

DIÁKTUDOMÁNY

**A MISKOLCI EGYETEM TUDOMÁNYOS
DIÁKKÖRI MUNKÁIBÓL**

**MISKOLCI EGYETEM
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI TANÁCS
XV. KÖTET**

Szerkesztők:

Prof. Dr. Szűcs Péter
Vadászné Prof. Dr. Bognár Gabriella
Dr. Varga Zoltán

* * * * *

Szerkesztő bizottság tagjai:

Dr. Bokányi Ljudmilla, Dr. Németh Norbert
Műszaki Földtudományi Kar
Prof. Dr. Mertinger Valéria, Dr. Benke Márton
Műszaki Anyagtudományi Kar
Dr. Takács Ágnes Judit
Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Dr. Pásztorné Dr. Erdős Éva, Dr. Varga Zoltán
Állam- és Jogtudományi Kar
Dr. Musinszki Zoltán, Dr. Molnár László
Gazdaságtudományi Kar
Dr. Fekete Sándor, Dr. Tasi Réka
Bölcsészettudományi Kar
Dr. Lukács Andrea, Dojcsákné Kiss-Tóth Éva
Egészségtudományi Kar
Dr. Széplaki Zoltán, Gáspárné Dr. Tóth Marica
Bartók Béla Zeneművészeti Kar

* * * * *

Technikai szerkesztő:
Lehoczkyné Tóth Alexandra
igazgatási ügyintéző

Nyomdai kivitelezés: Miskolci Egyetem
Könyvtár, Levéltár, Múzeum, Sokszorosító Üzem
Miskolc-Egyetemváros, 2021.

TARTALOMJEGYZÉK

	oldal
Előszó	5
Műszaki Földtudományi Kar	7
<i>Fodor Péter</i>	
A Sr-dúsulás ásványtani és geokémiai jellemzése a rudabányai baritos összletekben	9
<i>Kaposvári László Tamás</i>	
Járatritkítás Miskolcon – az előzmények, a számok és a következmények	15
<i>Sipeki Lilla</i>	
Kőzet nanoörlemények hatása a kukorica elemfelvételére és biomineralizációjára	24
<i>Sipeki Lilla</i>	
Kémiai elemek a szőlő részeiben, összefüggésük a talaj és kőzet összetételével a mádi király-hegy egy dűlőjének példáján	31
<i>Spekker Dorina</i>	
Elektronikai hulladék kezelésére alkalmas baktériumok szaporodásának vizsgálata	38
<i>Szepesti Szilvia Virág</i>	
Szennyvíziszap eredetű komposztok briketálhatóságának kísérleti vizsgálata	46
Műszaki Anyagtudományi Kar	53
<i>Bogoly Levente</i>	
Alumínium ötvözet olvadékokban jelenlévő kettős oxidhárttyák és szemcsefinomító fázisok kölcsönhatásainak vizsgálata	55
<i>Répási Tamás</i>	
Tojásbéj-örlemény töltőanyagot tartalmazó politejsav alapú rendszerek vizsgálata	63
<i>Veszprémi Ramóna</i>	
Ca-mal történő záránymodifikáció összehasonlító vizsgálata	71
Gépészmérnöki és Informatikai Kar	79
<i>Hornyák Gábor</i>	
Az anizotróp turbulencia hatásainak kísérleti és elméleti vizsgálata	81
<i>Nagy Pálma Eszter</i>	
Postai szolgáltatások fejlesztése logisztikai szempontok alapján	90
<i>Pintér Ádám Sándor</i>	
VEM vizsgálathoz szükséges CAD rendszerek által létrehozott fogaskerekek pontosságának vizsgálata	99
Állam- és Jogtudományi Kar	109
<i>Czipfel Tibor</i>	
Az árdrágító visszaélések büntetőjogi vonatkozásai a horthy-korszakban	111
<i>Kovács Imre Attila</i>	
Munkaügyi intézkedések a koronavírus járvány alatt	116
<i>Mercz Mónika</i>	
Az elővigyázatosság elve és a visszalépés tilalma a jövő nemzedékek érdekeinek védelmét ellátó biztoshelyettes gyakorlatának tükrében	123
<i>Nagy Márton</i>	
A mező- és erdőgazdasági hasznosítású földeken fennálló osztatlan közös tulajdon felszámolásának jogi sajátosságai	130

<i>Papp Laura</i>	
A tájékoztatási kötelezettség jelentősége az egyes szerződéses létszakokban, különösen a szerződés előkészítése során	137
<i>Szikszai Dóra</i>	
Az interneten megvalósuló öngyilkosságban közreműködés relevanciájának bemutatása egy jogeseten keresztül	144
<i>Toplenszki Zalán</i>	
A tech-cégek adóztatása nemzetközi szinten	150
Gazdaságtudományi Kar	159
<i>Greutter-Gregus Éva</i>	
Okos városok környezeti, gazdasági és életminőség dimenziójának vizsgálata Borsod-Abaúj-Zemplén megyében	161
Bölcsészettudományi Kar	169
<i>Kobzos Györk Előd</i>	
A kétpártrendszer felé mutató jelek	171
<i>Kőrösi Ferenc</i>	
„Meghalt Babitscsal együtt” A Nyugat szellemi örököse volt a Magyar Csillag?	177
<i>Nagy Illés</i>	
Liechtenstein gasztronómiája dialektológiai és szaknyelvészeti megközelítésben	184
<i>Varga Benjamin</i>	
Információ vs. dezinformáció	192
Egészségtudományi Kar	201
<i>Kárpáti Alirán</i>	
Kapcsolatok és motiváló tényezők a dohányzási magatartásban	203
<i>Németh Dávid</i>	
Molekuláris allergológiától a precíziós medicináig: a nanotechnológia szerepe a differenciáldiagnosztikában	209
Bartók Béla Zeneművészeti Kar	217
<i>Berendi Viktória</i>	
Motiváció a zeneoktatásban a tanár és a tanuló szemszögéből	219
<i>Czimondorné Koncz Fruzsina</i>	
Tanulási zavarokkal küzdő gyermekek zenei nevelése	227

Előszó

A Miskolci Egyetem hagyományosan azon felsőoktatási intézmények közé tartozik, mely nagy súlyt helyez a tehetséggondozásra, a hallgatók tudományos munkájának segítésére, tudományos érdeklődésük felkeltésére és kibontakoztatására. Ehhez nemcsak kiváló hallgatókra van szükség, hanem elhivatott, és felkészült oktatókra is.

Az intézményi tudományos diákköri konferencia különböző szakmai szekciókban ad lehetőséget a fiatalok dolgozatainak bemutatására. A Miskolci Egyetemen folyó tehetséggondozás, a TDK munka eredményességét jelzi, hogy 2021/2022. tanévben az egyetem nyolc karán 54 szekcióban 308 dolgozat került bemutatásra. Az intézményi Konferencia fő célja az volt, hogy támogassa és elismerje a felsőoktatási tudományos tevékenység minden résztvevőjét, így az oktatókat, kutatókat, de elsősorban a tehetséges hallgatókat.

A tisztelt olvasó a Diáktudomány XV. kötetét tartja a kezében. Ez a kiadvány a legkiválóbb TDK munkák összefoglalóit tartalmazza, mely lehetővé teszi, hogy minél többen megismerhessék a hallgatóink idei tudományos munkájának eredményeit és megismerjék kutatási területeik változatosságát és sokszínűségét. Ajánlom az olvasó figyelmébe a 2021/2022 évi tudományos diákköri tevékenység eredményeit összefoglaló kötetet.

A Diáktudomány periodika XV. kötete küldetésének megfelelően jól tükrözi azt a szerteágazó tudományos tevékenységet, amely a Miskolci Egyetemen folyik. A most közreadott cikkek egyaránt lefedik a klasszikus mérnöki területeket, így a műszaki és társadalomtudományi területeket, valamint számos cikket találunk zeneművészeti témakörökből is. Bízom benne, hogy a 2021/2022. évi pályamunkák bizonyítják a hallgatóink kutatási módszereinek fejlődését.

Vadászné Prof. Dr. Bognár Gabriella
egyetemi tanár, az ETDT elnöke



Bogoly Levente a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának (ME-MAK) harmadéves Anyagmérnök BSc szakos hallgatója, Járműipari öntészet specializáción. Egyetemi tanulmányait duális képzési formában végzi a Nemak Győr Kft.-nél. Kiemelt tanulmányi teljesítménye miatt többször is Tanulmányi emlékéremben részesült. Kutatási témája az ötvöztött alumínium olvadékokban jelenlévő kettős oxidhárttyakkal kapcsolatos jelenségek, kiemelten a porozításra való hajlam és az intermetallikus fázisokkal való kölcsönhatások vizsgálata. Kutatási eredményeit több hazai konferencián és a 2021. évi őszi intézményi TDK során is bemutatta, ahol Anyagtudományok és Technológiák I. szekciójában második helyezést ért el. Konzulensei Gyarmati Gábor PhD hallgató és Dr. Mende Tamás egyetemi docens.

ALUMÍNÍUM ÖTVÖZET OLVADÉKOKBAN JELENLÉVŐ KETTŐS OXIDHÁRTTYÁK ÉS SZEMCSEFINOMÍTÓ FÁZISOK KÖLCSÖNHATÁSAINAK VIZSGÁLATA

Bogoly Levente

1. BEVEZETÉS

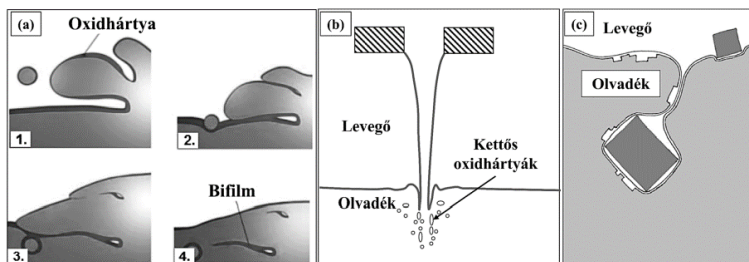
Napjainkban egyre több kutatás foglalkozik az alumínium olvadékokban megjelenő oxid- és nitridhárttyakkal, melyek elsősorban kettős hárttyaként, ún. bifilmként vannak jelen a folyékony fémekben. Ezen zárványok öntvényekre gyakorolt hatásainak megismerése elengedhetetlen a modern minőségbiztosítási szempontok teljesítése és a megfelelő mechanikai tulajdonságokkal rendelkező, magas minőségű termékek előállítása érdekében.

Jelen kutatómunkám célja a kettős oxidhárttyák és az alumínium olvadékokhoz adagolt titántartalmú szemcsefinomító fázisok kölcsönhatásainak vizsgálata volt. A kapcsolódó kísérleteket különböző arányban adagolt Al-10%Ti és Al-5%Ti-1%B szemcsefinomító előötvözetekkel végeztem el. Összehasonlításra került többek között a titán és bór tartalmú fázisok kettős oxidhárttyák ülepedésére gyakorolt hatása, az ez által elért olvadéktisztító hatás, az alacsony nyomáson dermedő próbateteknél elért sűrűségváltozás, illetve az olvasztó tégelyben kristályosított mintákban jelenlévő fázisok és kettős oxidhárttyák elhelyezkedése, összetétele.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az alumínium olvadékok felületét milliszekundumok alatt oxidálja a levegő oxigén-, illetve páratartalma, melynek eredménye egy kezdetben nagyon vékony, amorf szerkezetű oxidhárttya. Ezen hárttya folyékony fémmel érintkező oldalát az olvadék jól nedvesíti és azzal tökéletes atomi kapcsolatban van, mert a felületen kialakuló oxidhárttya atomról-atomra vastagodva jön létre. Ez a kapcsolat az oxidhárttyák olvadékba keveredése és a bifilmek kialakulása után is megmarad [1].

Ipari körülmények között a folyékony fém számos olyan folyamaton megy keresztül (1. ábra), mely során a felületi oxidréteg felszakad, és bekerül az olvadék belső térfogatába, ahol kettős oxidrétegből álló inhomogenitások alakulnak ki, melyek levegőt is képesek magukba zárni. Ezeket a bifilmeket kis méretük és rétegeik vékonysága miatt sok esetben nagyon nehéz detektálni, ezért egyes kutatók „láthatatlan hibajelenségek” -ként is hivatkoznak rájuk [1]. A gyakorlatban rendkívül nehéz bifilm mentes olvadékot előállítani, hiszen egy csapolási folyamat során akár több millió ilyen apró méretű hiba is képződhet [2].



1. ábra: Kettős oxidhártyák képződési mechanizmusa
a) felületi turbulens áramlás; b) olvadék áttöltés; c) betétanyag adagolás [2]

Az alumínium olvadék kristályosodása során a kettős oxidhártyák kitágulhatnak és dendritközi pórusok alakulhatnak ki belőlük. Ez a jelenség a dermedés okozta lokális nyomásesés és a kristályosodás során bekövetkező ugrásszerű hidrogénoldó képesség-csökkenés együttes eredménye. Az olvadékban oldott hidrogén atomok az oxidhártyákon keresztül, a bifilmek belsejébe diffundálnak, ahol H_2 gáz formájában kiválnak. Ez egy növekedési folyamat, így nem igényel póruscsíra képződést [3];[4]. Egyes kutatók szerint alumínium ötvözetek esetén pórusképződés csakis bifilmek jelenlétében mehet végbe, ez az ún. „Bifilm-elmélet” [2];[4];[5].

A kettős oxidhártyák olvadék által nedvesített felülete több intermetallikus vegyületfázis potenciális csíráképző szubsztrátja lehet [6]. Ilyen intermetallikus vegyületek többek között a Al_3Ti és a $(Al,Si)_3Ti$. Egyes kutatók vizsgálták az alumínium olvadékokban található oxidhártyák és a TiB_2 fázisok kölcsönhatásait is, mely során arra jutottak, hogy egy viszonylag erős adhéziós kapcsolat képes kialakulni közöttük [7];[8].

A korábban említett Al_3Ti , $(Al,Si)_3Ti$ és TiB_2 intermetallikus fázisok sűrűsége nagyobb az alumínium olvadék sűrűségénél, így ezen vegyületek oxidhártyákon történő heterogén csíráképződése által elérhető a bifilmek leülepedése az olvadékban. Ez a fajta új olvadékkezelési eljárás a fémfűrdő felsőbb rétegeinek tisztulását eredményezi, mely jobb olvadékminőséget biztosít az öntéshez [9].

3. VIZSGÁLATI KÖRÜLMÉNYEK

Kutatómunkám során három kísérletet hajtottam végre, melyeket (A), (B) és (C) jelölésekkel láttam el (1. táblázat). Az olvadék titántartalmát, mely az alapötvözetben 0,12 m/m% volt, minden esetben 0,30 m/m%-ra növeltem, ehhez kétféle előötvözetet alkalmaztam, melyek az α -Al heterogén csíráképző szubsztrátjaként működő szemcsefinomító fázisokat tartalmaznak. Egyik ilyen az Al-10%Ti előötvözet, mely oldott titánt, illetve néhány 10 μm nagyságú poliéderez blokk alakú Al_3Ti szemcséket tartalmaz hatóanyagként. Másik az Al-5%Ti-1%B előötvözet, mely a TiB_2 -hoz szükséges titánt közel kétszeres mennyiségben tartalmazza, ez a felesleg pedig az α -Al szilárdoldatban oldott titánként és Al_3Ti fázisokként jelenik meg [10].

Az (A) kísérletnél kizárólag Al-10%Ti, a (C) kísérletnél kizárólag Al-5%Ti-1%B, míg a (B) kísérletnél mindkét előötvözetet alkalmaztam (1. táblázat). Az adagolt előötvözetek mennyiségét a hozzáadni kívánt titántartalom alapján határoztam meg, így a (B) kísérlet esetében ez fele-fele arányban oszlott meg.

1. táblázat:

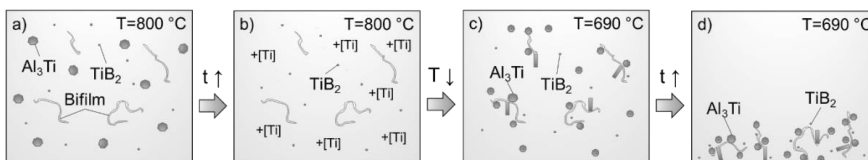
Olvadékba adagolt titántartalmú előötvözetek aránya

Kísérlet jelölése	Összes titán tartalom [m/m%]	Hozzáadott titán tartalmú előötvözetek aránya	Oldott titán tartalom 800 °C-on [m/m%]
A	0,30	100% (Al-10%Ti)	0,30
B	0,30	50% (Al-10%Ti) 50% (Al-5%Ti-1%B)	0,26
C	0,30	100% (Al-5%Ti-1%B)	0,22

Minden kísérlet alkalmával 3 kg tömegű EN AC-45500 (Al-7%Si-0,5%Cu-0,4%Mg) szekunder öntészeti alumínium ötvözetet alkalmaztam betétanyagként. Az olvasztás egy ellenállás fűtésű kemencében, 690 ± 10 °C hőmérsékleten történt.

A titán ötvözéssel a 690 °C-on is stabilis titántartalmú intermetallikus vegyületezfázisok mennyiségének növelése volt a cél. A kísérletek során oldó túlhevítést is alkalmaztam, mely hatására az olvadék össz titántartalma (kivéve a TiB_2 szemcséket alkotó titán) oldott állapotba került. Az Al-Ti kétalkotós egyensúlyi fázisdiagram [11] alapján 0,3 m/m% titántartalom esetén a Al_3Ti fázis likvidusz hőmérséklete 737 °C, azonban a garantált beoldódás érdekében a túlhevítést 800 °C-on végeztem.

Ezt követően az olvadék hőmérsékletét a 690 °C-os öntési hőmérsékletre csökkentettem vissza (lehűlés átlagos időtartama 20 perc), mely során megindult a titántartalmú fázisok kristályosodása, azaz heterogén csíráképződése a kettős oxidhárttyák felületén (2. ábra). A Al_3Ti -del szemben a TiB_2 fázisok nem oldódnak be az olvadékba, így ebben az esetben heterogén csíráképződésről sem beszélhetünk. Várakozásaink szerint azonban a TiB_2 szemcsék ülepedése szintén segíti az oxidhárttyáktól való tisztulást (2. ábra).



2. ábra: Kettős oxidhárttyák és intermetallikus vegyületek kölcsönhatása

A kísérletek pontos menete a 3. ábrán látható. A magnéziummal történő ötvözés oka, hogy a szakirodalom szerint [12] 0,7 m/m % magnéziumot tartalmazó ötvözetek esetén az oxidációs és nitridációs folyamatok gyorsabban végbemennek, ami megkönnyíti a bifilmek későbbi detektálhatóságát. A kezdeti 0,4 m/m% körüli magnézium tartalmat kereskedelmi tisztaságú (99,9 m/m%) magnézium adagolásával 0,7 m/m%-ra növeltem. A titán előötvözet adagolását követően, egy keverőpálca segítségével 1 percig manuálisan kevertem az olvadékot, mellyel a kémiai összetétel homogenizálása és még több kettős oxidhárttya olvadékba juttatása volt a cél.

Mind a három kísérlet során 7 darab alacsony nyomáson (80 mbar) dermedő mintát (RPT = Reduced Pressure Test) öntöttem. A mintavételezés 7 perces időközönként történt, a darabok öntőformájaként szolgáló acéltégely olvadékba merítésével. Ezeken a próbadarabokon sűrűségmérést alkalmaztam, egy Arkhimédész törvénye alapján működő berendezéssel, majd pedig computer tomográfias (CT) vizsgálatnak vetettem alá őket. A radiográfias felvételek egy GE Seifert X-Cube Compact 225kV berendezéssel készültek. A minták 360°-os forgatása közben 900 db felvétel készült. A mintageometria

háromdimenziós rekonstrukciójához, valamint a porozitás-elemzés elvégzéséhez a VGSTUDIO MAX 3.5 szoftvert alkalmaztam.



3. ábra: A kísérletek menete

A CT-vizsgálat és a szoftveres porozitás-elemzés segítségével meghatároztam a minták különböző pórusparamétereit. Meghatároztam a térfogati pórusűrűsége [1/mm³], mely alkalmas az olvadék egységnyi térfogatában lévő bifilm mennyiség jellemzésére. Meghatároztam a pórus térfogatarányt [%], amely információt ad a pórusok (és a Bifilm-elmélet alapján a bifilmek) kristályosodás közbeni növekedési képességéről. Ezen paraméter azonos öntési és kristályosodási körülmények esetén függ a fémolvadék oldott hidrogéntartalmától, a bifilmek által bezárt levegő mennyiségétől és a bifilmek szerkezetétől (vastagság, szilárdság stb.). Emellett meghatároztam a fajlagos pórusfelületet [mm²/mm³], mely a pórusok alakját is figyelembevéve jellemzi a mintákban lévő bifilmeket [3].

A kísérletek végén olvasztótégelyben maradt olvadékot lassú, megközelítőleg 1 °C/perc lehűlési sebesség mellett dermedni hagytam a kikapcsolt kemencében. Az így kapott tömbökből kisebb darabokat munkáltam ki, melyeken kémiai összetétel-elemzést végeztem egy Horiba Jobin GD-Profilier 2TM típusú plazmagerjesztésű optikai emissziós spektrométer (GDOES) segítségével. Ezzel információt kaptam az olvadék kémiai összetételének homogenitásáról és az intermetallikus fázisok ülepedése következtében kialakuló makrodúsulásokról is. Ugyanezen olvasztótégelyben dermedt mintából metallográfiai csiszolatokat készítettem az olvadékfelszínre merőleges síkban. A csiszolt és polírozott mintákat először fénymikroszkóppal, majd EDAX energiadisperzív mikroszondával (EDS) felszerelt Zeiss EVO MA10 típusú pásztázó elektronmikroszkóp segítségével is vizsgáltam.

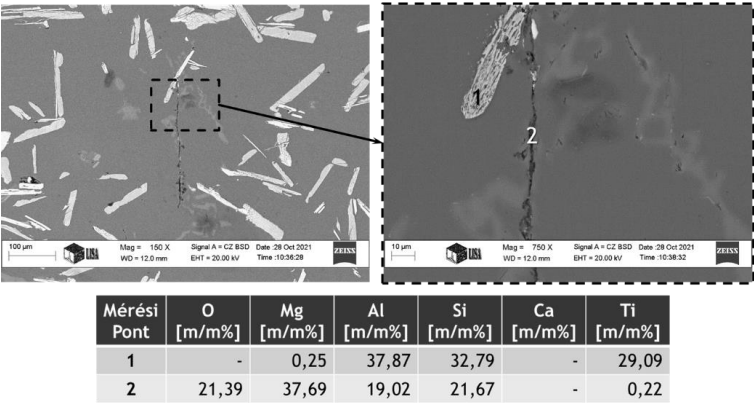
4. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

Mint a 3. ábrán is látható, a kísérleteim során érempróákat és termikus analízis próbákat is öntöttem. Az érempróákon több ponton kémiai összetételt mértem, melyek átlagolásával kapott eredmények alapján elmondható, hogy az előötvözetek adagolása a megfelelő mennyiségben történt. A termikus analízissel kapott lehűlési görbék alapján megállapítottam az α-Al (614 °C) és az Al-Si eutektikum (558 °C) kristályosodási hőmérsékleteit, azonban a titán-aluminid fázisok esetén ez nem volt egyértelműen beazonosítható, így ennek érdekében további vizsgálatok szükségesek a jövőben.

A szakirodalom szerint a kettős oxidhárták általában repedésszerű inhomogenitások formájában figyelhetők meg a szövetszerkezetben [13]. Ilyen jelenségeket kerestem a

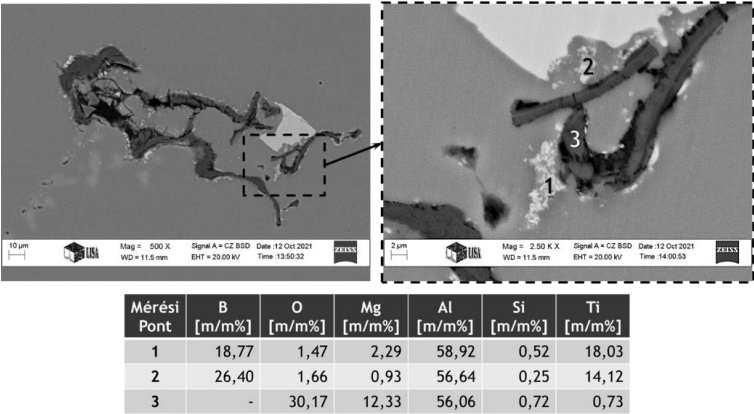
csiszolatok fénymikroszkópos vizsgálatai során, a bifilmek és vegyületfázisok közötti kapcsolat kísérleti úton történő igazolása érdekében. Várározásaimnak megfelelően az olvadék alsó térfogatából származó minták vizsgálata során nagymennyiségben találtam bifilmekre utaló inhomogenitásokat, melyek közül párat pásztázó elektronmikroszkóp segítségével is megvizsgáltam (4. ábra).

A 4. ábrán bemutatott repedésszerű inhomogenitásra irányított EDS elemzés alapján a 2-es pontban egyértelműen magnézium tartalmú oxidfázis van jelen, mely összetétele és a szakirodalom alapján egy $MgO \cdot Al_2O_3$ bifilm [2]; [14]. Az oxidhártya mentén található további fázisokat vizsgálva azt látjuk, hogy az 1-es pontban egy többfázisú szemcse található. Az elemanalízis alapján arra következtethetünk, hogy ezek a fázisok a $(Al,Si)_3Ti$ és annak magasabb oldott szilíciumot tartalmazó módosulatának, a τ_2 fázisnak keveréke, melyek a bifilmek felületén, heterogén csíráképződéssel kristályosodtak az olvadékból.



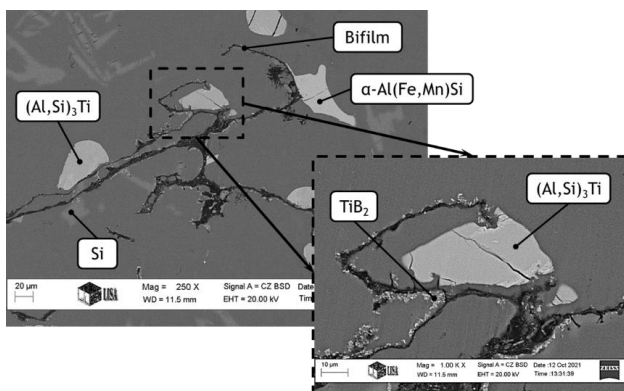
4. ábra: Az (A) kísérlet alsó mintájának SEM felvétele és EDS elemanalízise

Az 5. ábra a (C) kísérlet egyik szövetképét mutatja be, melyen a 3-as pont összetétele alapján szintén egy spinell szerkezetű oxidhártyát láthatunk. Az oxidhártya felületéhez kapcsolódó fázisok az 1-es és 2-es pontban mért összetételek alapján, a várározásoknak megfelelően TiB_2 fázisok. A bifilm és a TiB_2 szemcsék közötti adhéziós kapcsolat következtében a TiB_2 szemcsék dúsulni képesek az oxidhártya mentén.



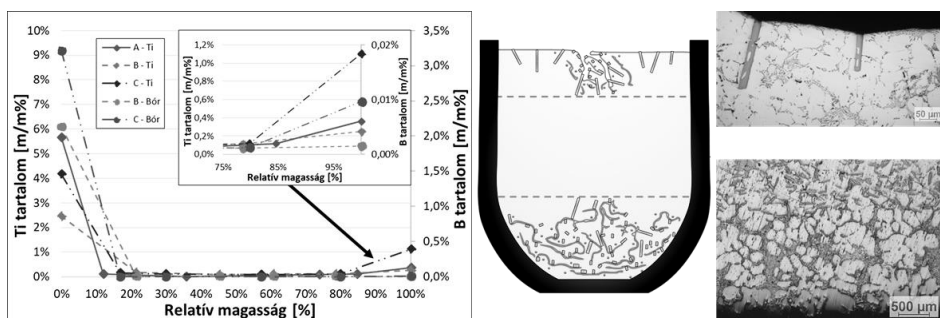
5. ábra: (C) kísérlet mintájának SEM felvétele és EDS elemanalízise

A 6. ábra szövethatárait jól megfigyelhetők az oxidhártyára felapadt TiB_2 fázisok, illetve számos heterogénen csíráképződött intermetallikus fázis is, mint a $(\text{Al},\text{Si})_3\text{Ti}$, az $\alpha\text{-Al}(\text{Fe},\text{Mn})\text{Si}$ és az eutektikus szilícium.



6. ábra: (C) kísérlethez tartozó szövethatár, az intermetallikus fázisok jelölésével

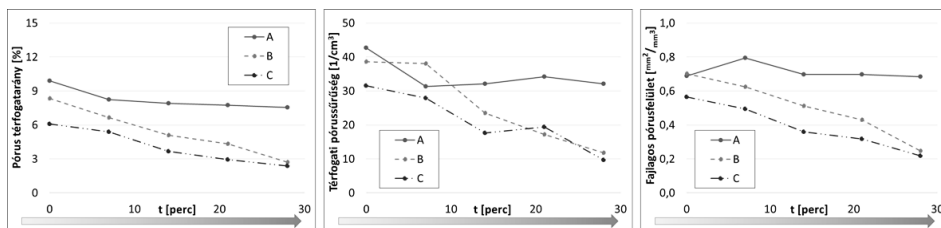
A téglában kristályosodott ötvözetminták keresztmetszeti felületén végrehajtott GDOES mérések eredményei alapján a minták aljától mért távolság függvényében jelentős mértékű különbségek mutathatók ki a próbadarabok titántartalmában, (B) és (C) kísérletek esetén pedig a bór tartalmában is (7. ábra). A minták alján kialakult makrodúsulások a szövetszerkezeti felvételek alapján (7. ábra), a sűrűségkülönbség következtében leülepedett titán-aluminid és titán-diborid vegyületek miatt jöttek létre. Makrodúsulások azonban a minták felületi oxidhártyája mentén is kialakultak, mely egyrészt a Al_3Ti vegyületek felületi oxidhártyán és felületközeli bifilmeken történő heterogén csíráképződésének, másrészt a TiB_2 szemcsék felületi oxidhártyára és felületközeli bifilmekre való feltapadásának együttes eredménye.



7. ábra: Titán és bór tartalom változása a relatív magasság függvényében

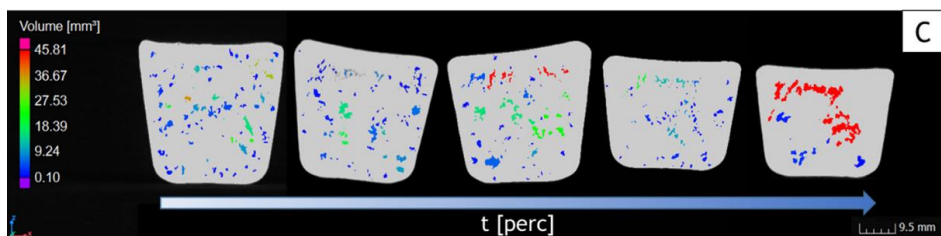
A kísérleteim során öntött RPT minták CT vizsgálatainak kiértékelését a 8. ábra tartalmazza, ahol a $t=0$ perc a referencia mintát követő első RPT minta öntésének időpontja. A mérések alapján a pórus térfogatarány fokozatosan csökken (fordítottan arányosan a sűrűség értékekkel). A térfogati pórusűrűség értékek többnyire csökkenő tendenciát mutatnak, azonban több helyen növekedés is megfigyelhető, mely a mintavételek során olvadékbba bekevert új bifilmek megjelenésével magyarázható. Ezekben az esetekben feltehetőleg az átlagosnál nagyobb mennyiségű oxidhártyát kevertünk bele az olvadékbba. A fajlagos pórusfelület értékeken a (B) és (C) kísérletek

során egyértelműen csökkenő tendencia látható, míg az (A) kísérlet esetén a második mintánál való növekedést követően csak kis mértékű csökkenés figyelhető meg.



8. ábra: RPT minták sűrűség értékei és CT felvételeinek kiértékelése

A fenti diagramokon látható, hogy a pórus paraméterek a (B) és (C) kísérletek során csökkentek a legnagyobb mértékben, így elmondható, hogy ezen kísérletek során érték el a legjobb olvadáktisztaságot. Ez főként két jelenségnek köszönhető, egyrészt a Al_3Ti és TiB_2 vegyületszemcsék ülepedésük közben jelentős mennyiségű bifilmot vittek magukkal az olvadék felső térfogatából a fémfürdő aljára. Másrészt a pórus térfogatarány időbeli csökkenése magyarázható azzal is, hogy a bifilmek belsejében található bezárt levegő O_2 és N_2 tartalma idővel az oxidhárták oxidációját, majd nitridációját eredményezte. Ez a folyamat a bifilmek falainak vastagodását és a bezárt levegő mennyiségének csökkenését is okozta.



9. ábra: (C) kísérlet során öntött RPT minták metszeti CT felvétele

A 9. ábra felvételein azt láthatjuk, hogy a mintákban található pórusok darabszáma egyre csökken, ami a kisebb bifilm tartalommal hozható kapcsolatba. Ezzel párhuzamosan pedig a pórusok egyre nagyobbak lesznek. Valószínűsíthető, hogy a kristályosodás során a kisebb bifilm tartalom miatt a pórusképződés kevesebb helyen indult meg, illetve a pórusnövekedés közben nem keletkeztek újabb pórusok, hanem csak a már meglévő pórusok (bifilmek) növekedtek, így a rájuk ható növekedési hajtóerő (dermedési zsugorodás okozta nyomásesés a dendritközi olvadéokban, valamint a H_2 gáz kiválás) is nagyobb volt. Ez a jelenség teljes mértékben megfelel a más kutatók által vizsgált Bifilm-elméletnek [2];[5].

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatómunkám során vizsgáltam a titántartalmú intermetallikus fázisok és kettős oxidhárták közötti-, valamint a bifilmek és pórusok közötti kapcsolatokat. A szakirodalmi források és a kísérleti eredményeim alapján a következő megállapításokat tettem.

A $(\text{Al},\text{Si})_3\text{Ti}$ intermetallikus fázisok az olvadék felületi oxidhártájának folyékony fémrel érintkező felületén, valamint a fémfürdőben szuszpendált kettős oxidhárták

olvadék által nedvesített felületein, heterogén csíráképződés útján kezdték meg kristályosodásukat.

A $(\text{Al},\text{Si})_3\text{Ti}$ és TiB_2 fázisok ülepedése és bifilmekkel való kapcsolata a fémekben lévő bifilmek jelentős részének ülepedését és az olvadék alsó térfogatában a titán és bór makrodúsulását idézték elő.

A $(\text{Al},\text{Si})_3\text{Ti}$ fázisok felületi oxidhátyán bekövetkező kristályosodása és a TiB_2 fázisok felületi oxidhátyára való feltapadásának következtében a felületközelbeli olvadékrétegben titán és bór makrodúsulást idéztek elő.

A kísérleteim során a leghatékonyabb olvadéktisztítást a kizárólag $\text{Al-5\%Ti-1\%B}$ előötvözet adagolásával kivitelezett (C) kísérlet során értem el.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] J. Campbell (1993): *Invisible macrodefects in castings*. Journal de Physique IV Colloque, vol. 03, p. C7-861-C7-872.
- [2] J. Campbell (2015): *Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design*. Complete Casting Handbook, Second Edition
- [3] G. Gyarmati et al. (2019): *Characterization of the double oxide film content of liquid aluminum alloys by computed tomography*. Mater. Charact., vol. 157, p. 109925
- [4] D. Dispinar; J. Campbell (2004): *Critical assessment of reduced pressure test, Part 1: Porosity phenomena*. Int. J. Cast Met. Res., vol. 17, p. 280-286.
- [5] P. Yusefian; M. Tiriyakiog (2017): *Pore Formation During Solidification of Aluminum: Reconciliation of Experimental Observations, Modeling Assumptions, and Classical Nucleation Theory*. Metallurgical and Materials Transactions A
- [6] X. Cao; J. Campbell (2000): *Precipitation of primary intermetallic compounds in liquid Al 11.5Si 0.4Mg alloy*. International Journal of Cast Metals Research, vol. 13, p. 175-184
- [7] J. Yang; S. Bao; S. Akhtar; Y. Li (2021): *The Interactions Between Oxide Film Inclusions and Inoculation Particles TiB_2 in Aluminum Melt*. Metall. Mater. Trans. B
- [8] J. Yang et al. (2021): *Influence of Grain Refiners on the Wettability of Al_2O_3 Substrate by Aluminum Melt*. Metall. Mater. Trans. B, vol. 52B, p. 382-392.
- [9] G. Gyarmati et al. (2021): *Controlled precipitation of intermetallic $(\text{Al},\text{Si})_3\text{Ti}$ compound particles on double oxide films in liquid aluminum alloys*. Materials Characterization, vol. 181, p. 111467
- [10] Y. Birol (2012): *Performance of AlTi_5B_1 , AlTi_3B_3 and AlB_3 master alloys in refining grain structure of aluminium foundry alloys*. Mater. Sci. Technol., vol. 28, p. 481-486.
- [11] G. K. Sigworth (1984): *The Grain Refining of Aluminum and Phase Relationships in the Al-Ti-B System*. Metallurgical Transactions A, vol. 15A, p. 277-282.
- [12] A. Shafaei; R. Raiszadeh (2014): *Reduced Pressure Test Verification of Healing of Double Oxide Film Defects in Al-Mg Alloys*. Metallurgical and Materials Transactions B, vol. 45B, 2486-2494.
- [13] X. Cao; J. Campbell (2003): *The Nucleation of Fe-Rich Phases on Oxide Films in Al-11.5Si-0.4Mg Cast Alloys*. Metall. Mater. Trans. A, vol. 34A, 1409-1420.
- [14] X. Cao; J. Campbell (2005): *Oxide inclusion defects in Al-Si-Mg cast alloys*. Canadian Metallurgical Quarterly, vol. 44, p. 435-448.

LEKTORÁLTA

Dr. Molnár Dániel
egyetemi docens