

# Duálfázisú lemezek csaphegesztése

Juhász Krisztina

Anyagtechnológia Tanszék, GAMF Kar, Kecskeméti Főiskola

**Összefoglalás:** Az autóiparban használatos nagyszilárdságú, ún. duálfázisú lemezekre történő csaphegesztés során bevitt hő befolyásolhatja a lemez szövetszerkezetét, mechanikai tulajdonságait. A TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV pályázat keretében végzett vizsgálatunk célja megállapítani, hogy milyen paraméterekkel biztosítható megfelelő szilárdságú csap kötés, illetve hogyan változik meg a szövetszerkezet és a mechanikai tulajdonság a hegesztés környezetében.

**Kulcsszavak:** duálfázisú lemezek, csaphegesztés, hegesztett kötés

**Abstract:** Stud welding technology is widely used in automotive industry. Often the base sheet is a high strength steel sheet, for example dual phase (DP) steel. The heat arising during the stud welding process influences the grain structure of the joint's environment and the mechanical properties of the joint. The aim of our research work is to determine the technological parameters which can give properly strong joint. Within the TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV project we are testing how the grain structure and mechanical properties change depending on the technological parameters of the stud welding operation.

**Keywords:** dual phase steel sheets, stud welding, welded joint

## 1. Bevezetés

Az autóipar évtizedek óta törekszik a fajlagos energiafelhasználás csökkentésére. A több lehetséges megoldás közül az egyik az autó önsúlyának a csökkentésén keresztül a karosszéria lemezek vékonyítása. Az egyes karosszériaelemek biztonságának megtartásához azonban biztosítani kell a megfelelő szilárdságot, aminek következtében egyre nagyobb szakítószilárdságú, folyáshatárú anyagok kerülnek kifejlesztésre és alkalmazásra. Gyakran a lemezanyagok duálfázisú (ferrit + martenzit szövetszerkezetű) acélok, melyek 450–1000 MPa szakítószilárdsággal rendelkeznek. Ezek speciális hőkezelési, hengerlési technológiákkal előállított lemezek. A lemezekben kialakított szövetszerkezet (ferrit + martenzit) biztosítja a megfelelő szilárdság mellett a kellő alakíthatóságot is. A karosszériára az egyes szerkezeti elemeket csap-, és dudorhegesztéssel rögzítik. A hegesztés során bevitt hő megváltoztatja a kialakított előzetes szövetszerkezetet, ami a mechanikai tulajdonságok megváltozását okozza. Kísérleteink során vizsgáltuk, hogy a DP 600 duálfázisú lemezre hegesztett csap kötése hogyan alakul ki, illetve milyen hatása van a lemez szövetszerkezetére, és a kötés mechanikai tulajdonságaira.

## 2. Vizsgálat kiinduló paraméterei

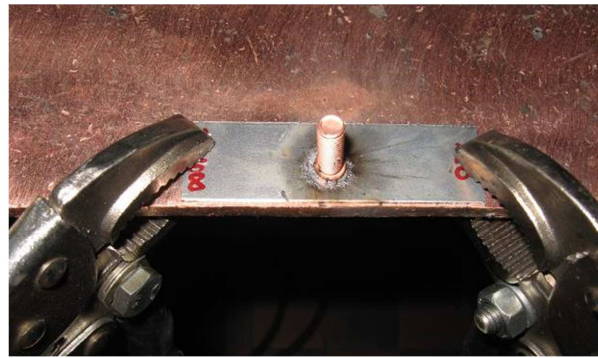
A kísérleteinkhez DP 600 bevonat nélküli 1mm vastag lemezt választottunk. A felhegesztett csap M6 méretű volt. A csaphegesztést Soyer BMS-8N típusú berendezéssel végeztük, amelynek a töltőfeszültsége 100 – 200 V közt állítható (1.a. ábra). A lemezhez a földelés hozzávezetése kétoldali volt (1.b. ábra) [1].

A kísérletek során a töltőfeszültséget 100 és 200 volt között 20 voltos lépésként változtattuk.

Azonos paraméterekkel 5 mintát készítettünk.



a)



b)

1. ábra: A csaphegesztő berendezés és a csaphegesztés

### 3. A vizsgálatra felhasznált anyagok összetétele

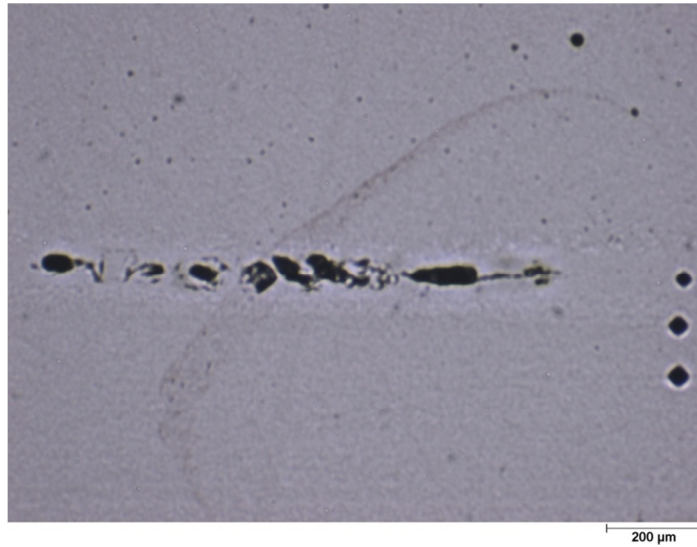
A vizsgálatra kerülő alapanyagokat kémiai összetételre FOUNDRY MASTER PRO spektrométerrel vizsgáltuk. Az 5 mérésből meghatározott átlagos vizsgálati eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. A mérési eredményekből látható, hogy a csap és a lemez anyaga is kis széntartalmú ötvözetlen acél.

1. táblázat

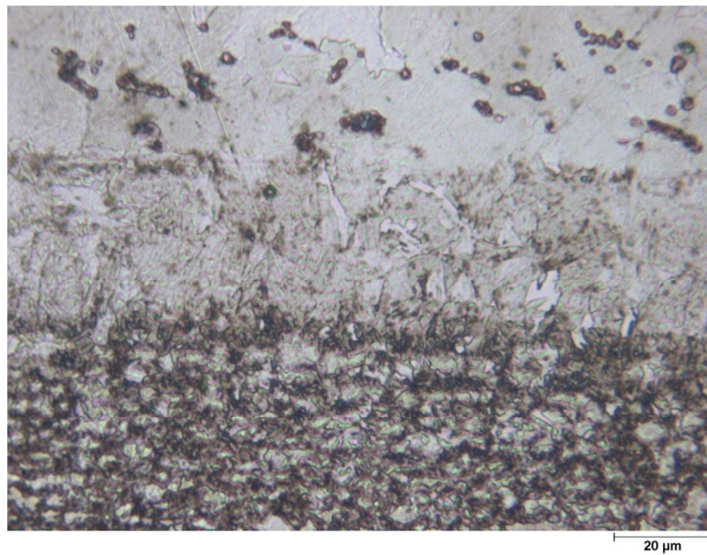
Megnevezés	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Cu	Nb	Ti	B	N
Csap	0,052	0,0495	0,384	0,0146	0,0086	0,0503	0,0275	0,0879	<0,001	0,0012	0,0003	<0,005
DP600	0,118	0,217	0,785	0,0224	0,0031	0,0232	0,0516	0,0071	0,0122	<0,001	0,0003	<0,005

### 4. A hegesztett kötések makroszkópi vizsgálata

A hegesztett kötések makroszkópi vizsgálatnak vetettük alá. A vizsgálatához a csap hosszengelye mentén elvágtuk a hegesztett kötést, majd megvizsgáltuk. A kisebb töltési feszültség alkalmazása esetén (100 V) az egyesítési vonal mentén nagyon sok zárvány, hiányosság volt látható (2. ábra), aminek az oka a megfigyelhető nem megfelelő beolvadás volt. Ezen hibák okozhatták a kötések kisebb szakítóerő értékeit is. A 120, 140 V töltőfeszültséggel készített próbák esetén csak esetenként fordultak elő kisebb hibák az egyesítési vonal mentén. A jó kötést a 3. ábrán mutatjuk be. A nagyobb töltési feszültséggel végzett csaphegesztések esetén is találtunk a hegesztési zónában zárvány, illetve össze nem hegedt részeket, ritkábban repedéseket is (4. ábra). A hegesztés során kifröccsenő megolvadt anyag esetenként benntmaradt az elemek között és az összeolvadás nem történt meg (5. ábra).



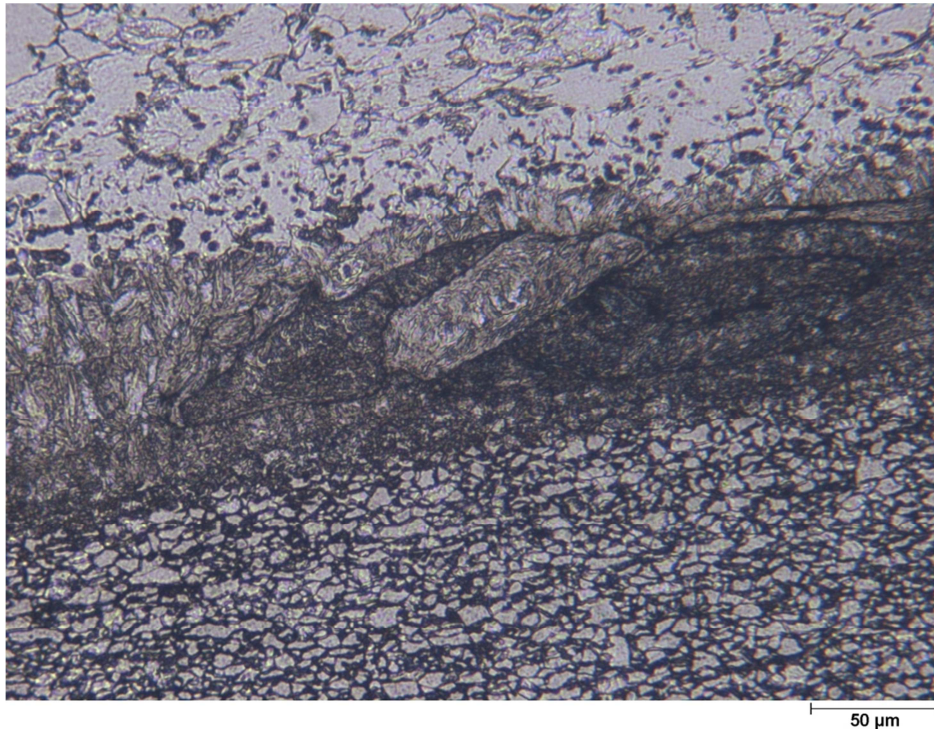
**2. ábra:** Kis töltőfeszültséggel készített kötés (100 V)



**3. ábra:** 140 V töltőfeszültséggel készült jó kötés



**4. ábra:** 160 V-al készült kötés

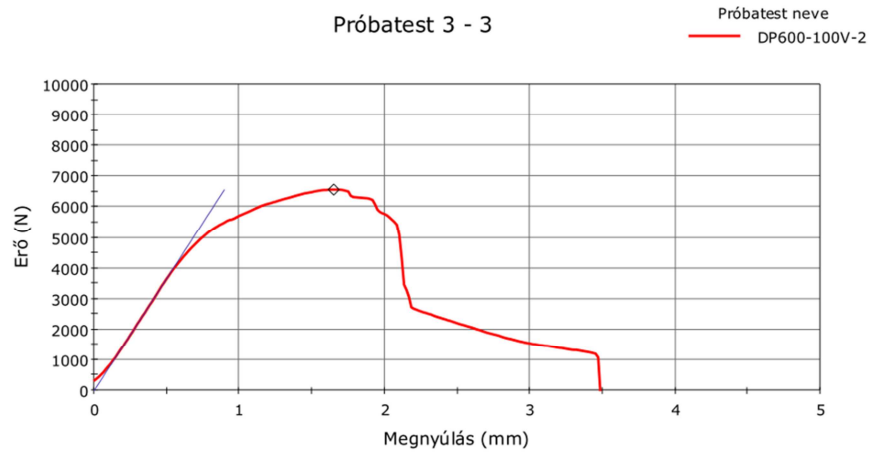


**5. ábra:** Összeolvadási hiba a 160 V-al készült kötésben

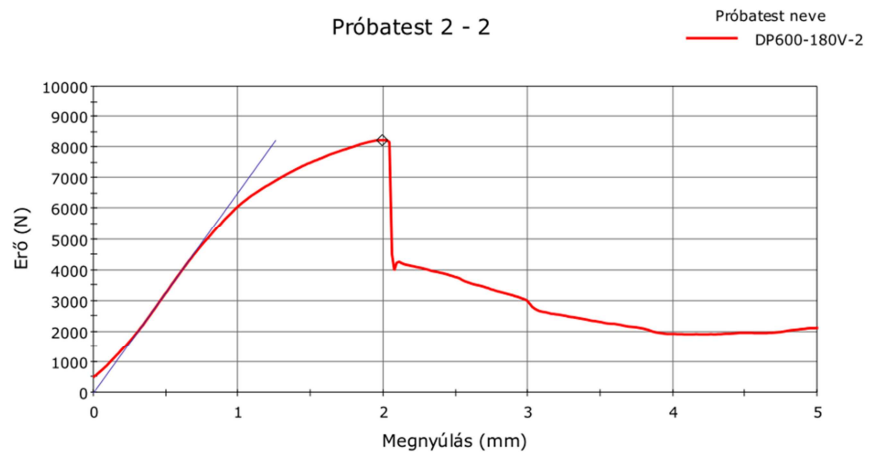
A fenti kötéshibák ellenére a kötések bizonyos töltőfeszültség felett megfelelő szilárdsággal rendelkeztek, amelyet a kötések szilárdságát vizsgálva állapítottunk meg. Az irodalmi adatok hasonló eredményeket mutattak [2].

## **5. A hegesztett csapok kötésének szilárdsági vizsgálata**

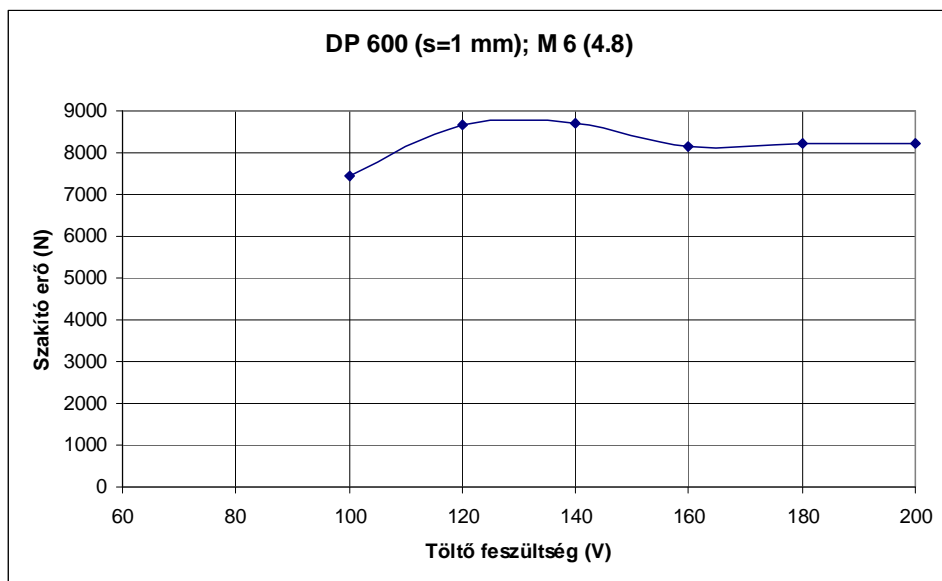
A hegesztett csapköteket szilárdsági vizsgálatnak vetettük alá. A vizsgálatokat INSTRON 4482 típusú szakítógéppel végeztük. Minden szakítóvizsgálatról erő-út diagramot vettünk fel. Azonos paraméterekkel végzett csaphegesztésekből 3–3 darab került szakítóvizsgálatra. A 6. ábrán látható a 100 V töltőfeszültséggel végzett csaphegesztett darab erő-út diagramja. Ebben az esetben több alkalommal a kötés nem volt megfelelő szilárdságú, a csap leszakadt a lemezről. A 7. ábrán már egy nagyobb töltőfeszültséggel (180 V) készített hegesztés erő-út diagramja látható. Ebben az esetben a hegesztett kötés kiszakadt a DP 600-as lemezből. A 8. ábrán összefoglaltuk a különböző töltőfeszültséggel készített csaphegesztésekhez szükséges szakítóerőket. Az ábrán látható, hogy a maximális szakítóerőt a 120 V és 140 V töltőfeszültség adta. Ezen esetekben a csap anyaga szakadt el, mely azt jelenti, hogy a varratok a mért maximális szakítóerőnél nagyobb szilárdságúak. Nagyobb töltőfeszültség alkalmazása esetén minden esetben kiszakadt a kötés az alaplemezből.



**6. ábra:** A 100 V töltőfeszültséggel hegesztett csap szakítódigramja



**7. ábra:** A 180 V töltőfeszültséggel hegesztett csap szakítódigramja



**8. ábra:** A szakítóerő változása a töltőfeszültség függvényében

A 9. ábrán bemutatjuk a szakítóvizsgálat elvégzése után a szakadási helyeket a töltőfeszültség függvényében.

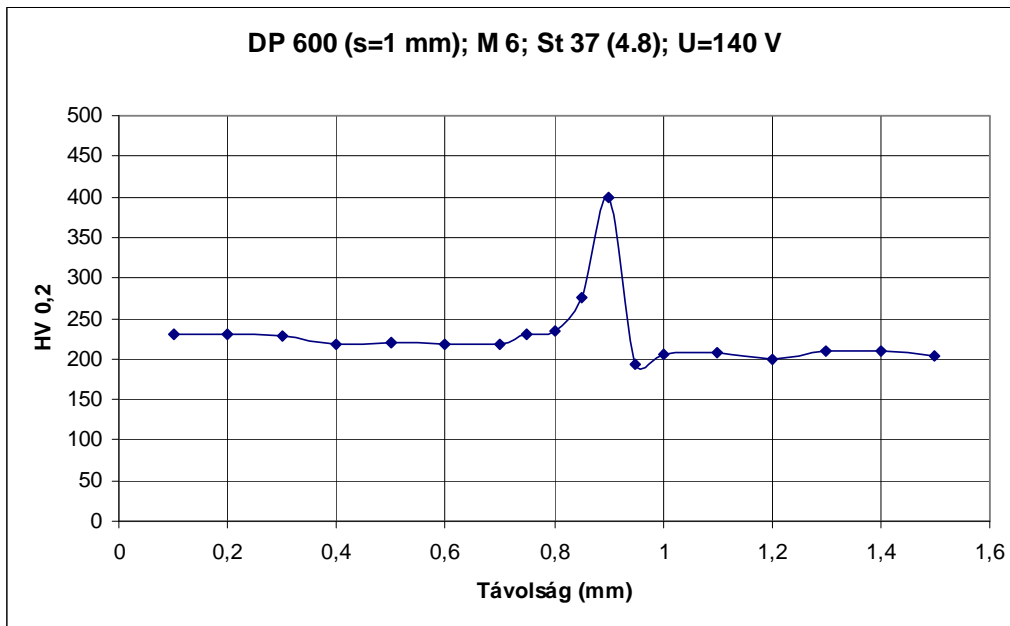


9. ábra: Minták szakítás után

## 6. A hegesztett csapok hőhatás övezetének keménységi vizsgálata

A szakítóvizsgálatnál tapasztalt viselkedés miatt keménységméréssel is megvizsgáltuk a hegesztés hőhatás övezetét. Feltételeztük, hogy valamilyen mértékű elridegedés okozza a hegesztés lemezből való kiszakadását. A vizsgálatok céljára a csap hossz tengelye mentén elváltuk a kötést, majd beágyazás után mikrokeménységet mértünk a hegesztett kötésre merőlegesen.

A jónak bizonyult 140 V töltőfeszültséggel végzett hegesztés hőhatásövezetének keménységváltozását a 10. ábrán mutatjuk be.

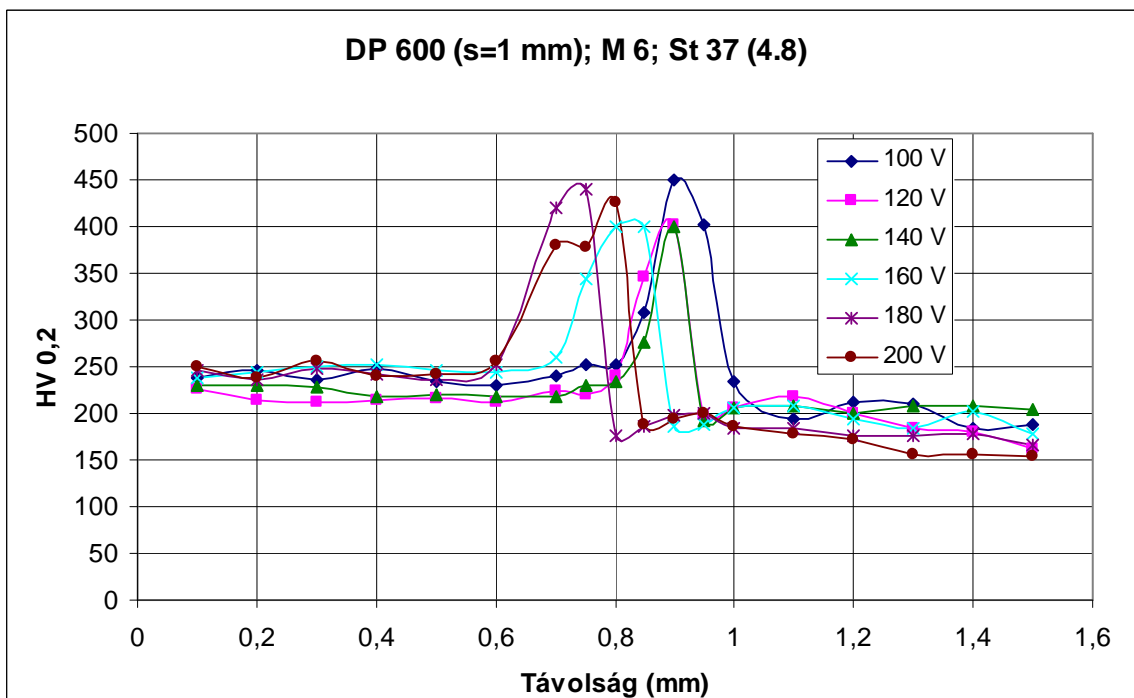


10. ábra: Hőhatásövezet keménységének változása

A 10. ábrán láthatjuk, hogy a hőhatásövezetben találni olyan helyet, ahol a keménység lényegesen megnő. Jelen esetben ~400 HV<sub>0,2</sub> értékre. A DP 600 lemez alapkeménysége 220 – 230 HV<sub>0,2</sub>, a csap anyagának alapkeménysége 205 – 210 HV<sub>0,2</sub>.

A keménységnövekedés a hegesztést követő gyors hűtés során bekövetkező átalakulásokból (martenzites, bénites) következhetett be.

A 11. ábrán összefoglalva megadjuk a különböző töltőfeszültséggel végzett hegesztések esetén a mikrokeménység mérés eredményeit.



11. ábra: Hőhatásövezet keménységének változása a töltőfeszültség függvényében

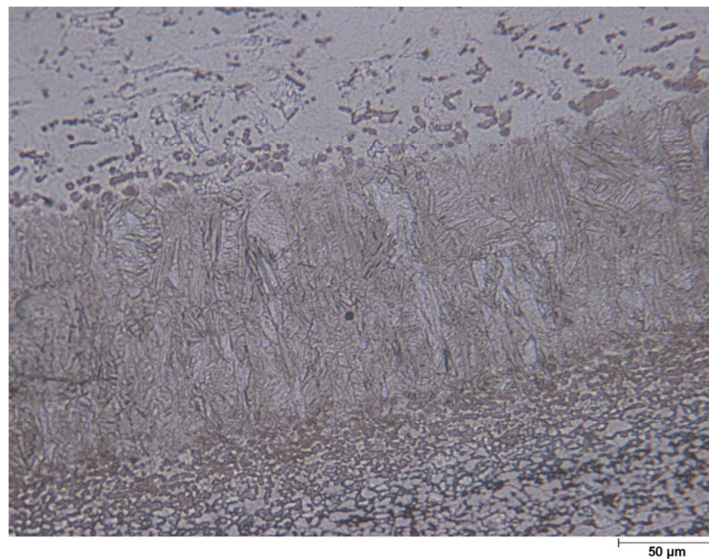
Az összesítő diagramból látható, hogy a hőhatásövezetben több töltőfeszültség esetén is a

keménység közel 450 HV0,2 volt, amely elridegedéséhez vezetett.

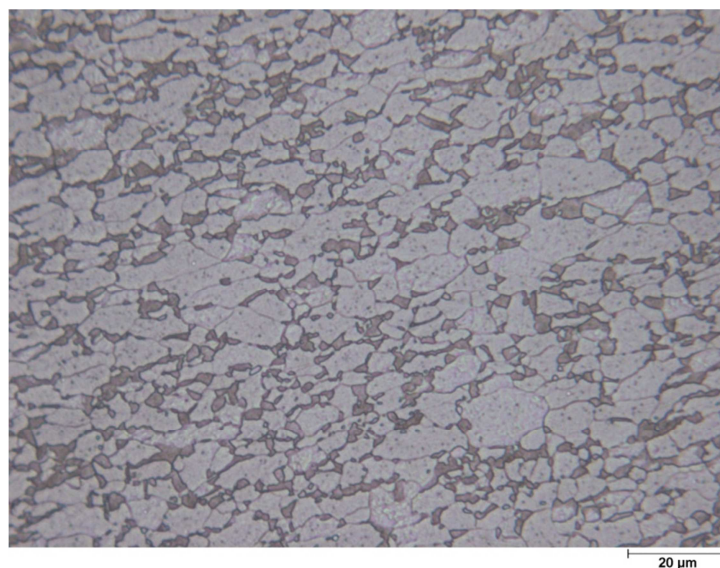
## 7. A hegesztett csapok hőhatás övezetének szövetszerkezeti vizsgálata

Az előzetesen mikrokeménység méréséhez előkészített mintákat további megmunkálással, polírozással, maratással szövetszerkezeti vizsgálatnak vetettük alá. A hőhatásövezetről készített szövetszerkezeti képet a 12. ábrán mutatjuk be. Az ábra felső részén a kis széntartalmú csap anyagának szövetszerkezete látható, amely alapvetően ferrites, kis mennyiségű perlittel. Az alsó rész a DP 600 lemez szövetszerkezetét mutatja, amely ferrit–martenzites. A két rész közt alakult ki egy átmeneti zóna, amely az irányított hőelvonás következtében oszlopos szerkezetű. Ebben a zónában jellemző lehet a kis széntartalmú martenzit megjelenése. A duálfázisú alaplemez szövetszerkezetét a 13. ábrán mutatjuk be.

A 14. ábrán láthatóak a hőhatásövezetbe tett mikrokeménységi lenyomatok is, amelyek mérete jól szemlélteti a rideg, tús jellegű átmeneti zóna nagyobb keménységét.

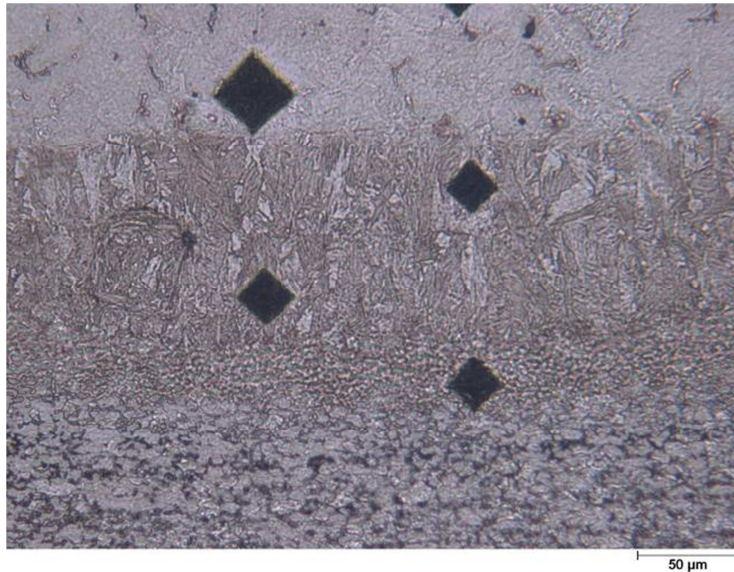


12. ábra: Hőhatásövezet 160 V töltőfeszültség esetén



13. ábra: DP 600 alaplemez szövetszerkezete





**14. ábra:** Hőhatásövezet mikrokeménységi lenyomatokkal 200 V töltőfeszültség esetén

## 8. Összefoglalás

Az elvégzett kísérletek alapján a duálfázisú DP 600 lemez csaphegesztésével kapcsolatban az alábbiakat állapíthatjuk meg:

1. Csaphegesztéssel kellő szilárdságú kötés hozható létre duálfázisú lemezen.
2. A kötésben összeolvadási hibák, zárványosságok tapasztalhatók, de ezek mértéke a kötés szilárdságát (szakítóerőt) nem befolyásolták lényegesen.
3. A kötés jellege ridegebb, ez lehet az egyik oka a kötés kiszakadásának a lemezből.
4. A hőhatás övezetben a bevitt hő hatására szövetszerkezeti változások jönnek létre, amelyek növelik a kötés keménységét, ridegségét.

Tervezzük a kötések fárasztó igénybevételi vizsgálatát, hogy meghatározhassuk hogyan hat ezen elridegedés az ismételt igénybevétel során. Okoz-e, illetve ha igen, milyen mértékű eltérés adódik fárasztó igénybevétel esetén a hőhatásövezet bekövetkező szövetszerkezeti változásokból.

## Irodalomjegyzék

- [1] SOYER, BMS-8N és BMS-8NV Csaphegesztő-berendezés (Használati utasítás)
- [2] Dr. Bernáth Mihály: Paraméterek hatása a csúcsgyújtásos csaphegesztéssel készült kötések tulajdonságaira OGÉT, 2010. Nagybánya

## Szerző

Juhász Krisztina, Anyagtechnológia Tanszék, GAMF Kar, Kecskeméti Főiskola, Magyarország, 6000-Kecskemét Izsáki út 10., [juhasz.krisztina@gamf.kefo.hu](mailto:juhasz.krisztina@gamf.kefo.hu)