

Óbudai Egyetem Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Takács Sándor



Bay Zoltán
Alkalmazott Kutatási
Közhasznú Nonprofit Kft.

Bórral mikroötvözött acélok lézersugaras hegesztésekor keletkező léces martenzit vizsgálata

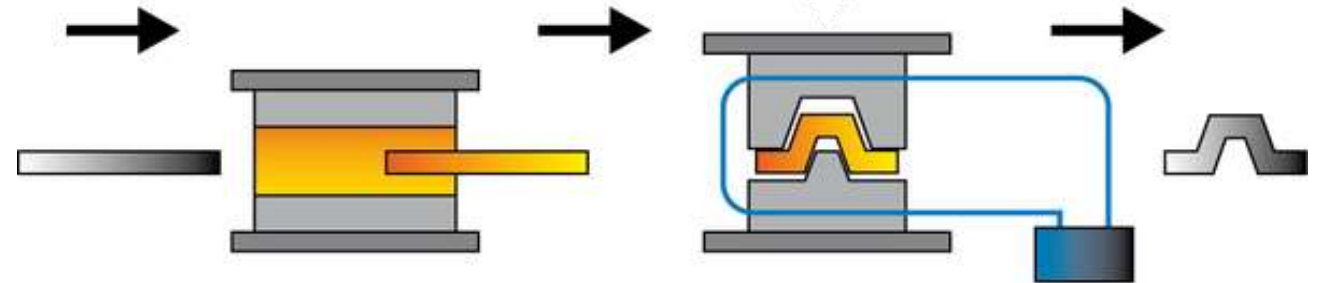
I. féléves beszámoló

Témavezető: Dr. Fábián Enikő Réka

A doktori célja, a Press Hardening technológia

- A PH technológia

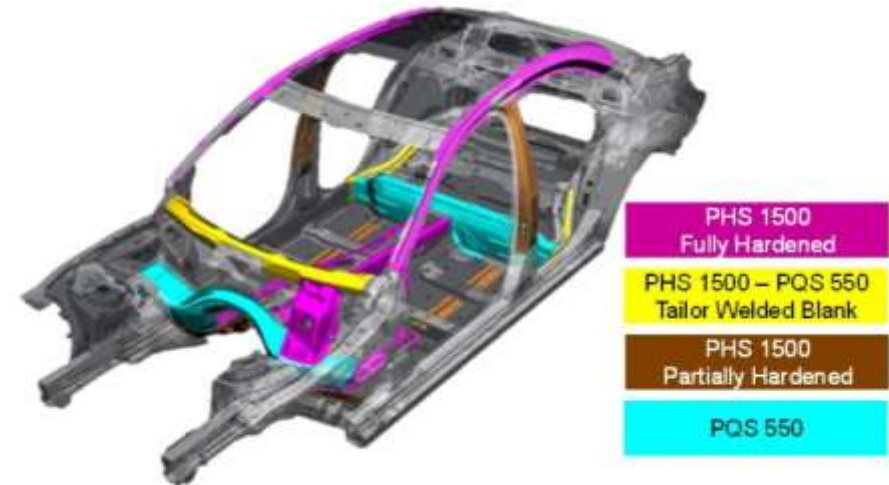
- Magas szilárdság
- Megfelelő szívósság
- biztonság
- Kis szelvénykeresztmetszet (~2 mm) -> CO₂ kibocsátás csökkenése



- Body in white (BIW) (ABC oszlopok)

- PH acélok (pl. 22MnB5)

- B, Mn, ↓C

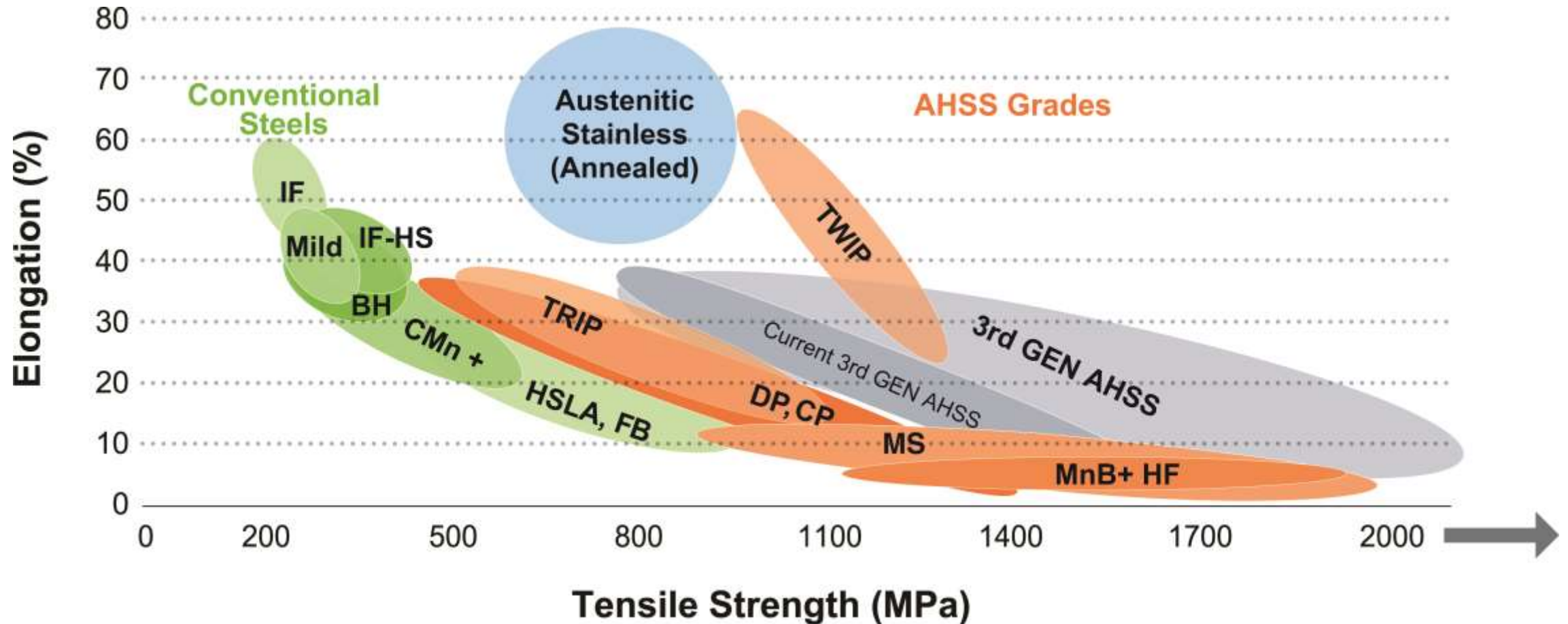


Egyre inkább elterjed ezen alkatrészek lézersugaras vonalmenti hegesztése (repedési hajlam).

Célom: a már edzett darabok lézersugaras hegesztésének hatásvizsgálata, feltérképezése.

(Egyelőre kevés információ áll rendelkezésre a lézersugaras hegesztés hatásáról. *Távolkeleti források.*)

A szerkezeti acél lapostermékek szakítószilárdság – teljes nyúlás diagramja, „banáncdiagram”



Source: WorldAutoSteel

A PH acélok (PHS ultraform 1500), mechanikai tulajdonságai

Steel grade	0.2 % yield strength $R_{p0.2}$ [MPa]	Tensile strength R_m [MPa]	Total elongation A_{80} [%] min.
phs-ultraform 490	340 – 420	410 – 510	21
phs-ultraform 1500	380 – 480	≥ 480	18
phs-ultraform 2000 ¹⁾	400 – 520	≥ 580	16

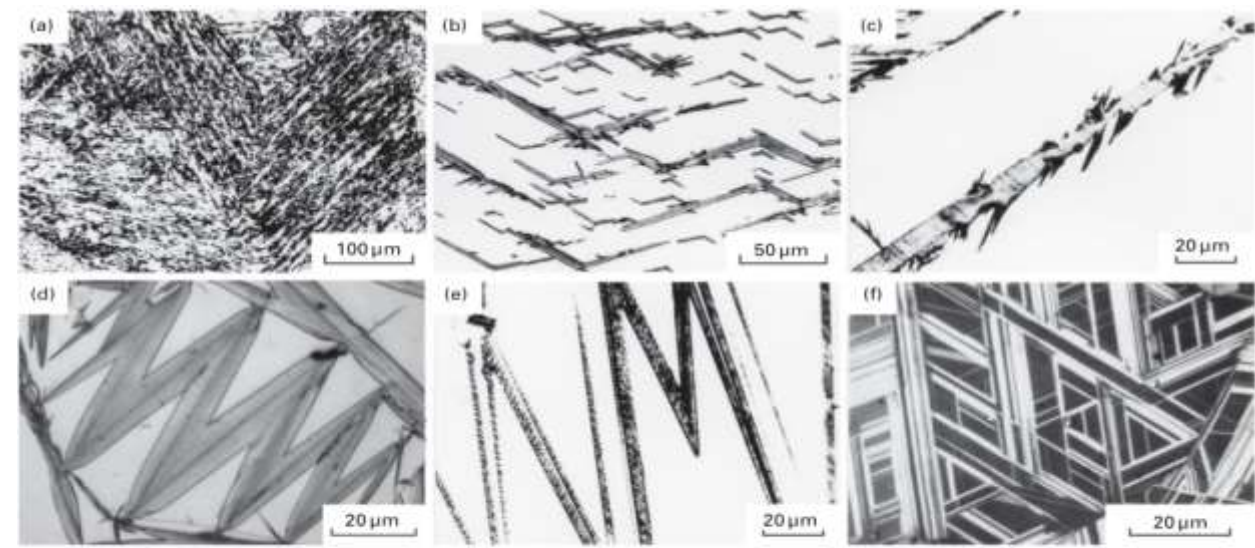
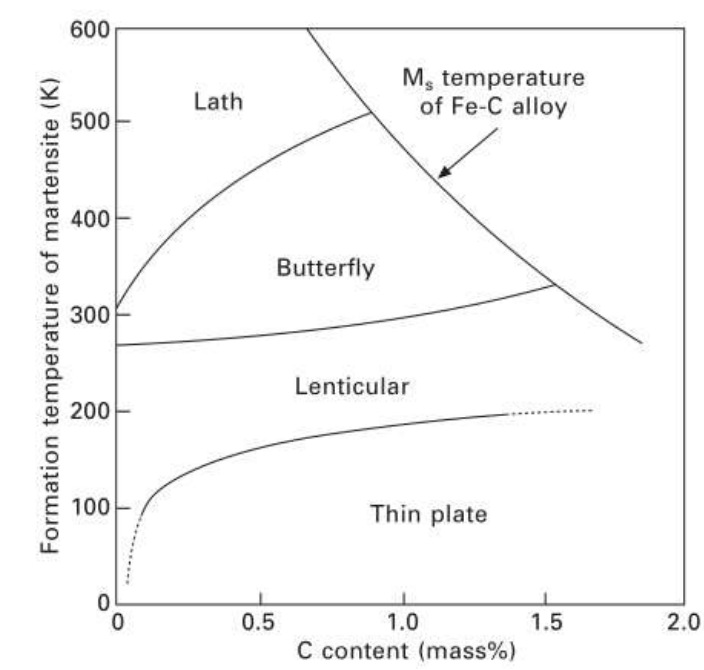
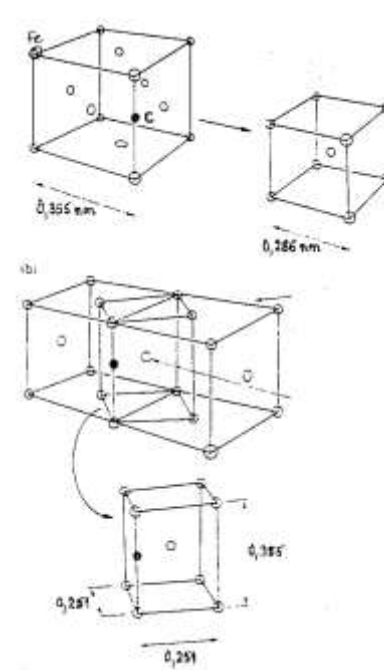
¹⁾ Steel grade being developed, indication of preliminary values

TENSILE AND BENDING TESTS IN HARDENED CONDITION

Steel grade	0.2 % yield strength ¹⁾ $R_{p0.2}$ [MPa]	Tensile strength ¹⁾ R_m [MPa]	Total elongation ¹⁾ A_{80} [%] min.	Bending angle ¹⁾²⁾ α_{1mm} [°] min.
phs-ultraform 490	340 – 470	460 – 700	12	120
phs-ultraform 1500	950 – 1250	1350 – 1600	5	55
phs-ultraform 2000 ¹⁾	≥ 1200	≥ 1800	5	45

Martenzit

- Martenzites átalakulás
 - TKP Tetragonális
 - (TKP Köbös)
- Kristályszerkezetét tekintve 24 féle orientációjú lehet a K-S (Kurdjumov-Sachs) szerint
- **ebből 6 kedvez a lécesnek**
- Morfológia

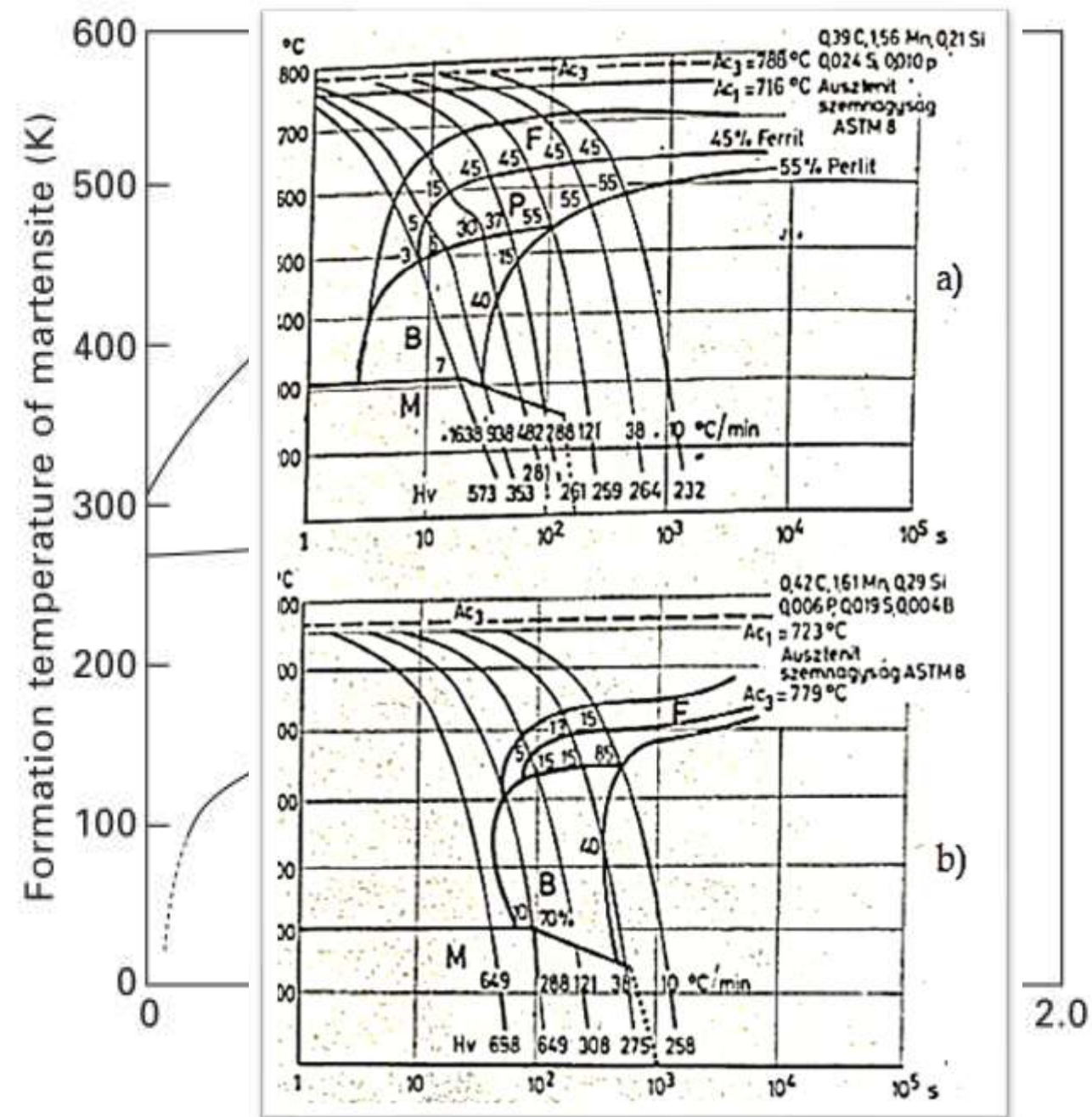


2.1 Optical micrographs of various types of martensites in ferrous alloys: (a) lath α' (Fe-7%Ni-0.22%C), (b) butterfly α' (Fe-20%Ni-0.73%C), (c) (225) γ -plate type α' (Fe-8%Cr-0.9%C), (d) lenticular α' (Fe-29%Ni-0.26%C), (e) thin plate α' (Fe-31%Ni-0.23%C), (f) ϵ martensite (Fe-24%Mn) (Maki, 1990).

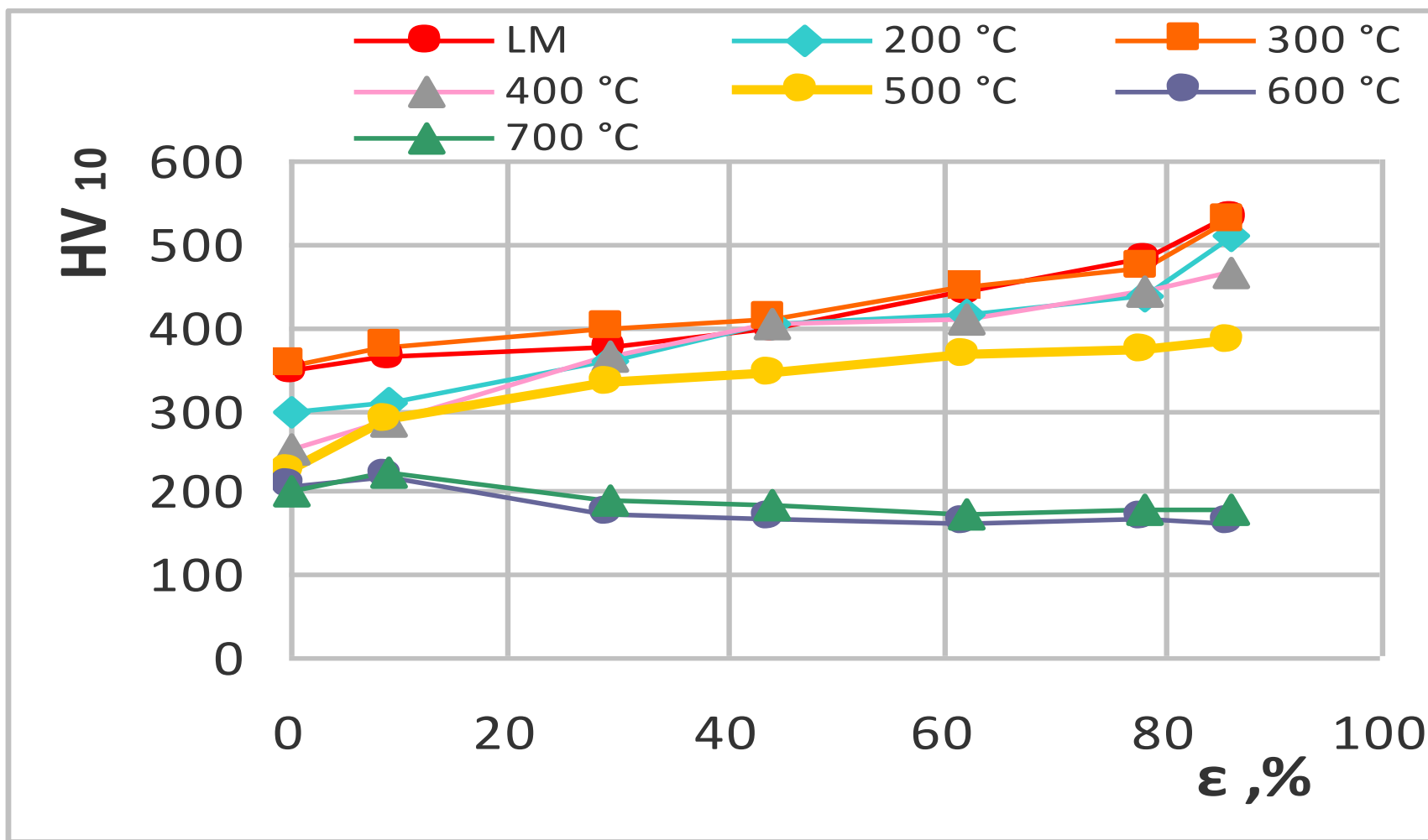
A léces martenzit I

- *Interstíciós ötvözők (B orrpont →)*
- *Szubsztitúciós ötvözők (Mn, $\gamma \uparrow$)*
- *Ms hőmérséklet ($\downarrow C$)*

- Magas T_y
- Gyors hűtés (jeges víz)



Léces martenzites szövetszerkezetű ötvözetlen acél keménység alakváltozás diagramja a megersztési hőmérséklet függvényében



Szabványos acélminőség: C15

Irodalomkutatás után, azzal párhuzamosan végrehajtott kísérleti munka – kísérleti terv

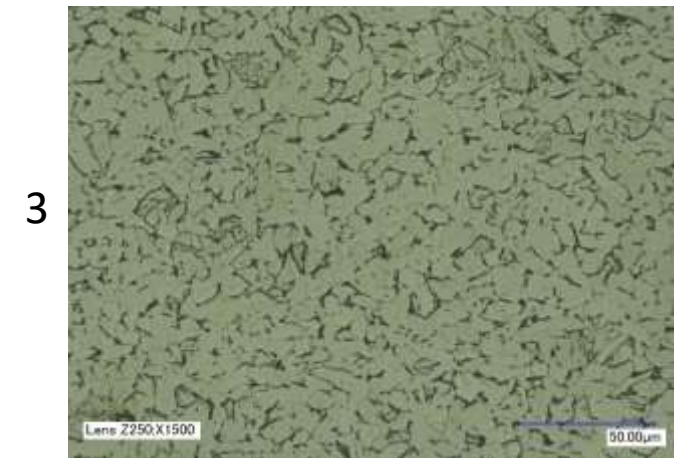
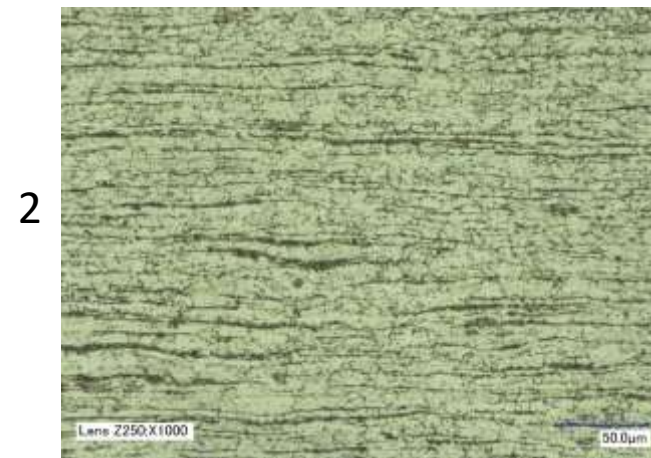
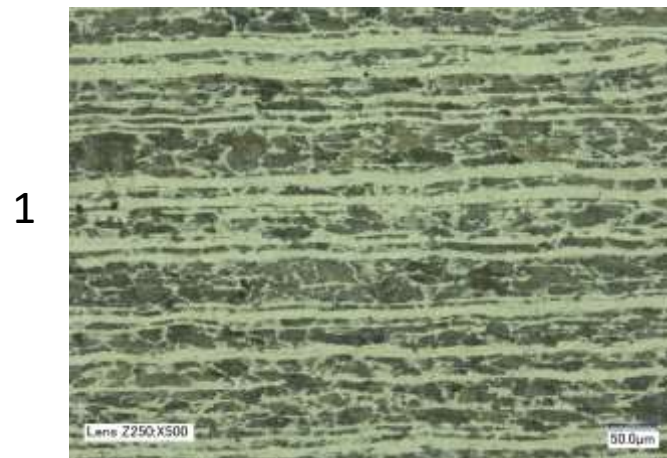
- **A kísérleti anyagok beszerzése: PHS Ultraform 1500**
- Hőkezelés laborkemencében, léces martenzit előállítása a cél
 - 1100 °C
 - Jeges víz
- Speciális acélok
 - Phs Ultraform
 - 34MnB5
 - (S235)

Kísérleti munka – laborvizsgálatok

A 34MnB5 szabványos jelölésű acél (1)								
Összetétele								keménysége [HV10]
C	B	Mn	Si	P	S	Al	Cr	186
0,347	0,002	1,22	0,29	0,012	0,006	0,0385	0,29	

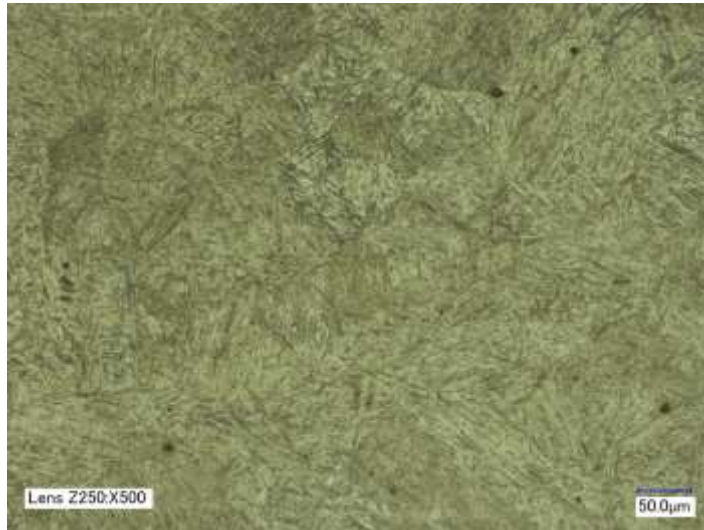
A Phs ultraform 1500 szabványos jelölésű acél (2)								
Jellemző összetétele								keménysége [HV10]
C	B	Mn	Si	P	S	Al	Cr	185
0,022	0,0035	2,00	0,50	0,020	0,005	0,06	0,50	

Az S235 szabványos jelölésű acél (3)								
Jellemző összetétele								keménysége [HV10]
C	B	Mn	Si	P	S	N	Cu	110
0,170	-	1,40	-	0,035	0,035	0,012	0,55	



Kísérleti munka, edzés

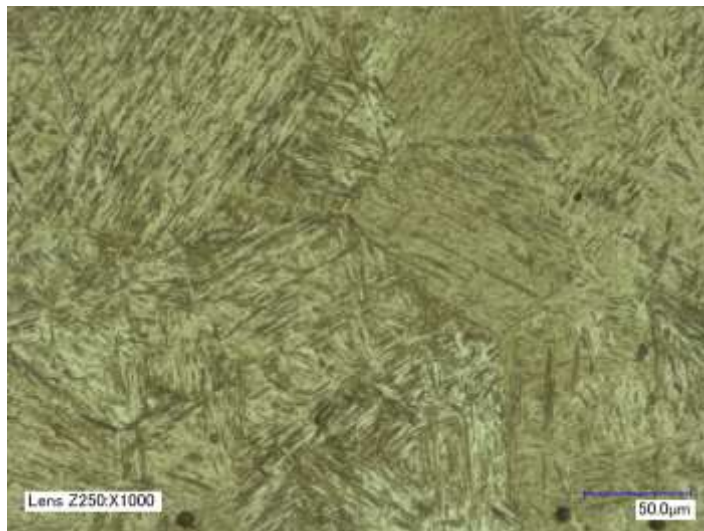
34MnB5



Phs-ultraform



S235JR



Anyagminőség [-]	Hőkezelés előtt [HV10]	Hőkezelés után [HV10]
34MnB5	186	693
Phs ultraform	185	586
S235JR	110	292

A lézersugaras hegesztés előkísérletei (Msc)

Alapanyag (-)	34MnB5					
Mintaszám (-)	34MnB5-1	34MnB5-2	34MnB5-3	34MnB5-4	34MnB5-5	34MnB5-6
Teljesítmény (W)	4800	4800	4800	4800	4800	4800
Előtolás (mm/perc)	1250	1500	1750	2000	2250	2500
Munkagáz (-)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)
Munkagáz mennyisége (liter/perc)	7	7	7	7	7	7
Fókuszhelyzet (-)	0	0	0	0	0	0

Alapanyag (-)	ZF					
Mintaszám (-)	ZF-1	ZF-2	ZF-3	ZF-4	ZF-5	ZF-6
Teljesítmény (W)	4800	4800	4800	4800	4800	4800
Előtolás (mm/perc)	1250	1500	1750	2000	2250	2500
Munkagáz (-)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)
Munkagáz mennyisége (liter/perc)	7	7	7	7	7	7
Fókuszhelyzet (-)	0	0	0	0	0	0

Alapanyag (-)	34MnB5					
Mintaszám (-)	34MnB5-7	34MnB5-8	34MnB5-9	34MnB5-10	34MnB5-11	34MnB5-12
Teljesítmény (W)	4800	4800	4800	4800	4800	4800
Előtolás (mm/perc)	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Munkagáz (-)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)
Munkagáz mennyisége (liter/perc)	7	7	7	7	7	7
Fókuszhelyzet (-)	-3	-2	-1	+1	+2	+3

Alapanyag (-)	ZF					
Mintaszám (-)	ZF-7	ZF-8	ZF-9	ZF-10	ZF-11	ZF-12
Teljesítmény (W)	4800	4800	4800	4800	4800	4800
Előtolás (mm/perc)	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Munkagáz (-)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)	Hélium (4.6)
Munkagáz mennyisége (liter/perc)	7	7	7	7	7	7
Fókuszhelyzet (-)	-3	-2	-1	+1	+2	+3

34MnB5			ZF		
Mintaszám	Előtolás (mm/perc)	Varratmélység (µm)	Mintaszám	Előtolás (mm/perc)	Varratmélység (µm)
34MnB5-1	1250	5463	ZF-1	1250	5557
34MnB5-2	1500	5319	ZF-2	1500	5688
34MnB5-3	1750	4913	ZF-3	1750	5358
34MnB5-4	2000	4617	ZF-4	2000	5219
34MnB5-5	2250	4446	ZF-5	2250	5042
34MnB5-6	2500	4093	ZF-6	2500	4672

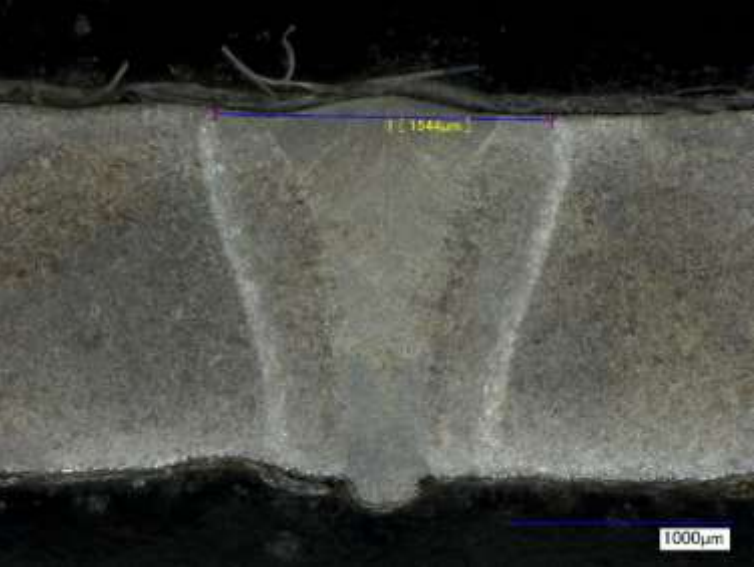
34MnB5			ZF		
Mintaszám	Fókuszhelyzet (-)	Varratmélység (µm)	Mintaszám	Fókuszhelyzet (-)	Varratmélység (µm)
34MnB5-7	-3	3761	ZF-7	-3	4224
34MnB5-8	-2	4575	ZF-8	-2	4831
34MnB5-9	-1	4683	ZF-9	-1	5177
34MnB5-10	0	4529	ZF-10	0	5219
34MnB5-11	1	4589	ZF-11	1	5134
34MnB5-12	2	4471	ZF-12	2	5394
34MnB5-13	3	4145	ZF-13	3	5037

Ezek alapján hegesztési kísérletek, összesen 3x4 minta

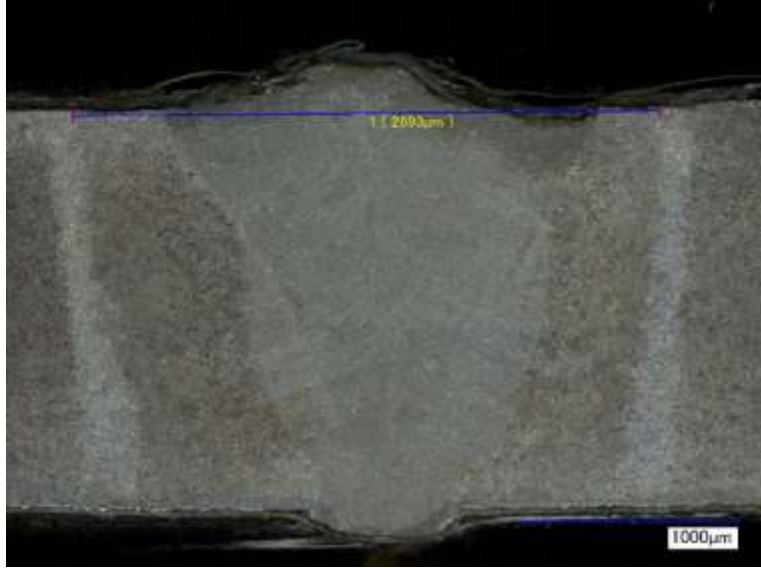
Nr(-)	Teljesítmény (W)	Kitöltés (-)	Sebesség (mm/min)	Fókuszhelyzet (mm)
1	5000 (100%)	CW	4100	-
2	5000 (100%)	CW	2500	+5
3	5000 (100%)	CW	1300	+7,5
4	5000 (100%)	CW	1050	+10

PHS Ultraform 1500

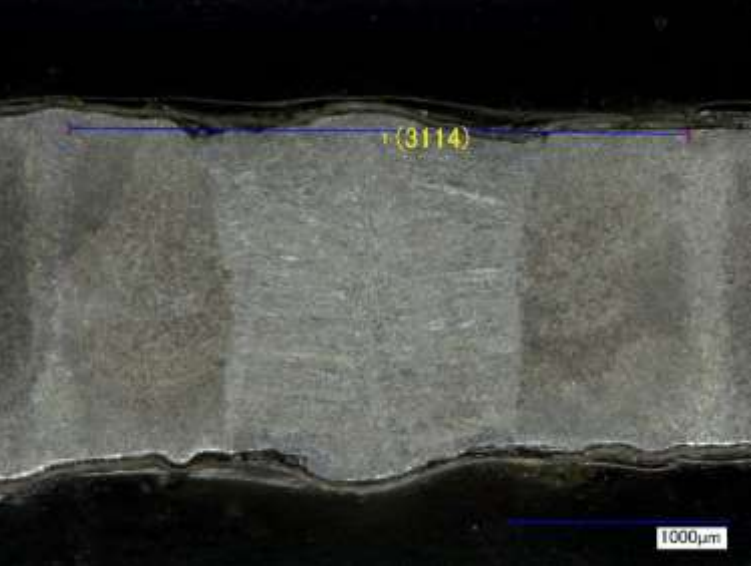
C	B	Mn	Si	P	S	Al	Cr
0,022	0,0035	2,00	0,50	0,020	0,005	0,06	0,50



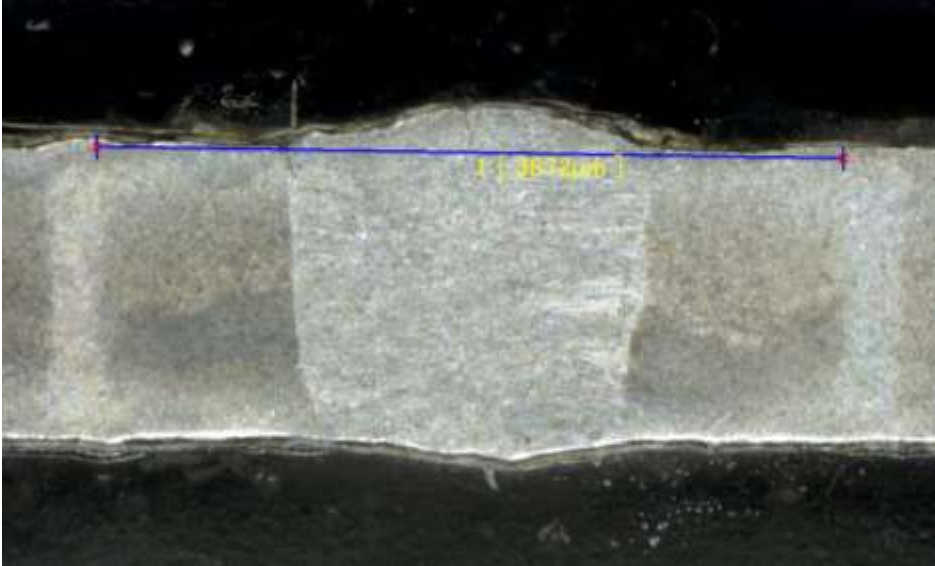
$v=4100\text{mm/min}$,
 $f=0$



$v=2500\text{mm/min}$,
 $f=+5$

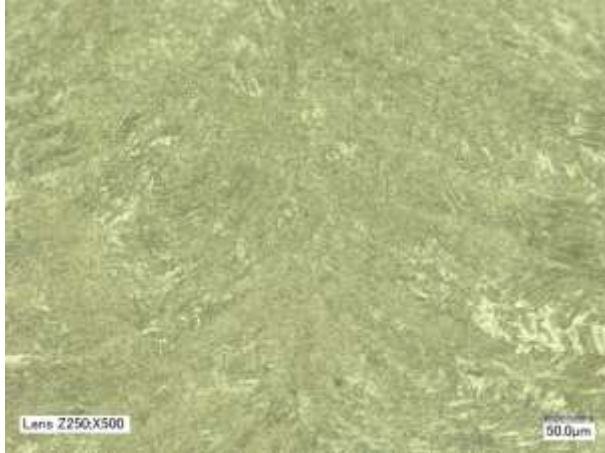


$v=1300\text{mm/min}$,
 $f=+7,5$

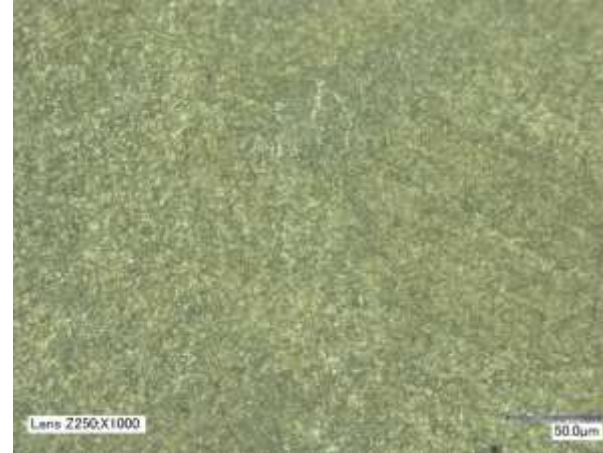


$v=1050\text{mm/min}$,
 $f=+10$

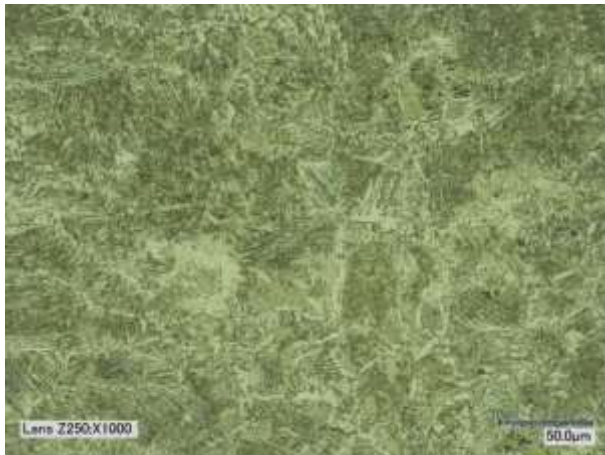
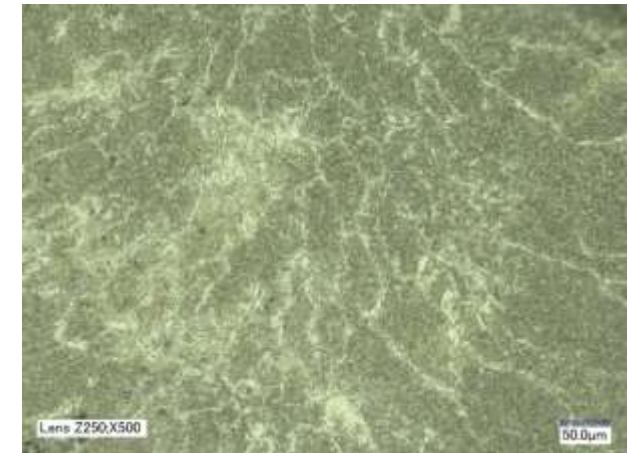
PHS Ultraform 1500 jelölésű minták varratainak fénymikroszkópos felvételei



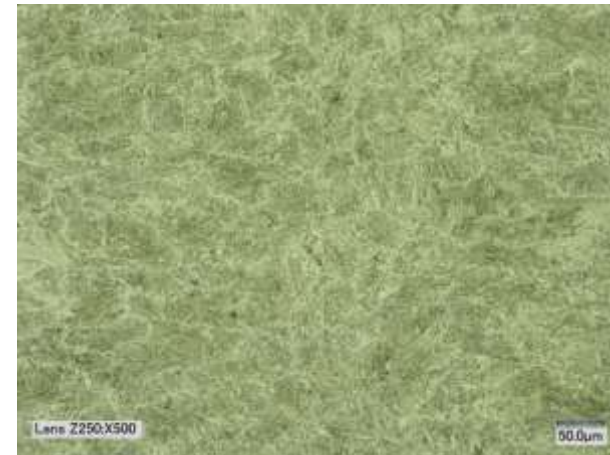
$v=4100\text{mm/min,}$
 $f=0$



$v=2500\text{mm/min,}$
 $f=+5$

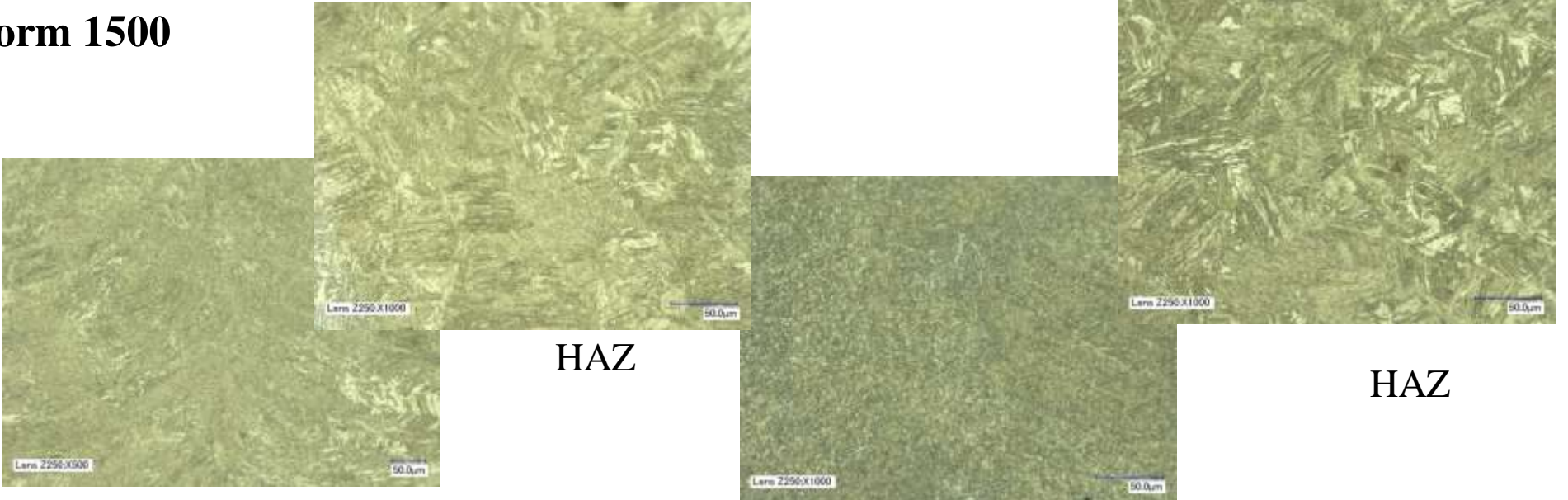


$v=1300\text{mm/min,}$
 $f=+7,5$



$v=1050\text{mm/min,}$
 $f=+10$

PHS Ultraform 1500



$v=4100\text{mm/min}$,
 $f=0$

W

HAZ

$v=2500\text{mm/min}$,
 $f=+5$

W

HAZ



$v=1300\text{mm/min}$,
 $f=+7,5$

W

HAZ

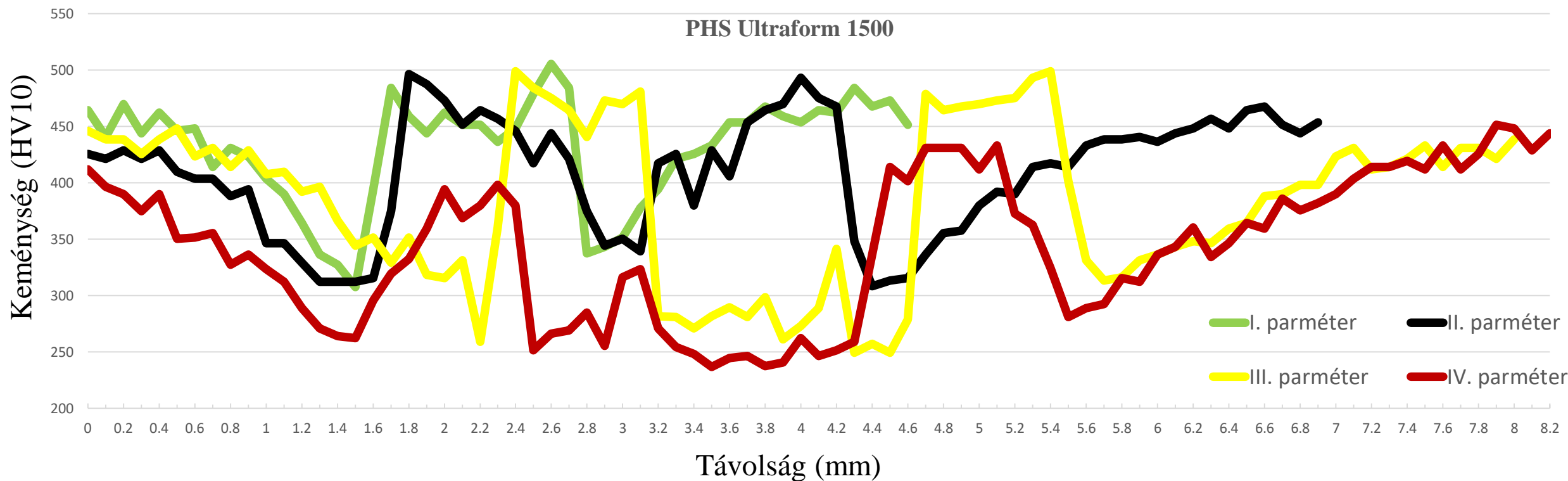
$v=1050\text{mm/min}$,
 $f=+10$

W

HAZ

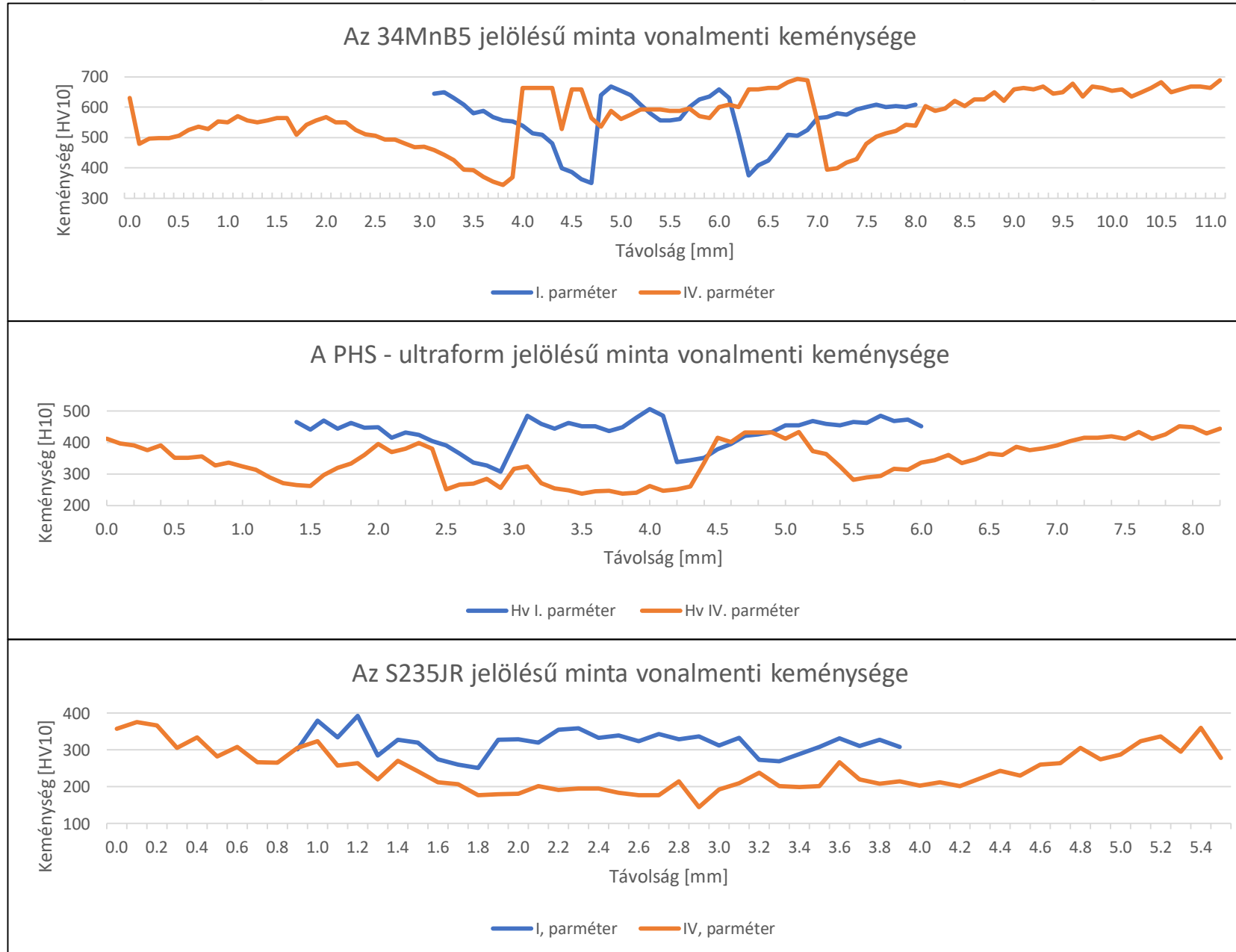
PHS Ultraform 1500, vonalmenti keménységek, jellemző összetétel

C	B	Mn	Si	P	S	Al	Cr
0,022	0,0035	2,00	0,50	0,020	0,005	0,06	0,50



Nr(-)	Power (W)	Method (-)	Welding speed (mm/min)	Focus position (mm)
1	5000 (100%)	CW	4100	-
2	5000 (100%)	CW	2500	+5
3	5000 (100%)	CW	1300	+7,5
4	5000 (100%)	CW	1050	+10

A 3 acélminőség vonalmenti keménységértékei



Publikációk

- ISCAME - 9th International Scientific Conference on Advances in Mechanical - Engineering *Debrecen*
- EBS 2023 - *Óbudai Egyetem*

Teljesített tantárgyak

- Válogatott fejezetek az anyagvizsgálati módszerekből I.
 - *Dr Takács Erzsébet, Dr Telegdi Judit*
 - Féléves beadandó feladat, szóbeli vizsga
 - FTIR, SEM, AFM
- Koncentrált energiabevitelű anyagtechnológiák
- *Dr Bagyinszki Gyula*
 - *Féléves beadandó feladat*
 - *Lézersugaras technológiák, irodalomkutatás + kísérletek*

Nyelvtanulás, személyes tapasztalatok

- *Nyelvtanfolyam – BZN keretein belül (2025 első félévben nyelvvizsga)*
- *Doktoranduszok csoportja – BZN*
- *Konzulensi feladatok*

Összefoglalás

- Telesített tantárgyi követelmények
- Teljesített publikációs kötelezettségek (folyamatban)
- Személyes tapasztalatok

- Kutatási vonal, irodalomkutatás:
 - PH technológia
 - Annak acéljai, tulajdonságai
 - Martenzit, léces martenzit

 - Laboratóriumi kísérletek
 - Sikerült a léces szövetet létrehozni
 - Lézersugaras hegesztések

- Jövőkép:
 - Szakirodalom további követése
 - Szimuláció
 - Láncmodell (Verő Balázs)
 - Készüléktervezés a tompa kötésekhez
 - SEM EBSD

Köszönöm a figyelmet.