

Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola

**A gravitáció okozta áramlás hatása
a borostyánkősav-aceton elegy kristályosodására**

Ph.D. értekezés tézisei

Póliska Csaba

okleveles anyagmérnök

Tudományos témavezető:

Dr. Gácsi Zoltán

egyetemi tanár



Miskolci Egyetem, Műszaki Anyagtudományi Kar

Anyagtudományi Intézet

Miskolc

2007.

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

Számos termék, mellyel mindennapjaink során találkozunk, legyen az alumínium fólia, háztartási edény, autó, vagy éppen repülőgép hajtómű, fémből vagy fémötvözetből készül. Ezeknek a termékeknek a legtöbbjét előállításuk során olvadék állapotból valamilyen módon megszilárdították. **Hiba! A hivatkozási forrás nem található..** Azt a folyamatot, melynek során az anyag folyékony halmazállapotból szilárd halmazállapotúvá válik, kristályos szerkezetű anyagok esetén kristályosodásnak nevezzük. A kristályosodás fontossága abban rejlik, hogy egyik legfontosabb gyakorlati megvalósítása a fémek öntése, mely a termékek előállításának egy igen gazdaságos formája, amennyiben a fém olvadáspontja nem túl magas.

Ha egy frissen kristályosított fémötvözetet mikroszkóppal megvizsgálunk, parányi fém-fenyőfákat fogunk látni, melyek mindegyike más-más irányban nőtt. Ezeket a fenyőfa alakú fémkristályokat nevezzük dendriteknek. A dendritek kialakulásának és növekedésének tanulmányozása és megértése nagyon fontos feladat. Sok esetben a végső anyagi jellemzők – pl. korrózióállóság, keménység vagy éppen szilárdság – értéke attól függ, hogy az olvadékból való kristályosodás során milyen dendrites mikroszerkezet alakult ki az anyagban. Ahhoz, hogy az általunk kívánt fizikai jellemzők bizonyosan megvalósuljanak fémes anyagainkban, fontos megérteni, és irányítani a dendritek növekedését ezen anyagok kristályosodása során. Ez azért is nagyon lényeges feladat, mert nagyon nehéz a kristályosodás során kialakult szerkezetet utólag megváltoztatni, a szerkezet hibáit kijavítani.

Napjaink fontos célkitűzése, hogy a mikroszerkezet kialakulásának az irányításával, a létrejövő terméknek a lehető legjobb tulajdonságokat biztosítsuk. **Hiba! A hivatkozási forrás nem található..** Sokan próbálják modellezni a kristályosodási folyamatokat, mert nagyon lényeges feladat például, hogy a dendrites mikroszerkezet kialakulása során előre tudjuk jelezni, vagy legalábbis megbecsülni a szilárd fázisban kialakuló koncentráció eloszlást, a dendritág távolságokat és a második fázis mennyiségét és típusát, akár különböző lehűlési sebességek esetén is.

A gravitáció jelentős befolyásoló hatással van a kristályosodás és azon belül a dendrites kristályosodás folyamataira. A kristályosodás során az olvadékban koncentráció és hőmérsékletkülönbség alakul ki, ami sűrűségkülönbséget okoz. Ez a sűrűségkülönbség gravitációs térben áramláshoz vezet és ez az áramlás domináns hatás a dendrites kristályosodás során. Ennek az áramlásnak a hatását azonban nem ismerjük pontosan. Mi történne, ha a gravitáció hatását megszüntetnénk? Képesek lennénk újfajta ötvözeteket előállítani? Meg tudnánk valósítani az olvadékokban az egyenletes sűrűségeloszlást? Egyáltalán, milyen hatása is

van a gravitációnak a kristályosodás során kialakuló dendrites szerkezet jellemzőire? Ezekre a kérdésekre keresem a válaszokat disszertáciomban.

Disszertáciomban be fogom mutatni a gravitációs mező hatását a kristályosodás során kialakuló dendrites szerkezet jellemzőire. Ehhez azt a módszert alkalmazom, hogy a szilárd-olvadék határfelület mozgási irányát változtatom a gravitációs vektor irányához képest, és közben vizsgálom a létrejövő mikroszerkezetet. A kísérleteimnél modellanyagként a nemzetközi gyakorlatban is sűrűn alkalmazott succinonitrile-aceton bázisú mintaanyagot használok, amely folyékony és szilárd állapotban egyaránt átlátszó, valamint olvadáspontja igen alacsony. Kutatásaim összhangban vannak a NASA földi körülmények között végzett kísérleteivel, melyeknek az egyik célkitűzése: *kimutatni a gravitáció szerepét; a jövőbeni, űrben végzett mikrogravitációs kutatások elősegítése érdekében.*

Vizsgálataimmal kapcsolatban a következő fontos kérdésekre keresek válaszokat:

1. Melyek azok a geometriai paraméterek, melyekkel egzakt módon jellemezhetjük kristályosítások során keletkező dendrites szerkezeteket?
2. Milyen hatással van a gravitáció a dendrites szerkezetet jellemző geometriai paraméterek értékeire?
3. A kristályosítások során keletkező dendritek alakját, morfológiáját milyen módon lehet szemléletesen leírni?
4. Vannak-e különbségek a különböző kristályosítási irányokban keletkező dendritek morfológiai jellemzőiben?
5. A kristályosodás során az olvadék-szilárd határfelület előtti olvadékban milyen folyamatok játszódnak le? Különböző kristályosítási irányokat tekintve, milyen mértékben befolyásolják ezek a folyamatok a kristályosodás folyamatait?

Mindezek alapján disszertációm célkitűzése: *bemutatni, hogy a gravitáció milyen hatással van a succinonitrile-aceton bázisú mintaanyag dendrites kristályosodására. A vertikális és horizontális irányokban kristályosított dendrites szerkezeteket jellemző geometriai paraméterek mérése és összehasonlítása. A keletkező dendrites szerkezetek alakjának a jellemzése, amennyiben szükséges, új alakjellemezők megalkotása. A geometriai paraméterek és az alakjellemezők mérésére reprodukálható eljárás kifejlesztése, valamint a geometriai paraméterek és az alakjellemezők közötti kapcsolat megértése és elemzése.*

2. AZ ELVÉGZETT KUTATÁS RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA

Az SCN alapú modellanyag kristályosításához szükséges berendezések a hasonló jellegű, fémek kristályosítására alkalmas kristályosítók mintájára készülnek.

A mintaanyag dermedése egy hőátadó és egy hőelvonó egység között történik úgy, hogy a modellanyagot tartalmazó mintatartót a meleg oldal felől a hideg irányába áthúzzuk. Ha a két oldal hőmérséklete és a húzási sebesség jól van beállítva, akkor a kristályosodás a két tömb közötti résben történik, és a folyamat mikroszkóppal megfigyelhető. Mindkét oldalon nagy hőkapacitású, rézbetétes tömbök találhatók, melyek állandó hőmérsékletéről folyamatos vízkeringtetés gondoskodik.

A hőmérsékleti gradiens a tömbök hőmérsékletével és egymástól mért távolságával, a hűlési sebesség pedig elsősorban a húzási sebességgel szabályozható. A mintatartó mozgását a 0,001472-0,0538 mm/s-os (3-300 cm/óra) tartományban egy regisztráló motor végzi.

A kristályosító tömbök között, a húzási irányra merőlegesen helyezkednek el a kristályosodás optikai megfigyeléséhez szükséges eszközök. Ez a rendszer a kristályosító alatt megvilágító egységet, fölötte pedig mikroszkópot és egy hozzá csatlakozó kamerát tartalmaz. A kamera közvetlenül egy videomagnóhoz kapcsolódik, de lehetőség van arra is, hogy egy megfelelő videokártya segítségével közvetlenül számítógépre rögzítsük az adatokat. Az egész optikai rendszer elmozdítható a kristályosítóhoz képest, így a tömbök közötti tartomány bármely része megfigyelhető, a kívánt nagyításban.

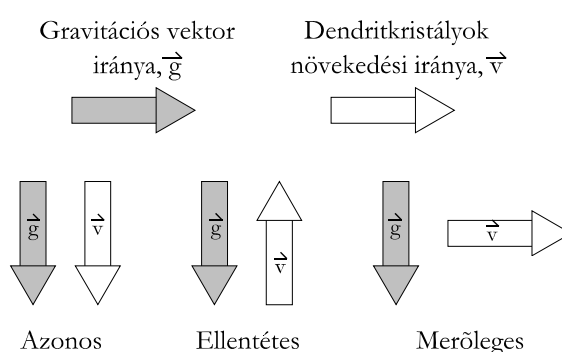
A mintatartó kapszula alapanyaga a színeképelemzésben használatos spektroszkóp fotólemez volt, melynek felületéről a bevonatot előzetesen eltávolítottam. A lemezek megfelelő méretre darabolása után alapos tisztítás következett, majd a két hosszabbik oldalon ragasztással egymáshoz rögzítettem a darabokat. A ragasztáshoz FBS ragasztót használtam, amely kiválóan ragaszt üveget is, megfelelő hőállósággal rendelkezik és bármelyik háztartási boltban beszerezhető. A távolságot távtartó fóliacsík behelyezésével, majd a száradást követő eltávolításával biztosítottam. A lemezek közötti távolságérték megállapításánál alapvetően irodalmi adatokra támaszkodtam.

Az előkészített mintatartók töltéséhez mind a kapszulát, mind a modellanyagot ez utóbbi olvadáspontja felé melegítettem egy szárítókemencében. A modellanyagot tartalmazó kémcsőbe előzetesen belemértem a szükséges acetont. Az üveg mintatartó részébe csepegtetett modellanyag, a hézagot a kapilláris hatás miatt szinte buborékmentesen kitöltötte. Ezt követően a kapszula tartalmát gyorsan lehűtöttem, melynek hatására a mintaanyag megdermedt. Ezek után következett a még lezáratlan oldalak leragasztása.

A kísérleteimhez használt succinonitrile-t (továbbiakban SCN), a 70'-es évek közepétől alkalmazzák a dendrites szerkezet tanulmányozására. Ez azért lehetséges, mert úgy kristályosodik, mint a fémek, rácsszerkezete is sok fémhez hasonló, térben középpontos kockarács. Ezen kívül alacsony az olvadáspontja (57-58°C), a folyékony SCN átlátszó, megdermedve pedig áttetsző - szintelen, viaszos kristályos anyag).

A modellanyag kedvező tulajdonságainak köszönhetően a mérés könnyen kivitelezhető, hiszen egyszerű kísérleti berendezést igényel, illetve az áttetszősége miatt a kristályosodás folyamatait könnyű követni és rögzíteni. Kereskedelmi forgalomban többféle minőségű anyag kapható, a kísérletek céljaira svájci eredetű, ALDRICH gyártmányú, 99%-os tisztaságú anyagot alkalmaztam. A kristályosítás céljaira SCN-1,3 wt% aceton keveréket használtam.

A kísérleti munkám első lépéseként megterveztem a kísérletsorozatokat. A mérések során a két tömb hőmérsékletét konstans értékeken tartottam, ezáltal a hőmérsékleti gradiens értéke lényegesen nem változott. Vizsgálataim során kétféle paraméter változtatásával végeztem el kísérleteimet. Először is változtattam a kristályosodási front mozgási irányát – a



2.1. ábra. A gravitációs vektor és a kristályosodási front iránya

dendritkristályok növekedési irányát - a gravitációs vektor irányához képest úgy, hogy a kristályosodás:

- a gravitációs vektor irányával megegyező irányban (továbbiakban „Azonos”),
- a gravitációs vektor irányával ellentétes irányban (továbbiakban „Ellentétes”),
- a gravitációs vektor irányára merőleges irányban (továbbiakban „Merőleges”)

történt. Ezeket a beállításokat szemléltetem a 2.1. ábra segítségével.

Másodszor pedig változtattam a kristályosodási front mozgási sebességét három különböző sebességérték alkalmazásával:

- v1 kristályosítási sebesség: 0,0050 mm/s,
- v2 kristályosítási sebesség: 0,0092 mm/s,
- v3 kristályosítási sebesség: 0,0452 mm/s.

Vizsgálataim során a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának Anyagtudományi Intézetében található Quantimet 500 Image Workstation képelemző berendezést és a hozzá tartozó Leica fénymikroszkópot és képelemző szoftvert használtam,

illetve a Dr. Barkóczy Péter és Dr. Gácsi Zoltán vezetésével fejlesztett CProb általános képelemző szoftvert.

A kristályosodási folyamatokról 10 másodperces videókat készítettem, az alábbi paraméterekkel:

- Képrögzítés gyakorisága: 15 kép/másodperc
- A kép tulajdonságai: 720*540 pixel képméret, 24 bit színmélység
- A képek minősége: 1200 kbit/kép

Egy 10 másodperces videó 150 képből állt. A videófelvevételekből kivágtam minden harmincadik képet, tehát öt képet olvastam be a videóból, és a képek közötti időkülönbség pontosan 2-2 másodperc volt.

Vizsgálataim első csoportját a különböző geometriai paraméterek mérése jelentette. Többféle módszer (manuális módszer, qbasic program, CProb képelemző szoftver, kovariancia vizsgálat) segítségével meghatároztam a keletkezett dendrites szerkezet geometriai paramétereit (primer dendritág távolság, szekunder dendritcsúcs sugara, szekunder dendritág távolság).

Vizsgálataim másik nagy csoportját a különböző kristályosítási irányokban keletkező primer dendritágak alakjára jellemző paraméterek összehasonlítása jelentette. Mértém a dendritkristályok fajlagos felületét és meghatároztam különböző, alakkal kapcsolatos jellemzőiket (orientáció, orientációs faktor, kitöltöttség, terület).

Összeségében elmondhatom, hogy mérési eredményeim alapján a borostyánkősav-aceton elegy kristályosítása során a legnagyobb primer, szekunder dendritág távolság és dendritcsúcs sugár *Merőleges* irányú kristályosítás során alakult ki. Ennek oka, hogy ekkor a gravitációs vektor iránya merőleges a mintatartó mozgási irányára illetve a hőmérséklet és koncentráció-gradiensre - amelyek sűrűség-gradienst okoznak -, így a próbákban az áramlás elhanyagolható mértékű. A legkisebb primer, szekunder dendritág távolság és dendritcsúcs sugár a függőleges irányú kristályosítás esetén keletkezett, mégpedig akkor, amikor fent volt a hideg és lent pedig a meleg tömb (*Azonos* irány). Ez azzal magyarázható, hogy a gravitációs vektor iránya ebben az esetben megegyezett a mintatartó mozgási irányával és a hőmérséklet-, illetve koncentráció-különbség miatt az olvadékban áramlás indult meg.

Vizsgálataim eredményeit táblázatok és diagramok segítségével összegeztem, a megbízhatóságukra vonatkozóan statisztikai analíziseket végeztem. A különböző módszerek mérési eredményeit összegezve és párhuzamba állítva a gravitációs vektor és a kristályosítási kísérlet irányával megfogalmaztam a téziseimet, melyeket a következő oldalakon mutatok be.

2.1. Új tudományos eredmények

I. Megállapítottam, hogy a kristályosodás során kialakuló dendrites szerkezet geometriai paramétereinek értékei függenek attól, hogy a kristályosodás iránya milyen szöget zár be a gravitációs vektor irányával. Megállapítottam, hogy a legnagyobb primer és szekunder dendritág távolság, illetve dendrit csúcs sugár a gravitációs vektor irányára merőleges, vagyis vízszintes irányú kristályosítás során alakul ki. A geometriai paraméterek értékei akkor a legkisebbek, amikor a kristályosítás iránya függőleges és a mintatartó mozgási iránya megegyezik a gravitációs vektor irányával.

II. Megvizsgáltam az egyedi primer dendritágak orientációját. A vizsgálat során kapott mérési eredményekből orientációs faktort számoltam és a mérési eredményeket polár koordinátarendszerben ábrázolva orientációs rózsadiagram segítségével láthatóvá tettem a primer dendritágot jellemző orientációs viszonyokat.

II/1. Megállapítottam, hogy *Azonos* irányú kristályosításkor, amikor a dendritek növekedési iránya és a gravitációs vektor iránya megegyezik, minimumot mutat az egyedi primer dendritágak orientációs faktor értéke. A paraméter értéke növekszik, ha *Ellentétes* irányú a kristályosítás és maximumot ér el, ha a gravitációs vektor iránya merőleges a dendritkristályok növekedési irányára.

II/2. Megállapítottam, hogy az orientációs faktor értéke a mérés során figyelembe vett primer dendritág hosszával növekszik és egy maximum értékhez tart.

II/3. Megállapítottam, hogy a különböző irányban kristályosított dendritek orientációs rózsadiagramjai hasonlóak. Az orientációs rózsadiagram minden esetben kettő, egymásba fonódó körre oszlik szét és a körök egymáshoz képesti viszonyából megállapítható, hogy a dendrites szerkezet orientációja 70-80%-os.

III. A különböző irányokban kristályosított primer dendritágak fajlagos felületének mérési eredményei alapján az alábbi megállapításokat teszem:

III/1. *Azonos* irányú kristályosodás esetén, amikor a dendritek növekedési iránya a gravitációs vektor irányával megegyezik, maximumot ér el a keletkező dendrites szerkezet fajlagos felülete. A fajlagos felület értéke csökken, ha *Ellentétes* irányú a kristályosítás és minimumot ér el, ha a gravitációs vektor iránya merőleges a dendritkristályok növekedési irányára.

III/2. Minél hosszabb primer dendritát veszek figyelembe a vizsgálat során, a fajlagos felület értéke annál inkább csökken, kristályosítási iránytól függetlenül.

IV. A dendrites szerkezet alakjára vonatkozóan megállapítottam:

IV/1 A kristályosítási irányokat figyelembe véve a kitöltöttség *Merőleges* irányú kristályosítás esetén a legkisebb. Ekkor a keletkezett dendrit területe is nagyobb, hosszabbak a szekunder dendritágak. *Azonos* irányú kristályosítás esetén a legkisebb kitöltöttség értéke, amikor a dendritek növekedési iránya és a gravitációs vektor iránya megegyezik. A figyelembe vett primer dendritág hosszától függetlenül, az irányok közötti tendencia állandó, viszont a kitöltöttség értéke folyamatosan csökken, mivel egyre nagyobb és több szekunder dendritág van a primer dendritörzs mentén.

IV/2 A primer dendritág területe akkor a legnagyobb, amikor a kristályosodás iránya merőleges a gravitációs vektor irányára és akkor a legkisebb, amikor a dendritek növekedési iránya megegyezik a gravitációs vektor irányával.

V. A kovariancia vizsgálatokat elvégzésével bebizonyítottam és megállapítottam, hogy:

V/2 A kovariancia vizsgálat alkalmas a dendrites szerkezet geometriai paramétereinek a meghatározására. A mérések során meghatároztam a primer és szekunder dendritág távolság értékeket a három különböző kristályosítási irányban. A mérések eredménye megegyezett a hagyományos módszerrel végzett mérések eredményeivel, vagyis *Merőleges* irányban kaptam a legnagyobb primer/szekunder dendritág távolságot, és *Azonos* irányban a legkisebbet.

2.2. Új tudományos eredmények gyakorlati alkalmazhatósága

Ennél a pontnál visszautalnék egy, a disszertációm irodalmi összefoglaló részében közölt megjegyzésre: még a NASA célkitűzései között is szerepel, hogy *földön végzett vizsgálatok segítségével kimutassák a gravitáció szerepét, és ezáltal elősegítsék a mikrogravitációs kísérleteket.*

Mindannyian tudjuk, hogy a fémekben kialakuló mikroszerkezet elsősorban attól függ, hogy dermedés közben milyen atomi mozgások történnek. Ezen mozgások egyik csoportjának hajtóereje a gravitáció, melynek pontos szerepe ma még csak részben ismert és csak pontosan végrehajtott mikrogravitációs kísérletekkel lehetséges az előrelépés. A dendrites, cellás, eutektikus, monotektikus kristályosodás törvényeinek a korrigálása elsősorban azért fontos, hogy jobb földi gyártástechnológiák készülhessenek. Napjainkra eljutottunk addig, hogy már űrkísérletek adják a precíz bizonyítékokat a dendrites kristályosodás pontos törvényeire olvadákáramlással, vagy anélkül.

Bárczy fogalmazta meg, hogy *a tipikus mikrogravitációs kísérlet az, ha olyan folyamatot vizsgálunk a világűrben, amit földi körülmények között gravitációs effektus befolyásol, elfed, megzavar vagy megakadályoz. A gravitációtól megszabadulva ekkor új jelenségek tárulnak elénk. Az angol terminológiához igazodva mikrogravitációs tudomány alatt az élettelen anyagok gravitációmentes viselkedésének a leírását értjük.* Ezekből a definíciókból következtetve és az irodalmi részben taglalt, különböző modellanyagokkal végzett kísérletekről szóló cikkekkkel összhangban merem azt mondani, hogy kísérleteim gyakorlatilag mikrogravitációs kísérletek. Ezek a vizsgálatok útmutatásul próbálnak szolgálni arra vonatkozóan, hogyan fognak viselkedni a dendritesen kristályosodó fémek mikrogravitációs körülmények között.

Részletesebben megfogalmazva: mikrogravitációs környezet alkalmazása nélkül bebizonyítottam, hogy a gravitációnak igenis befolyásoló szerepe van a dendrites szerkezet geometriai paramétereinek nagyságára és a kialakuló dendritkristályok alaki tényezőire.

Mindezeket figyelembe véve lehetségesnek tartom, hogy – bár csak szűk határok között – szabályozni tudjuk pl. az öntészeti módszerekkel előállított termékek szemcseszerkezetét úgy, hogy az öntőformát a gravitációs vektorhoz képest tudatosan helyezzük el. Ezáltal utólagos hőkezelési és egyéb műveletek alkalmazása nélkül lehetőségünk nyílik a dendrites szemcseszerkezet finomítására, vagy durvítására.

2.3. Publikációs jegyzék

Folyóirat cikkek

- [1] **Cs. Póliska, K. Tomolya, J. Kovács, Z. Gácsi, M. Réger:** Effect of Direction of Solidification on the Dendritic Structure, Materials Science Forum Vols. 329-330, pp. 291-296, 2000. [IF= 0,597; Hits:1]
- [2] **Cs. Póliska, Z. Gácsi, M. Réger:** The „In Situ” Investigation of Solidification, Materials Science Forum, Volumes 414-4, pp. 455-460, 2003. [IF= 0,602]
- [3] **Cs. Póliska, Z. Gácsi, P. Barkóczy, M. Réger:** The Effect of Melt Flow on the Dendrite Morphology. Materials Science Forum. Solidification and Gravity IV. Ed.: A. Roósz, M. Rettenmayr and Z. Gácsi, vol. 508, pp. 169-174, 2006. [IF= 0,602]

Konferencia kiadványokban publikált cikkek

- [1] **Cs. Póliska, J. Kovács, Z. Gácsi:** Dendrites szerkezet jellemzése, KEPAF Képfeldolgozók és Alakfelismerők II. Konferenciája, Noszvaj, pp. 163-168, 2000.
- [2] **Póliska Cs., Gácsi Z., Réger M.:** Gravitáció és kristályosodás, Képfeldolgozók és Alakfelismerők III. Konferenciája, Domaszék, pp. 153-161., 2002.
- [3] **Póliska Cs., Gácsi Z.:** Az olvadék áramlás hatása a dendrit alakjára, VIII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, pp. 279-284., 2003.
- [4] **Póliska Cs., Gácsi Z., Barkóczy P.:** Valódi és szimulált dendrites struktúrák morfológiai jellemzése, Képfeldolgozók és Alakfelismerők IV. Konferenciája, Miskolc-Tapolca, pp. 234-243, 2004.
- [5] **Póliska Cs., Gácsi Z., Barkóczy P., Réger M.:** A gravitáció hatása az SCN-aceton kristályosítása során növekvő dendrit alakjára, A Miskolci Egyetem Közleményei, Anyag- és Kohómérnöki Tudományok, pp. 75-84., 2003.
- [6] **Póliska Cs., Gácsi Z., Barkóczy P.:** Dendrites struktúrák komplex morfológiai jellemzése, IX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, pp. 198-202, 2004.
- [7] **Póliska Cs., Gácsi Z., Barkóczy P.:** A kovariancia alkalmazása a dendrites kristályszerkezet jellemzésére, Képfeldolgozók és Alakfelismerők VI. Konferenciája, Debrecen, 2007. megjelenés alatt

Nemzetközi konferencia előadások

- [1] **Cs. Póliska, K. Tomolya, J. Kovács, Z. Gácsi, M. Réger:** Effect of Direction of Solidification on the Dendritic Structure, Third International Conference on Solidification and Gravity, Hungary, Miskolc-Lillafüred, pp. III/180, 1999. 04. 26-29. (poster presentation)
- [2] **Cs. Póliska, K. Tomolya, J. Kovács, Z. Gácsi, M. Réger:** Effect of the Solidification Direction to the Dendritic Structure, 2. Országos Anyagtudományi, Anyagvizsgálati és Anyaginformatikai Konferencia és Kiállítás, Balatonfüred, 1999. 10. 10-13. (poster presentation)

- [3] **Cs. Póliska, J. Kovács, Z. Gácsi:** Dendrites szerkezet jellemzése, KEPAF Képfeldolgozók és Alakfelismerők II. Konferenciája, Noszvaj, pp. 163-168, 2000. 01. 20-22. oral presentation
- [4] **Cs. Póliska, Z. Gácsi, M. Réger:** „In Situ” Monitoring of the Solidification Process, 3. Országos Anyagtudományi, Anyagvizsgálati és Anyaginformatikai Konferencia és Kiállítás, Balatonfüred, 2001. (poster presentation)
- [5] **Póliska Cs., Gácsi Z., Réger M.:** Kristályosodás „in situ” vizsgálata, Miskolci Egyetem, Anyag- és Kohómérnöki Karának Tudományos Ülésszaka, Miskolc MAB Székház, 2001. 09. 11.-12. oral presentation
- [6] **Póliska Cs., Gácsi Z., Réger M.:** The „In Situ” Investigation of Solidification, 3. Országos Anyagtudományi, Anyagvizsgálati és Anyaginformatikai Konferencia és Kiállítás, Balatonfüred, 2001. 10. 14-17. (poster presentation)
- [7] **Póliska Cs.:** SCN kristályosodásakor kialakuló áramlás vizsgálata, Doktoranduszok Fóruma, Miskolci Egyetem, 2001. 11. 6. (poster presentation)
- [8] **Póliska Cs., Gácsi Z., Réger M.:** Gravitáció és kristályosodás, Képfeldolgozók és Alakfelismerők III. Konferenciája, Domaszék, pp. 153-161., 2002. 01. 23-25. oral presentation
- [9] **Póliska Cs., Gácsi Z., Réger M.:** Olvadékokban lejátszódó folyamatok kimutatása, Tavaszi Szél 2002. Gödöllő, 2002. 04. 12-14. (poster presentation)
- [10] **Cs. Póliska, Z. Gácsi, M. Réger:** Gravity and Solidification, Junior Euromat 2002, Lausanne, Switzerland, 2002. 09. 2-5. (poster presentation)
- [11] **Póliska Cs., Gácsi Z., Réger M.:** A dendrites szerkezet jellemzése, „PhD hallgatók anyagtudományi napja (II)”, Veszprém, VEAB Székház, 2002. 09. 16. oral presentation
- [12] **Póliska Cs.:** Szövetszerkezeti anizotrópia jellemzési lehetőségei, Doktoranduszok Fóruma, Miskolci Egyetem, 2002. 11. 5-6. (poster presentation)
- [13] **Póliska Cs., Gácsi Z.:** Az olvadék áramlás hatása a dendrit alakjára, VIII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2003. 03. 28-29. oral presentation
- [14] **Póliska Cs., Gácsi Z.:** Gravitáció hatása a dendrit alakjára, Miskolci Egyetem, Anyag- és Kohómérnöki kar Kari Konferenciája, Miskolc, 2003. 09. 04. (poster presentation)
- [15] **Póliska Cs.:** Statisztikai módszerek alkalmazása a dendrites szerkezet jellemzésére, Doktoranduszok Fóruma, Miskolci Egyetem, 2003. 11. 06. (poster presentation)
- [16] **Póliska Cs., Gácsi Z., Barkóczy P.:** Valódi és szimulált dendrites struktúrák morfológiai jellemzése, Képfeldolgozók és Alakfelismerők IV. Konferenciája, Miskolc-Tapolca, 2004. 01. 28. oral presentation
- [17] **Póliska Cs., Gácsi Z., Barkóczy P.:** Dendrites struktúrák komplex morfológiai jellemzése, IX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2004. 03. 26-27. oral presentation)
- [18] **Cs. Póliska, Z. Gácsi, P. Barkóczy, M. Réger:** The effect of melt flow on the dendrite morphology, Fourth International Conference on Solidification and Gravity, Hungary, Miskolc-Lillafüred, pp. 112., 2004. 09. 06-10. (oral presentation)
- [19] **Póliska Cs., Gácsi Z., Barkóczy P.:** A kovariancia alkalmazása a dendrites kristályszerkezet jellemzésére, Képfeldolgozók és Alakfelismerők VI. Konferenciája, Debrecen, 2007. 01. 25-27. oral presentation