

#### 4. félévi beszámoló

**Pál Gyula** (pg@inf.elte.hu)

ELTE TTK, Fizika Doktori Iskola, Anyagtudomány és Szilárdtestfizika PhD Program

Témavezető: Prof. Dr. Sidor Jurij, ELTE IK Savaria Műszaki Intézet

A dolgozat címe: Szerkezet, textúra és anizotrópia kialakulása Al ötvözetekben

#### *Bevezetés:*

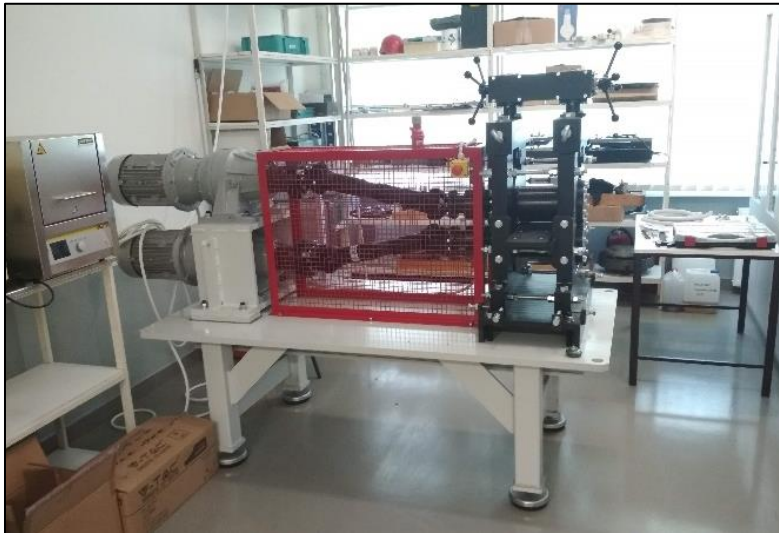
Az alumínium ötvözetekből készített lemezek hagyományos termomechanikai feldolgozása (TMF) általában öntést, meleg- és hideghengerlést, majd a végső hőkezelés során átkristályosítást jelent. Mindegyik folyamatot mikroszerkezeti átalakulások jellemzik, amelyek a TMF egy adott folyamatára jellemzőek. A nagy volumenű gyártás során egy adott anyag tulajdonságait nagyon gyakran befolyásolja a gyártástechnológia. Az ilyen korlátok egyik fő oka, hogy a hagyományos termomechanikai eljárásnak alávetett polikristályos anyagok különböző mikroszerkezeti átalakulásokon mennek keresztül, amelyek jellemző kristály-orientációk jelenlétéhez vezetnek, amiket kristály textúrának nevezünk. A textúra kifejlődése lapközepas köbös (LKK) anyagokban, például alumínium-ötvözetekben erős anizotrópiához vezet, mivel a deformáció a különböző kristályokban különböző módon terjed. Különösen a Lankford tényezőre vonatkozó erős anizotrópia nem képes biztosítani a megfelelő mélyhúzóhatóságot az adott anyagban.

A projekt célja az alapvető áttörések megteremtése, melyek a mikroszerkezet és a textúra optimalizálásával lehetővé teszik a hatékony minimális anizotrópiájú anyagok kifejlesztését.

#### *Az előző három félévben elért kutatási eredmények összegzése*

A első félév folyamán kutatási feladatként az alumínium asszimmetrikus hengerlésének mikroszerkezeti vonatkozásairól dolgoztam fel cikkeket, és írtam azok alapján összefoglaló irodalomfeldolgozást. Ez jó alapot szolgáltatott ahhoz, hogy a kísérleti berendezések 2019 tavaszára történő megérkezése után nekiláthassunk az érdemi kutatási munkának.

Emellett a hengerlési kísérletekhez elengedhetetlenül szükséges laboratóriumi hengermű alkatrészeinek specifikálását, beszerzését és a rendszer legyártatását koordináltam.



1. ábra

Kísérleti hengermű és hőkezelő kemence



2. ábra

Hengermű lerakódása

A 2. félévben beüzemeltük a megérkezett hengerművet (Isd. mellékelt ábra), és az ábrán attól balra lévő új Näbertherm hőkezelő kemencét. Emellett megérkeztek a Mintaelőkészítő laborba az eddig hiányzó mintabeágyazó és csiszolatkészítő gépek.

A fenti eszközökkel az időközben szintén megérkezett minta-alapanyagokon elkezdtek MSc-hallgatók részvételével az első kísérleti próbadarabok elkészítését, amely során csiszolt mintákon készítettünk Vickers-keménységvizsgálóval referenciajelöléseket, a mintákon szimmetrikus és aszimmetrikus hengerlést végeztünk, majd az így létrejött mechanikai torzulásokat vizsgáltuk.

A kísérletek megmutatták az alkalmazott módszerek fejlesztendő pontjait, így a 3. félévben ezek figyelembe vételével tudtunk tovább haladni a kutatásokban.

A 3. félévben szintén MSc hallgatók részvételével végeztünk a szombathelyi laborokban mintaelőkészítési és optikai mikroszkópiai gyakorlatokat. Az ott található pásztázó elektronmikroszkóp EBSD és EDS üzemmódjának az elhárítási folyamatában is részt vettem a távoli kapcsolatban dolgozó szervízmérnökkel együttműködésben.

Továbbá a témavezetőm, Jurij Sidor MSc hallgatónak tartott anyagtudományi témájú óráin vettem részt.

#### *Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:*

A 4. félévben a kutatáshoz kapcsolódó hengerlési és hőkezelési feladatokat végeztük a COVID-19-járvány utáni hosszabb leállás után. Alapanyagunk három féle anyagú, különböző ötvözöttségű és különféle kiindulási névleges vastagságú kereskedelmi, melegen hengerelt alumínium lemezt választottunk:

AA1050, amely 99,5%-os tisztaságú Al:

1mm; 1,5mm; 2mm; 3mm; 5mm

AA6082, amely ~95%-os tisztaságú Al + Mg, Mn és Si-ötvözetű:

1,5mm; 2mm; 3mm; 4mm; 5mm

AA5754, amely 94,2 – 97,4% tisztaságú Al + Mg-ötvözet:

4mm; 6mm

A megadott anyagokat 250°C-on, 400°C-on és 550°C-on hőkezeltük egy órán keresztül, szabad levegőn történő hűtéssel.

Ily módon a magasabb hőfokokon különböző mértékű újrakristályosodás is történt, míg az alacsonyabb hőfokon csak a melegen hengerlés közben keletkezett feszültségeket távolítottuk el, a kristályszerkezetet érintetlenül hagytuk.

A hőkezelt darabokat két csoportba osztottuk, az egyik csoportot hagyományos szimmetrikus hengerlésnek vetettük alá, míg a másik csoporton aszimmetrikus hengerlést végeztünk.

A szimmetrikus hengerlést két módon végeztük: az egyik esetben a kiindulási vastagságtól függően 3 vagy 4 lépésben hengereltünk, az egyes lépések között mintákat vettünk, majd mindegyik mintán végeztünk egy 530°C-on 2 percig történő lágyítást, majd utána szabad levegőn hűtöttük őket és ezt követte egy újabb mintavétel. Ily módon elértük, hogy a későbbi mélyhúzási próbán az anyagban maradó feszültségek ne okozzanak repedéseket.

A másik módnál az utolsó szimmetrikus hengerlési lépés előtt beiktattunk egy 400°C-on 25 percig történő részleges átkristályosítást szabad levegőn történő hűtéssel, így lehetőség nyílik majd tanulmányozni a hőkezelés után is megmaradó hengerlési szövetszerkezeteket.

A szimmetrikus hengerlés során 68,53% és 83,13% közötti vastagságcsökkenést tapasztaltunk, ezzel párhuzamosan a számított deformáció értéke 1,33 és 2,05 között változott.

Az aszimmetrikus hengerlés programját menet közben módosítanunk kellett. Az eredeti program szerint a 100mm széles mintákat egyforma, 150mm átmérőjű hengerek között vastagságtól függően 2, vagy 3 lépésben szimmetrikusan hengereltük, végeztünk egy 400°C-on 25 percig történő részleges átkristályosítást szabad levegőn történő hűtéssel, majd utána következett 35,71/50; 40/50 majd 45/50 hengerkerületi sebesség arányokkal az aszimmetrikus hengerlés, a végén 530°C-on 2 percig történő lágyítással és szabad levegőn történő hűtéssel. (A megadott arányok számai az alsó/felső hengereket hajtó motorok inverter által megadott frekvenciáját jelentik.) Az említett esetekben a motorokat vezérlő egyik inverter rendszeresen lekapcsolt menet közben a túlzott terhelés hatására. Az egyetlen kivétel esetén - amelyből a 3. ábrán látható minta született - 50/45 hengerkerületi sebesség aránnyal végeztük az aszimmetrikus hengerlést.



3. ábra

A6i1a3R3SIAR4AS jelzésű aszimmetrikusan hengerelt Al-minta

Továbbá végeztünk hengerléseket 70mm és 30mm szélességű darabokon abból a megfontolásból, hogy csökkentsük a hajtómotorokra jutó terhelést. Ezeknél az eseteknél nem alkalmaztunk közbenső hőkezelést, viszont kisebb (2mm) kiinduló névleges vastagságú mintákon dolgoztunk, az elején végeztük 1 lépéses aszimmetrikus hengerlést, majd a minták egyengetése érdekében 1 lépéses szimmetrikus hengerlést. Ezeket követte a korábban leírt záró hőkezelés.

Megkíséreltük az aszimmetrikus hengerlést az AA5754-es anyagú, 30mm szélességű és 6mm vastag lemezeken is, viszont az akkor alkalmazott 50/25 hengerkerületi sebesség aránnyal végzett aszimmetrikus hengerlés már túlzott igénybevételt jelentett, az egyik hajtótengely csavarjainak törésével járt, így kiderült, hogy a későbbiekben alkalmazható maximális hengerkerületi sebesség arány 50/45, ami ~1,11-es aszimmetricitást jelent.

Az elkészített mintákat több szempontból fogjuk megvizsgálni. A műveletek között és végén vett kisebb mintalemezeken EBSD segítségével szeretnénk nyomon követni az egymást követő lépések hatását a szövetszerkezetre, míg az adott mintákból a záró hőkezelés végén levágott 70mm x 70mm-es darabokon mélyhúzási tesztek fogunk végezni, és ezekkel a tesztekkel az elvégzett technológiai műveletek és a mélyhúzhatóság összefüggéseire szeretnénk választ találni.

*Publikáció(k):*

Gyula Pál, Jurij J. Sidor: „Brief Review on Comparison of Microstructure Evolution during Symmetric and Asymmetric Rolling”. In: Jurij, Sidor; László, Kollár (szerk.) Workshop on Innovative Materials Processing, Applications in Energy Engineering and System Control: Innovative processing technologies, applications of energy engineering and implementation of wide range techniques for microstructure investigation. Szombathely, Hungary: (2019) pp. 41-43 (ISBN 978-963-489-124-6).

*Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben:*

A félév során elvégzett ELTE TTK-kurzusok:

<b>Tárgy kódja</b>	<b>Tárgy neve</b>	<b>Kredit</b>
FIZ/1/037E	Amorf ötvözetek	6
FIZ/1/024	Rácshibák I. EA	6
FIZ/1/015E	Fizikai Anyagtudomány I. EA	6
FIZ/1/025E	Rácshibák II. EA	6
FIZ/1/014E	Analitikai elektronmikroszkópia EA	6
FIZ/1/040E	Tömbi nanoszerkezetű anyagok	6
FIZ/1/031E	Technology of materials	6
FIZ/1/001E	Nanofázisú fémek EA	6

*Konferenciák a képzés alatt:*

International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering  
2018.07.10.

Budapest, Eötvös Loránd tudományegyetem, Informatikai Kar

Szekció neve: “Materials and Mechanical Engineering”

Előadás címe: „Development of microstructure and texture in Al alloys”

Workshop on Innovative Materials Processing, Applications in Energy Engineering and System Control

2019.02.22.

Szombathely, Eötvös Loránd tudományegyetem, Informatikai Kar

Előadás címe: „Comparison of microstructure evolution after symmetric and asymmetric rolling”

3 Minutes Thesis - doktori témabemutató verseny

2020.04.29.

Budapest (online), Eötvös Loránd tudományegyetem

Előadás címe: „Development of microstructure, texture and plastic strain anisotropy in aluminium alloys”

*Szakmai közéleti tevékenység:*

Az őszi és tavaszi félév folyamán az „Hidraulika és pneumatika”, valamint az „Irányítástechnika” tantárgyakat gondoztam az ELTE IK Savaria Műszaki Intézetben, amely magába foglalta a tárgytematika kidolgozását, az előadások és gyakorlatok megtartását, és a végső értékelések elvégzését is.

Az Irányítástechnika gyakorlat többek között ipari PLC-k programozásának oktatását foglalta magába.

Ezenkívül a Gyártástechnológia 4. c. tantárgy gyakorlatain oktattam robotprogramozást.

Az előző félévekhez hasonlóan rám hárult a Savaria Műszaki Intézetben lévő Hidraulika és pneumatika laboratórium üzemeltetése és karbantartása.

A 2020. tavaszi félév egy újabb kihívást hozott magával: a koronavírus-járvány miatt az Irányítástechnika tanítását és számonkérését is át kellett alakítani a távolléti oktatás követelményeinek megfelelően. Ennek köszönhetően alkalmam volt jártasságot szerezni az oktatási célú videóanyagok készítésében, szerkesztésében és publikálásában is.