegesztési varrat és a hőhatásövezet bizonyos részein nem érik el a szükséges 27J-os értéket,
- A kapott ütőmunka értékek az alapanyag esetében megfelelőek,
- Keménységmérési értékek a szabvány szerint megfelelőek,
- 121 Rutilos fedőporos mintánál látható egy keményebb terület a koronaoldalon, ezen a területen alacsony az ütőmunka értéke is,
- A hajlító próbatestek megfelelő képlékenységi tulajdonságokat mutattak

Makrociszolatok mikroszkópi vizsgálata

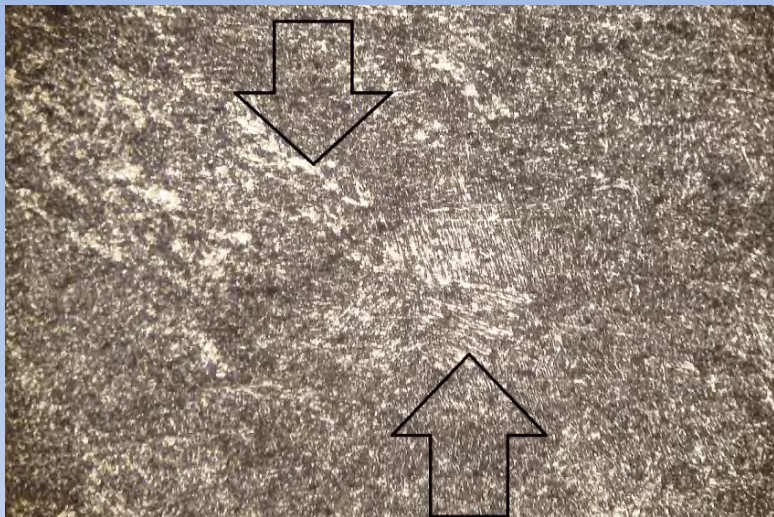
Hőkezeletlen alapanyag



Hőkezelt alapanyag



Hőkezeletlen átmeneti zóna



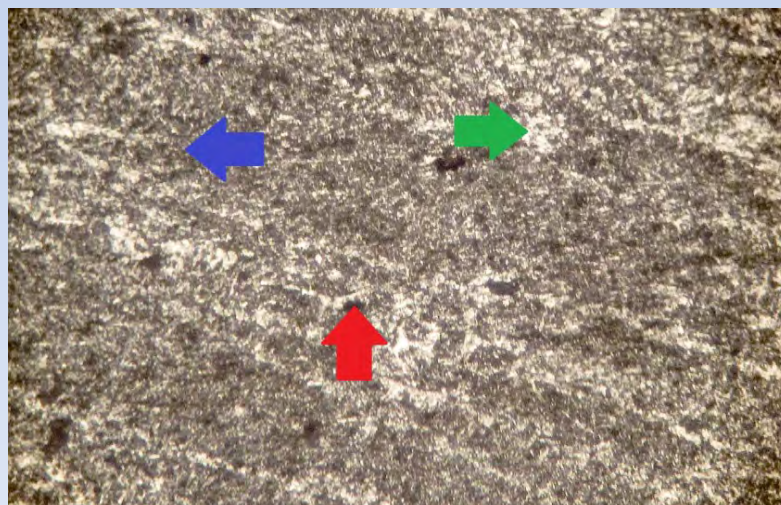
Hőkezelt átmeneti zóna



Hőkezeletlen varrat

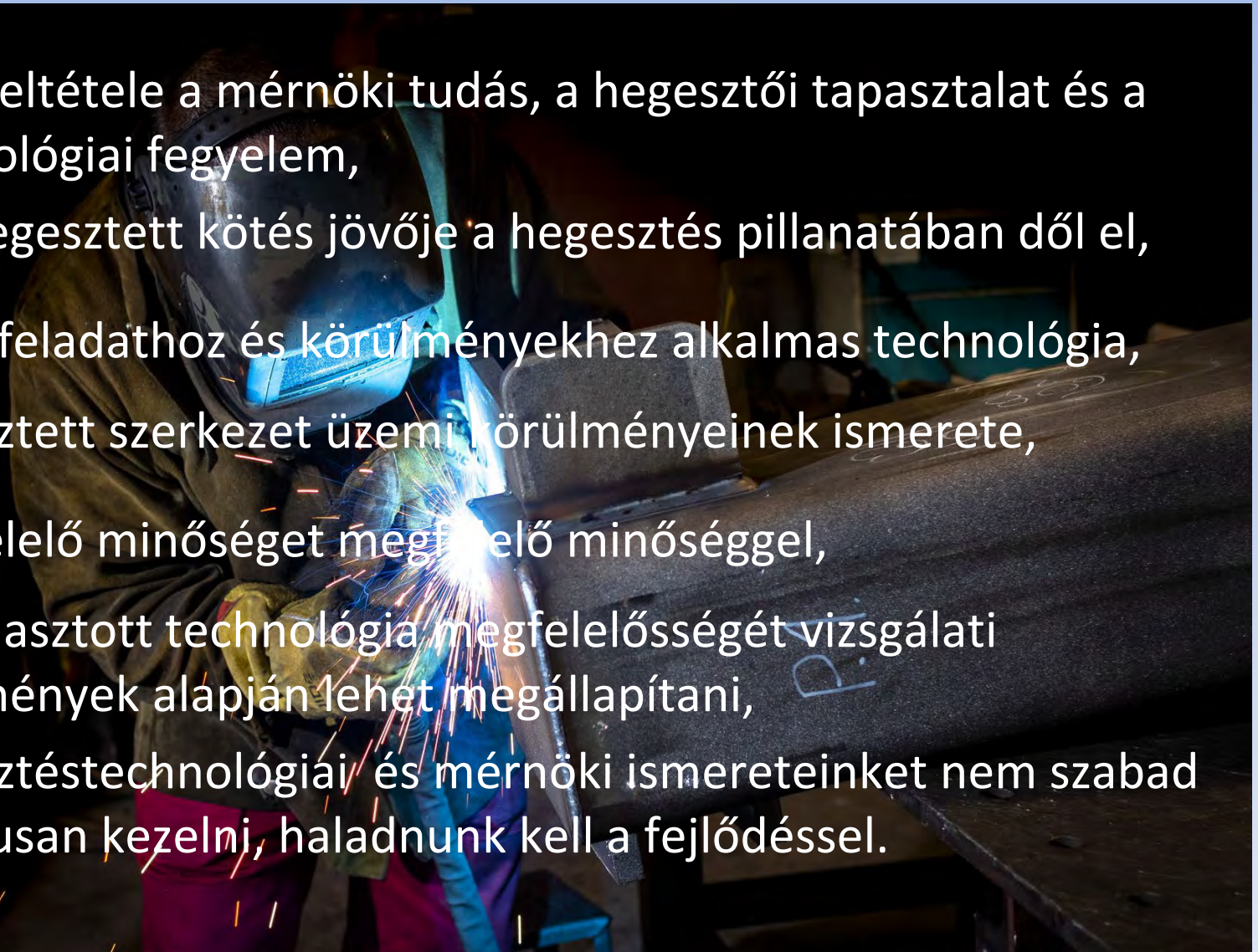


Hőkezelt varrat



Összegzés és javaslatok

- siker feltétele a mérnöki tudás, a hegesztői tapasztalat és a technológiai fejelem,
- egy hegesztett kötés jövője a hegesztés pillanatában dől el,
- adott feladathoz és körülményekhez alkalmas technológia,
- hegesztett szerkezet üzemi körülményeinek ismerete,
- megfelelő minőséget megfelelő minőséggel,
- a kiválasztott technológia megfelelőségét vizsgálati eredmények alapján lehet megállapítani,
- hegesztéstechnológiai és mérnöki ismereteinket nem szabad statikusan kezelni, haladnunk kell a fejlődéssel.



Köszönöm a figyelmet!

piller.tibor@unisystembau.hu

+36-20-227-5595