



MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT
3515 MISKOLC Egyetemváros



Duál fázisú acéllemezek hőkezelése

Készítette:
Filep Ádám

Konzulens:
Dr. Mertinger Valéria
egyetemi docens

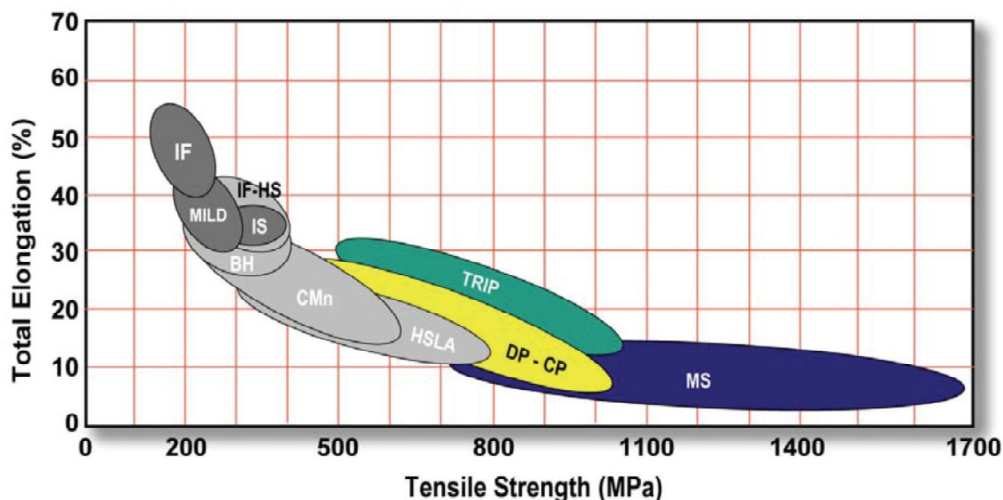
Anyagtudományi Intézet
2011

Tartalom

Bevezetés	3
1. A duál fázisú acélok	5
Duál fázisú acélok termomechanikus kezelése	5
2. A kísérletekhez használt berendezések és mérési, vizsgálati módszerek	10
Szakítóvizsgálat	10
Keménységmérés	10
Dilatometria	11
Szövetvizsgálat	12
A hőkezelésekhez használt berendezések	13
3. A kísérletsorozat ismertetése	15
A vizsgált anyag bemutatása	15
Dilatométeres vizsgálatok	19
Folyamatos hűtéssel történő kísérletek	26
Izotermás hőkezelési kísérletek	34
Összefoglalás	43
Irodalmi hivatkozás	44
Köszönetnyilvánítás	45
Melléklet	46

Bevezetés

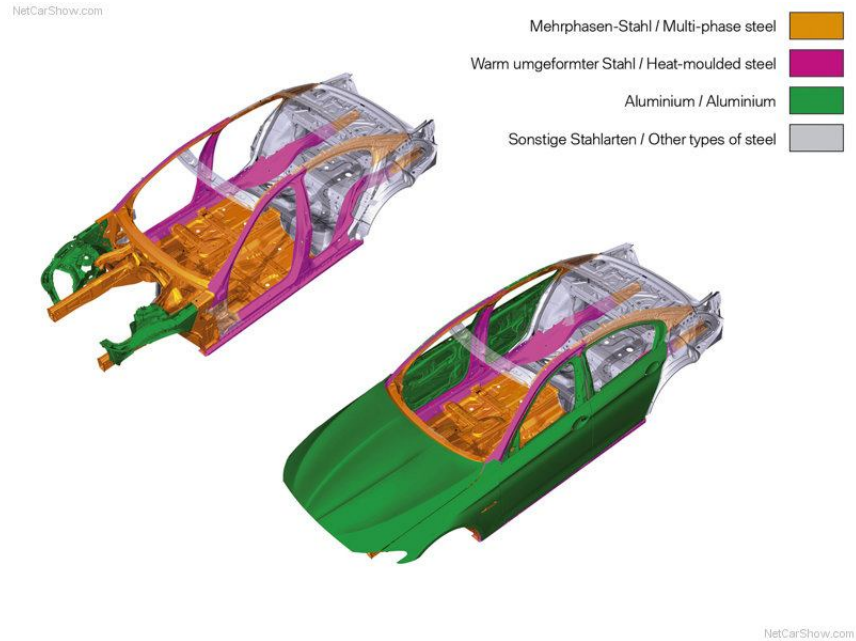
A duál fázisú acélok egy új fejlesztése a HSLA (High Strength Low Alloy = nagy szilárdságú kis ötvözöttségű) acéloknak. Legfőbb jellemzőjük az 550 MPa körüli szilárdság és a szövetszerkezet ami szívós ferrit mátrixból és szilárdságot biztosító martenzit szemcsékből áll. Erre utal az acél elnevezése is (nem keverendő össze a szintén kétfázisú duplex acélok csoportjával). A duál fázisú acélok kifejlesztésében jellemzően a személygépkocsi gyártók jártak az élen, és ma is ők képviselik a legnagyobb felhasználókat, ennek köszönhetően a duál fázisú acélok hamarosan népszerűbbek lettek a HSLA acéloknál. A duál fázisú acélok ferritet és martenzitet tartalmazó kétfázisú acélok. A kétféle fázisú szerkezet egyszerre biztosítja az acél, jellemzően lemez termék, kiváló szívósságát és szilárdságát, a kicsi folyáshatár/szakító szilárdság hányadost. Ezáltal jó alakíthatósági, pl préselési tulajdonságokat, de egyben kiváló energia elnyelő képességet is biztosít a személygépkocsi előállítás és használata során. A 2. ábra egy gépjárműtípusnál mutatja be narancssárga színjelöléssel a duál fázisú acélból készült alkatrészeket. A padlólemezekeken túl gyakran készítenek oszlopokat és az ütköző –energia elnyelő– zónákat is ebből az acélból. Erre mutat példát a 3. ábra, egy a gépkocsi elülső felére tervezett energiaabszorber. Az alakíthatóság mellett ezek az acélok jól hegeszthetők is. Ma már a vezető acélgyártók (Tata steel, Arcelor Mittal, Voest Alpine), mindegyike állít elő különböző minőségű félkésztermékeket ebből az acélból. A gyártók általában a DP jelölést használják, feltüntetve még általában a szilárdsági értékeket is.



1. ábra Acélok jellemző szilárdsági értéke: színessel az új nagyszilárdságú fejlesztések, szürkével az alacsony szilárdságú acélfajták [6]

Kísérleteimet az ArcelorMittal által gyártott és a TOYO Seat által megmunkált duál fázisú, préselési technológiára szánt 1,4 mm vastagságú hengerelt acéllemezeken végeztem. Ebből a lemeztermékből személygépkocsik székrögzítő egysége készül. Vizsgálataim célja volt, hogy

az interkritikus lágyítás hőmérsékletének a hatását vizsgáljam a kialakult lemeztermék mechanikai tulajdonságaira, ezért hőkezelési kísérleteket végeztem, megvizsgáltam a termékek szövetszerkezetét, és a mechanikai tulajdonságokat keménység vizsgálattal jellemeztem.



2. ábra BMW5-ös széria karosszéria elemei [1]



3. ábra ArcelorMittal által gyártott elülső energia elnyelő egység [2]

1. A duál fázisú acélok

A HSLA acélokkal szemben a duál fázisú acélok előnye a folyás jelensége nélküli alakváltozás és jellemzően nagyobb nyúlás [9]. Ezeket a tulajdonságokat az acél egyértelműen a termomechanikus kezeléssel előállított szövetszerkezete biztosítja.

Duál fázisú acélok termomechanikus kezelése

A duál fázisú acélok jellemző összetételét mutatja az 1. táblázat. Jól látható, hogy néhány százalék Mn mellett 1% körüli Si-ot és a 0,2 % C-t nem haladja meg az ötvözők mennyisége.

1. táblázat: A DP 780 jelű ötvözet általános összetétele, t%

C	Al	Mn	Si	Cr+Mo	P	B	S	Nb+Ti
0,1-0,2	0,08-1,5	1,5-2,5	0,3-0,8	max 1	max 0,4- 0,6	0,005	0,01	0,15

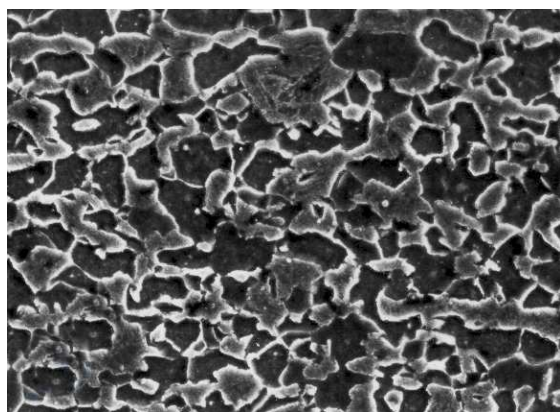
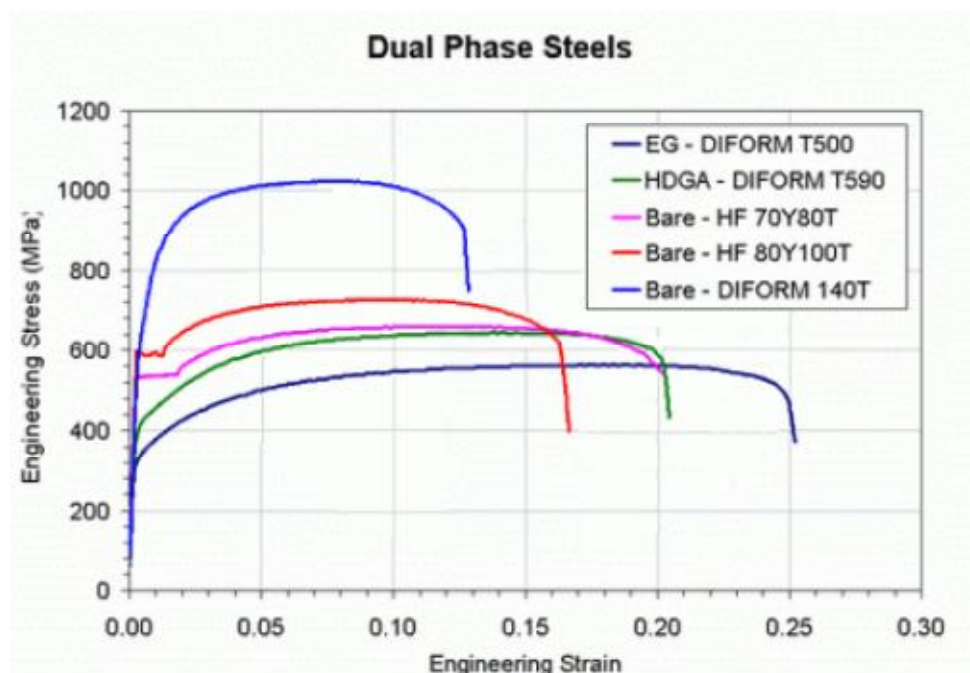
Az ötvözőtartalom megválasztásánál számos szempontot célszerű figyelembe venni, hiszen az ötvözők meghatározzák a kialakult szerkezetet ezáltal a tulajdonságokat is. Az ötvözők hatása megnyilvánulhat abban, hogy megváltoztathatják a termodinamikai stabilitási viszonyokat, az átalakulási kinetikát, az átalakulási hőmérsékleteket, ezáltal fázisok kialakulását segítik, vagy éppen hátráltatják. Ezen túl az ötvözők szilárdoldatos vagy kiválásos keményítést is okozhatnak illetve befolyásolhatják a szemnagyság alakulását. [10,11]

A fő ötvöző a karbon mely legerőteljesebben befolyásolja a fázisátalakulásokat. A karbon ausztenitképző ötvözőként stabilizálja az ausztenitet, így a martenzit kialakulását elősegíti a duál fázisú acélokbán. A hegeszthetőség miatt viszont mennyisége a 0,2 %-ot nem haladja meg.

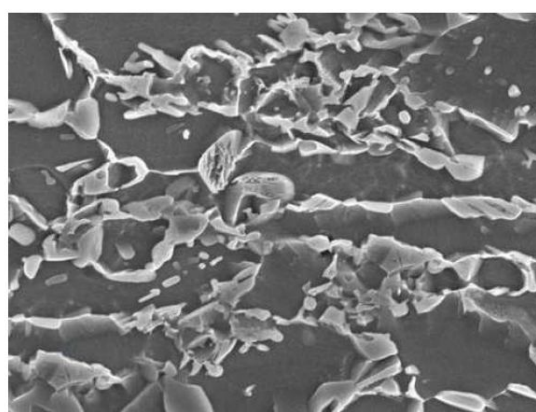
További jelentős ötvöző a szilícium és a mangán. Szilícium segíti a ferrit kialakulását míg a az erős ausztenitképző mangán visszatartja a perlit és bénit képződését. A mangán további hatása, hogy kb 1,5 %-os mennyiségben 740 °C-on a ferrit 0,02% karbonoldó képességét lecsökkenti 0,005%-ra. Ezáltal növelve meg a visszamaradó ausztenit karbon tartalmát. A foszfor és az alumínium (néha krómmal kombinálva) a szilíciumot válthatja ki, mely némi problémát okozhat meleg és hidegalakítás során. A nióbium oldott állapotban, vagy finom karbonitridet képezve visszatartja a dinamikus és statikus újrakristályosodási folyamatokat, ezáltal jelentős szilárdságnövekedést okoz. [3]

Az acélok szerkezetüktől függően jellemző szakító szilárdsága a 600-980 MPa, folyáshatára 300-460MPa, míg nyúlása a 17-25% közötti értékű lehet.

A dual fázisú acélok szerkezete tehát ferrit és martenzit szemcsékből áll szigetesen elrendezéssel. A szilárdsági tulajdonságok jól korrelálnak a kialakult szövetszerkezettel. Erre mutat példát az Arcelor Mittál két terméke (4. ábra).



DIFORM 140T



DIFORM T 500

4. ábra az Arcelor Mittál két termékének szövetszerkezete és szakító görbéje [4]

A duál acélok ferrit-martenzit szövetét interkritikus lágyítással érik el, ami lehet folyamatos hűtésű, vagy izotermás. Az acélt rövid időre A_3 hőmérsékletre hevítik, majd az interkritikus

(A_1 - A_3) ferrit-ausztenit hőmérsékleti tartományba hűtik, végül ezt követi a jelenlévő ausztenit fázis edző hatású hűtése.

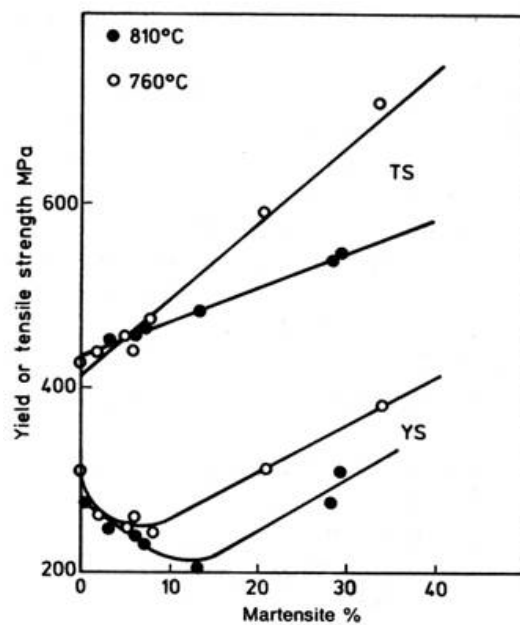
Az ausztenit kialakulásának három jellegzetes lépcsője van a perlit, bénit, martenzit fázisok gyors auszteniteseését a ferrit lassabb, majd az egyensúlyi mennyiségű és koncentrációjú ausztenit-ferrit nagyon lassú kialakulása követi. A ferrit auszteniteseését jellemzően a karbon diffúziója az ausztenit fázisban és a mangán szemcsehatármenti vagy ferritfázisú diffúziója szabályozza. Az egyensúly beálltát a mangán ausztenitfázisbeli diffúziója kontrolálja.

Annak ellenére, hogy az ausztenit átalakulása hasonlóan zajlik mint a jól ismert nemesítés során, a folyamatnak számos sajátossága van. Az ausztenit karbon tartalmát és így keménységét az interkritikus hőmérséklet szabja meg. Az ezen a hőmérsékleten létrejött ausztenit karbontartalma magasabb mint a kiinduló ötvözeté, így belőle a jellegzetes nagy karbontartalmú martenzit alakul ki, a hűtés intenzitásától függően kevesebb vagy több maradék ausztenittel.

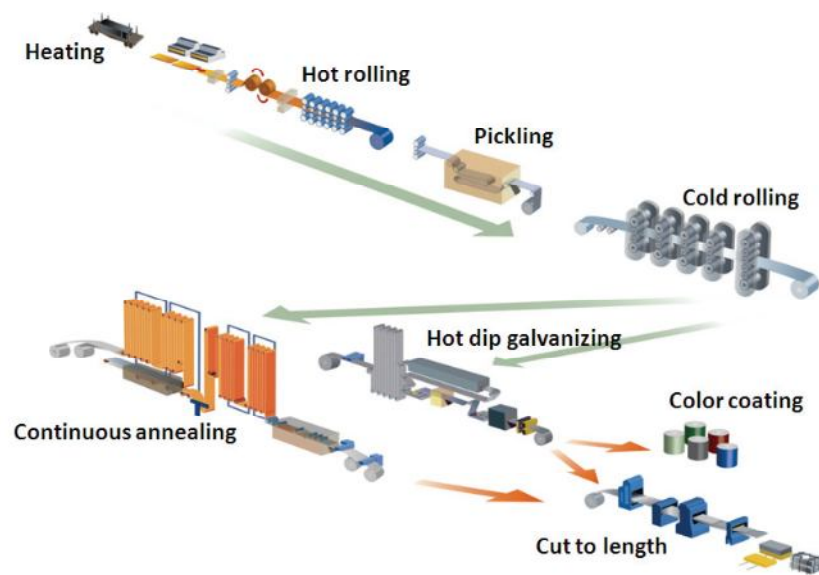
A duál acélok leginkább lemez termék formájában készülnek, ami lehetővé teszi a gyors hűtési hevítési ciklusokat kombinálva képlékeny alakítással és a vele járó újrakristályosodási folyamattal. A svéd Borlänge gyár technológiai struktúráját mutatja a 6. ábra.

A kialakult termék szilárdsági értékét elsősorban a martenzit mennyisége határozza meg (5. ábra) [7], de a ferrit szemcseszerkezetének, oldott ötvözőtartalmának és diszlokáció sűrűségének szintén nagy szerep jut. A kiváló szívóssági tulajdonságokat szintén több paraméter együttesen fogja meghatározni, így pl a ferrit nagyon alacsony karbontartalma, az epitaxiálisan nőtt ferrit és maradék ausztenit mennyisége és a martenzit fázis szívósság. A szívóssági értékek különösen javíthatók, ha a hőkezelési ciklust egy megeresztés zárja, ami lemez termékek esetén szintén a hengerlési sorba (in line) építhető, ezáltal gyorsan és termelékenyen végezhető. A megeresztés során változik a ferrit diszlokációsűrűsége, rugalmas feszültségállapota, a maradék ausztenit elbomlik és a martenzitben is végbemennek a nemesítésnél ismert folyamatok. Ha a megeresztést 200°C körüli hőmérsékleten végzik, akkor a maradék feszültségek disszipációjával és a karbonnak a diszlokációkba való beülésével a folyáshatár növelhető és a folyás jelenségének visszatérésére lehet számítani, ha a martenzit mennyisége 30% alatt van.

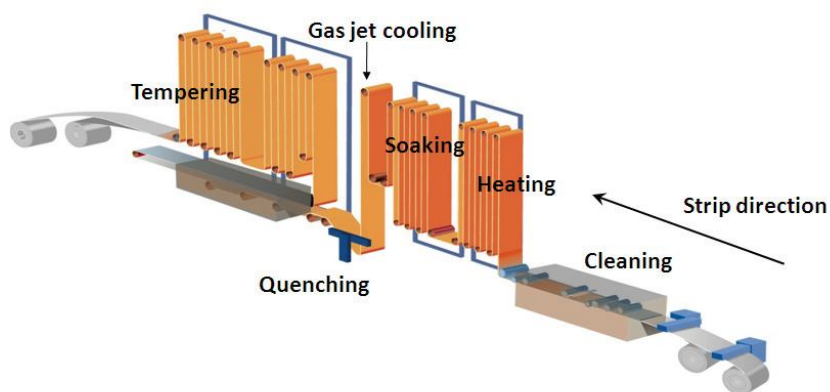
Ebből a nagyon rövid összefoglalóból is kitűnik, hogy a komplex fémteni problémával állunk szemben.



5. ábra A duál acél szilárdsága a martenzit mennyiségének függvényében [7]



Teljes sor



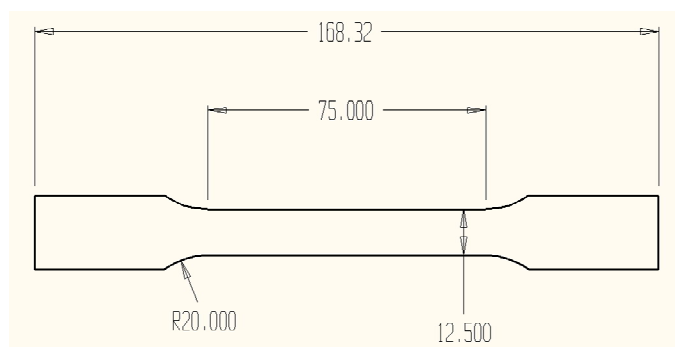
Interkritikus lágyítás

6. ábra A svéd Borlänge gyár technológiai struktúrája [6]

2. A kísérletekhez használt berendezések és mérési, vizsgálati módszerek

Szakítóvizsgálat

A mechanikai tulajdonságok vizsgálatához a lemeztermékek EN50182:2000 szabvány szerinti feszültség-nyúlás diagram felvételét és kiértékelését végeztük el 50 mm-es jeltávval. A vizsgálatot az Anyagtudományi Intézet, Mechanikai Anyagvizsgáló Laboratóriumában 10 tonnás elektromechanikus szakítógépen végeztük el a következők szerint: A kimunkált próbatestet (7. ábra) ékpályás (recés) sík befogópofa segítségével rögzítve, a beállított húzási sebességgel szakadásig történt terhelése, miközben a keresztfej elmozdulását útjeladó, a terhelés változását pedig erőmérő mérleg segítségével mértük, és számítógépen rögzítettük. Az így kapott eredményekből, meghatároztuk a próbadarabok szakítószilárdságát, folyáshatárát, rugalmassági modulusát. A szakítópróbák felületét a vizsgálat előtt osztógép segítségével 75 mm-en, 5 mm távolságban jeltávoztuk. A szakítóvizsgálatot követően 0,02 mm mérési pontosságú tolómérő segítségével megmértük, és rögzítettük a darabok nyúlását az 50 mm eredeti jeltávolsághoz képest. Vizsgálati sebesség: 450 RPM (5,4 $\pm$ 0,1 mm/perc), Vizsgálati hőmérséklet: 23 °C



7. ábra A szakítópróba méretei az EN 10002-1:2001 szerint lettek kimunkálva

Keménységmérés

A vizsgálatokhoz Tukon 2100B típusú keménységmérőt használtunk. A berendezés Vickers és Knoop ISO 4545 és EN ISO 6507 szabványok szerinti mérésekre alkalmas, két erőmérőcellával ellátott behatolótesttel rendelkezik mely lehetővé teszi a HV0.005 és HV50 mérési tartományokban történő mérést. A nyom leolvasását egy 10 és egy 100x –os nagyítású objektív segíti. A mérés leolvasás történhet manuálisan és szoftver vezérelt módon.

A keménység vizsgálat nem kimondottan szokványos a mélyhúzzhatósági, préselési tulajdonságok jellemzésére, viszont a szemcseszerkezettel és a szilárdsági értékekkel nagyon jól korrelál ezért a hengerlési irányból kivett szövetmintákon HV10 keménységvizsgálatot végeztünk.

Dilatometria

Az anyagok fajtérfogatát atomtömegük, rácsszerkezetük és rácsméretük határozza meg.

Többfázisú rendszerekben az egyes fázisok fajtérfogatából és tömegszázalékból a keverési szabállyal számítható az ötvözet fajtérfogata [5].

A fémek hevítésekor a belsőenergiájuk növekedése következtében a rácsban az egyes atomok eltávolodnak egymástól, így a fajtérfogatuk növekedik. A fémtani vizsgálatokban nagyon elterjedt a hőmérséklet hatására bekövetkező változások mérése. Szilárd állapotban egyszerűen és pontosan mérhető a lineáris méretváltozás. A lineáris méretváltozást a *lineáris tágulási együtthatóval* lehet jellemezni:

$$\beta = \frac{1}{L_0} \frac{dL}{dT} \quad [1/K] \quad (1)$$

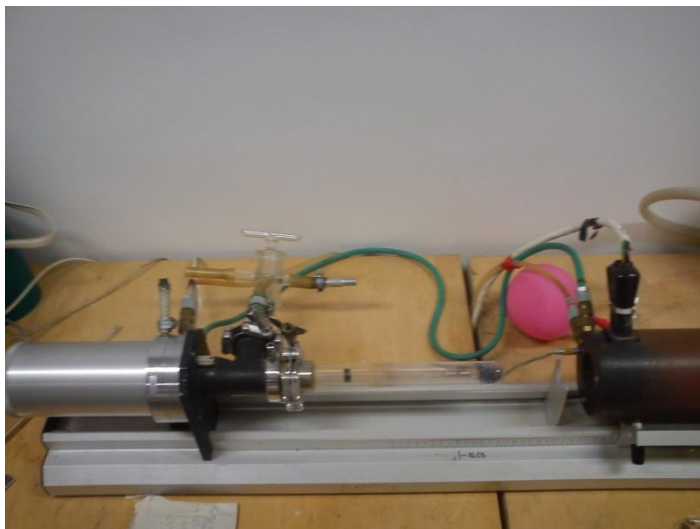
L_0 - a próba kiinduló hossza,

dL - hosszváltozás

dT - hőmérséklet változás

Első közelítésben ennek értéke az egyes fémeknél a szobahőmérséklet és az olvadáspont között állandó. Ha azonban fázisváltozás (és ezek között is) főleg allotróp átalakulás megy végbe, úgy jelentős változás lép fel. Éppen ezért az acélokban végbemenő átalakulások vizsgálatára a tágulásmérés, a dilatometria a legelterjedtebb módszer. Az átalakulások megindulása, illetve befejeződése viszonylag egyszerűen megállapítható a tágulási görbén a lineáris változástól való eltérés alapján.

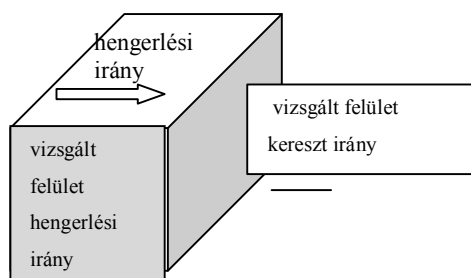
A fémek hő okozta tágulásának mérésénél az 50-10 mm hosszú hengeres próbát (az általam használt méréseknél a lemez vékonysága miatt téglatest alakú, 1,4x4x20 mm méretű mintát) próbatartóval együtt hevítettük és a relatív elmozdulást mértük. A mérési hiba csökkentése érdekében célszerű minél kisebb tágulási együtthatójú anyagot használni próbatartóként. Erre a célra a legáltalánosabb használt anyag a kvarc. Ennek tágulási együtthatója kb. $0,5 \cdot 10^{-6}/K$, vagyis közelítőleg húszszor kisebb, mint általában a fémeké. Méréseimhez az Anyagtudományi Intézetben működő Linseis típusú berendezést használtunk.



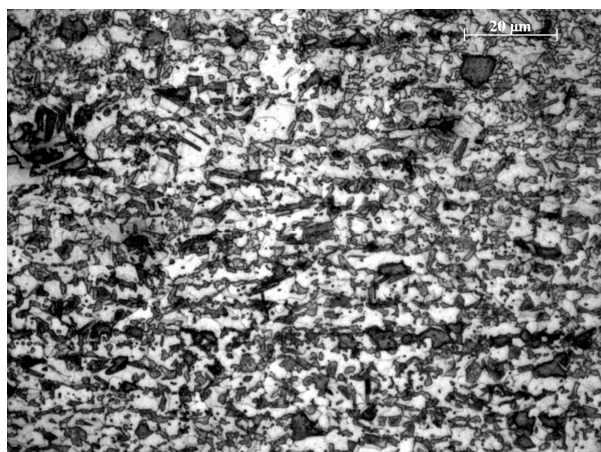
8. ábra Linseis típusú dilatométer

Szövetvizsgálat

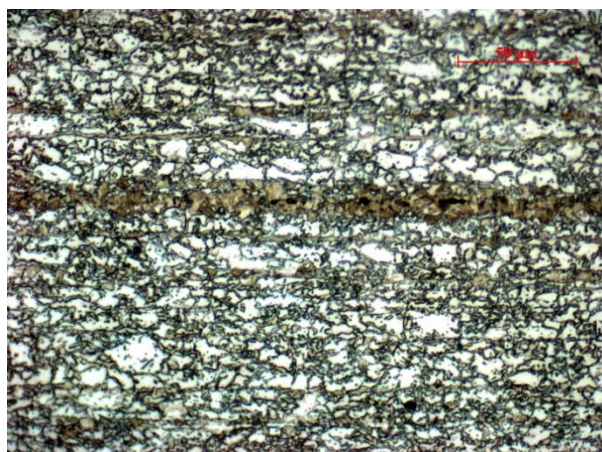
A szerkezetvizsgálatokat Zeiss AxioVision szoftverrel működő Zeiss Axiovert 40 fénymikroszkóppal illetve 1830I Amray Scanning Elektronmikroszkóppal (SEM) illetve Zeiss EvoMA elektronmikroszkóppal végeztük. A vizsgálatához a duál acél lemezekből a 9. ábra szerint munkáltunk ki próbadarabokat. A minták előkészítése mechanikus csiszolás, polírozás és különböző marószerekben történő maratással történt. A különböző maratási technikák alkalmazásának a jelenlévő fázisok nagyobb kontrasszttal való elkülönítése volt a célja. A különböző maratással különböző információkat lehet kapni. Erre mutat példát a 10. ábra. Marószerek közül alkalmaztunk nitált, salétromsavat, a csapadékképződés elvén működő metabiszulfitos oldatot. Kontraszt növelése érdekében gőzöltük a mintákat arannyal illetve használtunk DIC (differencia interferencia kontraszt) optikai elemet, színes és fekete/fehér képrögzítést. Egyes technikák bizonyos mintáknál jól, másoknál kevésbé látványosan voltak alkalmazhatók. A leginkább általánosan jól teljesítő, és jó összehasonlítási lehetőséget adó marószerek a nital volt.



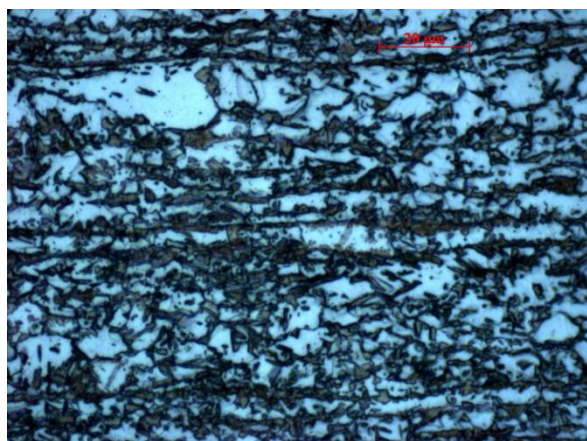
9. ábra Mintadarabok helyzete szövetvizsgálatra



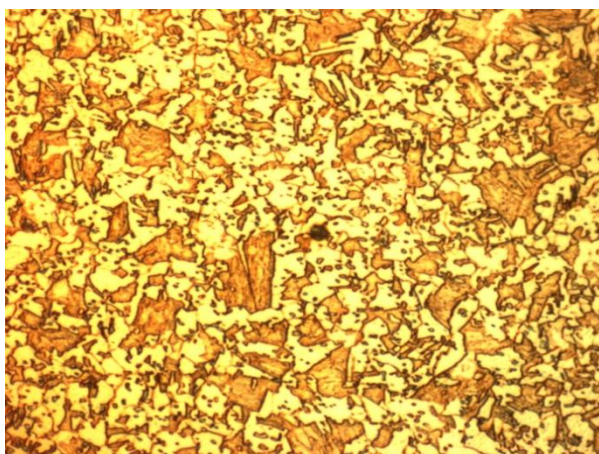
Metabiszulfitos oldat



Nital+ arany gőzölés



Nital



Nital , DIC

10. ábra A szövetvizsgálat különböző metallográfiai módszerek alkalmazásával

A pásztázó elektronmikroszkóppal a csiszolat és a töretfelületeket vizsgáltuk maratott és arannyal gőzölt mintákon.

A hőkezelésekhez használt berendezések

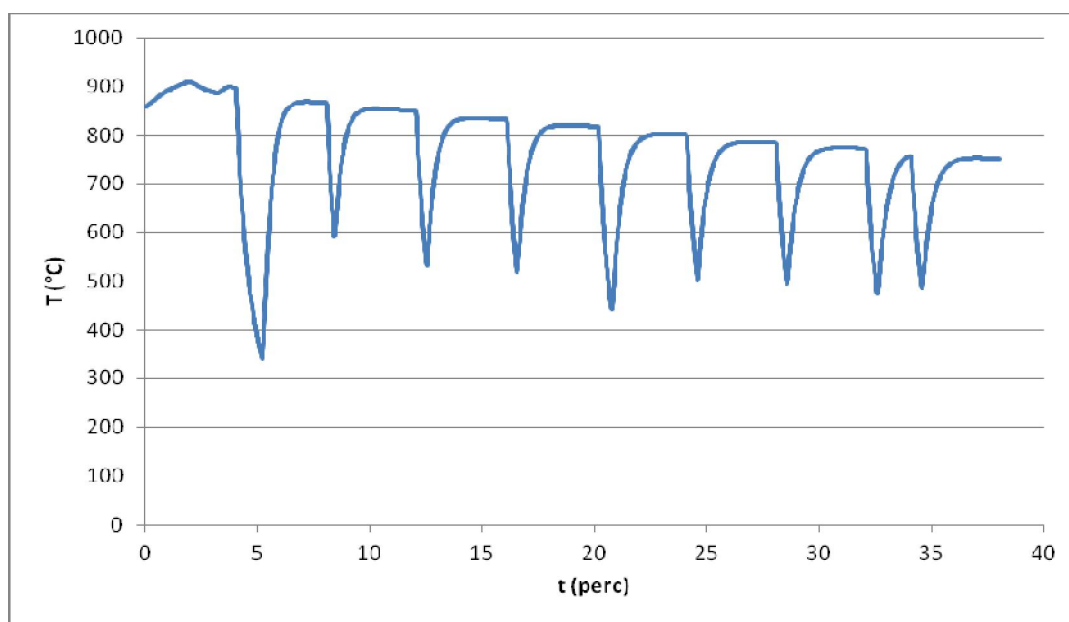
A hőkezelési kísérleteimet az Anyagtudományi Intézetben lévő, a Kalória Kft. által gyártott, programozható hőmérsékletszabályozóval ellátott kemencében végeztem. A programozhatóság azoknál a hőkezeléseknél volt lényeges, ahol folyamatos hűtést alkalmaztam.

Kísérleteimnél öt féle hőkezelést végeztem:

- Megeresztés: alacsony hőmérsékletű izotermán történő hevítés,
- Izotermás ausztenitesítés, vagy interkritikus lágyítás,
- Ausztenitesítés utáni folyamatos programszabályozta hűtés,

- A hőkezelt minőségű darab technológiájához hasonló hőkezelés

Mivel a programszabályozta hűtésű kísérleteknél fontos volt tudni, hogy milyen hőmérsékleten van a darab mikor kiveszem a kemencéből, ezért tesztkísérletet végeztem a valós hőmérséklet meghatározására. Az elméleti tervezett hűtési sebesség mellett 4 percenkénti mintakivételt terveztem. A tesztkísérletet a következő módon végeztem: beprogramoztam a kemencét, hogy 900°C-ra fűtsön fel, 5 percig hőntartson, majd 80 perc alatt érje el a 100°C-ot, tehát 10°C/perc legyen a hűtés sebessége. Ellenőrzésképpen, egy NiCr-Ni termoelemet helyeztem a kemencébe, a darabok helyének közvetlen közelébe, amit egy Spider-8 típusú mérésadatgyűjtőre csatlakoztattam, a hőmérsékleti adatokat pedig a Catman 32 nevű szoftver segítségével rögzítettem. A teszt során mért hőmérséklet lefutását az időben a 11. ábra mutatja.



11. ábra A kemence hőmérsékletének változása a teszt során

A diagramon a hőmérséklet-esések a darabok kivételekor jelentkeztek. A görbéből kiolvasható, hogy a kemence átlagos maximális hűlési sebessége kb. 4°C/perc, vagyis nem lehet a 10°C/perc sebességgel hűteni. A tesztgörbe alapján meg tudtam határozni a kísérleti mintadarabok pontos hőmérsékletét.

3. A kísérletsorozat ismertetése

A vizsgált anyag bemutatása

Kísérleteimet az ArcelorMittal által gyártott és a TOYO Seat által megmunkált duál fázisú, préselési technológiára szánt 1,4 mm vastagságú hengerelt acéllemezekon végeztem. Ebből a lemeztermékből a 12. ábra szerinti székrögzítő egység készül. A gyártó általi rendelkezésemre bocsátott alapanyagon minősítő vizsgálatokat, 2 irányú szakítóvizsgálatot, keménységmérést és szövetszerkezet vizsgálatot végeztem el. Az általam vizsgált lemez tekeresszáma 352974 volt. A saját vizsgálataimban a 12-es azonosító számot kapta. A tekercs gyártó szerinti minőség bizonyítványát a 1. sz melléklet tartalmazza. Az ötvözet DP 780 minőségű. A főbb ötvözőkre vonatkozó összetételét az 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: A DP 780 jelű ötvözet gyártó szerinti összetétele, t%

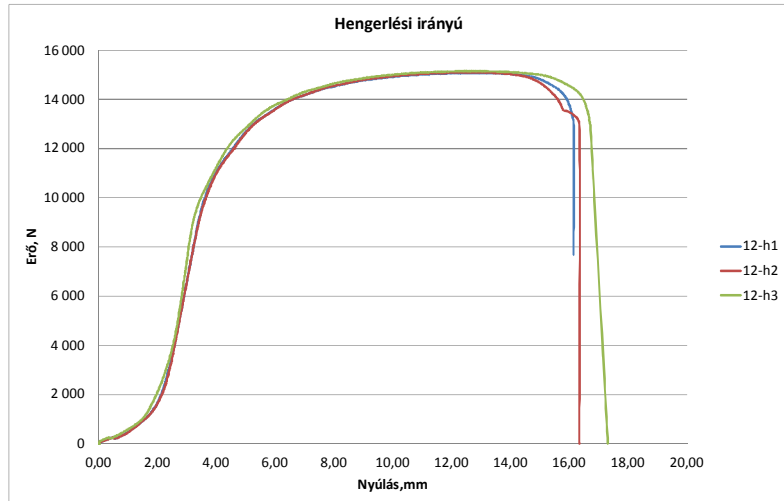
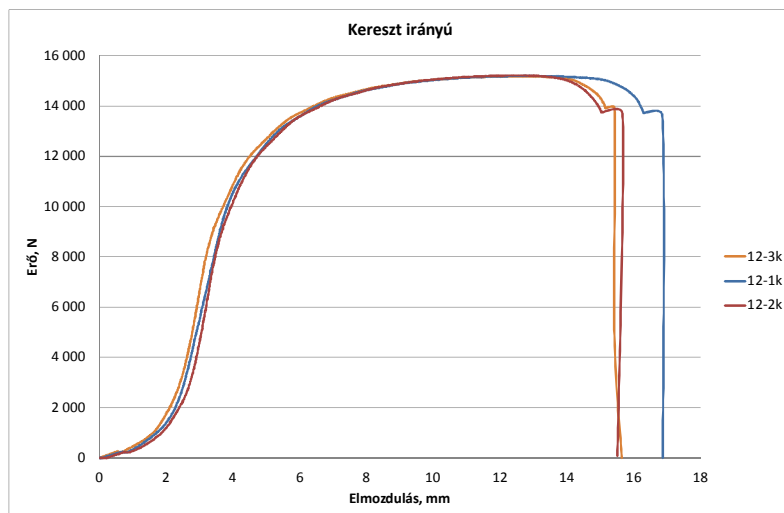
C	Mn	Si	P	S	Ni	Al
0,087	1,925	0,161	0,018	0,003	0,0043	0,029

A kísérleteim előtt megvizsgáltam a lemezek mechanikai tulajdonságait. A szakítóvizsgálatot a tekercs hengerlési irányából és arra merőleges keresztirányból vett 3-3 párhuzamos próbatesten végeztem. Az erő-nyúlás diagramokat 13. ábra mutatja. A diagramokból meghatározott eredmények értékeit a 3. táblázat tartalmazza. Az eredmények jellemzően megegyeznek mind a párhuzamos mind a különböző orientációjú minták esetében.

Hengerlési irányú mintákon végeztem keménységmérést is, ezek eredményét mutatja a 4. táblázat.



12. ábra DP 780 minőségű duál fázisú acélból gyártott ülés rögzítő egység



13. ábra A 12 jelű minta erő-elmozdulás diagramjai

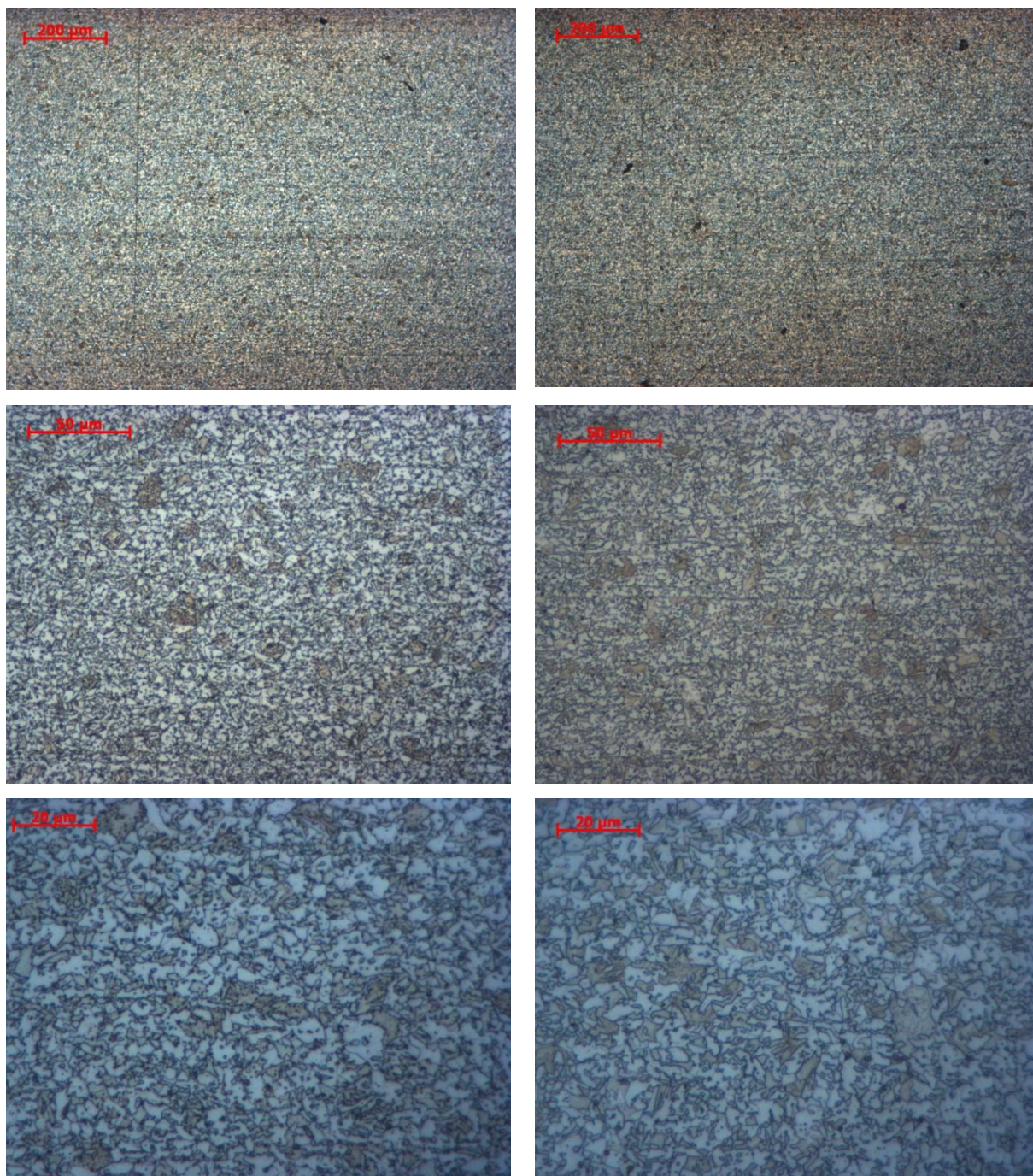
3. táblázat A szakítóvizsgálatok eredményei

próba száma	L0 (mm)	L1 (mm)	százalékos nyúlás	átlag százalékos nyúlás	Rm (Mpa)	Átlag Rm (Mpa)	Rp02(MPa)	Átlag Rp02 (MPa)	E (GPa)	Átlag E (GPa)
12_1h	50	59,88	19,76	18	886,88	889	615,10	601	17,49	19
12_2h	50	59,90	19,80		888,35		601,88		17,92	
12_3h	50	59,89	19,78		891,12		587,35		20,73	
12_1k	50	59,82	19,64	18	894,18	894	623,79	595	16,31	18
12_2k	50	58,72	17,44		895,41		567,89		19,49	
12_3k	50	59,12	18,24		893,35		588,98		17,43	

4. táblázat A keménységmérés eredményei

Próba Sorszáma	Tekercsszám	Mérési adatok					HV10 Átlag
12	352974	285	282	278	286	275	281

A szövétvizsgálat eredményeit a 14. ábra mutatja különböző nagyításban. A sötétebb martenzit szemcsék szemnagysága heterogén jelleget mutat, és a szemcsék elhelyezkedésében egy sorosság figyelhető meg, ennek ellenére a különböző irányú szakítópróbák eredményében nem tapasztaltunk lényegi eltérést.



a) hosszirány

b) keresztirány

14. ábra Szövetvizsgálat fénymikroszkóppal, 12 sz. minta (tekeresszám: 352974)

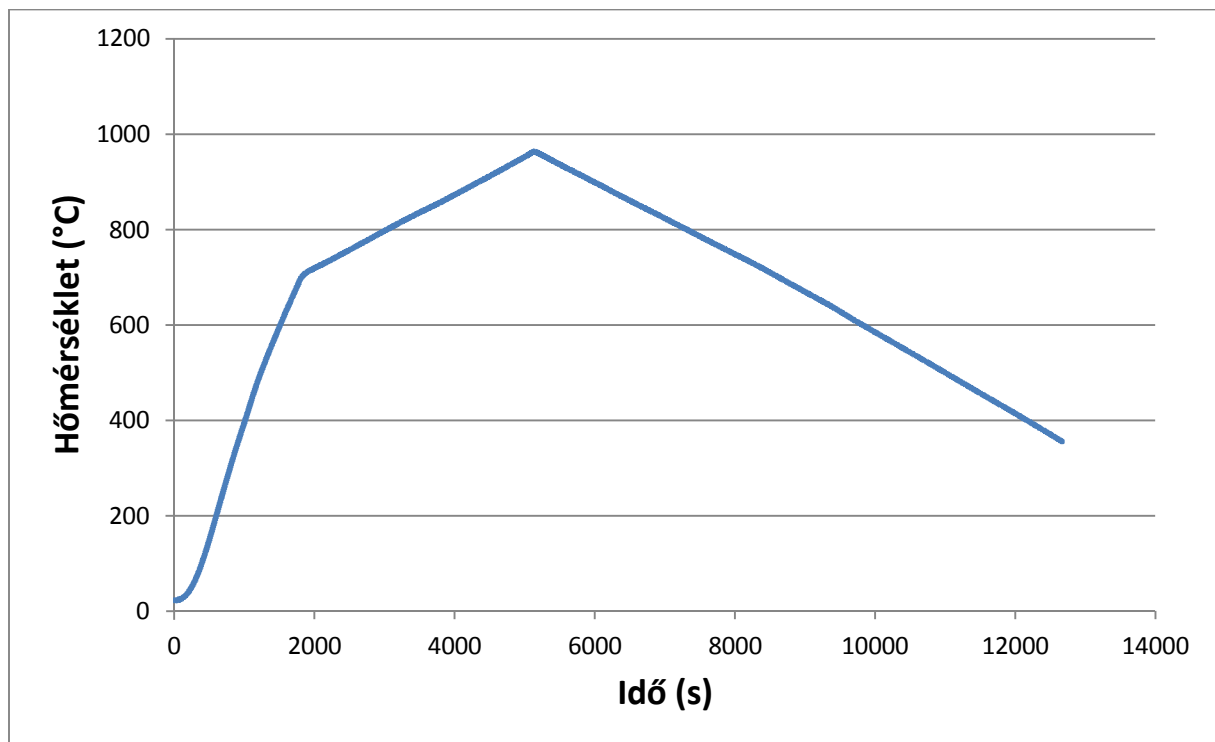
Dilatométeres vizsgálatok

A hőkezelési kísérletsorozat tervezéséhez először meg kellett határoznunk a vizsgált anyagunk átalakulási hőmérsékleteit, ehhez argon védőgázban ausztenitesítettük a mintát majd lehűtöttük és közben rögzítettük a méretváltozást. A dilatométeres vizsgálatot 2 hűtési sebesség esetén is elvégeztük. A D1 jelű minta esetében a felfűtés sebessége 700°C-ig 20°C/perc, e fölött 5°C/perc volt, a hűtés sebessége szintén 5°C/perc volt, amit a berendezés programszabályzója valósított meg, ahogy az a 15. ábra szerint látható. A 16. ábra a minta dilatométeres görbét mutatja.

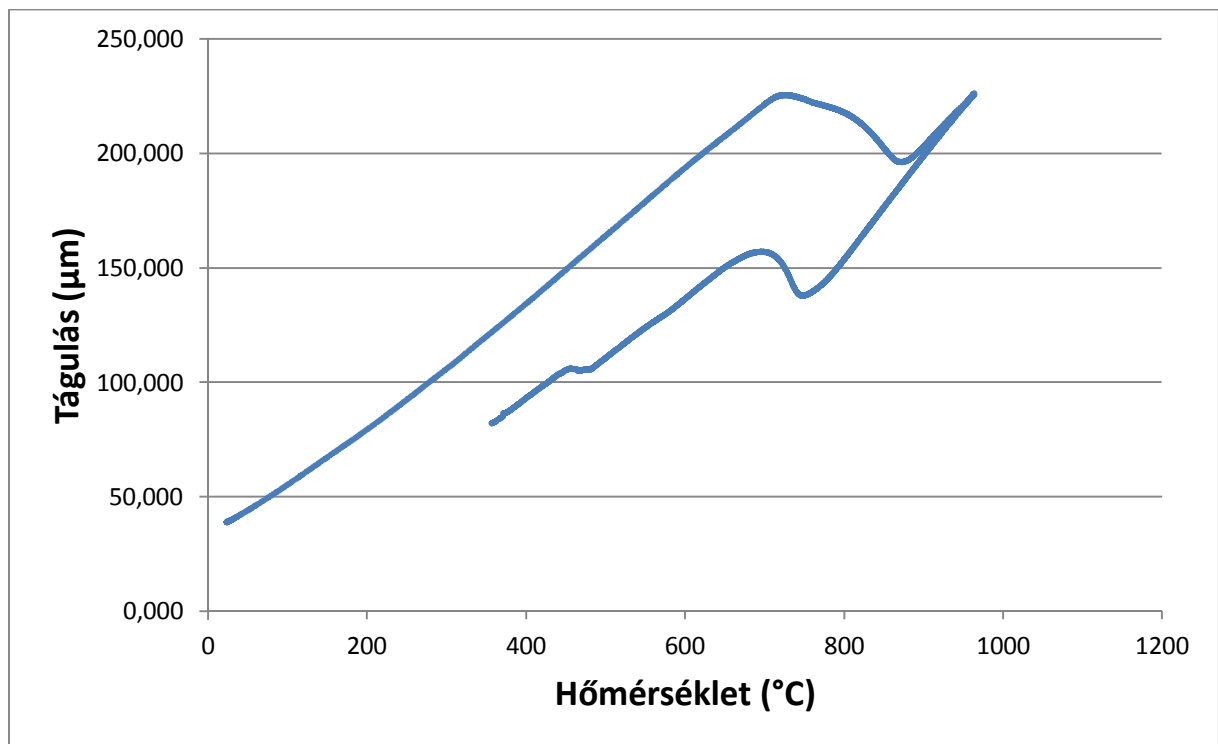
Az átalakulási hőmérsékletek meghatározására a 17. ábra szerinti módon történt: a görbe egyenes szakaszait meghosszabbítottam, és megkerestem azokat a pontokat, ahol az egyenesek eltérnek a görbétől.

A 16. ábra hűtési ciklusában 450°C és 470°C között megszakad a folyamatos összehúzódás (nincsen méretváltozás), ez a jelenség valamilyen fázisátalakulásra enged következtetni.

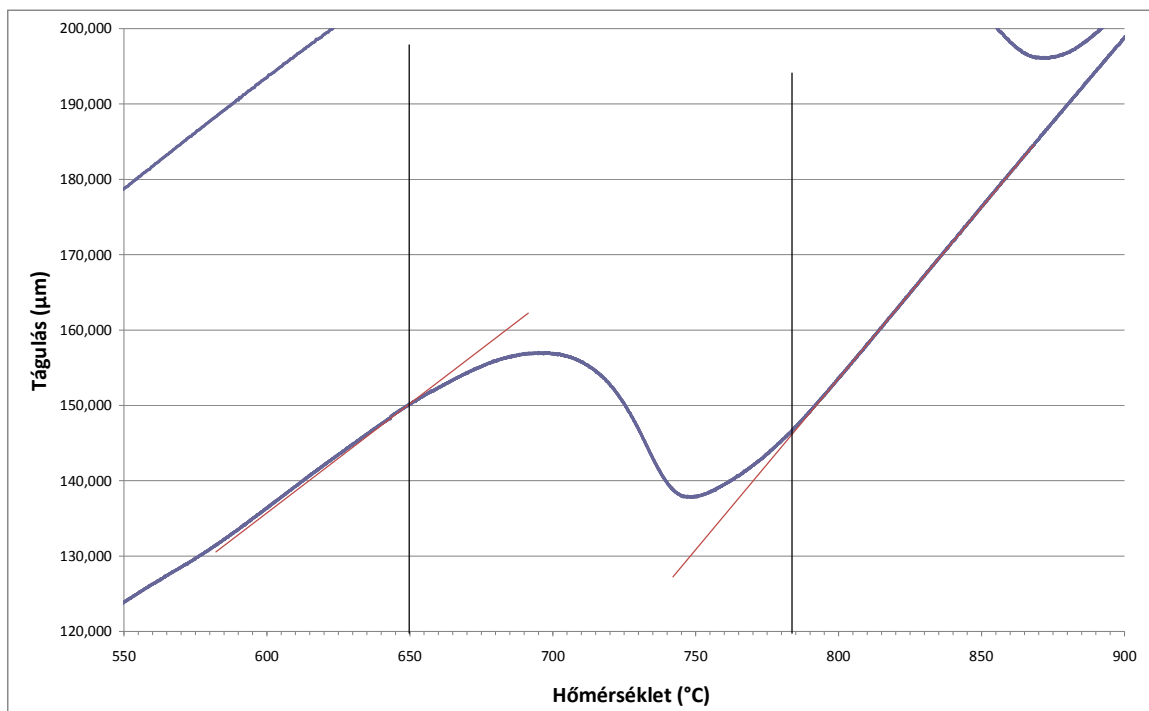
Azért, hogy ez jobban érzékelhető legyen, gyorsabb hűtéssel is elvégeztünk egy dilatométeres vizsgálatot. A D2-es jelű minta esetében a felfűtés sebessége végig 20°C/perc volt, majd 950°C-nál lehúztuk a kemencét, így szabadon (védőgázban) hűlt a darab a 18. ábra szerinti módon. A próba dilatométeres görbét a 19. ábra mutatja.



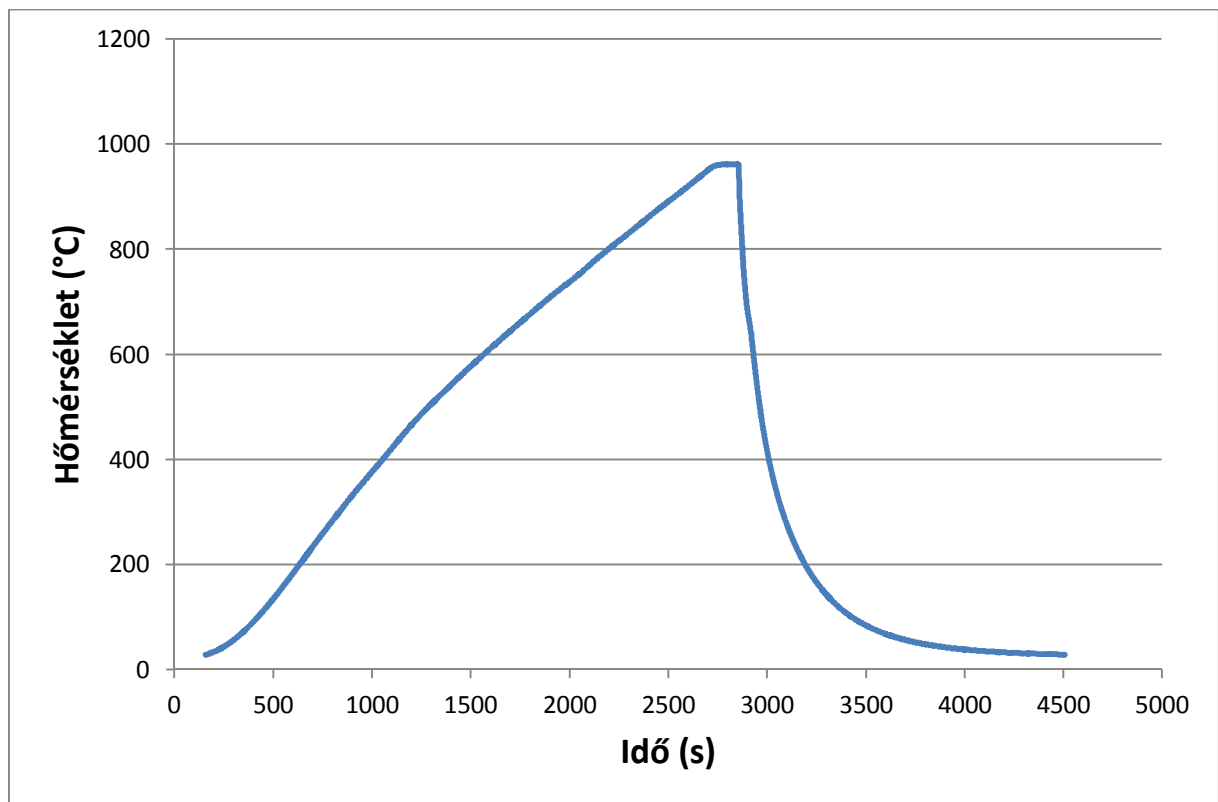
15. ábra A lassabb hűtésű kísérlet hőmérséklet-idő diagramja



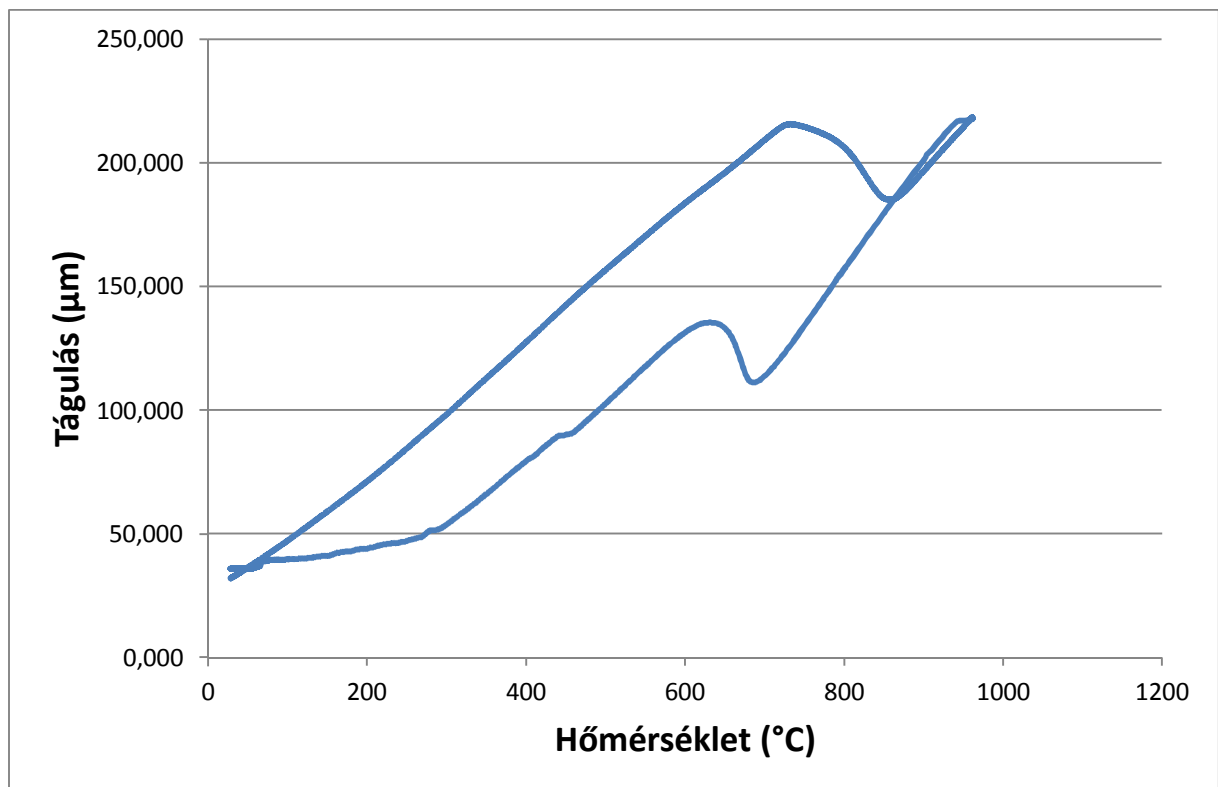
16. ábra A dilatométeres görbe a lassabban hűtött (D1) minta esetében



17. ábra A görbe kiértékelése a lassabban hűtött minta esetében

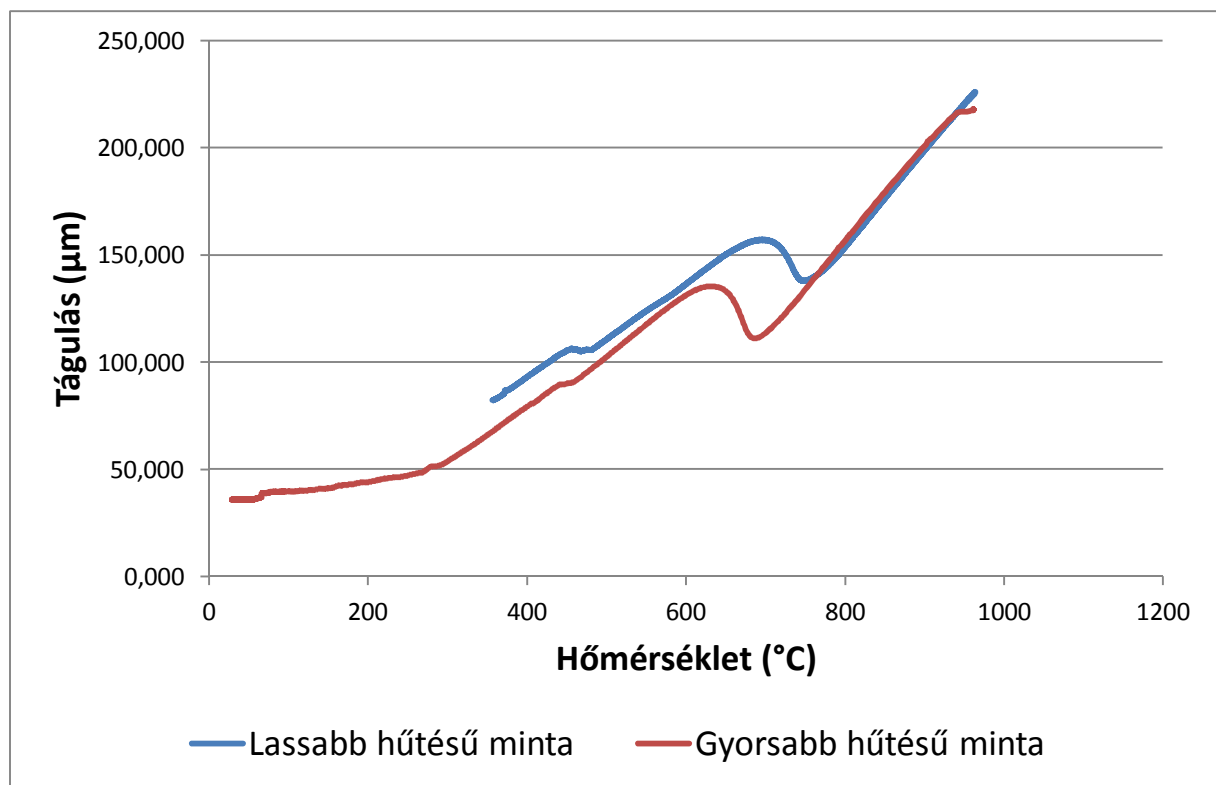


18. ábra A gyorsabb hűtésű darab hőmérséklet-idő görbéje



19. ábra A gyorsabban hűtött, D2 jelű minta dilatométeres görbéje

Az ausztenitációs folyamatok egyértelműek. Mindkét mintánál gyorsan de két lépcsőben zajlanak, ami megfelel a ferrit-martenzit kiinduló szerkezetnek. Először a martenzit átalakulása majd ezt követően a ferrit átalakulása történik. Az egyenletes méretváltozás a tisztán ausztenites szövetre utal. A két minta lehűlése során fellépő méretváltozásokat egy diagramon ábrázolva (20. ábra) szembevetendő, hogy a gyorsabb hűlés esetében is közel azonos hőmérsékleten áll meg egy időre a méretcsökkenés. Az első kísérletnél nem hűtöttük tovább a darabot, viszont a második esetben felfedezhető 300°C körül egy törés a görbén, ami szintén lehet fázisátalakulás.



20. ábra A két minta dilatométeres görbéjének hűlési szakasza

A D2 jelű minta esetében is ugyanúgy elvégezve a kiértékelést, az átalakulási hőmérsékletek az 5. táblázatban találhatók.

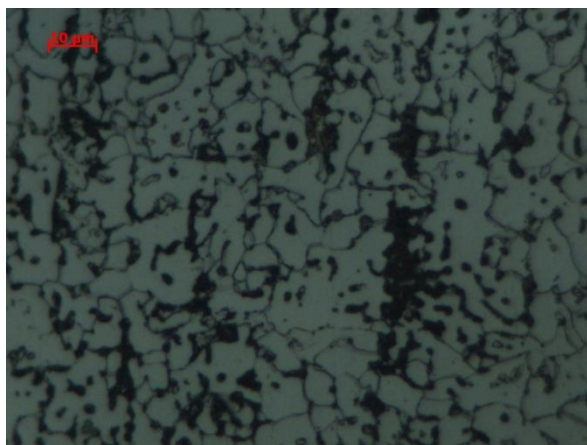
5. táblázat Átalakulási hőmérsékletek (°C) a két minta esetében

	Lassú hűtés	Gyors hűtés
A_{c1}	710	725
A_{c3}	885	880
A_{r1}	650	570
A_{r3}	785	715

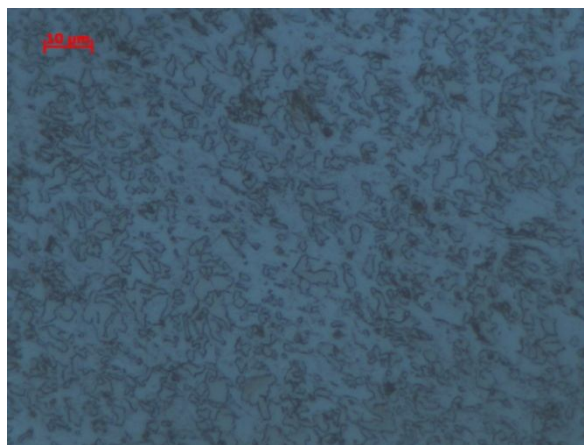
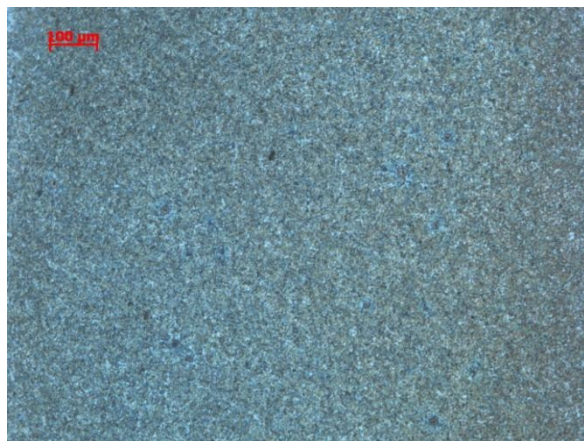
A dilatométert megjárt mindkét minta esetében elvégeztem a szövétvizsgálatot, hogy az átalakulási termékeket azonosítsam és megmértem a minták keménységét is. A hengerlési irányú és a keresztmetszeti képek egy-egy minta esetében hasonló szerkezetet mutatnak, ami összhangban van a kiinduló minta hasonló állapotával. A különböző sebességgel hűlt mintákban viszont egymáshoz képest jelentős az eltérés, ez látható a 21. ábra és a 22. ábra képein.

A lassú hűtés esetében egy erősen soros szövetet látunk, míg a másik próba sokkal inkább izotrópnak tűnik. A szövetszerkezet mindkét minta esetében nagyon finom, azonosítása nem teljesen egyértelmű. A lassú hűtésű darab sok ferritet és nagyon finom szerkezetű 2. fázist tartalmaz. A gyorsabb hűtésű darabban kevesebb ferrit, sok martenzit és kevés 3. fázis is látható. Ez a nagyon finom szerkezetű, a lassabb hűtésű darabban is előforduló fázis nagy valószínűséggel bénit, és képződése a 450-470°C- körüli hőmérsékleten történt.

Lassú hűtés

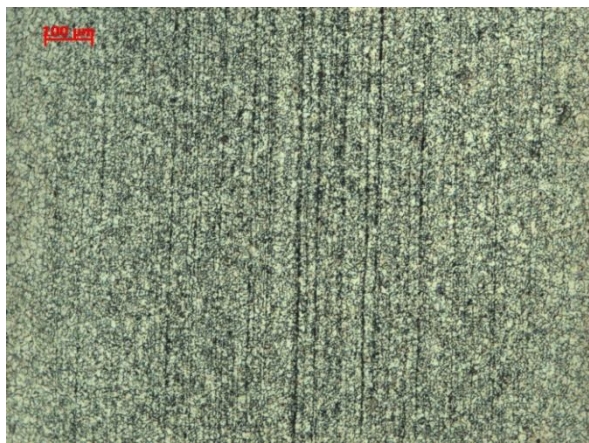


Gyors hűtés

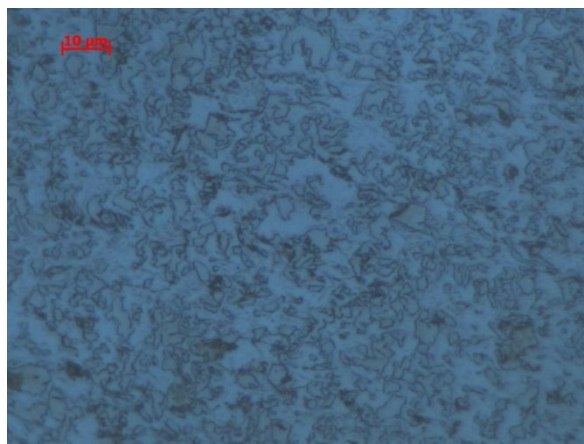
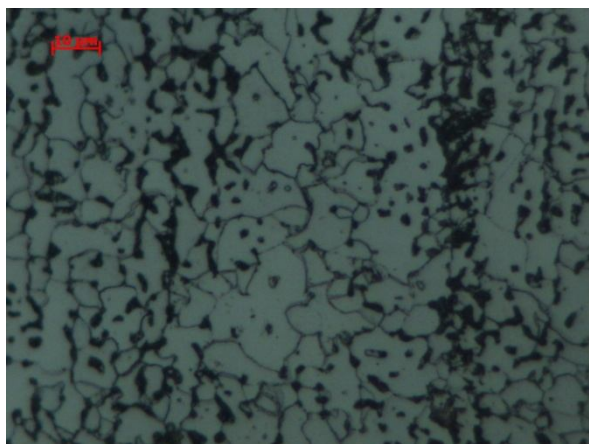


21. ábra A dilatométeres minták keresztmetszeti képe 100x és 1000x nagyításban

Lassú hűtés



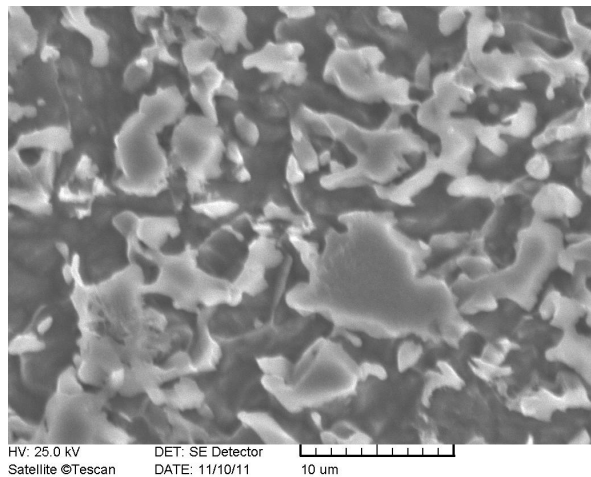
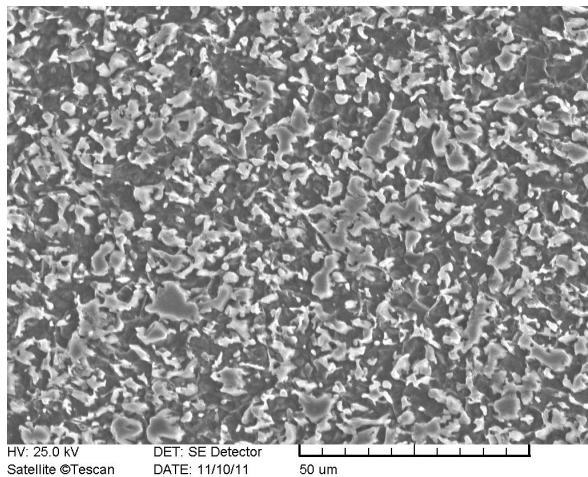
Gyors hűtés



22. ábra A dilatométeres minták hengerlési irányú metszeti képe 100x és 1000x nagyításban

A felbontás nagyítása érdekében a gyorsabb hűtésű darabról pásztázó elektronmikroszkóppal is készült felvétel, ezt mutatja a 23. ábra. A szekunder elektron (topográfia érzékeny) kontrasztú képen a ferrit mátrix mellett finom martenzit szigeteket látunk. A bénittól nem lehet megkülönböztetni.

A minták keménységi értékei a 6. táblázatban találhatóak. Megállapítható, hogy a vizsgált felület irányától nem függ a keménység, viszont a minták között jelentős eltérés van. A szövetszerkezet szerinti értékeket kaptuk, a sok lágy ferritet tartalmazó minta keménysége kisebb.



23. ábra SEM felvétel a gyors hűtésű dilatométeres mintáról

6. táblázat A dilatométeres próbák keménysége, HV10

		Mérési adatok						Átlag
Lassú hűtés	Keresztirány	147	147	148	147	149	148	148
	Hengerlési irány	142	151	142				145
Gyors hűtés	Keresztirány	179	189	189	192	199		190
	Hengerlési irány	196	197	185				193

Folyamatos hűtéssel történő kísérletek

A folyamatos hűtéssel végzett hőkezeléskor ugyanolyan módon állítottam be a kemencét, ahogy a tesztelése során. Azért, hogy elegendő minta legyen, de a tulajdonságokban érzékelhető különbség legyen a darabok között, a próbákat 4 percenként vettem ki a kemencéből és vízben edzettem őket. Az adatgyűjtő által szolgáltatott adatokból meg tudtam határozni, hogy pontosan milyen hőmérsékletről edzettem az adott darabot. A hőkezelést két részletben végeztem, a második esetben (A11-A15 jelű minták esetében) hasonló módon hűlt a kemence, de itt már csak analóg műszert használtam a hőmérsékletek leolvasására. A próbadarabok jelölése és a hozzájuk tartozó kivételi hőmérséklet a 7. táblázatban található.

7. táblázat A minták edzési hőmérséklete

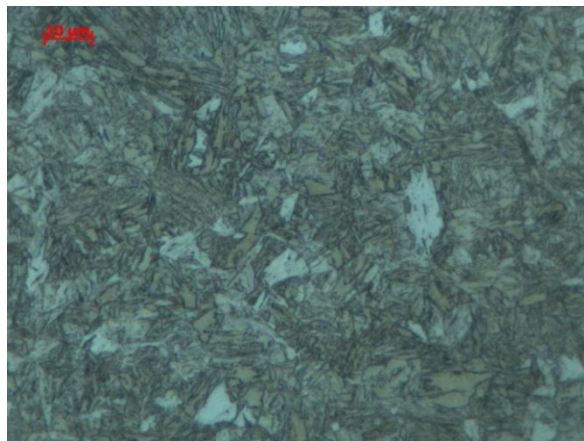
Sorszám	T (°C)
A1	860
A2	838
A3	821
A4	807
A5	790
A6	777
A7	765
A8	758
A9	741
A10	732
A11	700
A12	690
A13	680
A14	670
A15	660

Minden mintáról előkészítés után fénymikroszkópos képet csináltam, ezek a 24. ábra- 28. ábra képein láthatók.

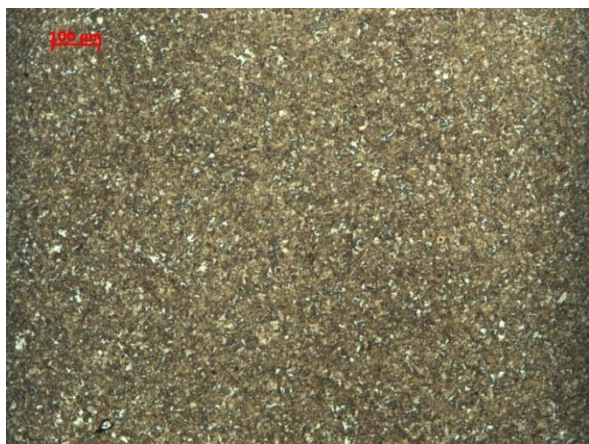
A1 (N=100x), 860°C



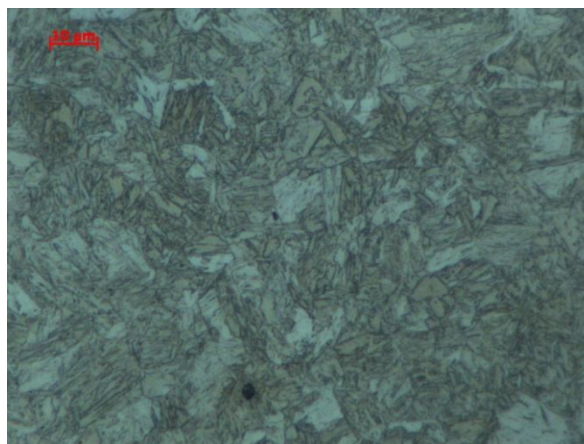
A1 (N=1000x)



A2 (N=100x), 838°C



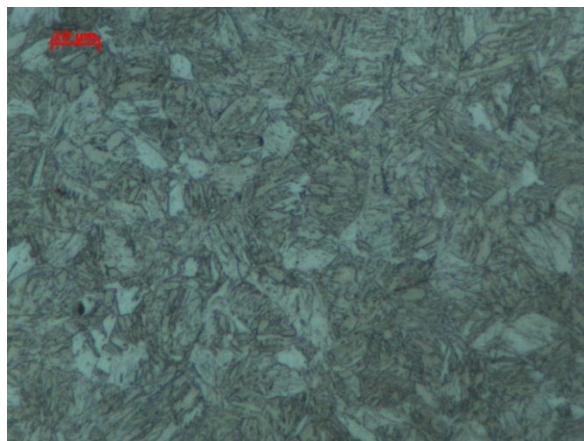
A2 (N=1000x)



A3 (N=100x), 821°C

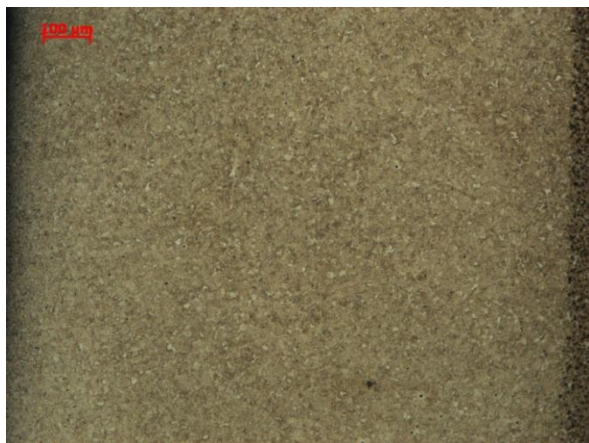


A3 (N=1000x)

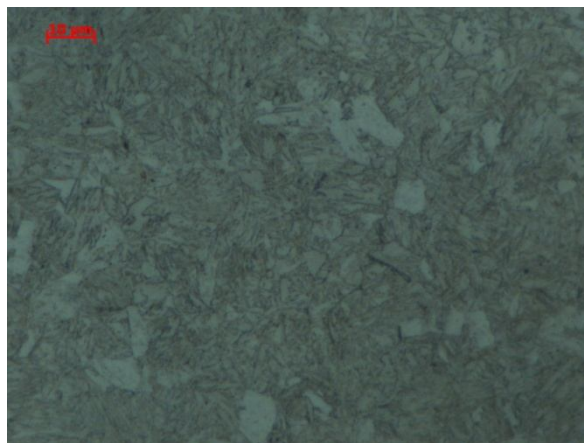


24. ábra A1-A3 minták szövetképei kétféle nagyításban

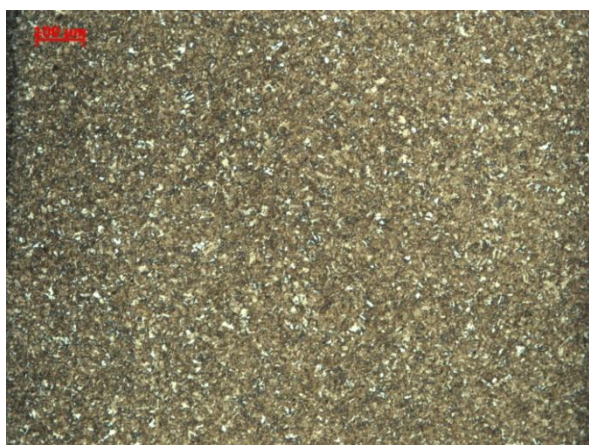
A4 (N=100x), 807°C



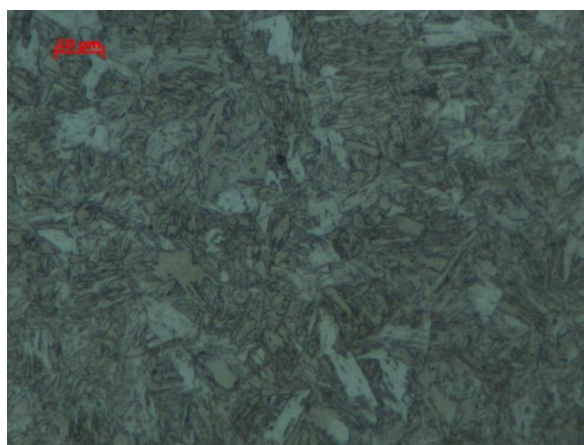
A4 (N=1000x)



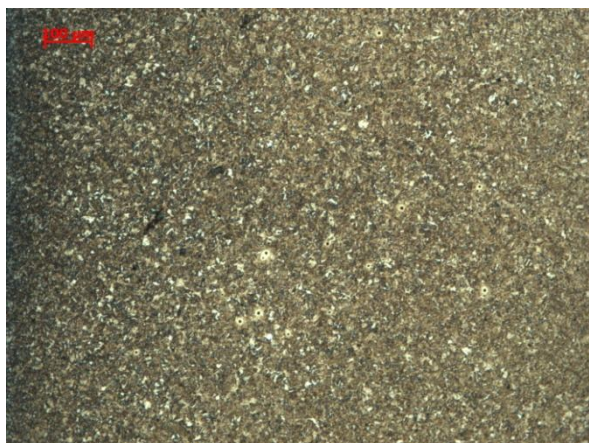
A5 (N=100x), 790°C



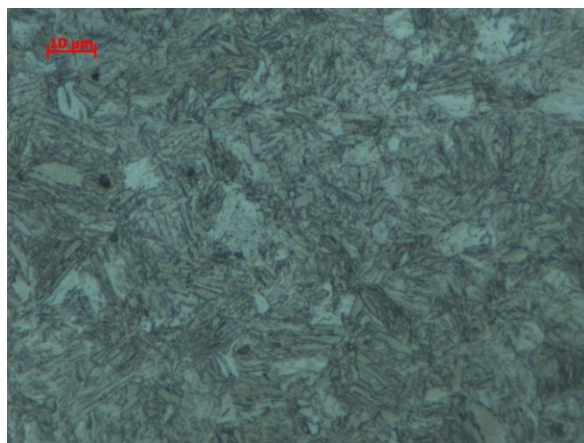
A5 (N=1000x)



A6 (N=100x), 777°C



A6 (N=1000x)

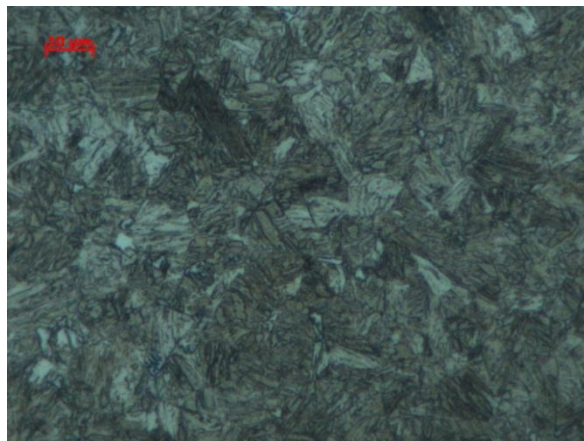


25. ábra A4-A6 minták szövetképei kétféle nagyításban

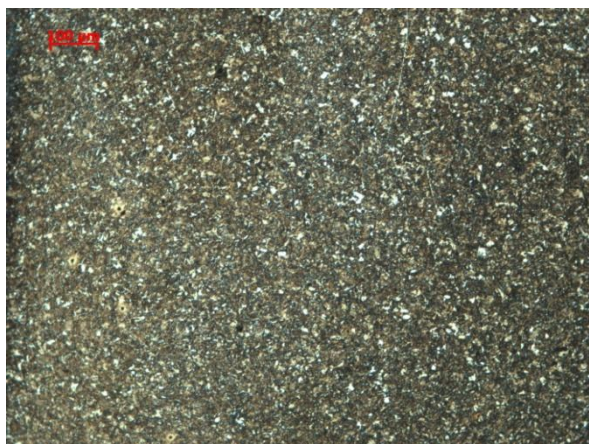
A7 (N=100x), 765°C



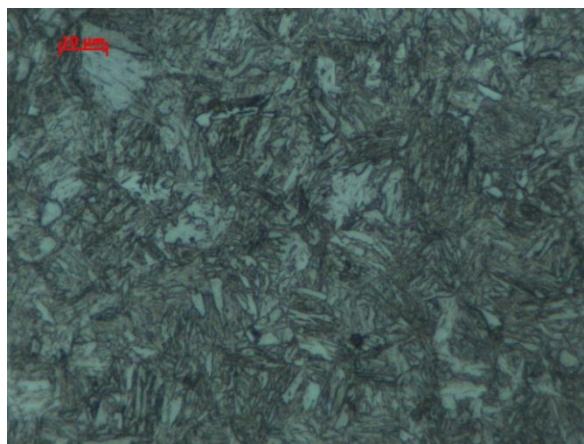
A7 (N=1000x)



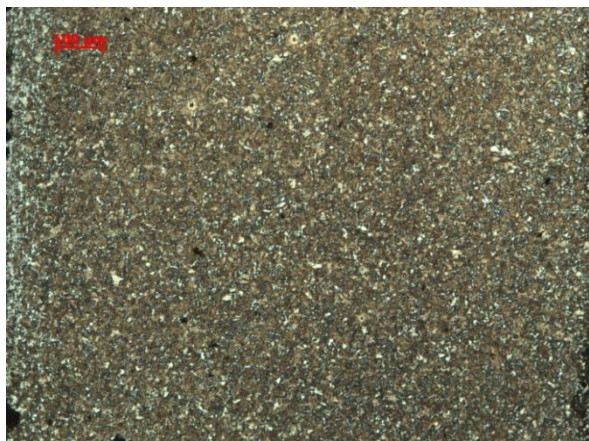
A8 (N=100x), 758°C



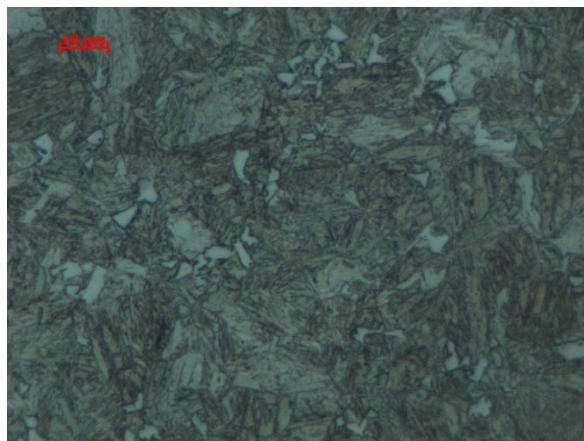
A8 (N=1000x)



A9 (N=100x), 741°C



A9 (N=1000x)

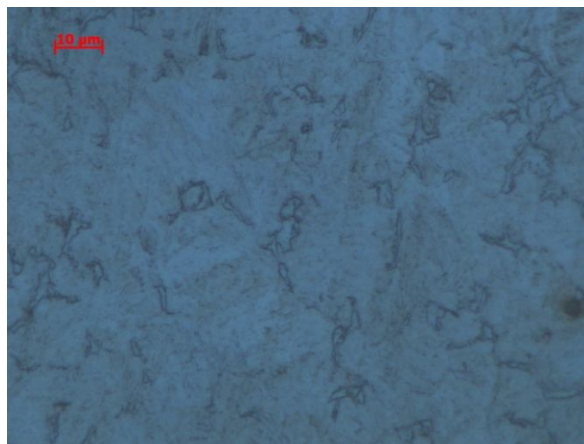


26. ábra A7-A9 minták szövetképei kétféle nagyításban

A10 (N=100x), 732°C



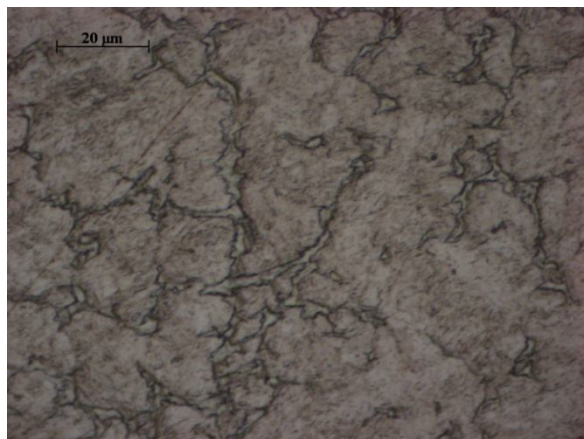
A10 (N=1000x)



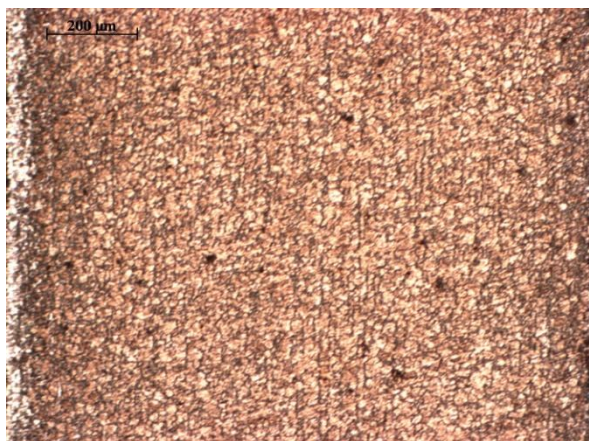
A11 (N=100x), 700°C



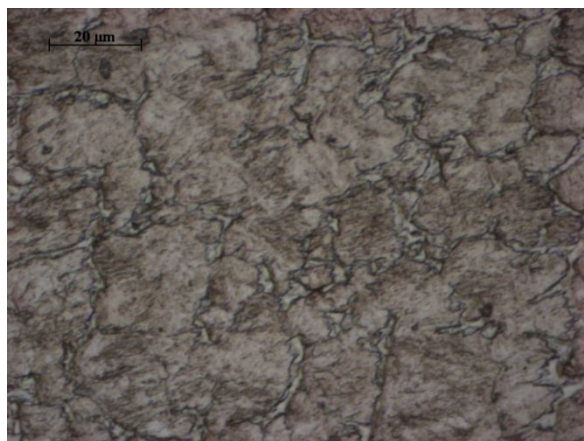
A11 (N=1000x)



A12 (N=100x), 690°C

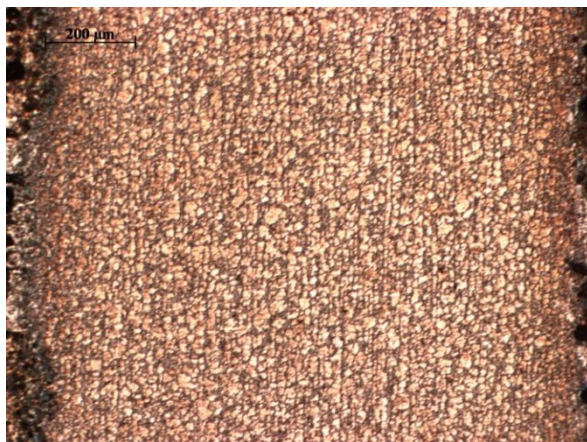


A12 (N=1000x)

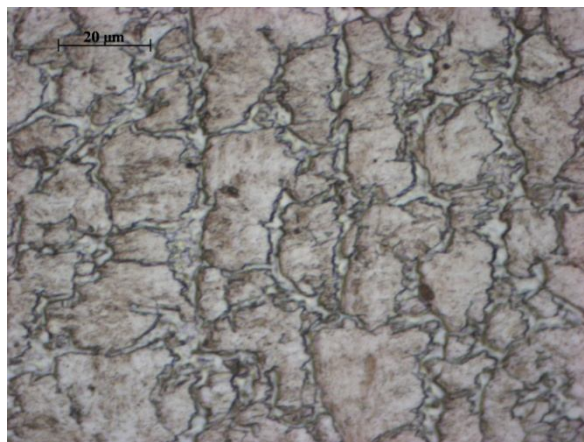


27. ábra A10-A12 minták szövetképei kétféle nagyításban

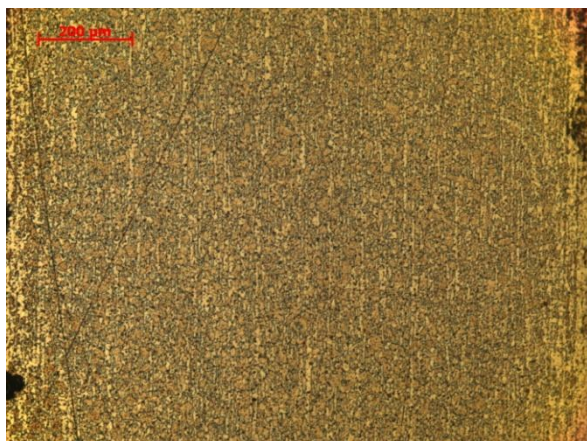
A13 (N=100x), 680°C



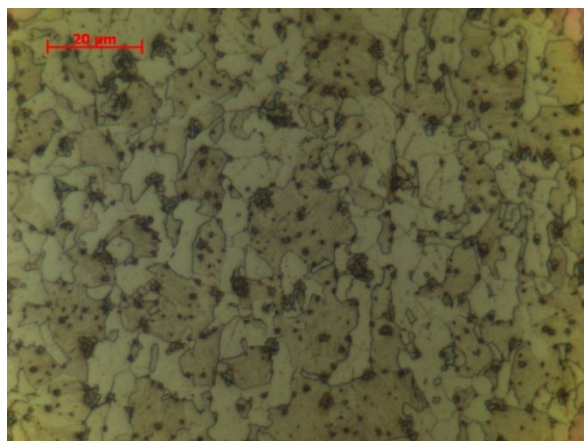
A13 (N=1000x)



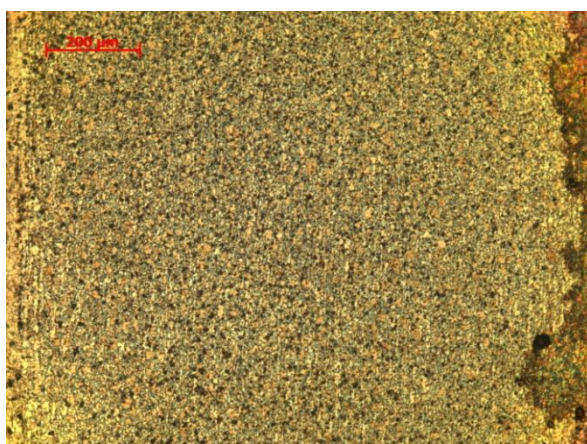
A14 (N=100x), 670°C



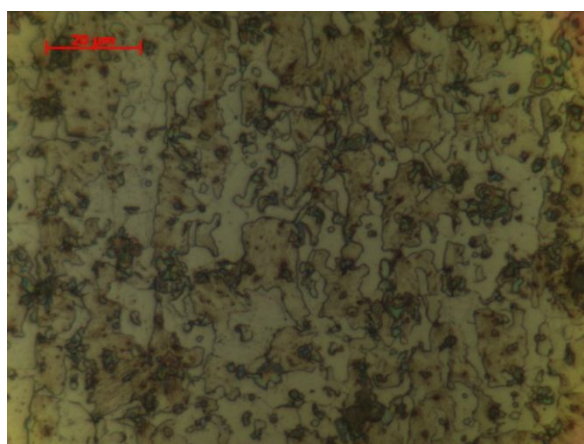
A14 (N=1000x)



A15 (N=100x), 660°C



A15 (N=1000x)



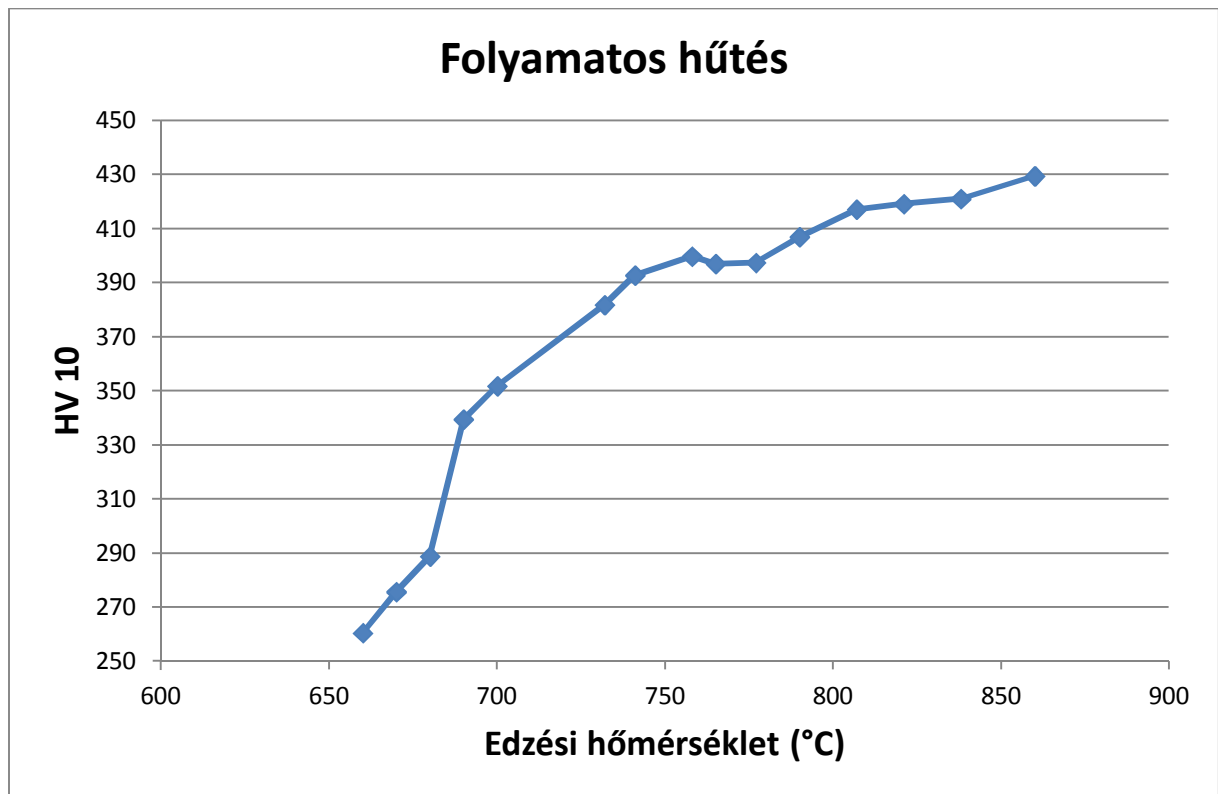
28. ábra A13-A15 minták szövetképei kétféle nagyításban

A hőmérséklet csökkenésével haladva látható, hogy az első 6 darab között nincs lényegi különbség, tiszta martenzites szövet látható mindegyiken. Az A7-es darabnál (765°C) azonban már megjelennek a ferrit csírák, amelynek mennyisége a hőmérséklet csökkenésével lassan nő, az A14-es minta (670°C) esetében kb 50-50%-ban van jelen a kétféle szövetelem. A ferrit megjelenése jól korrelál a dilatométeres eredményekkel. A 15-ös mintában bénitre emlékeztető szövetelem is megjelenik kis mennyiségben.

A hőmérséklet csökkenésével a keménység folyamatosan csökken. A sokkal lágyabb ferrit fázis térfogathányadának növekedése a keménységmérés adataiból is jól nyomon követhető (8. táblázat, 29. ábra). A ferrit nélküli martenzit keménységének változása a szemcseszerkezet és a maradék ausztenit mennyiségének különbségében keresendő. Megfigyelhető az is, hogy a ferrit hálós mennyiségben való megjelenésével a martenzit szerkezete jelentősen megváltozik, egyre finomabb lesz.

8. táblázat A folyamatosan hűtött minták keménysége

Sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Átlag	T (°C)
	HV 10											
A1	423	431	431	431	431						429	860
A2	421	423	419	421	423	414	426	419	421	423	421	838
A3	419	419	419	421	414	416	414	423	423	423	419	821
A4	414	416	416	416	416	416	421	414	423	419	417	807
A5	409	402	414	411	407	404	404	404	407	407	407	790
A6	386	400	395	395	397	400	400	402	404	395	397	777
A7	391	395	395	391	393	397	404	407	400		397	765
A8	397	400	395	402	400	402	404	397	400	400	400	758
A9	409	400	386	391	395	389	393	389	389	386	393	741
A10	393	393	386	384	376	382	380	374	374	376	382	732
A11	350	352	354	356	356	356	346	348	352	348	352	700
A12	336	346	345	339	343	336	334	336	339	341	340	690
A13	287	285	287	283	289	290	293	296	291	287	289	680
A14	271	276	278	280	276	270	275	280	276	275	276	670
A15	261	265	264	263	264	257	258	260	258	255	261	660



29. ábra A folyamatosan hűtött minták keménysége az edzési hőmérséklet függvényében

Izotermás hőkezelési kísérletek

Az izotermás hőkezelések esetében különböző állandó hőmérsékleteken 10 percig hőkezelttem (ausztenitesítettem vagy interkritikus lágyításnak vetettem alá) a mintákat, majd vízben leedzettem. Ezt követően egyes mintákon alacsony hőmérsékletű megeresztéseket is végeztem. A 9. táblázatban feltüntettem az ausztenitesítés hőmérsékletét és a megeresztés hőmérsékletét és idejét. A 30. ábra látható, hogy az idejétől és hőmérsékletétől függetlenül a megeresztésnek a szövetszerkezetre nincs (ilyen felbontásban) látható hatása.

A szövetképeken a 840°C felett ausztenitesített darabok teljesen martenzitesek, 840°C-on már nagyon kis mennyiségben megjelenik a ferrit. Hőmérsékletben lefelé haladva egyre nagyobb a ferrit térfogathányada, a martenzit pedig egyre finomabb szerkezetű, ezt figyelhetjük meg a 31. ábra és 32. ábra képein. A képek a megeresztetlen mintákról készültek. Az alacsonyabb hőmérsékleteken a 740°C-os mintától lefele megváltozik a szövetszerkezete jellege a ferrit – martenzit helyett ferrit-karbid típusú szövet alakul ki, ami azzal magyarázható, hogy ezen a hőmérsékleten az eredeti martenzit nem alakult már át ausztenitté, csak megeresztődése és a karbidok szferoidizációja zajlott le.

A 33. ábra kisebb nagyítású képeiből megállapítható, hogy a 840°C-os ausztenitesítés során még nem, azonban a 800°C-osnál és alacsonyabb hőmérsékleteken sorosságot lehet felfedezni.

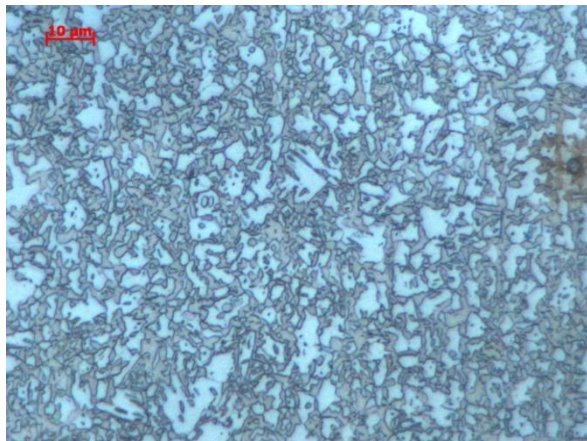
A minták keménységi adatait a 10. táblázat, 11. táblázat, 34. ábra, 35. ábra foglalja össze. A diagramból látható, hogy a ferrit mennyiségének növekedésével erősen csökken a próbák keménysége.

A 36. ábra mindkét hőkezelés keménységi adatait tartalmazza az edzést követően. Az izotermás edzés darabjai magasabb hőmérsékleten hasonló értékeket mutatnak, alacsonyabb hőmérsékleteken viszont rendre jelentősen kisebb értékűek mint a folyamatos hűtésű minták értékei. A különbség vizsgálatánál figyelembe kell venni azt a tényt, hogy folyamatos hűtésnél egy teljesen ausztenites szerkezetből indultunk ki, míg az izotermás esetben az eredeti szerkezet átalakulása történt vagy nem történt az adott hőmérsékleten.

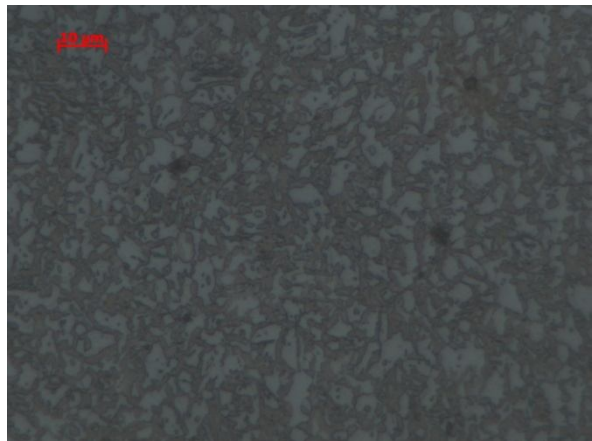
9. táblázat Az izotermás hőkezelések adatai

Minta megjelölése	T _{auszt} (°C)	T _{megeresztés} (°C)	t _{megeresztés} (perc)
650	650	-	-
680	680	-	-
700	700	-	-
720	720	-	-
740	740	-	-
1	760	200	5
2			10
3			15
4		230	5
5			10
6			15
7		-	-
8	800	200	5
9			10
10			15
11		230	5
12			10
13			15
14		-	-
15	840	200	5
16			10
17			15
18		230	5
19			10
20			15
21		-	-
22	870	200	5
23			10
24			15
25		230	5
26			10
27			15
28		-	-
29	920	-	-

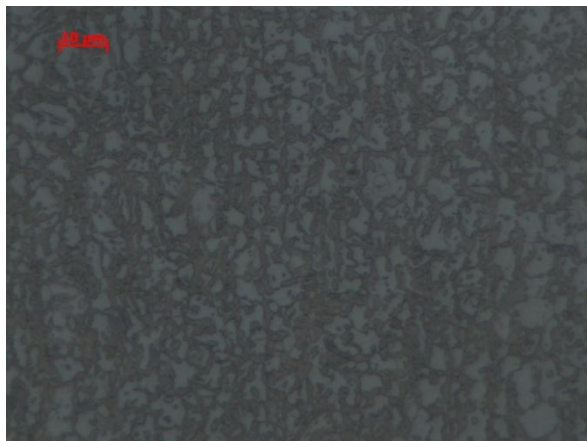
Kiinduló szerkezet (7-es minta), 760°C



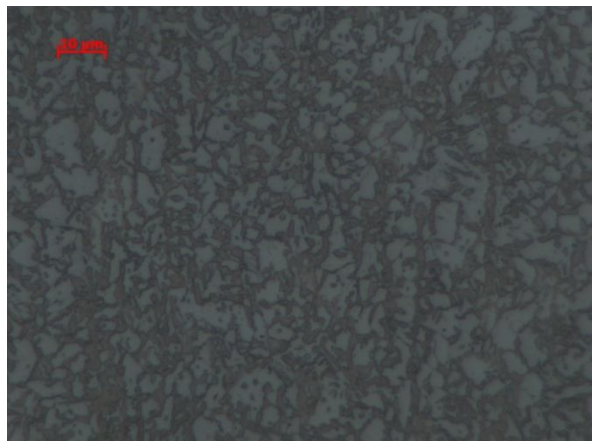
2-es számú minta (200°C, 10perc)



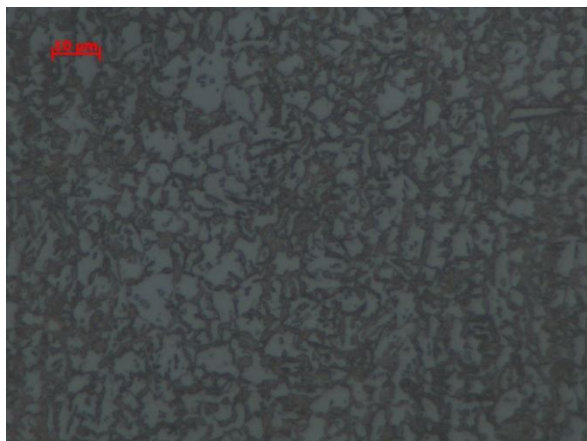
3-as számú minta (200°C, 15 perc)



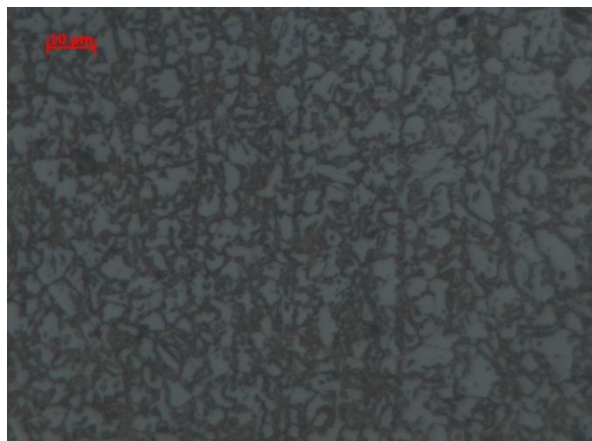
4-es számú minta (230°C, 5 perc)



5-ös számú minta (230°C, 10 perc)

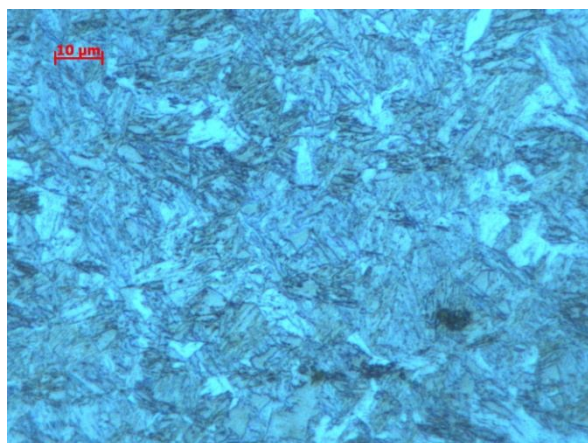


6-os számú minta (230°C, 15 perc)

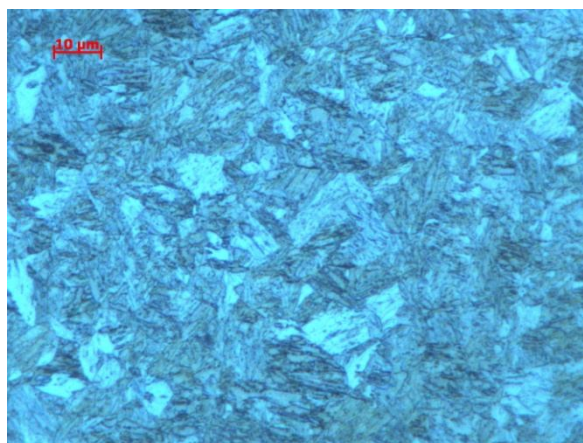


30. ábra A megeresztés hatása a szövetszerkezetre (N=1000x)

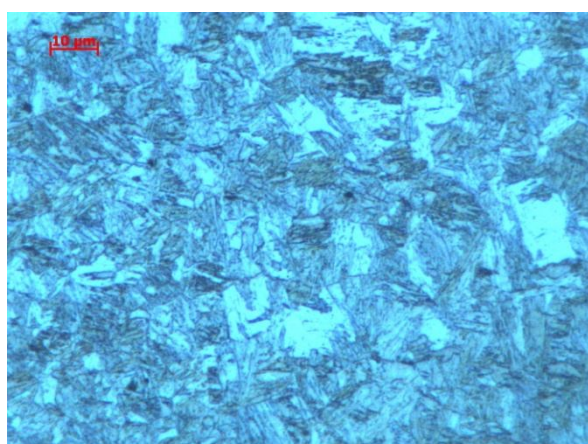
920°C (29-es minta)



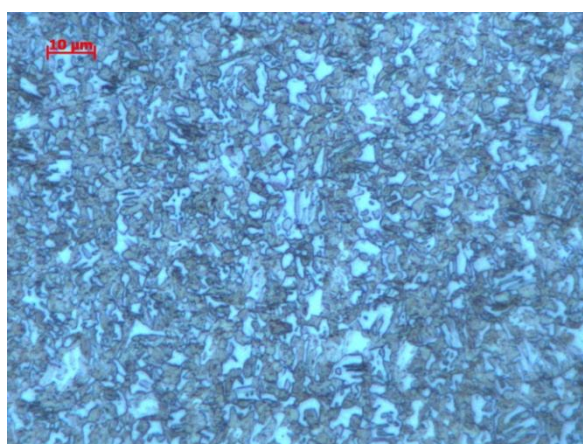
870°C (28-as minta)



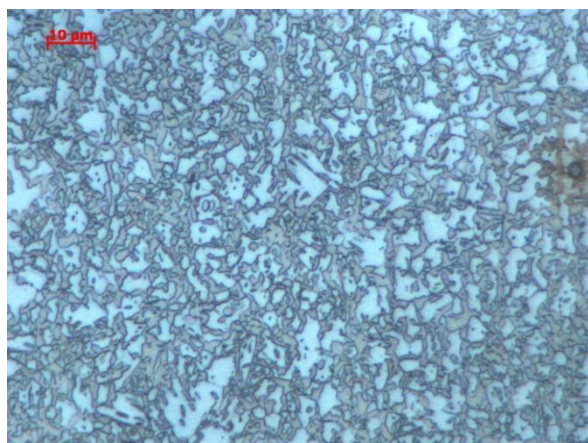
840°C (21-es minta)



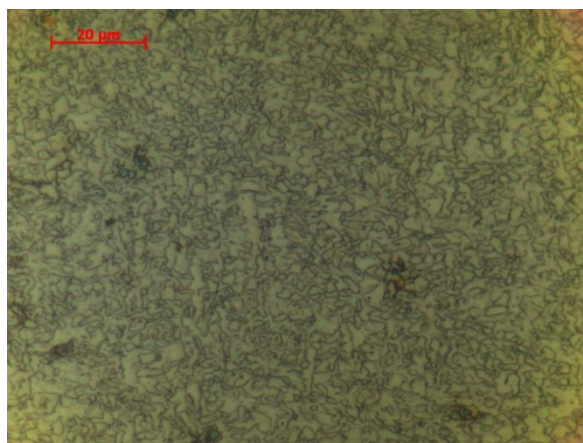
800°C (14-es minta)



760°C (7-es minta)

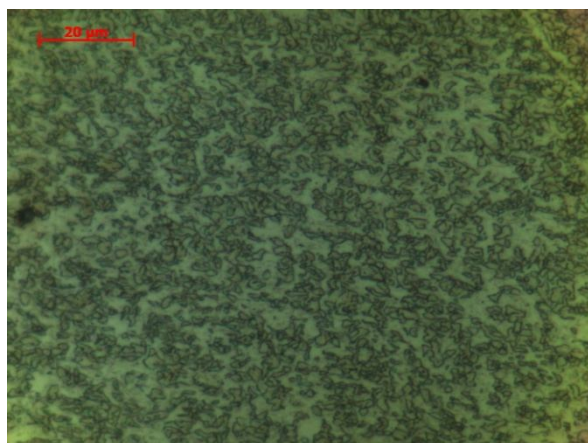


740°C

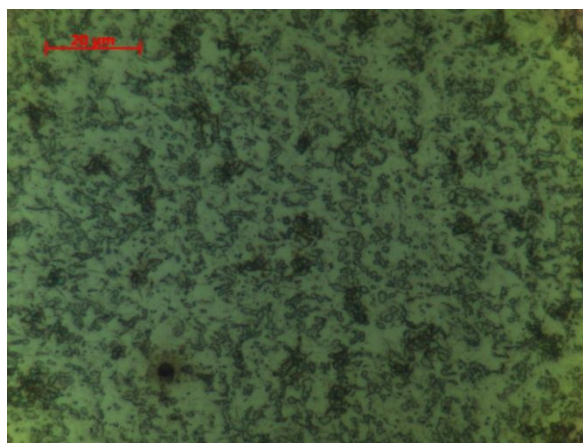


31. ábra A 920°C-től 740°C-ig izotermásan ausztenitesített darabok 1000x nagyítású szövetképe

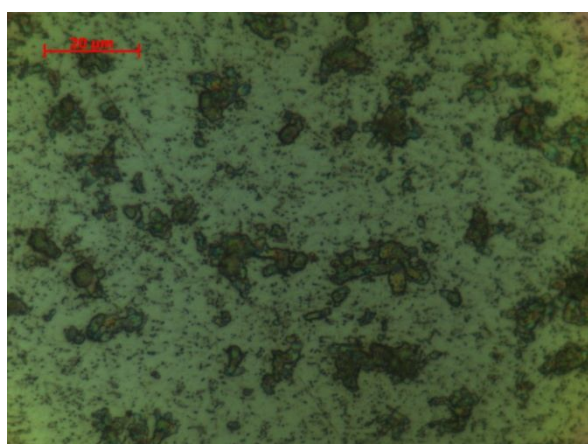
720°C



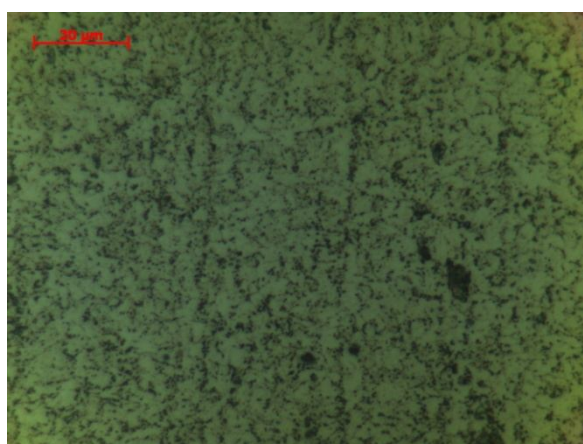
700°C



680°C



650°C



32. ábra A 720°C-tól 650°C-ig izotermásan ausztenitesített darabok 1000x nagyítású szövetképe

840°C (21-es minta)	800°C (14-es minta)
	

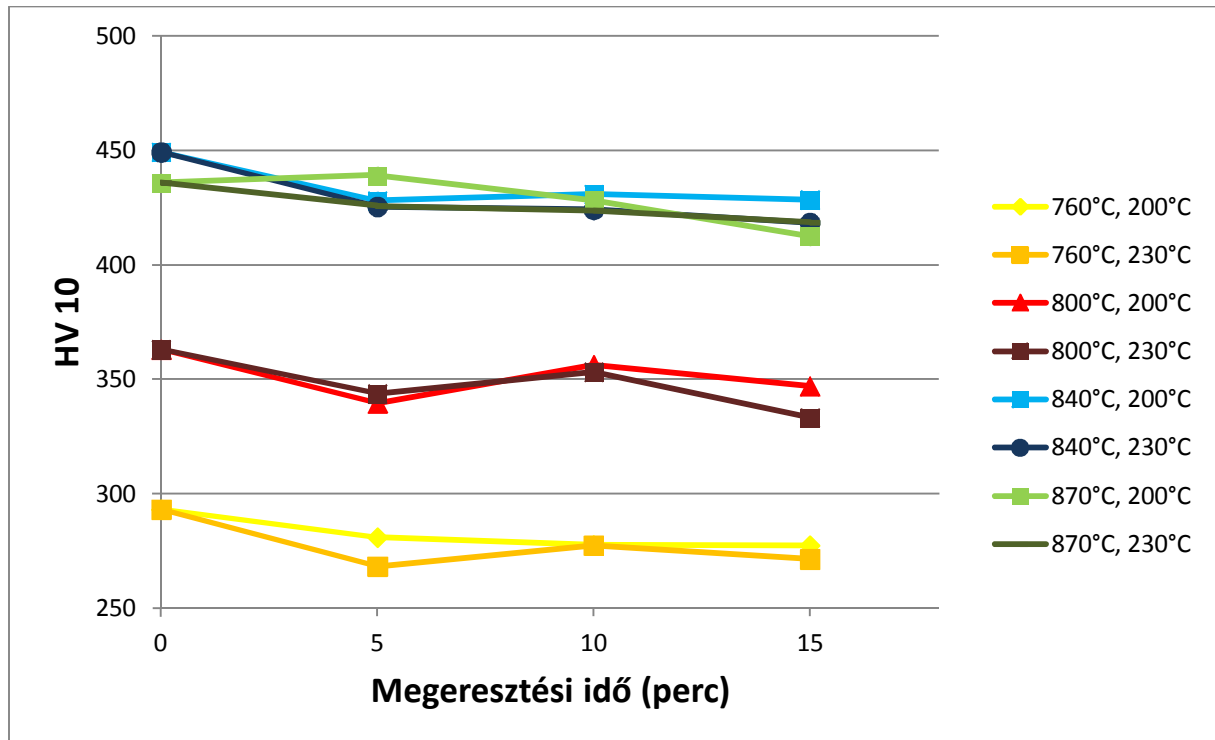
33. ábra A sorosság megjelenése (N=100x)

10. táblázat Az izotermásan hőkezelt darabok keménységi adatai

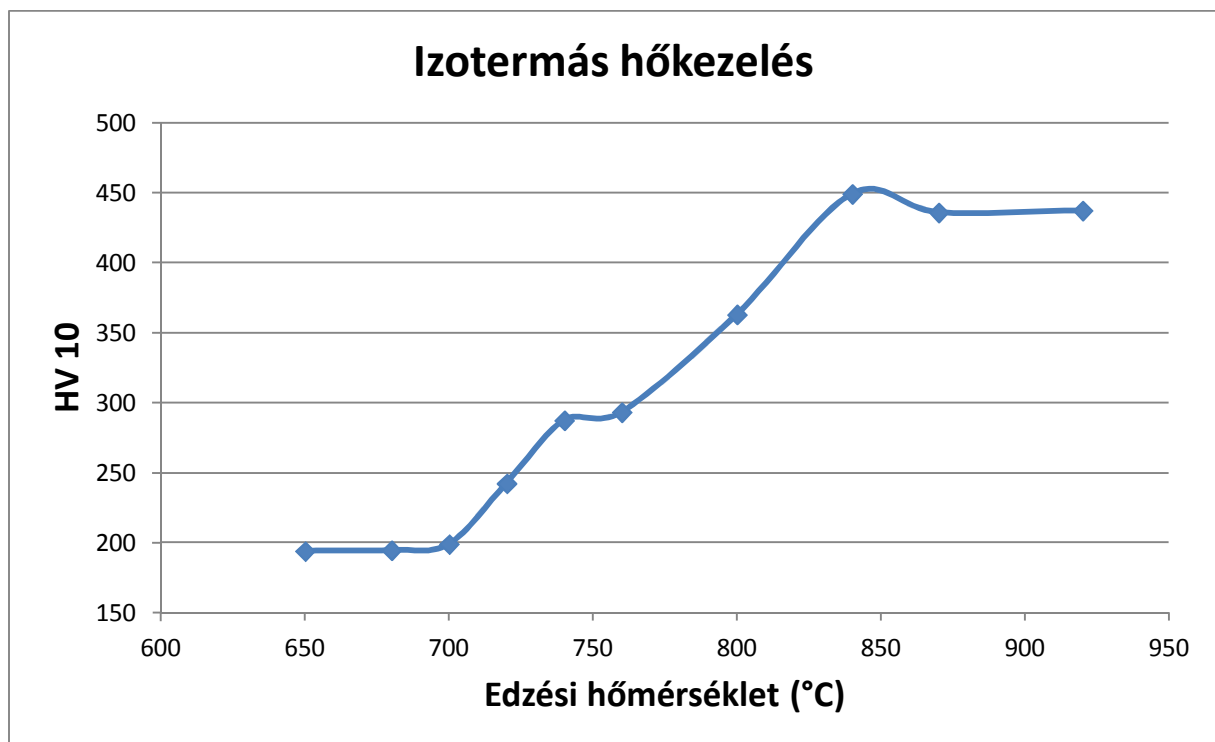
Sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Átlag
650	192	193	195	193	195	195	195	195	195	192	194
680	194	200	199	195	195	194	192	193	192	192	194,6
700	194	194	196	195	196	199	202	203	205	206	199
720	248	245	245	243	241	243	238	241	239	241	242,4
740	286	286	285	289	290	285	286	287	291	289	287,4
1	286	279	287	285	280	280	279	283	276	275	281
2	283	282	283	278	280	276	276	276	269	274	277,7
3	282	285	275	276	276	275	274	278	278	276	277,5
4	269	270	271	273	275	269	270	265	260	261	268,3
5	285	286	283	279	275	273	273	271	275	275	277,5
6	273	273	275	274	273	269	269	264	269	276	271,5
7	297	300	293	294	293	291	291	290	293	290	293,2
8	336	339	339	345	341	336	339	343	341	337	339,6
9	354	345	352	354	356	358	358	360	362	364	356,3
10	341	346	346	350	348	348	343	346	350	352	347
11	352	352	352	341	339	339	336	345	336	345	343,7
12	348	356	360	354	356	350	352	352	352	352	353,2
13	339	334	330	327	332	330	334	334	336	337	333,3
14	358	364	364	368	362	362	364	364	362	362	363
15	423	426	426	434	431	434	431	431	421	423	428
16	436	431	428	426	434	434	431	431	431	426	430,8
17	426	431	431	428	434	431	428	426	428	421	428,4
18	426	434	428	423	423	426	426	428	419	421	425,4
19	428	428	426	426	421	428	423	414	421	426	424,1
20	423	419	426	421	419	416	416	414	416	414	418,4
21	441	449	447	447	455	447	455	458	449	444	449,2
22	444	436	436	434	449	436	439	441	436	439	439
23	426	431	434	428	428	426	426	423	434	426	428,2
24	407	407	411	409	414	411	416	419	416	414	412,4
25	426	426	426	431	426	421	428	431	421	421	425,7
26	431	428	426	428	419	419	416	426	423	421	423,7
27	416	416	414	416	423	423	419	419	421	419	418,6
28	444	444	436	439	441	434	436	431	423	431	435,9
29	441	434	444	439	439	431	436	434	436	439	437,3

11. táblázat Az izotermásan hőkezelt darabok keménységi adatai és hőkezeltégi állapota

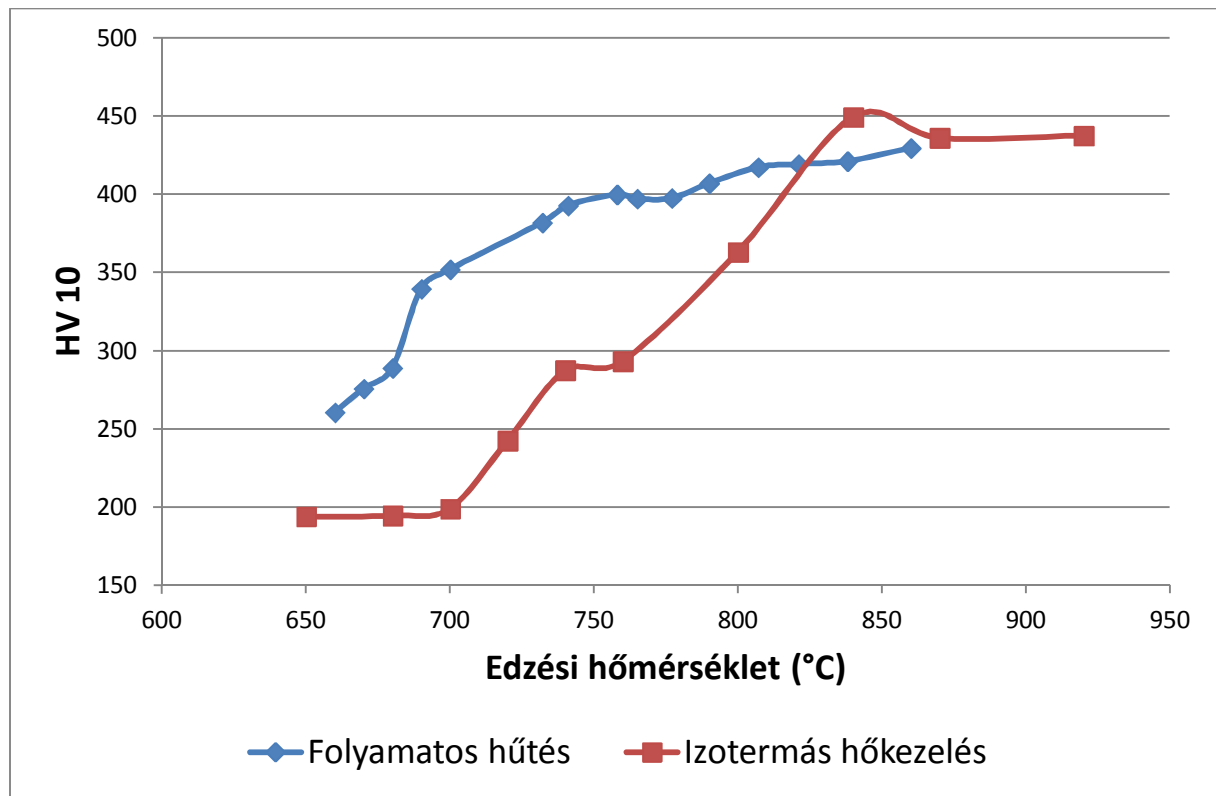
Átlag HV10	T _{auszt} (°C)	T _{megeresztés} (°C)	t _{megeresztés} (perc)
194	650	-	-
195	680	-	-
199	700	-	-
242	720	-	-
287	740	-	-
281	760	200	5
278		200	10
278		200	15
268		230	5
278		230	10
272		230	15
293		-	-
340		-	-
340	800	200	5
356		200	10
347		200	15
344		230	5
353		230	10
333		230	15
363		-	-
428		-	-
428	840	200	5
431		200	10
428		200	15
425		230	5
424		230	10
418		230	15
449		-	-
439		-	-
439	870	200	5
428		200	10
412		200	15
426		230	5
424		230	10
419		230	15
436		-	-
437		-	-
437	920	-	-



34. ábra Az izotermásan kezelt darabok keménysége a kezelési ciklus végén



35. ábra A darabok keménysége az izotermás edzés hőmérsékletének függésében



36. ábra A darabok keménysége az izotermás és folyamatos edzés hőmérsékletének függésében

Összefoglalás

Kísérleteimet az ArcelorMittal által gyártott és a TOYO Seat által megmunkált duál fázisú, préselési technológiára szánt 1,4 mm vastagságú hengerelt acéllemezekon végeztem. Ebből a lemeztermékből személygépkocsik székrögzítő egysége készül. Vizsgálataim célja volt, hogy az interkritikus lágyítás hőmérsékletének a hatását vizsgáljam a kialakult lemeztermék mechanikai tulajdonságaira, ezért hőkezelési kísérleteket végeztem, megvizsgáltam a termékek szövetszerkezetét, és a mechanikai tulajdonságokat keménység vizsgálattal jellemeztem.

Vizsgálataim során megállapítottam, hogy a DP780 minőségű acél esetében az interkritikus lágyítás hőmérséklete jelentősen befolyásolja a kialakult szövetszerkezetet és a keménységét. Méréseimmel meghatároztam azt a hőmérséklet tartományt ahol DP 780 jelű ötvözet jellemző interkritikus lágyítása elvégezhető. Méréseim igazolták, hogy az interkritikus lágyítási hőmérséklet megválasztásánál figyelembe kell venni, hogy milyen az alapanyag kiinduló szerkezete, ugyanis a gyors technológia esetén nem feltétlenül van idő a megfelelő egyensúlyi szerkezet kialakulására és ezért jelentős különbségek lehetnek egy már átalakult szövet illetve egy ausztenites állapotból érkező mintadarab végállapota között. Megállapítottam továbbá, hogy a kialakult martenzit-ferrit szerkezet alacsony hőmérsékletű megeresztő hőkezelésével a keménység mérhető csökkenését lehet elérni.

A továbbiakban összehasonlító vizsgálatokat fogok végezni a különböző mélyhúzhatósági tulajdonságokat mutató DP780 minőségű lemezek szerkezetére és egyéb mechanikai tulajdonságokra vonatkozóan.

Irodalmi hivatkozás

- [1] <http://boronextrication.com/2010/08/2011-bmw-5-series-body-structure/>
- [2] http://www.arcelormittal.com/automotive/saturnus/sheets/catalogue.pl?id_sheet=F&header=&language=EN
- [3] ASM Handbook 1, kötete, ASM International, 1990
- [4] <http://www.arcelormittal.com/automotive/repository/Product%20offer/DualPhaseSteels.pdf>
- [5] Dr. Tranta Ferenc Fémtani vizsgálatok, Tankönyvkiadó, Budapest 1988
- [6] Ylva Granbom: Structure and mechanical properties of dual phase steels -An experimental and theoretical analysis, PhD értekezés, Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden, 2010
- [7] A Study on the Relationship between Microstructural Composite Materials Lab : Paramters and Mecahnical Properties of Fine Grained Dual Phase(DP) Steel : <http://composite.kaist.ac.kr/cgi-bin/reseng3.pl?ultrafine>
- [8] B.Verlinger: Thermo mechanical processing of metallic materials, Elsevier, 2007
- [9] P. Movaheda, S. Kolahgara, S.P.H. Marashia, M. Pouranvari, N. Parvina: The effect of intercritical heat treatment temperature on the tensile properties and work hardening behavior of ferrite–martensite dual phase steel sheets, Materials Science and Engineering A 518 (2009) 1–6
- [10] Marion Calcagnotto , Yoshitaka Adachi , Dirk Ponge , Dierk Raabe: Deformation and fracture mechanisms in fine- and ultrafine-grained ferrite/martensite dual-phase steels and the effect of aging, Acta Materialia 59 (2011) 658–670
- [11] Yuki TOJI, Takako YAMASHITA, Katsumi NAKAJIMA, Kaneharu OKUDA, Hiroshi MATSUDA, Kohei HASEGAWA and Kazuhiro SETO: Effect of Mn Partitioning during Intercritical Annealing on Following $\gamma \rightarrow \alpha$ Transformation and Resultant Mechanical Properties of Cold-rolled Dual Phase Steels, ISIJ International, Vol. 51 (2011), No. 5, pp. 818–825

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Dr. Mertinger Valéria egyetemi docensnek a munkám végrehajtása során folyamatosan nyújtott odaadó segítségéért és türelméért.

A dilatométeres vizsgálatok végrehajtásában és kiértékelésében nyújtott segítségét köszönöm Dr. Tranta Ferenc tudományos főmunkatársnak, az elektronmikroszkópos képek elkészítéséért köszönettel tartozom Kovács Árpád mérnöktanárnak és a szakítópróbák végrehajtásáért Mikó Tamás junior kutatónak, illetve köszönöm a próbadarabok előkészítése során nyújtott segítségét Márkus Zoltánné műszaki szolgálatónak.

A munkám elkészítését a TÁMOP-4.2.1.B/-10/2/KONV-2010-0001 számú projekt támogatta.

Melléklet



ArcelorMittal Belgium S.A.
Boulevard du roi Albert II, 35
B-1030 Bruxelles

**CERTIFICAT DE RECEPTION
SELON NORME : EN10204 VOLET (3.1B)**

ADDRESS OF CLIENT	POSTAL ADDRESS FOR CERTIFICATE	REFERENCES
ARCELORMITTAL GONVARRI SSC SLOVAKIA DLHA ULICA 1594/49 SK-905 01 SENICA SLOVAKIA 04809	ARCELORMITTAL GONVARRI SSC SLOVAKIA DLHA ULICA 1594/49 SK-905 01 SENICA SLOVAKIA 04809	CDE/PT: 063370/27 AVIS DEXPEDITION: 2854060909 NUMERO CERTIFICAT: 2854060909 DATE D'ETITION: 04/09/09 VOS REFERENCES : 746 00014923803 REF. LEVERAGE 6C59AAA746/000004

REFERENTIEL

ANALYSE CHIMIQUE

C (MIN/MAX):	/ 150	MIN (MIN/MAX):	/ 2200	SI (MIN/MAX):	/ 600	RE (MIN/MAX):	450 / 350
						RM (MIN/MAX):	780 / 900
						A (MIN/MAX):	15 /
						SENS:	L

SN	UM	COLIS	COULEE	POIDS	ANALYSE CHIMIQUE												
					C 10-3	MN 10-3	SI 10-3	P 10-3	S 10-3	N2 10-4	AL 10-3						CEQ 10-3
0000000000	30/4560000	001	080/58	21	87	1925	161	18	3	43	26						0.00

SN	UM	COLIS	COULEE	POIDS	PROPRIETES MECANQUES						
					S	T	RE	RM	ALL	RM*A	E/R
006608803	3034360000	001	080758	21	L		947,8	875,4	15,0		

PRODUIT: LAF REC SKP BOB QUALITE : DP780A NORME : AFCS REVETEMENT METALLIQUE: ASPECT REVETEMENT: UNITES DE MESURE: RE/RM = , ALL = % NOUS CERTIFIONS QUE LES PRODUITS ENUMERES CI-DESSUS SONT CONFORMES AUX PRESCRIPTIONS DE LA COMMANDE	ASPECT SURFACE: A AFCS 2003/01 RUGOSITE:	POIDS NET: 21 TNE LARGEUR: 1198,000 MMET EPAISSEUR: 1,400 MMET LONGUEUR: 0,000	SIGNATURE S. DELAUNOIT RESP. GESTION QUALITE ASSURANCE QUALITE NON-REVETU
--	---	---	---