

Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar
Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

**ÖNTÉSZETI HOMOK MECHANIKAI
REGENERÁLÁSÁNAK KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA**

TDK Dolgozat

*Experimental investigation of the mechanical regeneration of the
foundry sand*

Készítette:

Ujházi László

Környezettechnikai hallgató

Konzulens:

Dr. Gombkötő Imre

Egyetemi adjunktus

2011.11.04.

Miskolc,

2011

Eredetiségi nyilatkozat

Eredetiségi nyilatkozat

"Alulírott Ujházi László, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának hallgatója büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy ezt a dolgozatot saját magam készítettem, a benne leírt vizsgálatokat – ha ezt külön nem jelzem – magam végeztem el, és az ismertett eredményeket magam értem el. Adatokat, információkat csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokból használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem."

Miskolc, 2011.11.04.

.....
a hallgató aláírása

A konzulens nyilatkozata

Konzulensi nyilatkozat

"Alulírott Dr. Gombkötő Imre, a Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetének egyetemi adjunktusa a TDK dolgozatot beadásra alkalmasnak ítélem."

Egyéb megjegyzések, ajánlás:

Miskolc, 2011.11.04.

.....
a konzulens aláírása

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	4
2. FORMÁZÓANYAG RÖVID ISMERTETÉSE	5
3. HOMOKREGENERÁLÁS	5
3.1. Regenerálási technológiák	6
3.2. Termikus regenerálás	6
3.3. Száraz, mechanikus regenerálás	7
3.4. Termikus-mechanikus regenerálás	8
3.5. A regenerálás hatásfokát minősítő tényezők	8
4. KÍSÉRLETEIM SZÁRAZ, MECHANIKUS REGENERÁLÁSSAL	10
4.1. Öreg homokmintán való őrléses eljárás hatásai	13
4.2. Rögös homokmintán való őrléses eljárás hatásai	16
5. ÖSSZEFOGLALÁS	20
6. IRODALOMJEGYZÉK	21

1. BEVEZETÉS

Az öntészet egy olyan technológia, mely a megolvasztott fémeknek vagy ezek öntvényeinek formák segítségével való alakítását tárgyalja. Öntéssel változatos és bonyolult alakú fémtermékek állíthatók elő. Termékei például a robbanómotorok motorblokkjai, szivattyúházak, víz- és gázszelepek, fürdőkádak és ajtókilincsek lehetnek. Mivel az autógyártás alkatrészeit is ily módon állítják elő, ezért világszerte, köztük hazánkban is fontos szerepet játszik. Az alkatrészek megfelelő formájának kialakítása érdekében elkészítenek egy olyan üreget, ami a munkadarab negatívját tartalmazza (ezt formának nevezik), az üregbe megolvasztott fémet öntenek, majd hagyják megdermedni. A forma gyakran műgyantával kezelt homokból készül, amely homokot az öntést követően eltávolítanak és regenerálás után újra felhasználnak néhány öntési ciklusban. A regenerálás egyik legelterjedtebb módja a termikus úton történő regenerálás, de költséghatékonyan lehetséges a forma homok mechanikai úton történő regenerálása is. Az újhomok költségei és a felhasznált homok deponálási költségei növekednek az évek során, így a gazdasági mutatókat is figyelembe kell venni. 2003-tól a fémes alapanyagok árainak tapasztalható emelkedése és az erősödő környezetvédelmi előírások szigorítása miatt szükségszerűvé vált a homok-előkészítés, az olvasztás és az öntvénytisztítás korszerűsítése.

Munkám során öntéses homokformázásból felhasznált mintákat mechanikai úton történő regenerálhatóságát vizsgáltam. A vizsgált homok kötőanyagként műgyantát tartalmazott, abból a célból, hogy a homokforma szilárdságát biztosítsa. Ez az eljárás a vegyi kötésű homokformázás része. Ebben az esetben kettő százalék műgyantát adnak a homokhoz, a keményítést melegítéssel, vagy vegyi módszerekkel érik el. A műgyanta teljesen befedi az egyes homokszemcséket, ezért további felhasználásra nem javasolt, tisztításra szorul. Jelen dolgozatban összefoglalom a formahomok regenerálásának módszereit illetve ismertetem az általam dobmalomban végzett vizsgálatok eredményeit.

2. FORMÁZÓANYAG RÖVID ISMERTETÉSE

Az Öntészeti kézikönyv jó összefoglalást ad a homokformázás rendszeréről, amelynek megfelelően az alábbiak állapíthatók meg. A forma és a mag elkészítési módja a formázóanyag tulajdonságaitól függően változik. A formázóanyag helyes megválasztása nagymértékben befolyásolja az öntvény méretpontosságát, felületi simaságát, jelentős hatása van a termelés mennyiségére és gazdaságosságára. A tisztítás munkaigénye is leginkább a formázóanyagoktól függ.

Az öntészet gyors fejlődése nagy követelményeket támaszt a formázóanyagokkal szemben. Az egyre fokozódó gépesítés állandó minőségű homokot követel. A kötőanyagok vonalán a fejlődés a gyors keményedést és a pontos öntvénygyártást biztosító, kevésbé hőtáguló kötőanyagok létrejöttében jelentkezett. Ilyenek a hidegen szilárduló kötőanyagok, amelyek rövid ideig tartó kezelés után, vagy katalizátorok adagolásával, minden kezelés nélkül keményednek.

A formák, magok elkészítéséhez szükséges formázóanyag-keverékek alapanyaga a homok. A homok azáltal lesz formázható, hogy szemcséit általában vizes kötőanyag ragasztja össze. A homokszemcsék közé az öntendő fémtől függően, gázképző anyagot kell juttatni. Az elkészített forma vagy mag, a folyékony fém termikus igénybevételétől függően bevonatot igényel. Ezek alapján a formázóhomok elkészítéséhez a következő anyagok szükségesek: homok, töltőanyag, kötőanyag, bevonó anyag.

A mosott, osztályozott homokhoz, de a természetes állapotban felhasználásra kerülő homokokhoz is, a homokelőkészítés során kötőanyagokat kevernek, hogy a megfelelő öntészeti tulajdonságokat biztosítsák. A kötőanyagok képlékenységet, szilárdságot stb. adnak az egyébként formázásra alkalmatlan homoknak. [1]

3. HOMOKREGENERÁLÁS

Az Európai Unió környezetvédelmi irányelvei hatására, az üzemeknek hulladékszegény technológiát fejlesztettek ki, így a gyártás során keletkező hulladék minél nagyobb arányban újrahasznosítsák. Az öntődék így arra vannak kényszerülve, hogy az öntés során keletkezett szennyezett, kötőanyagot tartalmazó homokot regenerálják és ciklikusan körbejárjon az öntődei körfolyamatban. Az öntődék számára is előnyös az újrafelhasználás, mivel az újhomok ára jelentősen növekedett, továbbá csökken a depóniára küldött homok mennyisége, ami minden üzem legfontosabb elve.

Regenerálás definíciója során értetendő olyan technológia használata, mely során az öntést és az ürítést követően a használt homokon lévő kötőanyagot és szennyeződések

mechanikai-termikus eljárások segítségével újrafelhasználhatóvá alakul. Célja, hogy a regenerált homok minősége hasonló legyen az újhomokéhoz képest, így a formázóanyag rendszer számára alapanyag lehet.

A regenerálás hatékonysága befolyásolja, a homokszemcséken maradandó kötőanyagtartalom, ami az öntvény felületi minőségénél játszik szerepet. Ha kis hatékonyságú a homok regenerálása, akkor a szemcséken maradványok maradhatnak, amik rontják az öntvény felületi minőségét, továbbá forma és mag tulajdonságait hátrányosan befolyásolják.

A regenerálás szempontjából megkülönböztetünk mono- és keverékrendszereket. A mono rendszer esetében azonos minőségű homokot, míg a keverékben eltérő típusú formázó és maghomokot használnak. Détári Anikó Ph.D. értekezése alapján soroltam be homokregenerálási technológiákat és jellemeztem hatásfokot meghatározó tényezőket. [2]

3.1. Regenerálási technológiák

A formázó és a maghomok keverékek tisztítására az alábbi technológiákat fejlesztettek ki:

- Termikus regenerálás
- Egylépcsős, száraz eljárás
 - mechanikus eljárás: törő, daraboló, őrlő, dörzsölő, koptató
 - pneumatikus eljárás: ütközéses, dörzsöléses
- Többlépcsős, termikus-mechanikus eljárás
- Nedves úton történő eljárás

A mechanikus, pneumatikus és termikus eljárások főként műgyantakötésű homokok regenerálására használhatók, míg a többlépcsős eljárásokat (mechanikus-termikus) leginkább olyan öntödékekben használják, ahol nyersformázást alkalmaznak, és műgyantakötésű magokat készítenek. A nedves úton történő regenerálás nem terjedt el nagy vízigénye miatt.

3.2. Termikus regenerálás

A termikus regenerálás során a használt homokot különféle típusú izzító kemencékben 600-900°C-ra hevítik. Az izzítás hatására az éghető kötőanyagfilmek leégnek a homokszemcse felületéről és füst, hamu, illetve por formájában az égetés alatt, valamint az azt követő légszerezés és hűtés során, megfelelő porelszívó- és ülepítőrendszerekkel eltávolíthatók a homokból. [3]

Előnyei:

- jobb minőségű és nagyobb regenerátum kihozatal
- a maradékanyag semleges

Hátrányai:

- nagy beruházási és üzemeltetési költség



1. Ábra

Termikus homokregeneráló [4]



2. Ábra

Izzító kemence [5]

3.3. Száraz, mechanikus regenerálás

A száraz eljárások mechanikus ütközéssel, koptatással vagy légáramban bontják meg a homokszemcsék felületén lévő erősen tapadó kötőanyaghártákat. Ez az ütköztetés működhet egyen és ellenáramú rendszerként működhet. A száraz, mechanikus eljárásoknál koptató-örklő és ütközőlapoknak ütköztető (törő, daraboló) kivitelű gépeket alakítottak ki.

Előnyei:

- kisebb beruházási költség
- a berendezés kihasználhatósága jobb, gazdaságosabb mivel kevesebb a használt homok mennyisége
- rugalmas üzemű
- a maradékanyag csak részben újrahasznosítható por

Hátrányai:

- A maradékanyag szervesanyag-tartalomban dúsult (tárolhatósági problémák, semlegesítő eljárás szükséges)
- Kisebb regenerátum kihozatal, rosszabb regenerátum minőség, nagyobb arányú újhomok felhasználás szükséges a magkészítéshez. [6]



3. Ábra

Koptató malom [7]

3.4. Termikus-mechanikus regenerálás

Az egylépcsős eljárások előnyeinek kihasználására három lépcsős technológiát dolgoztak ki. A legelterjedtebb eljárás lett a termikus-mechanikus regenerálás. A kiinduló anyagok és a felhasználni kívánt regenerátum céljainak ismeretében a különböző eljárásokat megfelelően párosították. [3]

Előnyei:

- nagyobb a regenerátum kihozatal és jobb a minősége
- a maradékanyag semleges (deponálhatóság)

Hátrányai:

- nagyobb beruházási költségek, magas üzemi költségek
- folyamatos üzem, kevés beavatkozási, változtatási lehetőséggel
- több maradékanyag keletkezik (por), ami nem értékesíthető
- nagyobb regenerálási költségek [6]

3.5. A regenerálás hatásfokát minősítő tényezők

A regenerátum minőségét a regenerálási fokkal jellemezhetjük:

$$\beta_r = \frac{(P_A - P_E)}{P_A} 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

ahol a β_r a regenerálási fok (minőségi mutató)

$$\beta_r = \beta_{r-a} + \beta_{r-r} [\%] \quad (2)$$

β_r az összes regenerálási fok, egyszeri körfolyamatnál %-ban kifejezve

P_A a használt homok izzítási vesztesége [%]

P_E izzítási veszteség a regenerátumban [%]

β_{r-a} kiegész az öntési hőmérsékleten

β_{r-r} károsanyag lebomlás regeneráláskor

$$A = \frac{M_1}{M_2} 100 [\%] \quad (3)$$

A: kihozatal (mennyiségi mutató)

M_1 : regenerátum mennyisége [kg]

M_2 : használt homok mennyisége [kg]

Az a gyanta és katalizátor mennyiség, amit a regenerálás során nem tudunk eltávolítani, öntvényhibák kialakulásához vezethet, – ráégés, eresség, gázhólyagosság és penetráció – aminek okozója a nem megfelelően regenerált formázókeverék. Ezeket a hibákat megfelelő formázóanyag összetétel biztosításával lehet kiküszöbölni, és folyamatos minőségellenőrzéssel (nitrogéntartalom, foszfortartalom, izzítási veszteség, granulometria, pH érték) kell kontrollálni. [8]

A formázókeverékben lévő kötőanyag maradékok aránya a regenerátumhoz adott újhomok mennyiségétől és az összregenerálási foktól függ. Minél kisebb a regenerálási fok, annál több újhomokot kell a rendszerhez adagolni. A kötőanyag maradékok mennyisége a homokrendszerhez adagolt kötőanyag mennyiségétől és minőségétől függ. A kötőanyag maradékok jelentősen befolyásolják a szilárdsági tulajdonságokat is. A formázóanyag növekvő kén-, nitrogén- és foszfortartalma mellett a szakítószilárdság jelentős mértékben csökken [9].

Az öntvény minőségére kihat a formázókeverék tulajdonsága, amit a regenerálás hatékonysága és regenerálási fok határozza meg. A regenerálási fok a mechanikai eljárásoknál a legkisebb, ezt követi mechanikus-pneumatikus és a termikus eljárás és a legnagyobb a hatásfoka a nedves eljárásnak és a kombinált eljárásnak.

Az egyik fontos paraméter homok/fém arány, hisz ha kicsi, akkor a kötőanyag kiégése is nagyobb és így a regenerálás hatékonysága is nagyobb lesz. A másik paraméter a formázókeverék kötőanyagtartalma, mivel ha nagyobb a mennyiség, akkor több maradék keletkezik, ami hatással lehet a későbbi kötésmechanizmusra. [2]

4. KÍSÉRLETEIM SZÁRAZ, MECHANIKUS REGENERÁLÁSSAL

Vizsgálataim során a Nemak Hungária Kft. öntéses homokformázása után maradt, gyantával szennyezett homokkal kísérleteztem. Munkám fő célja az volt, hogy száraz, mechanikus regenerálás útján a kapott mintákat mennyire tudom megtisztítani a műgyanta kötőanyagtartalmától, illetve szennyeződéseitől. Mintáim két csoportba oszthatóak rögzös, illetve öreg homokmintákra. A kettő közti különbség, hogy az öreg homokminta nagyobb arányban tartalmazott műgyanta kötőanyagtartalmat. Az öreg felhasznált homok már egy mechanikai eljárás során elveszítette a teljes formahomok méretét, így szemcseméretéből kiindulva nem igényelt további előkészítést. A rögzös homokmintát kalapácsos törőben készítettem elő a további kísérletekhez. A kalapácsos törőben a rögzös homokmintán 5 mm lyuknyílású szitabetétet alkalmaztam, a rotor kerületi sebessége 24,5 m/s volt. Az előkészítés után kezdtem el a mechanikai eljárást, ami koptató-örléses eljárással végeztem el. Mindkét mintát laboratóriumi kerámia golyósmalomban koptató örlésnek tettem ki 3, 5 és 10 percre. A golyósmalom adatai a következők:

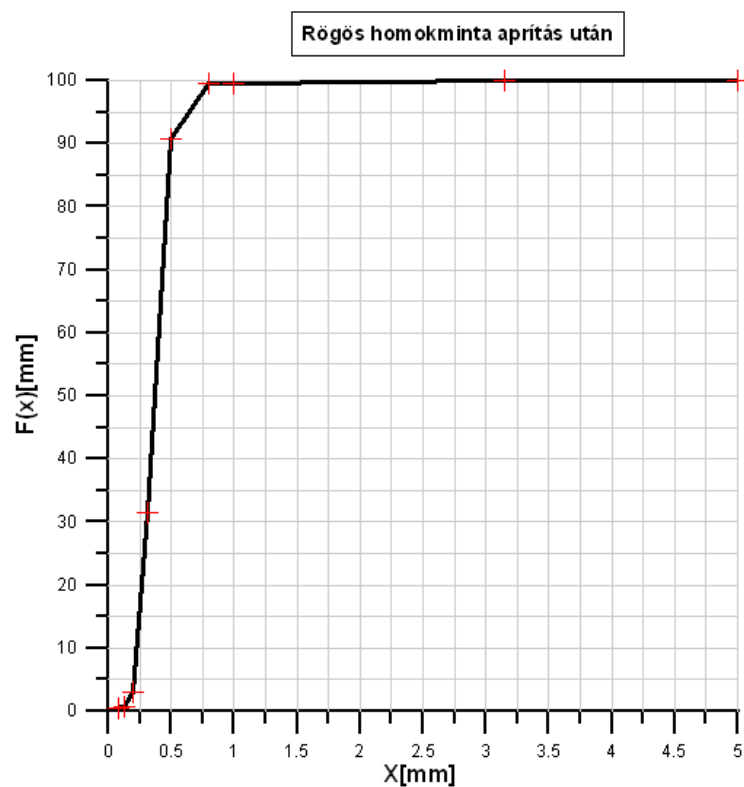
- D= 200 mm
- L= 155 mm
- ϕ_g = 15 %
- ϕ_a = 110 %
- dg= 20 mm (kerámia örlőtestek)
- e= 69,5 %
- n= 66 1/min

A kapott mintáimat osztályoztam a választott frakcióm szerint és mikroszkóp segítségével határoztam meg a regenerálás hatékonyságát.

Rögös homokminta aprítás után:

1. táblázat Rögös homokminta szemcseeloszlása

Rögös homokminta (aprítás után)			
x [mm]	m [g]	dm [%]	F(x) [%]
5,000	0,000	0,000	100,000
3,150	0,040	0,017	99,983
1,000	0,960	0,407	99,576
0,800	0,320	0,136	99,440
0,500	20,270	8,594	90,846
0,315	141,040	59,801	31,045
0,200	65,870	27,929	3,116
0,125	7,330	3,108	0,008
0,080	0,010	0,004	0,004
<0,08	0,010	0,004	
	235,850	100,000	



4. Ábra

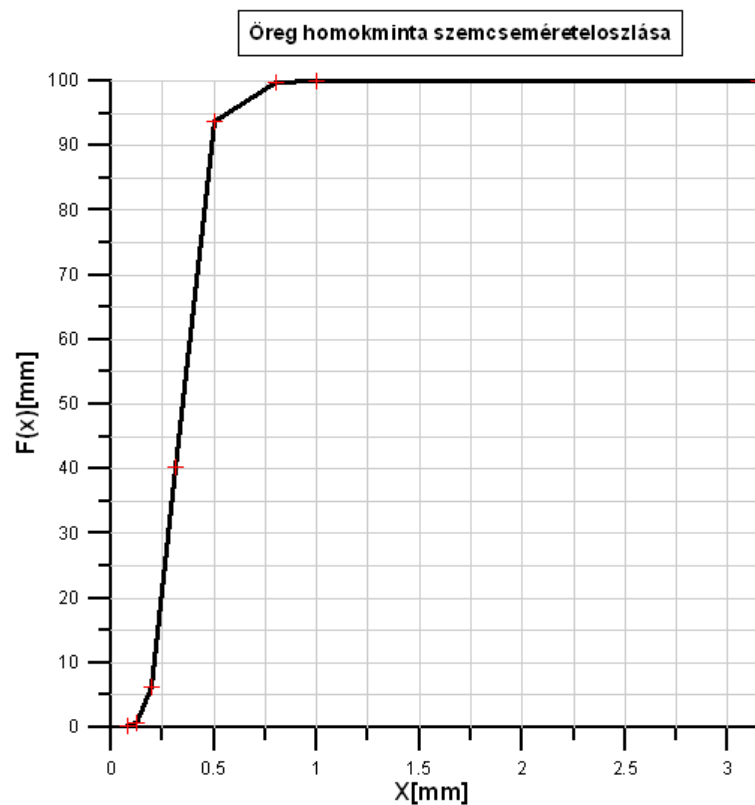
A rögös homokminta aprítás utáni szemcseeloszlási görbéje

Öreg Homokminta kísérletek előtt:

Az öreg homok az aprított rögzös homoktól finomabb, szemcséinek mérete kisebb, ezt jól mutatja a két szemcseeloszlási görbe a 4. és 5. ábrán.

2. táblázat Az öreg homokminta szemcseeloszlása

Öreg homokminta			
x [mm]	m [g]	dm [%]	F(x) [%]
3,150	0,000	0,000	100,000
1,000	0,260	0,067	99,933
0,800	0,330	0,085	99,848
0,500	23,940	6,183	93,665
0,315	206,810	53,413	40,252
0,200	131,880	34,061	6,191
0,125	21,680	5,599	0,591
0,080	1,670	0,431	0,160
63,000	0,400	0,103	0,057
<63	0,220	0,057	
	387,190	100,000	



5. Ábra

Öreg homokminta kísérletek előtti szemcseeloszlási görbéje

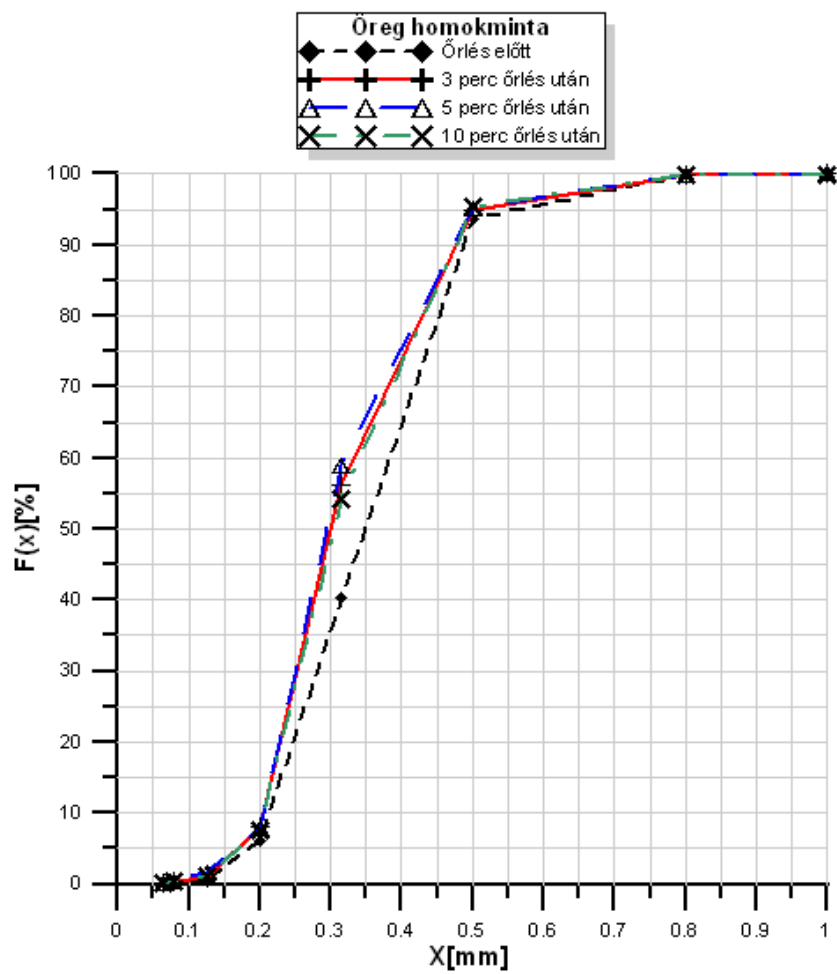
4.1. Öreg homokmintán való őrléses eljárás hatásai

Vizsgálataim során vizsgáltam az eltérő koptatási idő után nyert termékek szemcseméret eloszlását, annak érdekében, hogy megállapítsam az egyes őrlési idők mennyire csökkentették a szemcseméretet. Ezzel a módszerrel tudtam meghatározni azt, hogy a koptató üzemmódban járó dobmalom milyen, egyéb nem kívánatos aprózódást okozott. A 3. táblázat és 6. ábra adatain látható az őrlések utáni szemcseeloszlás, mely szerint a minta kis mértékben aprózódott és kopott. A feladott anyag x_{80} értékei csekély mértékben változtak ($X_{80} = 0,5 \text{ mm}$; $x_{80} = 0,43 \text{ mm}$) amely arra utal, hogy a malomban jelentős túlőrlés nem történt. A megtisztított és szennyezett maradt homokszemcséket a szemcseméret frakciónként vizsgáltam mikroszkópi képelemzést felhasználva. A vizsgálatokhoz a Zeis Axio - Vision nevű szoftvert alkalmaztam. A felvételeken a megtisztított és meg nem tisztított szemcsék területarányát mértem fel és hasonlítottam össze.

3. táblázat

Öreg homokminta 3, 5, és 10 perc őrlés utáni szemcseeloszlása

Öreg homokminta őrlés után			
x [mm]	F(x)3 min [%]	F(x)5 min [%]	F(x)10 min [%]
3,15	100	100	100
1	99,99	99,987	99,961
0,8	99,91	99,91	99,883
0,5	94,933	95,13	95,027
0,315	56,032	58,918	54,321
0,2	7,999	7,85	7,664
0,125	0,941	1,071	1,169
0,08	0,325	0,386	0,426
0,063	0,123	0,169	0,173
<0,063			



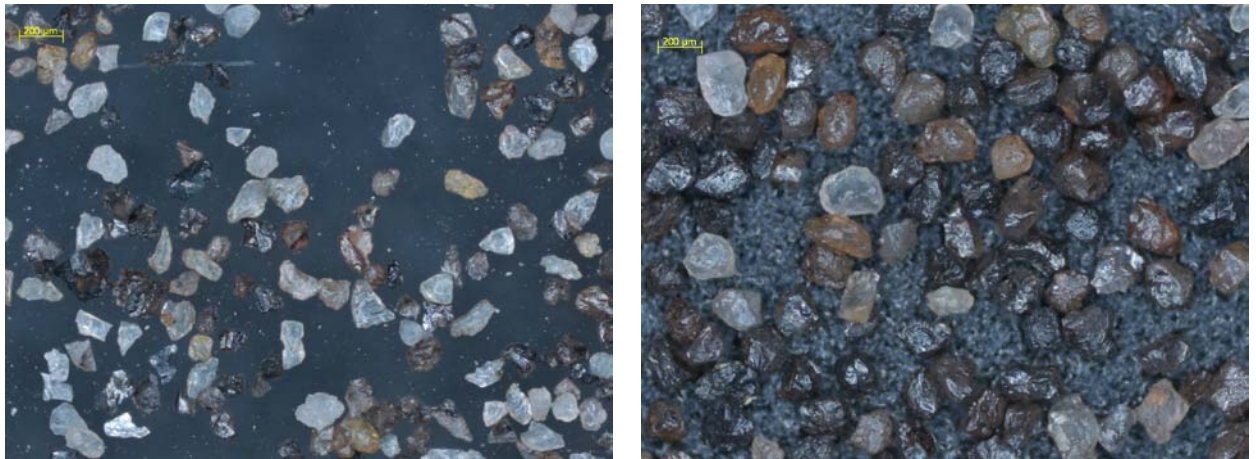
6. Ábra

Öreg homokminta szemcseeloszlási görbéje örlés előtt és után az aprózódás hatások meghatározására



7. Ábra

Az öreg homokszemcsék mikroszkóppal készült képei 1000 μm és 80 μm méret között, a tisztítás hatásfokának meghatározására



8. Ábra

Az öreg homokszemcsék mikroszkóppal készült képei 125 µm és 80 µm méret között, a tisztítás hatásfokának meghatározására

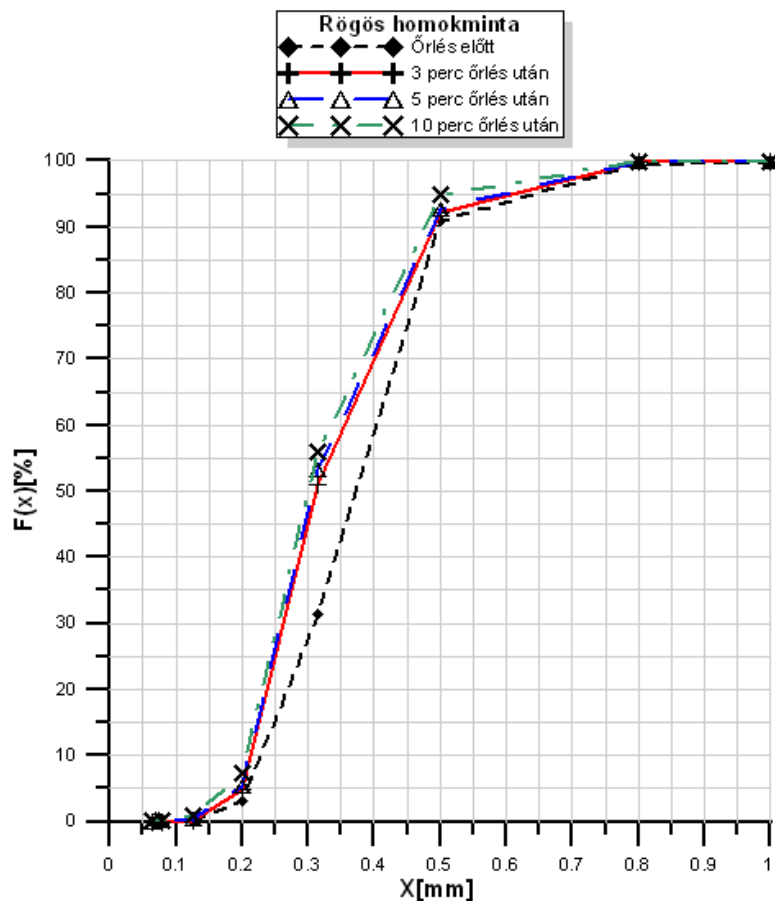
Megállapítható, hogy a tisztított szemcsék aránya az egyre csökkenő szemcseméret frakciókban rendre 70, 20, 60 és 80% -nak adódott.

4.2. Rögös homokmintán való őrléses eljárás hatásai

Vizsgálataimat hasonló módszerrel végeztem el az rögös homokminta esetén is. Ebben az esetben is vizsgáltam az eltérő koptatási idő után nyert termékek szemcseméret eloszlását, annak érdekében, hogy megállapítsam az egyes őrlési idők mennyire csökkentették a szemcseméretet. A 4. táblázat és 9. ábra adatain látható az őrlések utáni szemcseeloszlás, mely szerint a minta kis mértékben aprózódott és kopott. A feladott anyag x_{80} értékei csekély mértékben változtak ($X_{80} = 0,47$ mm; $x_{80} = 0,43$ mm) amely arra utal, bár ebben az esetben a méretcsökkenés jelentősebb volt, mint a korábbi minta esetén, a malomban jelentős túlörlés nem történt. A megtisztított és szennyezett maradt homokszemcséket a szemcseméret frakciónként vizsgáltam mikroszkópi képelemzést felhasználva. A vizsgálatokhoz szintén a Zeis Axio - Vision nevű szoftvert alkalmaztam. A felvételeken a megtisztított és meg nem tisztított szemcsék területarányát mértem fel és hasonlítottam össze.

Rögös homokminta 3,5 és 10 perc őrlés után

Rögös homokminta őrlés után			
x [mm]	F(x)3 min [%]	F(x)5 min [%]	F(x)10 min [%]
3,15	100	100	100
1	99,896	99,941	99,934
0,8	99,815	99,847	99,898
0,5	92,129	92,777	94,776
0,315	50,991	53,112	55,975
0,2	4,906	5,452	7,252
0,125	0,237	0,359	0,911
0,08	0,007	0,016	0,176
63	0,002	0,002	0,034
<63			



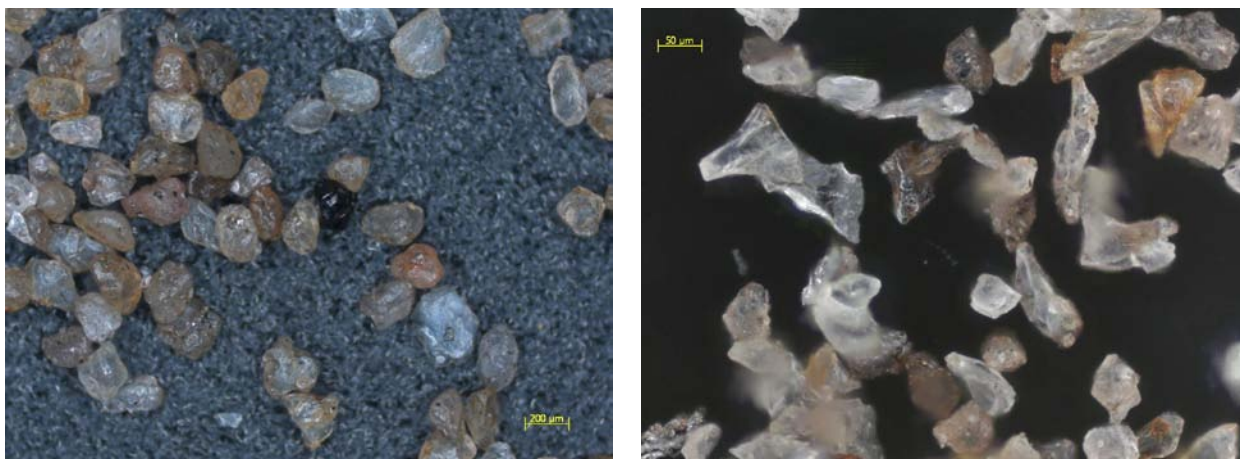
9. Ábra

Rögös homokminta szemcseeloszlási görbéje őrlés előtt és után az aprózódás határfok meghatározására



10. Ábra

A rögzös homokszemcsék mikroszkóppal készült képei 200 μm és 1000 μm méret között, a tisztítás hatásfokának meghatározására



11. Ábra

A rögs homokszemcsék mikroszkóppal készült képei 125 μm és 63 μm méret között, a tisztítás hatásfokának meghatározására

Megállapítható, hogy a tisztított szemcsék aránya az egyre csökkenő szemcseméret frakciókban rendre 60, 80, 90 és 95% -nak adódott. Látható, hogy a legdurvább, 1 mm frakcióban olyan szemcsék is voltak, amelyek nem estek szét az őrlés során, gyantás kötésben maradtak.

A mérések eredményeinek összefoglalásaképpen a következő megállapításokat teszem:

- A rögs és öreg homokminták szemcseméret eloszlás függvényeinek összehasonlításakor kiderült, hogy a fiatalabb rögs minta szemcsemérete valamelyest finomabb. Ez arra a következtetésre vezetett, hogy, ha az öreg homokminta a mechanikai regenerálás során kismértékben aprózódik is, továbbra is alkalmas lehet öntőforma készítésére.
- Mindkét minta esetében bebizonyosodott, hogy a golyós malomban történő koptató vizsgálatok során az alkalmazott őrlési idő nem csökkentette a feladott homokszemcsék szemcseméretét káros mértékben.
- Az őrlési idő és a feltárás között egyértelmű összefüggést nem találtam, de mindenképpen értelmezhető eredményeket kaptam, amely alapján a megkezdett kutatást mindenképpen folytatni szeretném. A tervezett kutatás során jelentős energiát kívánok fordítani az egyes malomtípusok koptató üzemmódban történő viselkedésére és az egyes üzemparaméterek hatására a formahomok regenerálhatóságára.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A homokregenerálás a mai világgazdaságunkban fontos szerepet játszik. Minél olcsóbb a tisztítás, annál olcsóbb a további előállítás folyamat és egy egész körfolyamat költségén változtatna. Erre jó példa a Nemak Hungária Kft., ami például motorblokkokat gyárt. A motorblokkokat megveszi egy autógyártó cég, így szintén alacsonyabb a költség és a felhasználó felé is megfizethetőbbé válik az ár. Jelenlegi TDK dolgozatomban arra kerestem választ, vajon egyszerű mechanikai eljárástechnikai módszerekkel lehetséges-e gazdaságosabb eljárás útján tisztítani a formázóhomokot, az elterjedten használt termikus eljárások kiváltása céljából. Az eljárás csak száraz, mechanikus úton történt, ami a mérések során kapott eredmények alapján és azok körülményeire nézve biztató eredményekkel kecsegtet ugyan, de konkrét következtetéseket levonni elhamarkodott lenne. Kísérleteim során áttörő eredményt nem értem el, a tisztítás kis mértékben sikerült. Szeretném későbbi szakdolgozatomban a témát tovább fejleszteni.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Varga Ferenc: Öntészeti kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1964
- [2] Détári Anikó: Forma – fém kölcsönhatásainak vizsgálata, különös tekintettel a formázóanyagok újrahasznosíthatóságára, Ph.D. értekezés, Miskolci Egyetem, Metallurgiai és Öntészeti Tanszék 2009, 4-8 o.
- [3] Bakó Károly: Öntödei formázóanyagok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1976, 156-157 o., 185-186 o., 216 -221 o.
- [4] Enviroair Inc.
<http://www.enviroair.net/assets/Uploads/Thermal-Sand-Reclamation.pdf>
- [5] Gudgeon Thermfire International Inc.
<http://www.gudgeon.on.ca/thermfire6000.htm>
- [6] W. Tilch: Scripte zur Vorlesung Umweltschutz in Gießereien, Szeminárium, Miskolc, 2003
- [7] Munson Machinery, Inc.
<http://www.munsonmachinery.com/products/size/AttritionMill/index.asp>
- [8] H.G. Levelink, F.P.M.A. Julien: Penetrations- und Lunkererscheinungen infolge Wechselwirkung zwischen erstarrendem Gußstück und Form, Giesserei, 1973, 60. Jahrgang, S. 488-495
- [9] H. Löblich, W. Schlesiger, K. Nowacky, W. Siefer: Wirkungsgrad mechanischer Regenerieranlagen für kaltharzgebundene Umlaufformstoffe, Giessereiforschung 41, 3/1989, S. 87-98

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Dr. Gombkötő Imrének, a vezetői és szakmai segítségéért kutatásaim elvégzéséhez. Köszönöm a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézete munkatársainak, kiemelve Rácz Ádám kutatómérnök támogatását.

A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.