

**MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR
KERPELY ANTAL ANYAGTUDOMÁNYOK ÉS
TECHNOLÓGIÁK DOKTORI ISKOLA**



**FORMA – FÉM KÖLCSÖNHATÁSAINAK
VIZSGÁLATA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A
FORMÁZÓANYAGOK
ÚJRAHASZNOSÍTHATÓSÁGÁRA**

Ph.D. értekezés tézisei

Détári Anikó
okleveles kohómérnök

Tudományos vezető:
Dr. Tóth Levente
egyetemi docens

Miskolci Egyetem
Metallurgiai és Öntészeti Tanszék

Miskolc
2009

I. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

Az öntődei formázóanyagok 30-40%-a műgyantakötésű. Ezeket a formázóanyagokat általában csak homokregenerálás útján lehet újrahasznosítani. Az újhomok költségei, valamint a használt homok deponálási költségei nagymértékben növekednek, ezért a gazdasági szempontok is mérvadóak. Az öntődék számára cél, hogy regeneráló berendezés működtetésével a használt homokot üzemben belül újrahasznosítsák úgy, hogy a technológiai paraméterek optimalizálásával megfelelő formázóanyag minőséget biztosítsanak. Kutatásaim során vizsgáltam a termikus, illetve a mechanikus regenerálást követően a homokregenerátumok tulajdonságait különböző típusú forma – és magkészítési rendszerek esetén.

A kutatómunkám első részében a regenerátum minőségének hatását vizsgáltam az öntvény felületi minőségére. Lemezgrafitos öntöttvasból ún. „lépcsős hengeres” próbatestet öntöttem. A formázókeverék tekintetében változtattam az újhomok-regenerált homok arányát. A regenerálás hatékonysága nagymértékben befolyásolja a homokszemcséken maradó kötőanyagtartalmat, ami pedig az öntvény felületi minőségénél játszik fontos szerepet. A kis hatékonyságú regenerálás esetén, a homokszemcséken kötőanyag tapadványok maradnak, melyek a későbbi felhasználás során egyrészt a forma, illetve a mag kikeményedési karakterisztikáját és tulajdonságait hátrányosan befolyásolják, másrészt az öntvény felületi minőségét is rontják. Az öntéskor kialakuló penetráció, illetve a formázóanyag öntvény felületre történő ráégése olyan hibákhoz vezet, melyek csak igen költséges eljárással korrigálhatók.

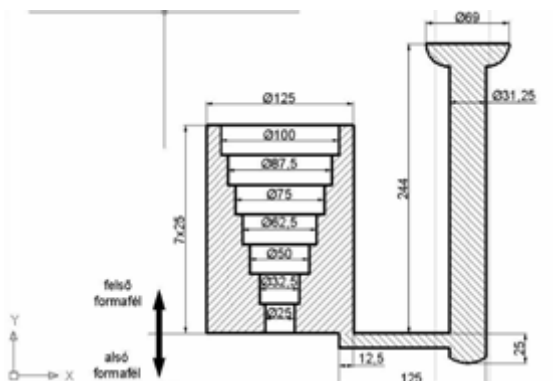
A különböző kötőanyagrendszerek magas hőmérséklettel szembeni viselkedésének ismerete is nagyon fontos, hiszen a különböző típusú formázókeverék rendszerek eltérő módon viselkednek az öntés és a dermedés alatt. Vékonyfalú magok esetén különösen fontos a magok deformációjának vizsgálata, hiszen a nagy dilatációra hajlamos formázóanyagok olyan öntvényhibákhoz vezethetnek, amelyekkel nem tudjuk tartani az öntvény méretpontosságára vonatkozó előírásokat. Így az öntvénykikészítéshez kapcsolódó ráfordítások megnövekednek.

Kísérleteim második részében termikusan regenerált homokokból különböző homokparaméterek változtatásával műgyantakötésű keverékeket készítettem, és a Hot Distortion Tester mérőberendezés segítségével vizsgáltam a keverékekből készült próbatestek dilatációját, valamint a próbatestek eltöréséig eltelt időt (Degradációs idő).

II. KÍSÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK

A vizsgálatok első részében az volt a kiemelt célom, hogy lemezgrafitos öntöttvas öntésekor regenerált homokot tartalmazó, fenolgyanta – savszilárdítású hidegen-kötő rendszer esetén megvizsgáljam a forma-fém határfelületen létrejövő folyamatokat, és ezen határfelületi folyamatok hatását kimutassam a fémnek a forma pórusaiba történő behatolásakor, illetve az, hogy kimutassam a regenerátum minőségének hatását az öntvény felületi minőségére.

A penetrációs vizsgálatokhoz „7 lépcsős hengeres” próbatesteket öntöttem, a lépcsős magok készítésére mechanikusan regenerált, hidegen kötő gyantás formázóhomokot használtam. A „7 lépcsős hengeres” próbatest sajátossága, hogy vertikálisan, meghatározott mértékben változik a homok/fém arány, ami alapvetően meghatározza a magrészek hőigénybevételét (1. ábra).



1. ábra

A vizsgálatokhoz használt „7 lépcsős” hengeres próbatest vázlata

A formakészítéshez mindig nedves bentonitos formázókeveréket használtam, melynek összetétele a következő volt:

- 11 % bentonit (16% karboadditív tartalommal)
- 4 % víz,
- A többi kvarchomok

A keverés szakaszos működtetésű „S”- lapátos keverőben történt, a betétanyag megolvasztását pedig 50 kg-os tirisztoros indukciós kemencében végeztem. A betétanyag 100% gépöntvény töredék volt, amely 1470°C-ra történt túlhevítés és tízperces hőntartás után került öntésre úgy, hogy az adagot 1430°C-on csapoltam. Csapolás közben 0,2% Foundrysil csíráképző beoltóanyagot adagoltam, majd a salak eltávolítása után került sor az öntésre. A forma ürítésére 24 óra múlva került sor. Az öntöttvas kémiai összetételét az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat
ÖV 200-as öntöttvas összetétele

Fe, %	C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Cr, %
92,87	3,5	1,9	0,68	0,03	0,041	0,1

Az általam vizsgált homokrendszer – amelyből a lépcsős hengeres magokat készítettem – fenolgyanta-savszilárdítású hidegenkötő rendszer volt. A kísérletekhez üzemi, mechanikusan regenerált homokot használtam. Az üzemben mind a formakészítés, mind a magkészítés területén a hidegen szilárduló fenolgyantas kötőanyagrendszert alkalmaztak. A forma ürítését követően a használt homok egy golyós koptatódobba került, ahol egy előkoptatásnak vetették alá. Ezt követően a használthomok felülettisztítását egy mechanikus–pneumatikus regenerálóban folytatták.

Az öntési kísérletek előtt elvégeztem a regenerátum és az „újhomok”-ra vonatkozó alapvizsgálatokat.

A regenerátum és az „újhomok” felhasználásával különböző arányú keverékeket készítettem, és megvizsgáltam a keverékekből készített próbatestek szilárdsági tulajdonságait, a keverékek izzítási veszteségét. A kísérletek során azonos gyanta és katalizátor arány mellett csak a regenerált és az „újhomok” arányát változtattam, és

megvizsgáltam a frissítés, azaz az „újhomok” mennyiségének hatását a keverékek tulajdonságaira (2. táblázat).

2. táblázat

A homokkeverékek összetétele

Isophen 651 fenol-resol gyanta	1, 5 %
H-760 katalizátor (a gyanta mennyiségére vonatkoztatva)	40 %
Frissítés mértéke	0, 10, 15, 20, 100%

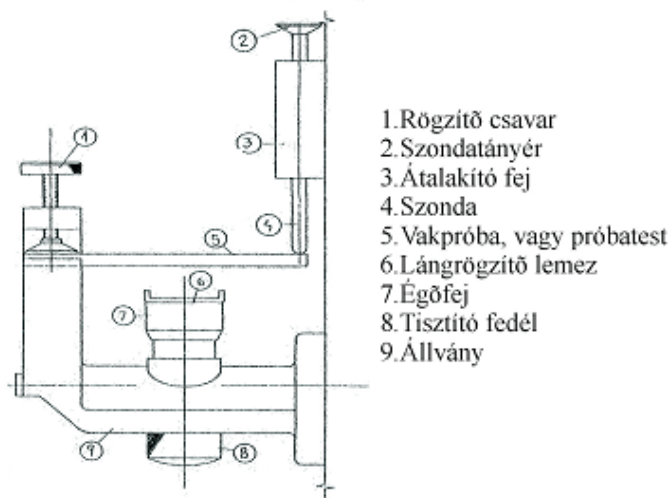
Az öntési kísérletekhez felhasznált magkeverékek összetételét a 2. táblázatban bemutatott recept szerint állítottam össze. A forma ürítését követően a megtisztított ötvényeket a próbatest hossz tengelye mentén kettéfűrészelttem, majd a próbatestekről makró fotókat készítettem.

Ezt követően scanning elektronmikroszkópos vizsgálatokat végeztem. A vizsgálat célja az volt, hogy eldöntsem azt, hogy a műgyantakötésű homokforma nagyobb hőterhelésnek kitett részén a fémbehatolás melyik típusa alakult ki, (termikus ráégés, kémiai ráégés vagy penetráció), illetve az, hogy feltárjam a hiba kialakulásának mechanizmusát.

A vizsgálatok második részében hot-box kötőanyagrendszerrel készült magok termikus deformációját vizsgáltam. Az alaphomok termikusan regenerált homok volt, melyet fluidágyas kemencében regeneráltak 600°C-on. Ezenkívül a kísérletekhez felhasználtam még újhomokot és kerámia bázisú mesterséges homokot. Az alapvizsgálatokat követően megmértem a homokok lineáris hőtágulását is SPMT+GF+ típusú lineáris hőtágulásmérő berendezéssel.

A kísérletekhez két különböző típusú fenolgyantát, valamint egyfajta furángyantát alkalmaztam.

A homokkeverékek készítése PKM +GF+ típusú homokkeverőben történt, 2 perces keverési idővel. A kész homokkeverékből 114,3x25,4x6,35 mm keresztmetszetű próbatesteket készítettem standard gyártási feltételekkel a Sympson Gerosa- fejlesztésű maglövő berendezéssel. Vizsgáltam a szemcseösszetételnek, a mag polimerizációs idejének és hőmérsékletének, valamint a gyanta és a katalizátor arányának hatását a magok termikus deformációjára. A termikus deformációs vizsgálatokat a Sympson Gerosa- fejlesztésű Hot Distortion Tester berendezéssel végeztem (2. ábra). A mérőberendezésbe az egyik végén befogott próbatestet alulról egy kalibrált gázégő segítségével melegítjük és a próba másik végére illesztett elmozdulásmérő szonda méri a próba deformációját.



2. ábra

A próbatest befogása a mérőberendezésbe

III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Vizsgálataimmal bebizonyítottam, hogy amennyiben a formázóanyagnak elegendő - esetünkben 0,224% - kén tartalma van, öntöttvas öntvény gyártásakor ez a kén tartalom oldódhat a fém-forma határfelületén a fémben megfelelő feltételek (1.a) esetén és elősegíti a penetráció létrejöttét, más feltételek esetén (1.b) azonban nem oldódik a fém felületi rétegében, így nem hat közvetlenül a penetrációra.
1. a Az általam alkalmazott lépcsős hengeres próbán a scanning elektronmikroszkópos és mikroszondás vizsgálatok segítségével megállapítottam, hogy ha a homokszemcsék felületén kén tartalmú gyanta és katalizátor maradványok találhatók, a pórusokba beszivárgó öntöttvas határfelületén néhány mikron vastagságban kis felületi feszültségű és a vizsgált öntöttvas olvadáspontjához képest alacsonyabb olvadáspontú hártya keletkezik. Ez a hártya csökkenti a fém behatolási nyomásának küszöbértékét. Ez a jelenség a próbatest nagyobb hőterhelésnek kitett részén figyelhető meg, esetünkben a próbatest alsó lépcsőjén.
1. b Megállapítottam, hogy ugyanezen homokkeverék esetén, a próbatest felső részén, ahol a vizsgált formázókeveréket kisebb hőterhelés érte, az öntvény felületi oxidrétegében pirit kristályok keletkeztek, és a kén nem oldódott be az öntvény felületi rétegébe.

A melegdeformációs vizsgálatok során, a „Hot Distortion Tester” mérőműszer segítségével meghatároztam a különböző típusú homokokból készült, furángyanta és fenolgyanta kötésű próbatestek hő hatására bekövetkező deformációs tulajdonságait.

2. Megállapítottam, hogy a kötőanyagként alkalmazott műgyanták minősége, mennyisége és polimerizációs körülményei jelentősen befolyásolják a homokmagok meleg deformációs folyamatait. A befolyásoló tényezők mennyiségi és minőségi hatásait mutatom be a 2.a - 2.f alpontokban:
- 2.a A furángyantás homokkeverékek pozitív deformációja - azonos gyantatartalom mellett 2-4-szer nagyobb, mint a fenolgyantás keverékeké, valamint a furángyantás keverékek degradációs ideje több, mint kétszerese a fenolgyantás keverékek esetén mért időeknek. Ennek oka, hogy a furánbázisú gyanta kiégése lényegesen hosszabb időt vesz igénybe, mint a fenolbázisú gyantáé.
2. b A fenolgyantás keverék esetén a gyanta mennyiségének növelése nem gyakorol jelentős hatást a maximális pozitív deformáció értékére.
- 2.c Az 1,5-2,1% közötti gyantamennyiség hatásának vizsgálata során az 1,9% gyantatartalomnál, a termikus deformáció mértéke a legkisebb deformáció mértékéhez képest mintegy 10%-al megnő. A gyantamennyiség további növelése esetén a deformáció mértéke már csak kis mértékben változik.
- 2.d A kötőanyaghoz adagolt katalizátor arányának változtatása kis mértékű hatást gyakorol a termikus deformációra, a fenolgyantás keverékek esetén kismértékben csökkenti, a furángyantás keverékek esetén kismértékben növeli a pozitív deformáció mértékét.

- 2. e** A mag polimerizációs hőmérsékletét 180-220°C között változtatva megállapítottam, hogy a 200°C-os hőmérsékletre mind a fenol, mind a furángyanta esetén egy dilatációs maximumpont tartozik.
- 2. f** A próbatestek polimerizációs időtartam változtatásának hatása 17-60 sec között a fenolgyantás kötés esetén nem mérhető, furángyantás keverékek esetén 30-40 sec közötti időtartamnál egy, a legkisebb értékhez képest mintegy 10%-al nagyobb értékben megmutatkozó maximum tapasztalható.
- 3.** Az elvégzett kísérletek során bebizonyítottam, hogy kétféle ásványtani minőségű homokszemcsék keveréke esetén bármelyik minőség dilatációs tulajdonságai akkor válnak meghatározóvá, ha az adott minőségből legalább 80% van a rendszerben. Ugyanez vonatkozik a termikus deformáció mért értékeire is az alábbi eredmények szerint:
- 3. a** Megállapítottam, hogy ha a „kerámia bázisú” (mullit) mesterséges homok és a regenerált homok különböző arányú keverékeiben fokozatosan növelem a kerámia homok mennyiségét, a deformáció mértéke kezdetben kis mértékben fokozatosan csökken, azonban 80%-os kerámia homok arány elérésekor ugrásszerűen a felére csökken, ezután 100%-os arányig már csak kis mértékben csökken tovább.
- 3. b** Ha az alaphomok keverékben a mesterséges homok aránya növekszik a regenerált homokhoz képest, a degradációs idő, furángyantás kötés esetén 10%-al nő.
- 3. c** Az újhomok-regenerált homok különböző arányú keverékeiből készített próbatestek vizsgálata során megállapítottam hogy, az újhomok arányának fokozatos növelésekor az újhomok 80%-os arányánál a pozitív deformáció ugrásszerűen, mintegy 10%-al növekszik, ezután kis mértékben tovább nő az újhomok 100%-os arányáig.

IV. AZ ÉRTEKEZÉS TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEINEK JELENTŐSÉGE ÉS HASZNOSÍTÁSUK LEHETŐSÉGEI

A tézisekben megfogalmazott tudományos eredmények új ismeretekkel bővítik a formázóanyagok tudományterületét. Az elért új eredmények beépíthetők az oktatásba, kutatásba és a gyártásfejlesztésbe is.

Az 1. téziscsoportban megfogalmazottak szerint a regenerátum minősége, valamint a regenerálási fok nagy hatással van a formázókeverék tulajdonságai mellett az öntvény felületi minőségére is. A regenerátumon lévő kötőanyag maradványok kéntartalmának és az öntés során alkalmazott homok/fém aránynak nagy jelentősége van az öntés során kialakuló penetrációra, ugyanis adott esetben (1.a) elősegítheti a fémbehatolást a mag pórusaiba, más feltételek (1.b) esetén nem.

A 2. téziscsoportban megfogalmazott eredmények felhasználásával a mag gyanta és katalizátor tartalma, valamint polimerizációs tulajdonságai optimalizálhatóak a mag dilatációjának csökkentésére vonatkozóan.

A 3. téziscsoportban ismertetett megállapítások alapján a megfelelő szemcseösszetétel és homokminőség megválasztásával a dilatáció mértéke csökkenthető, a magok degradációs ideje pedig növelhető

A 2. és 3. téziscsoportokban megfogalmazottak alapján optimalizált magkészítési technológia dolgozható ki, illetve az adott öntvény adott magjának gyártásához megválasztható az optimális homokminőség-kötőanyag variáció.

Az értekezésben foglalt eredmények az öntő szakirányos hallgatók oktatási anyagának gazdagításában közvetlenül hasznosítható. Az értekezésben foglalt eredmények eddig 1 db. TDK dolgozat és 6 db. diplomaterv elkészítésénél, valamint ipari technológia fejlesztésben hasznosultak.

V. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBŐL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Nyomtatásban megjelent publikációk

1. *Anikó Détári*: Regenerierung und Verwertung der Giesserei Formstoffe
11. Internationaler Studententag der Metallurgie, 2004. április 1-3.
Aachen, Konferenciakiadvány, s. 36-41
2. *Anikó Détári*: Mechanical reclamation of resin mould sand
MicroCad Tudományos Konferencia, 2005. 03. 10-11,
Konferenciakiadvány, 7-12 o.
3. *Détári Anikó*: Furángyanta kötésű homokok regenerálása
Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2005. 03. 18-19,
Konferenciakiadvány
4. *Anikó Détári*: Regenerace slévarenských směsí se syntetickými
pryskyřicemi
42. Czech Foundry Days, 2005. 09. 20-22, DVD kiadvány
5. *Anikó Détári*: Examination of cast iron penetration of resin bonded
sand
13. Internationaler Studententag der Metallurgie, Leoben,
2006. 03.-30-04. 01, Konferenciakiadvány, s. 213-218.
6. *Anikó Détári*: Hot distortion test of hot box cores
43. Czech Czech Foundry Days, 2006. 11. 14-15, DVD kiadvány
7. *Jónás Pál, Détári Anikó, Svidró József*: Az öntvények felületminőségét
befolyásoló tényezők vizsgálata
Bányászati és Kohászati Lapok, 140. évf. 2. 2007, 17-26 o.
8. *Anikó Détári, Dr. Levente Tóth*: Untersuchungen zum thermischen
Deformationsverhalten von Kernen aus thermisch regeneriertem Sand,
Giesserei-Praxis, 2009/05. Seite 171-176.

Szóbeli előadások

1. *Détári Anikó*: Öntödei formázóanyagok újrahasznosítása Miskolci Egyetem Tudományos Ülésszaka, Miskolc 2003. 09. 4-5.
2. *Détári Anikó*: Az öntödei formázóanyag körforgalom néhány problémája 17. Magyar Öntőnapok, Lillafüred 2003. 10. 5-7.
3. *Détári Anikó*: Műgyanta kötésű formázókeverékek újrahasznosításának környezetvédelmi problémái Doktoranduszok Fóruma, Miskolci Egyetem 2003. 11. 06.
4. *Détári Anikó*: Az öntödei formázóanyagok regenerálásának lehetőségei Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, Románia 2004. 03. 26-27.
5. *Détári Anikó*: Regerierung und Verwertung der Giesserei Formstoffe 11. International Studententag der Metallurgie, Aachen, Németország 2004. 04. 1-3.
6. *Détári Anikó, Dr. Tóth Levente*: Műgyanta kötésű formázóanyagok regenerálása Bányászati Kohászati Földtani Konferencia, Petrozsény Románia 2004. 05. 20-23.
7. *Détári Anikó*: Műgyantakötésű homokok regenerálása Doktoranduszok fóruma, Miskolci Egyetem 2004. 11. 4.
8. *Détári Anikó*: Mechanical reclamation of resin mould sand MicroCad 2005 Nemzetközi Tudományos Konferencia 2005. 03. 10-11.
9. *Détári Anikó*: Furángyanta kötésű homokok regenerálása Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, Románia 2005. 03. 18-19.
10. *Détári Anikó*: Műgyanta kötésű öntödei használt homokok újrahasznosítása Bányászati, földtani, kohászati konferencia, Nagyvárad, Románia 2005. 03. 31-04. 03.
11. *Détári Anikó*: Regenerace slévarenských smesi se syntetickými pryskyricemi 42nd Czech Foundry Days, Brno, Csehország, 2005. 09. 20.

12. *Détári Anikó*: Homok regenerátum felhasználhatóságát befolyásoló paraméterek vizsgálata
XVIII. Magyar Öntőnapok, Balatonfüred, 2005. 10. 9-11.
13. *Détári Anikó*: Examination of cast iron penetration of resin bonded sand 13. Internationaler Studententag der Metallurgie, Leoben, Ausztria
2006. 03. 30-04. 01.
14. *Détári Anikó*: Regenerált homokok hatása az öntvény felületi minőségére Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia,
Sepsiszentgyörgy, Románia, 2006. 04. 6-9.

Poszter előadás

1. *Détári Anikó*: Forma-fém interakciók vizsgálata műgyantakötésű formázókeverékeknél
Miskolci Egyetem Doktoranduszok Fóruma Magyar Tudomány Napja,
2002. 11. 06.